МИНОБНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»
(ФГБОУ ВО УГГУ)

**Н. В. Рубан**

# Основы гидрогеологии и инженерной геологии

**Методические указания**
**по организации самостоятельной работы для обучающихся**
**по специальности 21.05.02 – Прикладная геология**

Квалификация подготовки – горный инженер-геолог

Форма обучения: очная

Екатеринбург
2019

# ОГЛАВЛЕНИЕ


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1. | Общие положения | 4 |
| 2. | Самостоятельная работа студентов, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям | 7 |
| | 2.1. Повторение материала лекций | 7 |
| | 2.2. Самостоятельное изучение тем курса | 8 |
| | 2.3. Подготовка к практическим и лабораторным работам | 8 |
| 3. | Другие виды самостоятельной работы | 8 |
| | 3.1. Подготовка к зачёту | 8 |

# Введение

Самостоятельная работа в современном образовательном процессе рассматривается как форма организации обучения, которая способна обеспечивать самостоятельный поиск необходимой информации, творческое восприятие и осмысление учебного материала в ходе аудиторных занятий, разнообразные формы познавательной деятельности студентов на занятиях и во внеаудиторное время, развитие аналитических способностей, навыков контроля и планирования учебного времени, выработку умений и навыков рациональной организации учебного труда.

Таким образом, самостоятельная работа – форма организации образовательного процесса, стимулирующая активность, самостоятельность, познавательный интерес студентов.

В методических указаниях рассматриваются вопросы организации самостоятельной работы для студентов Уральского государственного горного университета.

Методическое указание включает три главы, которые логически связаны друг с другом. Первая глава знакомит читателя с теоретическими основами самостоятельной работы студентов и особенностями подготовки к ней в вузе. Во второй и третьей главах представлен материал, который содержит информацию о видах самостоятельной работы по данной дисциплине, а также об источниках информации для осуществления самостоятельной работы. Эмпирической основой разработки системы критериев и показателей оценки форм самостоятельной работы стал практический опыт работы преподавателей кафедры геодезии и кадастров.

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Самостоятельная работа студентов всех форм и видов обучения является одним из обязательных видов образовательной деятельности, обеспечивающей реализацию требований Федеральных государственных стандартов высшего образования (ФГОС), созданных на основе Федерального закона от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».

Конкретные требования к самостоятельной работе студентов определяются в Федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования по направлению.

Нормативные требования к самостоятельной работе студентов дополняются документами локального характера: Уставом Уральского государственного горного университета, рабочей программой дисциплины.

Согласно требованиям нормативных документов, самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, подготовки к практическим занятиям, сдаче зачета и экзамена.

Самостоятельная работа студентов представляет собой совокупность внеаудиторных занятий и работ, обеспечивающих успешное освоение образовательной программы высшего образования в соответствии с требованиями ФГОС.

Навыки самостоятельной работы по освоению каких-либо знаний приобретаются человеком с раннего детства и развиваются в течение всей жизни. К началу обучения в вузе каждый студент имеет личный опыт и навыки организации собственных действий, полученные в процессе обучения в школе, учреждениях дополнительного образования, во время внешкольных занятий и в

быту. Однако при обучении в вузе требования к организации самостоятельной работы существенно возрастают, так как они связаны с освоением сложных общекультурных и профессиональных компетенций.

Практика показывает, что студенты различаются по уровню готовности к реализации требований к самостоятельной работе. Выделяются две основные группы студентов. Первая характеризуется тем, что ее представители ориентированы на выполнение заданий самостоятельной работы и обладают универсальными учебными компетенциями, позволяющими успешно справиться с требованиями к ее выполнению (умением понимать и запоминать приобретаемую информацию, логически мыслить, воспроизводить материал письменно и устно, проводить измерения, вычисления, проектировать и т. д.). Студенты второй группы не имеют устойчивой ориентации на постоянное выполнение самостоятельной работы при освоении учебного материала и отличаются низким уровнем развития универсальных учебных компетенций и навыков самоорганизации.

Самостоятельная работа в рамках образовательного процесса в вузе решает следующие *задачи:*

- закрепление и расширение знаний, умений, полученных студентами во время аудиторных и внеаудиторных занятий, превращение их в стереотипы умственной и физической деятельности;

- приобретение дополнительных знаний и навыков по дисциплинам учебного плана;

- формирование и развитие знаний и навыков, связанных с научно-исследовательской деятельностью;

- развитие ориентации и установки на качественное освоение образовательной программы;

- развитие навыков самоорганизации;

- формирование самостоятельности мышления, способности к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;

- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной теоретической, практической и учебно-исследовательской деятельности.

Для реализации задач самостоятельной работы студентов и ее осуществления необходим *ряд условий*, которые обеспечивает университет:

- наличие материально-технической базы;

- наличие необходимого фонда информации для самостоятельной работы студентов и возможности работы с ним в аудиторное и внеаудиторное время;

- наличие помещений для выполнения конкретных заданий, входящих в самостоятельную работу студентов;

- обоснованность содержания заданий, входящих в самостоятельную работу студентов;

- связь самостоятельной работы с рабочими программами дисциплин, расчетом необходимого времени для самостоятельной работы;

- развитие преподавателями у студентов навыков самоорганизации, универсальных учебных компетенций;

- сопровождение преподавателями всех этапов выполнения самостоятельной работы студентов, текущий и конечный контроль ее результатов.

Специфическими *принципами организации* самостоятельной работы в рамках современного образовательного процесса являются:

- принцип интерактивности обучения (обеспечение интерактивного диалога и обратной связи, которая позволяет осуществлять контроль и коррекцию действий студента);

- принцип развития интеллектуального потенциала студента (формирование алгоритмического, наглядно-образного, теоретического стилей мышления, умений принимать оптимальные или вариативные решения в сложной ситуации, умений обрабатывать информацию);

- принцип обеспечения целостности и непрерывности дидактического цикла обучения (предоставление возможности выполнения всех звеньев дидактического цикла в пределах темы, раздела, модуля).

Самостоятельная работа студентов планируется преподавателем в рабочей программе дисциплины.

Объем времени, отведенный на внеаудиторную самостоятельную работу, находит отражение: в учебном плане в целом по теоретическому обучению, по каждому из циклов дисциплин, по каждой дисциплине; в рабочих программах учебных дисциплин с ориентировочным распределением по разделам или конкретным темам.

Самостоятельная работа студентов классифицируется: по месту организации (аудиторная и внеаудиторная); по целям организации (цели дисциплины, сформулированные и обоснованные в рабочей программе); по способу организации (индивидуальная, групповая).

Выбор формы организации самостоятельной работы студентов (индивидуальная или групповая) определяется содержанием учебной дисциплины и формой организации обучения (лекция, семинар, практическое занятие, контрольное занятие и др.).

В зависимости от формы промежуточной аттестации виды самостоятельной работы дополняются подготовкой к экзамену, зачету и процедурами текущей аттестации.

## 2. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ПОДГОТОВКУ К АУДИТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

### *2.1. Повторение материала лекций*

Источники информации по теме лекции:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения лекционного занятия;

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

### *2.2. Самостоятельное изучение тем курса*

Самостоятельное изучение тем осуществляется при обучении на заочной форме обучения.

Источники информации для самостоятельного изучения тем:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед сессией;

2) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

### *2.3. Подготовка к практическим и лабораторным занятиям*

Типовые задания (примеры) работ, выполняемые на практических занятиях представлены в комплекте оценочных материалов.

Принципы работы на практических занятиях озвучиваются преподавателем на соответствующих лекционных занятиях.

Источники информации для подготовки к практическим занятиям:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием либо в начале сессии;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения практического или лабораторного занятия (при наличии);

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины;

4) методические указания по выполнению практических и лабораторных занятий.

## 3. ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

### *3.1. Подготовка к зачету*

В комплекте оценочных средств представлен перечень тестовых заданий, теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий, которые входят в постав билетов.

Источники информации для подготовки к зачету:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием либо в начале сессии;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения лекционного занятия (при наличии);

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

**Учебное издание**

**Рубан Наталья Валентиновна**

**Основы гидрогеологии и инженерной геологии**

Методические указания по организации самостоятельной работы
для обучающихся направления подготовки 21.05.02 – Прикладная геология
(специализация № 2 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания»)

Редактор С. Н. Тагильцев

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60 х 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л.. Уч.-изд. л. Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С. А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

# Б1.Б.1.20 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ГРАФИКА

Специальность:
***21.05.02 Прикладная геология***

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания***

форма обучения: очная, заочная

Автор: Фролов А. П. к. т. н.

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией факультета |
|---|---|
| Инженерная графика | Геологии и геофизики |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Шангина Е. И. | Бондарев В.И. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 4 от 19.03.2020 | Протокол № 7 от 20.04.2020 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург
2020

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ ..... 5
1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ..... 5
2. МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЭПЮРА ..... 5
3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭПЮРА ..... 7
4. ПРИЛОЖЕНИЕ 1 ..... 15
5. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ..... 16

## ВВЕДЕНИЕ

Данное пособие предназначено для оказания помощи студентам при выполнении графической работы «Эпюр №1» по курсу «Начертательная геометрия».

Цель работы - научиться строить линию пересечения заданных плоских фигур, определять видимость этих фигур на проекциях.

Графическая работа «Эпюр №1» является первым самостоятельным заданием студента по дисциплине «Начертательная геометрия». Для выполнения этой работы студент должен изучить следующие разделы начертательной геометрии: «Точка и прямая», «Плоскость», «Взаимное положение прямой и плоскости», «Взаимное положение двух плоскостей».

## 1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Графическая работа «Эпюр №1» выполняется в масштабе 1:1 на формате А3 (297×420 мм). В правом нижнем углу формата А3 студент выполняет основную надпись – форма 1 по ГОСТ 2.104-68. Пример заполнения основной надписи приведен в Приложении I. В левом верхнем углу формата выполняется дополнительная графа 26 (14×70 мм). Пример выполнения графической работы дан в Приложении I.

В соответствии с ГОСТ 2.303-68 задание выполняется следующими типами линий:

- линии видимого контура толщиной S, равной 0,6÷0,8 мм;
- линии построения – сплошные тонкие, толщиной от $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$;
- линии невидимого контура – штриховые, толщиной от $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$;
- следы вспомогательных плоскостей-посредников изображаются разомкнутыми линиями, длиной 8-10 мм, толщиной от 1,5 *S* до 2*S*.

## 2. МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЭПЮРА

Вариант задания включает в себя три различные геометрические плоские фигуры:

- фигура № 1 задана координатами трех точек, фигура № 2 (многоугольник) полностью задана координатами трех точек и оставшимися точками, у которых одна из координат заменяется условием их принадлежности к плоской фигуре № 2;

- фигура № 3 занимает проецирующее положение (фронтально-проецирующее или горизонтально-проецирующее) и задается очерком в виде кольца, серпа, круга или его части.

Выполнение эпюра состоит из графического решения нескольких задач:

1) достроить недостающую проекцию многоугольника;
2) построить проекции линии пересечения треугольника *ABC* и многоугольника;
3) построить проекции линии пересечения: треугольника с плоскостью частного положения; многоугольника с плоскостью частного положения;
4) определить видимость элементов фигур на чертеже, считая фигуры непрозрачными.

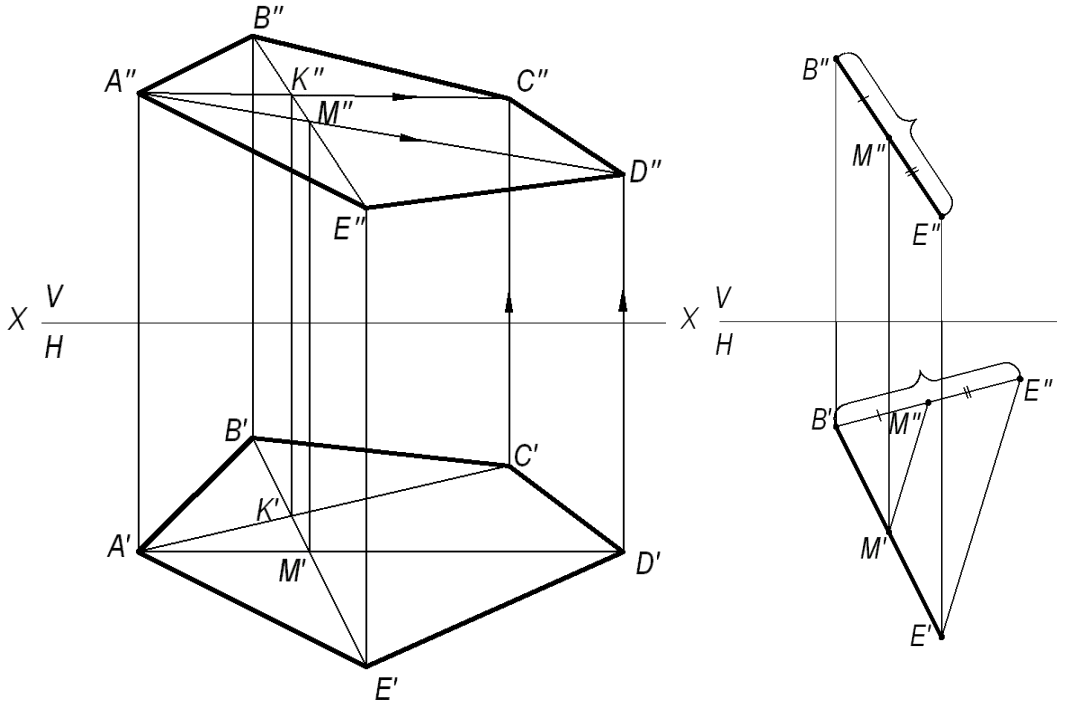
Исходные данные заданы численными значениями координат и сведены в таблицу.

## 3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭПЮРА

Для выполнения графической работы студенту необходимо решить ряд задач.

*Задача 1.* Построение исходного чертежа многоугольника (рис. 1).

Горизонтальная проекция многоугольника *ABCDE* задана полностью, а фронтальная проекция только тремя проекциями точек *A″B″E″*. Необходимо достроить фронтальную проекцию точек *C* , *D*. При построении недостающей проекции заданного многоугольника необходимо соблюдать условие принадлежности точек данной фигуры к плоскости. Чтобы точки *C*, *D* лежали в плоскости, определенной тремя точками *A*, *B* и *E*, необходимо, чтобы они находились на прямых, лежащих в этой плоскости. Этими прямыми являются диагонали *AC*, *AD* и *BE*, горизонтальные проекции которых можно построить (рис. 1*а*).




*а*) *б*)

Рис. 1. Построение исходного чертежа многоугольника:

*а*- построение недостающих проекций вершин многоугольника; *б*- пропорциональное деление отрезка *BE*

На фронтальной проекции пятиугольника проводят проекцию диагонали *B″E″*. В плоскости пятиугольника лежат точки пересечения диагоналей *K* и *M*, горизонтальные проекции которых *K′* и *M′* имеются, а фронтальные проекции получаются в результате пересечения линий проекционной связи, проведенных из *K′* и *M′*, с диагональю *B″E″*. По двум точкам строятся фронтальные проекции других двух диагоналей *A″K″* и *A″M″*, на них должны лежать проекции точек *C″* и *D″*, которые определяются по их горизонтальным проекциям.

В случае, если линия совпадает по направлению с линией проекционной связи или круто наклонена к оси проекций, то недостающая проекция точки строится из условия пропорционального деления отрезка: если точка делит отрезок на пропорциональные части, то проекция этой точки делит проекции этого отрезка в том же отношении. На рис. 1*б* нужно построить горизонтальную проекцию точки *M*′. Из проекции точки *B*′ проводят линию под углом меньше 90° к *B*′*E*′ и на ней от проекции точки *B*′ откладывают отрезки равные *B*″*M*″ и *B*″*E*″. Соединяют *E*′ и *E*″ и параллельно этому направлению проводят от М″ линию до пересечения с *B*′*E*′. Получают искомую горизонтальную проекцию *M*′.

*Задача 2.* Построить точку пересечения прямой *MN* с плоскостью треугольника *AB*C.

Если прямая линия не параллельна плоскости, то она пересекает эту плоскость в действительной точке (см. рис. 2).

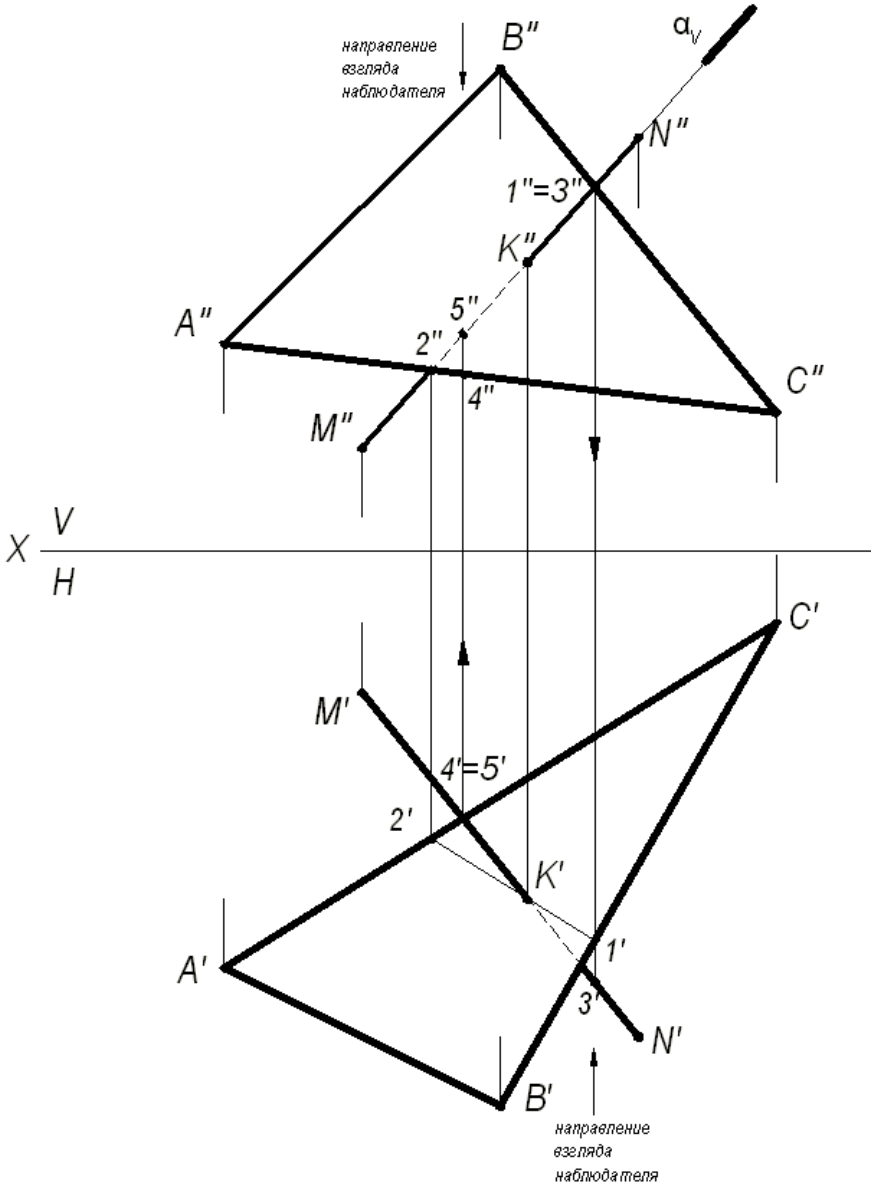



Рис. 2. Построение точки пересечения прямой с плоскостью

Алгоритм решения задачи:

1) Через заданную прямую *MN* проводим вспомогательную плоскость-посредник $\alpha$, перпендикулярную фронтальной плоскости проекций. Следовательно, на фронтальной плоскости проекций *V* все точки плоскости-посредника $\alpha$ будут проецироваться в прямую линию, совпадающую с фронтальной проекцией прямой *M″N″*.

2) Находим линию пересечения вспомогательной плоскости-посредника $\alpha$ с заданной плоскостью треугольника *ABC*. На чертеже линия (1,2).

3) Находим искомую точку пересечения *K* прямой *MN* с плоскостью треугольника *ABC*. Она определяется как пересечение искомой прямой с найденной линией пересечения вспомогательной плоскости-посредника с плоскостью треугольника *ABC*.

**Определение видимости на чертеже.**

В начертательной геометрии плоскости считаются непрозрачными, поэтому необходимо на проекциях определить видимость.

Для определения видимости на чертеже используем метод конкурирующих точек, сущность которого заключается в выборе двух скрещивающихся прямых.

Для определения видимости на фронтальной плоскости проекций *V* поступают так. Выбираем две скрещивающиеся прямые *B″C″* и *M″N″*, фронтальные проекции которых пересекаются в точках 1 и 3. По горизонтальной проекции определяем, что проекция точки 3′, лежащая на проекции прямой *M′N′*, будет закрывать проекцию точки 1′, лежащую на проекции прямой *B′C′*, т. к она будет ближе к наблюдателю. На чертеже направление взгляда наблюдателя показано стрелкой. Следовательно, на фронтальной плоскости проекций проекция *M″N″* будет закрывать проекцию *B″C″*. Границей видимости является проекция точки пересечения К″.

Для определения видимости на горизонтальной плоскости проекций *H* выбираем две скрещивающиеся прямые *A′C′* и *M′N′*, горизонтальные проекции которых пересекаются в точках 4′ и 5′. По фронтальной проекции определяем, что проекция точки 5″, лежащая на проекции прямой *M″N″*, будет закрывать проекцию точки 4″, лежащую на проекции прямой *A″C″*, т. к. она будет ближе к наблюдателю. На чертеже направление взгляда наблюдателя показано стрелкой. Следовательно, на горизонтальной плоскости проекций проекция *M′N′* будет закрывать проекцию *A′C′*. Границей видимости является проекция точки пересечения *K′*.

*Задача 3*. Построение линии пересечения двух плоскостей, одна из которых занимает частное положение.

Даны две плоскости: плоскость $\Delta ABC$ – плоскость общего положения, плоскость $\Delta DEK$ – плоскость частного положения, которая расположена перпендикулярно фронтальной плоскости проекций (рис. 3).

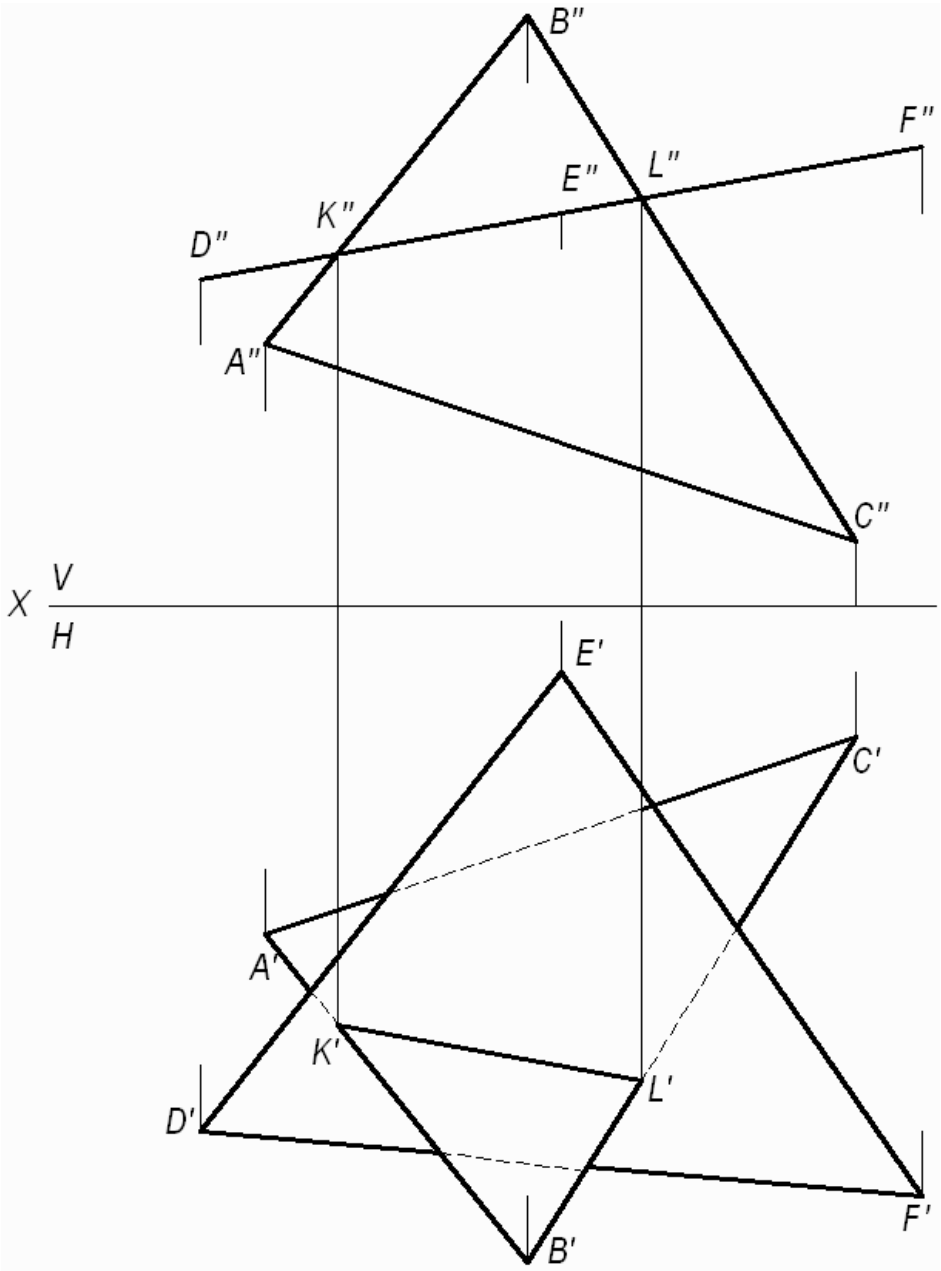



Рис. 3. Построение линии пересечения двух плоскостей, одна из которых занимает частное положение

Фронтальная проекция $\Delta DEK$ совпадает с фронтальным следом плоскости и фронтальной проекцией линии пересечения треугольников.

(*KL*) - линия пересечения двух треугольников. Проекции этой линии пересечения – фронтальную и горизонтальную строят исходя из свойства принадлежности точек *K* и *L* сторонам (*AB*) и (*BC)*, соответственно. Видимость треугольников на горизонтальной плоскости проекций определяем методом конкурирующих точек, рассмотренном в задаче 2.

*Задача 4.* Построение линии пересечения двух плоскостей общего положения.

Даны две плоскости общего положения, заданные треугольниками *ABC* и *DEK*. Построить линию пересечения двух треугольников, определить видимость треугольников на проекциях.

Прямая линия, получаемая при взаимном пересечении двух плоскостей, определяется двумя точками, каждая из которых одновременно принадлежит обеим плоскостям. Общие точки определяются решением основной позиционной задачи начертательной геометрии – построение точки пересечения прямой с плоскостью (см. рис. 2).

Для решения данной задачи проводят вспомогательные плоскости-посредники частного положения (проецирующие плоскости). Решение задачи приведено на рис. 4.

Алгоритм решения задачи:

1. Определяют первую точку линии пересечения двух треугольников – точку *M*.

1.1. Фронтально-проецирующая плоскость $\alpha$ проведена через сторону *DK* и задана на чертеже фронтальным следом $\alpha_V$.

1.2. Плоскость $\alpha$ пересекает плоскость треугольника *ABC* по прямой (1,2), на чертеже строят две проекции этой прямой.

1.3. Прямая (1,2) пересекает сторону *DK* в точке *M*, строят две проекции точки $M''$ и $M'$.

2. Определяют вторую точку искомой линии пересечения двух треугольников – точку *N*.

2.1. Горизонтально-проецирующая плоскость $\beta$ проведена через сторону *AB* и задана на чертеже горизонтальным следом $\beta_H$.

2.2. Плоскость $\beta$ пересекает плоскость треугольника *DEK* по прямой (3,4), на чертеже строят две проекции этой прямой.

2.3. Прямая (3,4) пересекает *AB* в точке *N*, строят две проекции точки $N''$ и $N'$.

Плоскости треугольников *ABC* и *DEK* пересекаются по прямой *MN*.

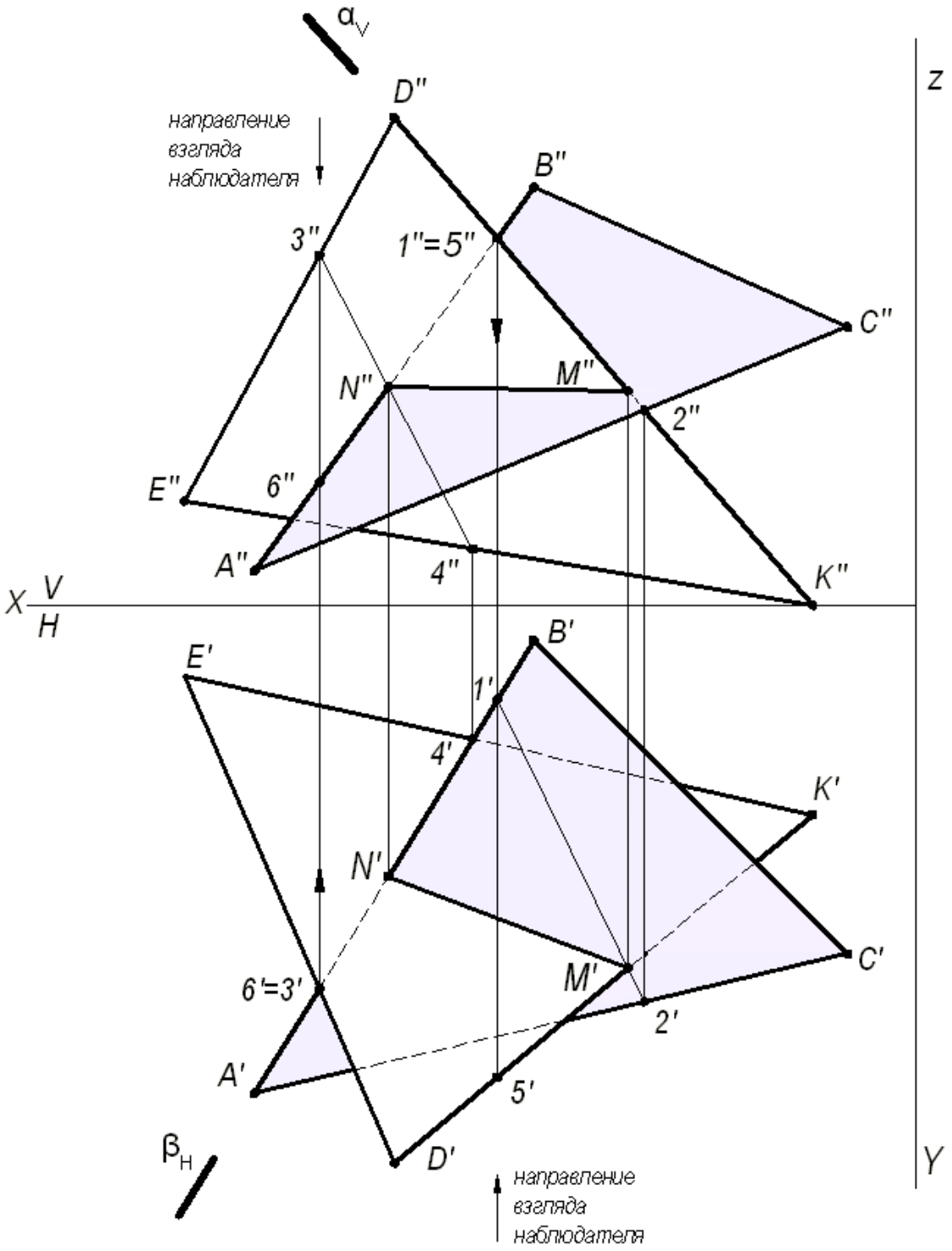



Рис. 4. Построение линии пересечения двух треугольников

3. Видимость плоских фигур на проекциях определяют методом конкурирующих точек.

Для определения видимости на фронтальной плоскости проекций *V* выбираем две скрещивающиеся прямые *D″K″* и *A″B″*, фронтальные проекции которых пересекаются в точках 1″ и 5″. По горизонтальной проекции определяем, что проекция точки 5′, лежащая на проекции прямой *D′K′*, будет закрывать про-

екцию точки 1′, лежащую на проекции прямой $A'B'$, т. к. она будет ближе к наблюдателю. Следовательно, на фронтальной плоскости проекция $D''K''$ будет закрывать проекцию $A''B''$. Границей видимости является проекция линии пересечения $M''N''$.

Для определения видимости на горизонтальной плоскости проекций $H$ выбираем две скрещивающиеся прямые $A'B'$ и $D'E'$, горизонтальные проекции которых пересекаются в точках 3′ и 6′. По фронтальной проекции определяем, что проекция точки 3″, лежащая на проекции прямой $D''E''$, будет закрывать проекцию точки 6″, лежащую на проекции прямой $A''B''$, т.к. она будет ближе к наблюдателю. Следовательно, на горизонтальной плоскости проекция $D'E'$ будет закрывать проекцию $A'B'$. Границей видимости является проекция линии пересечения $N'M'$.

*Задача 5.* Построить две проекции линии пересечения плоскости $\alpha$ - общего положения, заданной следами и плоскости $\beta$ - общего положения, заданной параллельными прямыми $a$ и $b$.

Для решения данной задачи проводят вспомогательные плоскости-посредники частного положения (плоскости уровня), пересекающие заданные плоскости по прямым, недостающие проекции которых легко строятся и пересекаются в пределах чертежа.

Графическое решение задачи приведено на рис. 5.

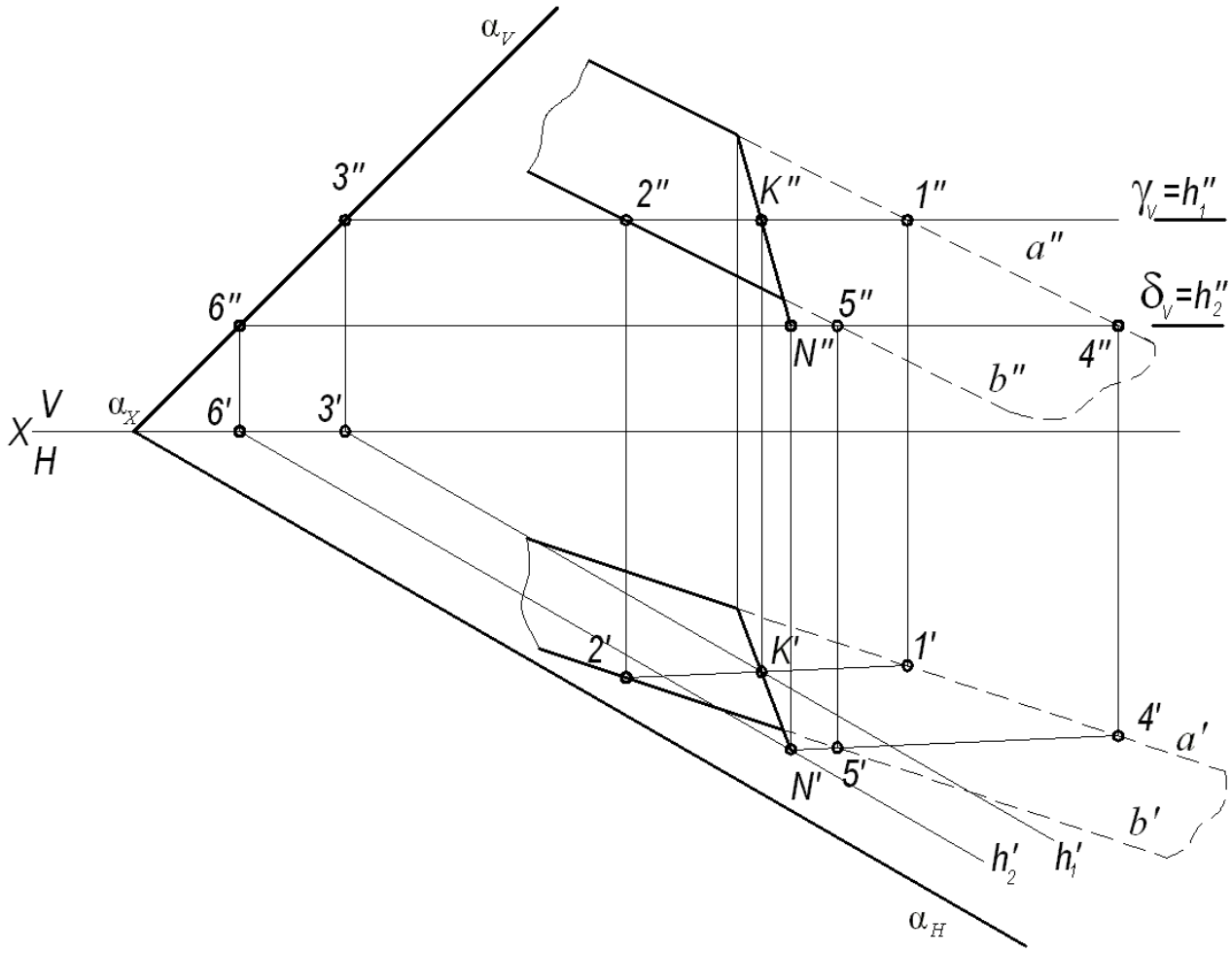
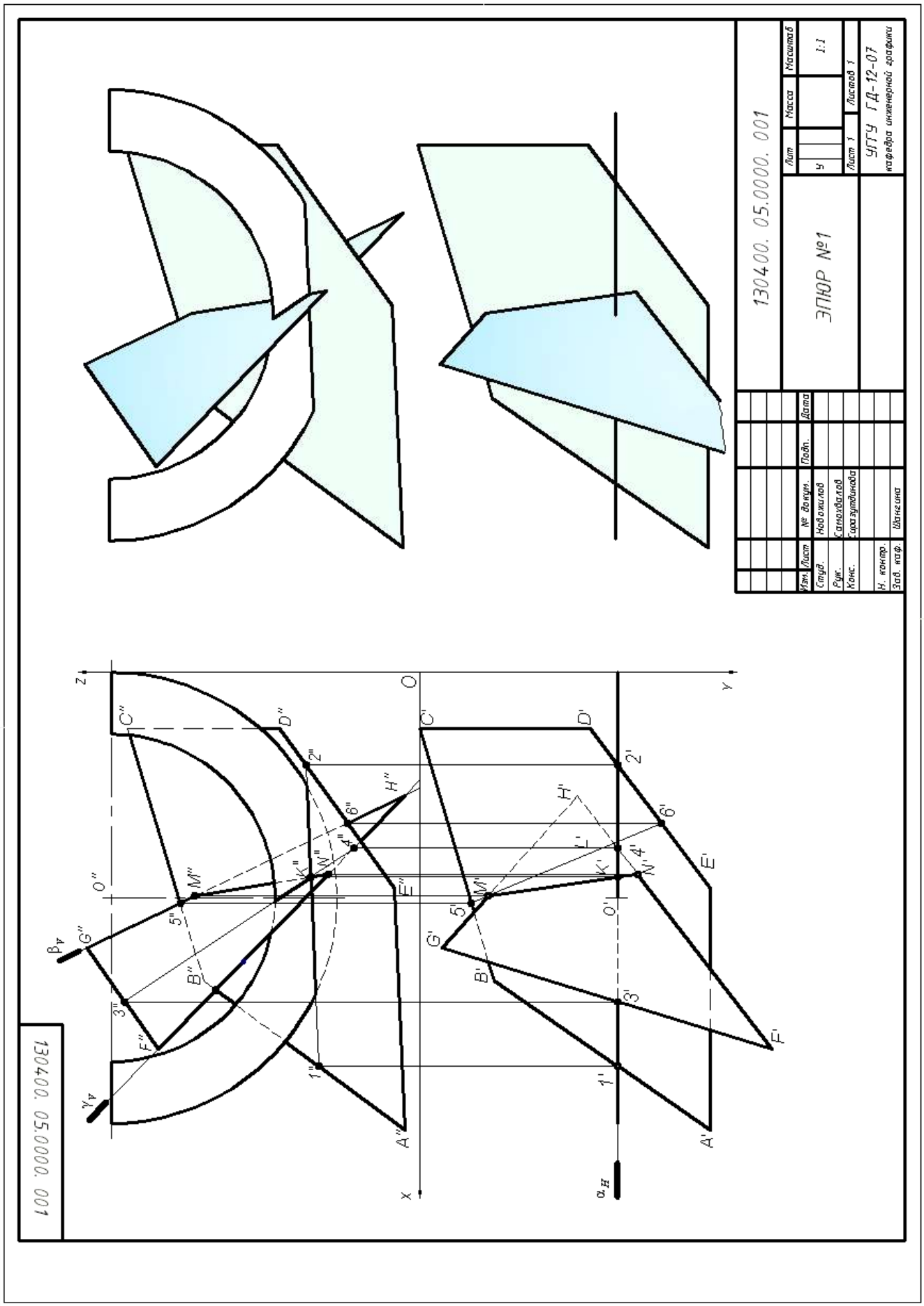



Рис. 5. Построение линии пересечения двух плоскостей

Вспомогательная горизонтальная плоскость-посредник $\gamma$ задана следом $\gamma_V$ и пересекает плоскость $\alpha$ по горизонтали, проходящей через точку 3, а плоскость $\beta$ по горизонтали (1, 2). Горизонтальные проекции этих горизонталей пересекаются в точке *K*. Строят фронтальную проекцию точки *K*, используя свойство принадлежности точки прямой линии. Точка *K* принадлежит обеим плоскостям $\alpha$ и $\beta$. Вторая точка *N*, общая для двух плоскостей $\alpha$ и $\beta$, определяется второй вспомогательной плоскостью-посредником частного положения $\delta$ (на чертеже задана следом $\delta_V$). Искомая прямая (*KN*) является линией пересечения двух плоскостей $\alpha$ и $\beta$.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордон В.О., Семенцов-Огиевский М. А. Курс начертательной геометрии. Учеб. пособие. М.: Высшая школа. 2007.272 с.

2. Самохвалов Ю. И. Начертательная геометрия. Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2011. 121 с.

3. Самохвалов Ю. И., Шангина Е. И. Начертательная геометрия. Инженерная графика. Учебно-методическое пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2011. 96 с.

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

**ОДОБРЕНО**
Методической комиссией
горно-механического факультета

«___» _____ 2018 г.
Председатель комиссии
проф. В. П. Барановский

Брагин В. Г., Волков Е. Б., Казаков Ю. М.

# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

*Учебное пособие*

Издание УГГУ
2018

Екатеринбург,

УДК 531
Б 87

Рецензент: *Н. М. Суслов*, д-р техн. наук, заведующий кафедрой ГМК Уральского государственного горного университета.

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры технической механики от «07» июня 2018 г. (протокол № 7) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Печатается по решению Учебно-методического совета Уральского государственного горного университета.

**Брагин В. Г., Волков Е. Б., Казаков Ю. М.**

Б 87 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА: Учебное пособие / Ю. М. Казаков, В. Г. Брагин, Е. Б. Волков. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 250 с.
ISBN 978-5-8019-0460-3

Учебное пособие содержит краткие методические указания, примеры решений задач и упражнения для самостоятельной работы по основным темам курса теоретической механики: статика, кинематика точки и простейшие движения твёрдых тел, сложное движение точки, динамика точки и механической системы. Учебное пособие для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения.

ISBN 978-5-8019-0460-3

©Брагин В. Г., Волков Е. Б.,
Казаков Ю. М., 2018
©Уральский государственный горный университет, 2018

# 1. СТАТИКА

## 1.1. Основные понятия статики

**Статика** представляет раздел теоретической механики, в котором освещаются условия равновесия тел под действием систем сил.

**Материальной точкой** называют простейшую модель материального тела, размерами которого можно пренебречь и которое можно принять за геометрическую точку, имеющую массу, равную массе тела. Совокупность материальных точек называется **системой материальных точек**. Если система материальных точек такова, что движение каждой точки зависит от положения и движения остальных точек системы, то система называется **механической системой материальных точек**. Любое материальное тело представляет собой механическую систему материальных точек. Если точки системы связаны между собой так, что расстояния между любыми двумя точками не изменяются, то система называется **неизменяемой системой**, а тело – **абсолютно твердым телом**.

**Силой** в механике называют меру механического действия одного материального объекта (например, твердого тела) на другой. Единицей измерения силы в системе СИ является ньютон (Н). Совокупность сил, действующих на механическую систему (в частности, на твёрдое тело), называют **системой сил.**

Если система сил, приложенная к твердому телу, оставляет его в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, то такая система сил называется **уравновешенной,** или **системой сил, эквивалентной нулю**.

Если одну систему сил, действующих на твердое тело или материальную точку, можно заменить другой системой, не изменяя при этом состояния покоя или движения, в котором находится тело или материальная точка, то такие две системы сил называются **эквивалентными**. Если система сил эквивалентна одной силе, то эта сила называется **равнодействующей** данной системы сил.

## Основные виды связей и их реакции

Всякое твердое тело, которое может занимать произвольное положение в пространстве, называется свободным. Если на тело наложены внешние связи, стесняющие (ограничивающие) свободу его перемещений, то тело является несвободным. Сила, с которой данная связь действует на тело, препятствуя его перемещениям, называется **реакцией связи**. Всякое несвободное твердое тело можно рассматривать как свободное, если освободить тело от связей и заменить действие связей их реакциями. **Реакция связи направлена в сторону, противоположную тому направлению, вдоль которого связь препятствует перемещению тела.**

**Опора тела на гладкую плоскость (поверхность) без трения.** Реакция $\vec{R}$ абсолютно гладкой поверхности приложена в точке касания и направлена перпендикулярно к общей касательной соприкасающихся поверхностей (рис. 1.1, *a*). Такая реакция называется **нормальной реакцией**.

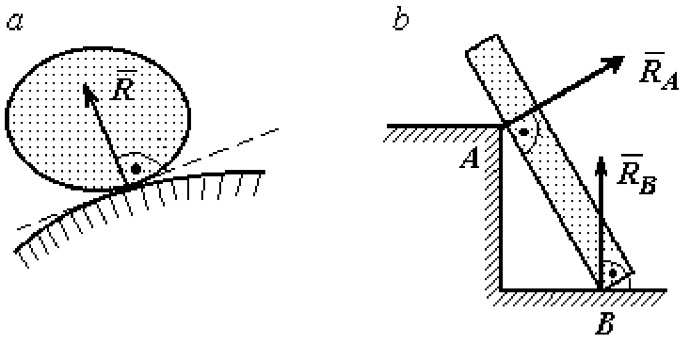



Рис. 1.1. Реакция опоры:

Брус с гладкой поверхностью (рис. 1.1, *b*), опирающийся в точке *B* на гладкий пол и в точке *A* на ребро (точечную опору), имеет реакциями опор $\vec{R}_B$ – реакцию пола и $\vec{R}_A$ – реакцию ребра (точечной опоры). Реакции приложены к брусу и направлены по нормалям к поверхности пола и поверхности бруса.

**Цилиндрический шарнир и подвижная опора (каток).** Цилиндрический шарнир (на рис. 1.2, *a* обозначен буквой *A*) представляет собой устройство, которое допускает поворот тела в плоскости, перпендикулярной оси шарнира (например, цилиндрическая втулка, надетая на неподвижный цилиндр).

Реакция цилиндрического шарнира $\vec{R}_A$ лежит в плоскости, перпендикулярной оси шарнира. При решении задач неизвестную по величине и направлению реакцию цилиндрического шарнира представляют в виде составляющих, $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, направленных вдоль координатных осей (см. рис. 1.2, *a*). Величина реакции $\vec{R}_A$ определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$, где $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$ – составляющие реакции.

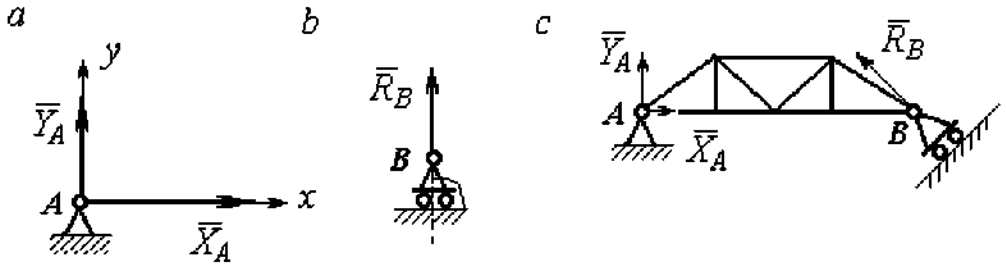



Рис. 1.2. Реакции шарнирных опор:
*a* – цилиндрический шарнир; *b* – каток; *c* – мостовая конструкция с цилиндрической шарнирной опорой и опорой на каток

Реакция $\vec{R}_B$ опоры на каток (подвижной опоры) (рис. 1.2, *b*) перпендикулярна опорной поверхности.

На рис. 1.2, *c* показаны реакции связей мостовой конструкции с цилиндрической шарнирной опорой и подвижной опорой (катком). Реакция цилиндрического шарнира в точке *A* изображена в виде разложения на взаимно перпендикулярные составляющие $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, реакция $\vec{R}_B$ катка в точке *B* перпендикулярна наклонной плоскости, на которой стоит каток.

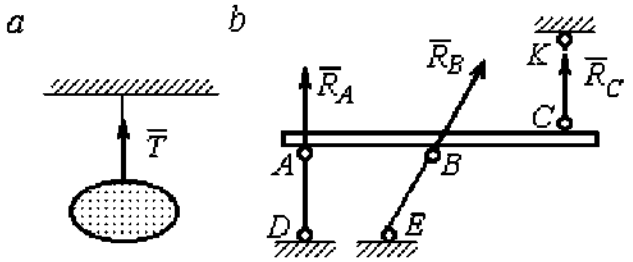



Рис. 1.3. Реакция гибкой нити и невесомого стержня

**Гибкая связь и жесткий невесомый стержень.** Связь в виде гибкой нерастяжимой нити (каната, троса) препятствует удалению тела от точки подвеса. (рис. 1.3, *a*). Реакция связи $\vec{T}$,

равная натяжению нити, приложена к телу и направлена вдоль нити в сторону противоположную направлению, вдоль которого нить препятствует перемещению тела

Если опорой тела служит невесомый стержень с шарнирами на концах, то реакция прямолинейного стержня приложена к телу и направлена вдоль стержня. Направление реакции стержня противоположно направлению, по которому стержень препятствует перемещению тела.

Реакции невесомых стержней, удерживающих балку, изображённую на рис. 1.3, *b*, направлены исходя из предположения, что балка может перемещаться вниз. При этом стержни *AD* и *BE* сжаты, а стержень *CK* растянут.

**Сферический шарнир.** Связь в виде сферического шарнира не позволяет перемещать тело в пространстве, но допускает поворот в пространстве вокруг неподвижной точки. Реакция сферического шарнира может иметь любое направление в пространстве. При решении задач реакцию изображают ее составляющими. На рис. 1.4 реакция $\vec{R}_A$ сферического шарнира $A$ разложена на составляющие $\vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{Z}_A$ по направлениям координатных осей. Величина реакции сферического шарнира определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2}$.

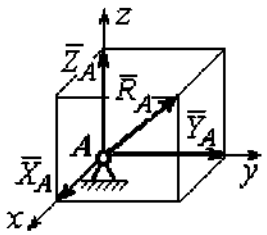


Рис. 1.4. Реакция сферического шарнира

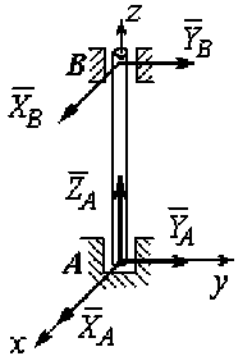


Рис. 1.5. Реакции подшипника и подпятника

**Подшипник и подпятник.** Подшипник представляет собой цилиндрический шарнир (рис. 1.5, подшипник *B*). Его реакция может иметь любое направление в плоскости, перпендикулярной оси шарнира. При решении задач реакция подшипника раскладывается на две составляющие. Например, на рис. 1.5 реакция $\vec{R}_B$ подшипника $B$ разложена на составляющие $\vec{X}_B, \vec{Y}_B$, параллельные

координатным осям. Величина реакции подшипника определяется по формуле: $R_B = \sqrt{X_B^2 + Y_B^2}$.

Подпятник является цилиндрическим шарниром с упором. В задачах реакция подпятника обычно изображается векторами $\vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{Z}_A$, представляющими разложение силы реакции подпятника по заданным направлениям координатных осей (см. рис. 1.5, подпятник *A*). Величина реакции подпятника определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2}$.

### Проекция силы на ось и на плоскость

**Проекция силы на ось** есть алгебраическая величина, равная произведению модуля силы на косинус угла между силой и положительным направлением оси. Если этот угол острый, проекция положительна, если тупой – отрицательна. Если сила перпендикулярна оси, её проекция на ось равна нулю.

Проекции сил $\vec{F}$, $\vec{Q}$, $\vec{P}$, изображённых на рис. 1.6, *a*, на ось *x*: $F_x = F\cos\alpha$, $Q_x = Q\cos\alpha_1 = -Q\cos\varphi$, $P_x = P\cos 90^\circ = 0$.

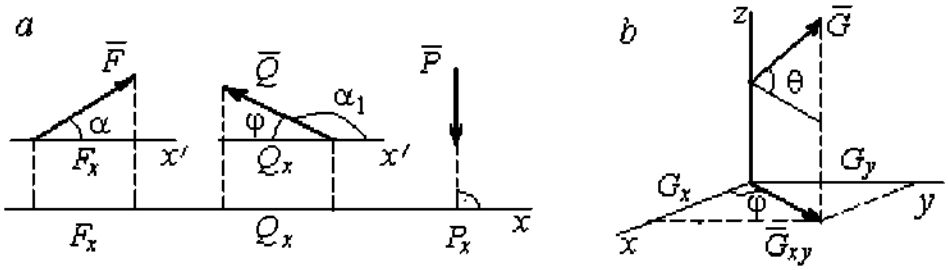



Рис. 1.6. Проекция силы на ось и на плоскость:
*a* – проекция силы на ось; *b* – проекция силы на плоскость

**Проекцией силы на плоскость** называется вектор, заключённый между проекциями начала и конца силы $\vec{G}$ на эту плоскость.

На рис. 1.6, *b* вектор $\vec{G}_{xy}$ является проекцией силы $\vec{G}$ на плоскость *xy*. По величине $G_{xy} = G\cos\theta$, где $\theta$ – угол между направлением силы $\vec{G}$ и её проекции

$\vec{G}_{xy}$. Проекции силы $\vec{G}$ на оси $xyz$: $G_x = G_{xy}\cos\varphi = G\cos\theta\cos\varphi$, $G_y = G_{xy}\sin\varphi = G\cos\theta\sin\varphi$, $G_z = G\sin\theta$.

## 1.2. Система сходящихся сил. Условия равновесия

Для равновесия **пространственной системы сходящихся сил** необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на каждую из трёх осей прямоугольной системы координат были равны нулю:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum F_{kz} = 0,$$

где $F_{kx}, F_{ky}, F_{kz}$ – проекции всех сил на координатные оси.

Для равновесия **плоской системы сходящихся сил** необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на каждую из двух осей прямоугольной системы координат, расположенной в плоскости действия сил, были равны нулю: $\sum F_{kx} = 0$, $\sum F_{ky} = 0$, где $F_{kx}, F_{ky}$ – проекции всех сил на координатные оси.

**Примеры решения задач на равновесие сходящейся системы сил**

**Задача 1.** Каток весом 20 кН удерживается на гладкой наклонной плоскости тросом, который одним концом закреплён на поверхности шара, а другим – на вертикальной стене (рис. 1.7). Угол наклона троса к вертикальной стене $\beta = 120°$. Угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 45°$. Определить силу давления катка на плоскость и натяжение троса.

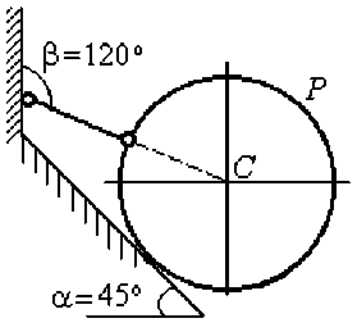


Рис. 1.7. Равновесие шара

*Решение*

При равновесии на каток действуют сила тяжести $\vec{P}$, реакция троса $\vec{N}$ и реакция опоры $\vec{R}$. Линии действия всех сил находятся в одной плоскости и пересекаются в центре шара. Направления реакций показаны на рис. 1.8.

Условия равновесия плоской сходящейся системы сил:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0.$$

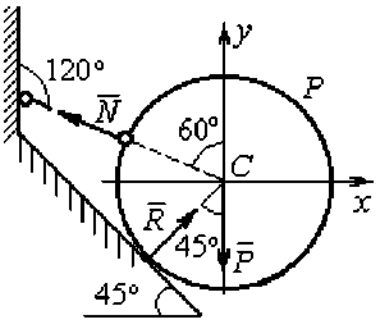



Рис. 1.8. Силы, действующие на каток, при его равновесии

Проведя оси координат, как показано на рис. 1.8, выразим условия равновесия в виде системы уравнений:

$$\sum F_{kx} = -N\cos 30^\circ + R\cos 45^\circ = 0;\ \sum F_{ky} =$$

$$N\cos 60^\circ + R\cos 45^\circ - P = 0.$$

Подставляя в уравнения исходные данные задачи, найдем: $N$ = 14,64 кН, $R$ = 17,93 кН.

Натяжение троса равно модулю его реакции. Сила давления катка на плоскость равна реакции опоры гладкой плоскости, но направлена в противоположную сторону.

**Задача 2.** Кронштейн состоит из невесомых стержней $AC$ и $BC$, скрепленных друг с другом и с вертикальной стеной шарнирами, как показано на рис. 1.9. Стержень $BC$ горизонтален, стержень $AC$ составляет с горизонталью угол $\beta = 60^\circ$. К шарниру $C$ прикреплены два троса, удерживающие грузы 1 и 2 весом $G_1$ = 10 кН и $G_2$ = 12 кН. Трос, удерживающий груз 1, вертикален, а другой перекинут через блок $D$ так, что угол наклона участка троса $CD$ к вертикали $\alpha = 60^\circ$. Определить реакции стержней $BC$ и $AC$.

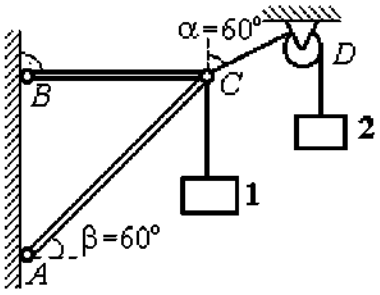



Рис. 1.9. Равновесие кронштейна

*Решение*

Рассмотрим равновесие узла $C$, в котором закреплены стержни и тросы. На узел $C$ действуют реакции $\vec{T}_1$ и $\vec{T}_2$ тросов, натянутых грузами 1 и 2, и реакции $\vec{N}_1$ и $\vec{N}_2$ стержней $BC$ и $AC$ (рис. 1.10). Модули реакций тросов $\vec{T}_1$ и $\vec{T}_2$ равны весу грузов: $T_1 = G_1$, $T_2 = G_2$.

Плоская система сил ($\vec{T}_1$, $\vec{T}_2$, $\vec{N}_1$, $\vec{N}_2$) является сходящейся. Условия равновесия: $\sum F_{kx} = 0$, $\sum F_{ky} = 0$. Проведя оси координат $xCy$, как показано на рис. 1.10, и определяя проекции сил на оси, получим систему уравнений:

$$N_1 + N_2\cos 60^\circ - T_2\cos 30^\circ = 0;$$

$$N_2\cos 30^\circ + T_1 - T_2\cos 60^\circ = 0.$$

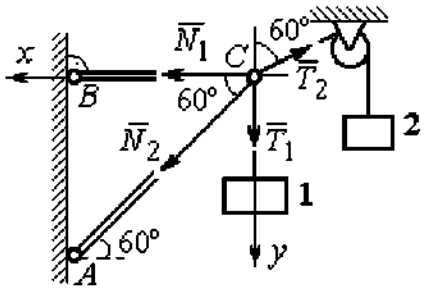



Рис. 1.10. Силы, действующие на узел $C$ при его равновесии

Подставим в уравнения исходные данные задачи. С учётом того, что $T_1 = G_1 = 10$ кН, $T_2 = G_2 = 12$ кН, найдём значения реакций: $N_1$ = 12,7 кН, $N_2$ = – 4,62 кН. Отрицательная величина $N_2$ означает, что вектор $\vec{N}_2$ реакции стержня $AC$ направлен в противоположную сторону.

**Задача 3.** Груз весом $P$ = 20 кН поднимается стержневым краном $ABC$ посредством каната, перекинутого через блоки $B$ и $D$ (рис. 1.11). Блок $B$ установлен в месте шарнирного соединения невесомых стержней $AB$ и $BC$, блок $D$ укреплён так, что участок троса $DB$ составляет с вертикалью угол $\beta = 60^\circ$. Стержни $AB$ и $BC$ соединены со стенками шарнирами. Конец троса, несущий груз $P$, переброшен через блок $E$ и на отрезке $BE$ составляет с вертикалью угол $\alpha = 30^\circ$. Пренебрегая трением в блоке и размерами блока $B$, определить усилия в стержнях $AB$ и $BC$ при равновесии груза.

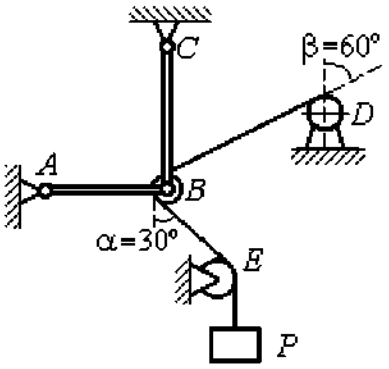



Рис. 1.11. Равновесие стержневой конструкции

*Решение*

Рассмотрим равновесие блока $B$ вместе с отрезками нити $BE$ и $BD$. Освободим блок $B$ от связей и заменим их реакциями.

Рассматривая блок и отрезок нити как одно целое, можно не учитывать силы взаимного давления нити и блока. На блок действует реакция $\vec{T}$ нити $BD$, приложенная в точке $D$, численно равная весу груза $P$, реакция $\vec{T}'$ нити $BE$, приложенная в точке $E$ и также численно равная весу груза $P$ и реакции стержней $\vec{N}_1$, $\vec{N}_2$ (см. рис. 1.12).

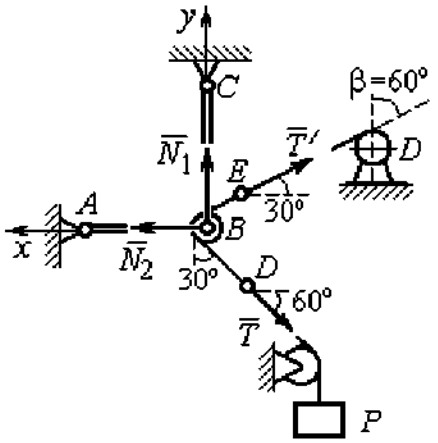



Рис. 1.12. Силы, действующие на блок $B$, при его равновесии

Пренебрегая размерами блока, можно считать систему сил сходящейся. Проведём координатные оси, как показано на рис. 1.12, и выразим условия равновесия плоской сходящейся системы сил в виде системы уравнений:

$$\sum F_{kx} = N_2 - T'\cos 30^\circ - T\cos 60^\circ = 0\,;\ \sum F_{ky} = N_1 + T'\cos 60^\circ - T\cos 30^\circ = 0\,.$$

Решая полученную систему уравнений с учётом, что $T' = T = P$ = 20 кН, получим: $N_1$ = 7,32 кН, $N_2$ = 27,32 кН.

**Задача 4.** Шахта ориентируется в вертикальной плоскости с помощью несвободного проволочного отвеса $CBDP$, натянутого грузом весом $P$ = 50 Н (рис. 1.13).

Определить натяжения частей отвеса $CB$, $BD$, $DP$ и натяжения оттяжек $BA$ и $DE$, если угол отклонения оттяжки $BC$ от горизонтали $\alpha = 60^\circ$, а отклонение средней части отвеса $BD$ от вертикали $\beta = 4^\circ$. Весом проволоки отвеса пренебречь.

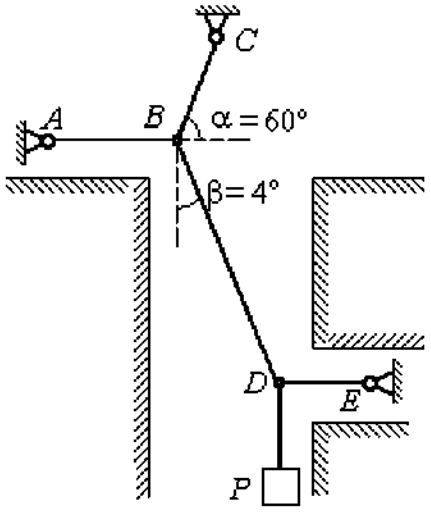



Рис. 1.13. Схема отвеса

*Решение*

Рассмотрим равновесие узла $D$, в котором сходятся три силы – реакция $\vec{S}$ средней части отвеса, реакция $\vec{T}_E$ оттяжки $DE$ и реакция $\vec{T}_P$ отвеса на участке

$DP$, равная весу груза $T_P = P$ (рис. 1.14). Выберем оси координат $xDy$, как показано на рис. 1.14, и составим уравнения равновесия узла $D$:

$$\sum F_{kx} = S\cos 86^\circ - T_E = 0; \quad \sum F_{ky} = S\cos 4^\circ - T_P = 0.$$

Из второго уравнения с учётом, что натяжение отвеса на участке $DP$ $T_P = P = 50$ Н, находим натяжение $S$ на среднем участке отвеса: $S = \dfrac{T_P}{\cos 4^\circ} = 50{,}12$ Н. Из первого уравнения находим натяжение $T_E = S\cos 86^\circ = 3{,}49$ Н.

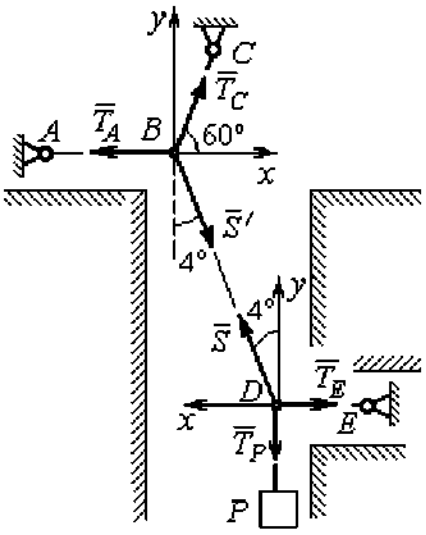


Рис.1.14. Силы, действующие в узлах $B$ и $D$ при равновесии

Теперь рассмотрим равновесие узла $B$, на который действуют реакция $\vec{T}_A$ оттяжки $BA$, реакция $\vec{T}_C$ верхней части отвеса $BC$ и реакция $\vec{S}'$ средней части отвеса. Вектор силы $\vec{S}'$ противоположен направлению вектора $\vec{S}$: $\vec{S}' = -\vec{S}$, а численно (по принципу равенства действия и противодействия) они равны $S' = S$ (см. рис. 1.14). Выберем оси координат $xBy$, как показано на рис. 1.14, и составим уравнения равновесия узла $B$:

$$\sum F_{kx} = T_C\cos 60^\circ + S'\cos 86^\circ - T_A = 0; \quad \sum F_{ky} = T_C\cos 30^\circ - S'\cos 4^\circ = 0.$$

Находим натяжение отвеса на верхнем участке $BC$ и натяжение $T_A$ оттяжки $BA$: $T_C = \dfrac{S'\cos 4^\circ}{\cos 30^\circ} = 57{,}73$ Н; $T_A = T_C\cos 60^\circ + S'\cos 86^\circ = 32{,}36$ Н.

**Задача 5.** Груз $P$ = 20 кН удерживается двумя стержнями $AC$, $AD$ одинаковой длины и цепью $AB$, скреплённых в точке $A$, так, что плоскость треугольника $ADC$ горизонтальна (рис. 1.15). Цепь $BA$ отклонена от вертикальной стены на угол $\beta = 60^\circ$ и расстояние $CE = ED$. Трос закреплён одним концом в точке $A$, а другой его конец, несущий груз, переброшен через блок $K$ так, что отрезок троса $AK$ находится в плоскости, параллельной плоскости

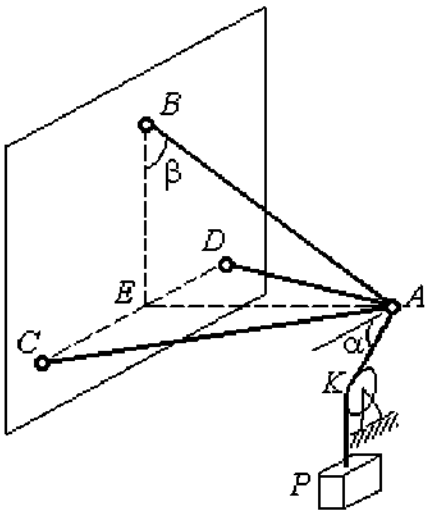



Рис. 1.15. Конструкция пространственного кронштейна

стены, и составляет с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Крепления стержней шарнирные. Углы у оснований стержней $\angle DCA = \angle CDA = 60^\circ$. Определить реакции стержней и натяжение цепи. Весами стержней пренебречь.

*Решение*

Рассмотрим равновесие узла $A$. Освобождаем узел от связей, заменяя действие связей реакциями. Реакции стержней $\vec{S}_D$ и $\vec{S}_C$ направлены по стержням, реакция цепи $\vec{S}_B$ направлена вдоль линии натянутой цепи (рис. 1.16).

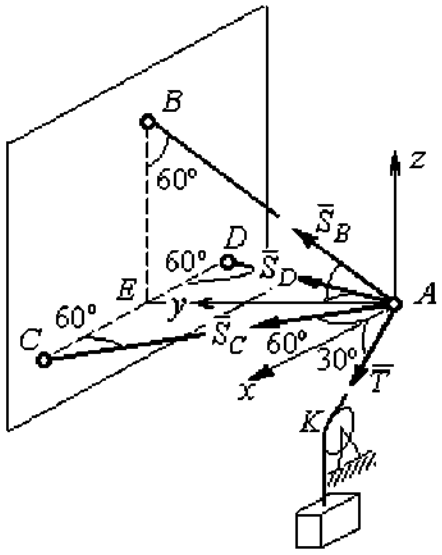



Рис. 1.16. Силы, действующие на узел $A$, при его равновесии

Реакция троса $\vec{T}$ направлена вдоль троса по линии $AK$ и численно равна весу груза: $T = P$. Направления реакций выбраны в предположении, что стержни и цепь растянуты.

Выберем систему координат, как показано на рис. 1.16. На узел $A$ действует пространственная сходящаяся система сил.

Условия равновесия пространственной сходящейся системы сил $\sum F_{kx} = 0$, $\sum F_{ky} = 0$, $\sum F_{kz} = 0$, где $F_{kx}, F_{ky}, F_{kz}$ – проекции всех сил на координатные оси. Составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = S_C \cos 60^\circ - S_D \cos 60^\circ + T \cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = S_C \cos 30^\circ + S_D \cos 30^\circ + S_B \cos 30^\circ = 0; \quad \sum F_{kz} = S_B \cos 60^\circ - T \cos 60^\circ = 0.$$

Решая эту систему, находим $S_B = T = P = 20$ кН; $S_C = -27{,}32$ кН; $S_D = 7{,}32$ кН. Знак минус величины $S_C$ показывает, что реакция стержня $AC$ имеет обратное направление. Натяжение цепи равно модулю реакции $\vec{S}_B$.

**Задача 6.** Подъёмное устройство (рис. 1.17) состоит из двух стержневых опор $DB$ и $DA$ и растяжки $DC$, соединённых в точке $D$. В точке $D$ к устройству прикреплена вертикальная нить, удерживающая груз весом $P = 50$ кН.

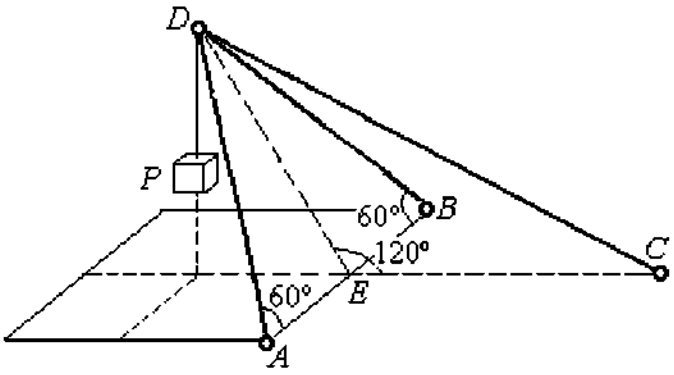


Рис. 1.17. Конструкция подъёмного устройства

Определить реакцию стержневых опор и усилие в растяжке подъёмного устройства, если крепления стержней шарнирные, угол $\angle DEC = 120^\circ$, $AE = EB$, $DE = EC$, а углы в основании опор $\angle DAB = \angle DBA = 60^\circ$.

*Решение*

Рассматриваем равновесие узла $D$. Освобождаем узел от связей, заменяя действие связей реакциями. Реакции стержней $\vec{S}_A$, $\vec{S}_B$, $\vec{S}_C$ направлены по стержням, реакция нити $\vec{T}$, численно равная весу тела, направлена вдоль нити (рис. 1.18). Направление реакций выбрано в предположении, что все стержни растянуты.

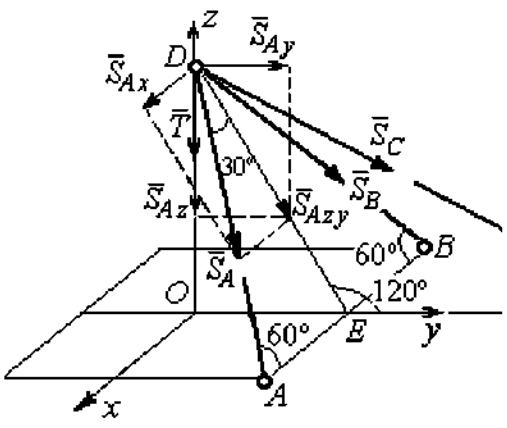


Рис. 1.18. Силы, действующие на узел $D$, при его равновесии

На узел $D$ действует пространственная сходящаяся система сил. Выберем систему координат $Oxyz$, как показано на рис. 1.18, и составим уравнения равновесия. Заметим, что при определении проекции силы $\vec{S}_A$ на оси координат следует вначале получить её проекции $\vec{S}_{Ax}$

на ось $Ox$ и $\vec{S}_{Azy}$ – на плоскость $Oyz$, а затем найти проекции силы $\vec{S}_{Azy}$ на оси $Oy$ и $Oz$. На рис. 1.18 показана последовательность вычисления проекций силы $\vec{S}_A$ на оси координат: $S_{Ax} = S_A\cos60^\circ$, $S_{Ay} = S_{Azy}\cos60^\circ = S_A\cos30^\circ\cos60^\circ$, $S_{Az} = -S_{Azy}\cos30^\circ = -S_A\cos^2 30^\circ$. Определение проекций силы $\vec{S}_B$ производится аналогично. Сила $\vec{S}_C$ расположена в плоскости $Oyz$ и имеет своими проекциями $S_{Cy} = S_C\cos30^\circ$, $S_{Cz} = -S_C\cos60^\circ$. В результате уравнения равновесия узла $D$ принимают вид

$$\sum F_{ky} = S_A\cos30^\circ\cos60^\circ + S_B\cos30^\circ\cos60^\circ + S_C\cos30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{kx} = S_A\cos60^\circ - S_B\cos60^\circ = 0;$$

$$\sum F_{kz} = -S_A\cos^2 30^\circ - S_B\cos^2 30^\circ - S_C\cos60^\circ - T = 0.$$

Решая систему, получим: $S_A = S_B = -50$ кН, $S_C = 50$ кН.

Отрицательные значения $S_A$ и $S_B$ означают, что реакций стержней $AD$ и $DB$ направлены в противоположную сторону. В результате стержни $AD$ и $DB$ сжаты, а стержень $DC$ растянут.

### 1.3. Произвольная плоская система сил

Система сил, расположенных в одной плоскости, называется **плоской системой сил.**

Алгебраическим моментом $M_O(\vec{F})$ силы $\vec{F}$ относительно центра $O$, или просто **моментом силы** $\vec{F}$ относительно центра, называют взятое с соответствующим знаком произведение модуля силы $\vec{F}$ и кратчайшего расстояния $h$ от центра до линии действия силы (рис. 1.19, *а*): $M_O(\vec{F}) = \pm Fh$. Величину $h$ называют **плечом силы.** Единица измерения момента – Н·м. Момент считается положительным, если сила $\vec{F}$ стремится повернуть тело вокруг центра в направлении против хода часовой стрелки, и отрицательным – в обратном случае.

На рис. 1.19, *b* показаны знаки моментов сил $\vec{F}$ и $\vec{Q}$ относительно центра *O*: $M_O(\vec{F}) = +Fh_2$, $M_O(\vec{Q}) = -Qh_1$. Момент силы $\vec{R}$ относительно центра *O* равен нулю: $M_O(\vec{R}) = 0$, так как плечо силы равно нулю.

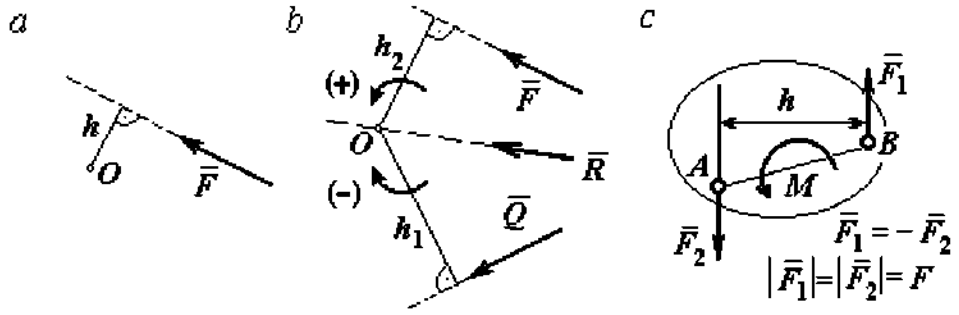



Рис. 1.19. Схемы к вычислению момента силы:
*a*, *b* – момент силы относительно центра; *c* – момент пары сил

**Парой сил,** или просто парой (рис.1.19, *c*), называют систему двух равных по модулю сил, параллельных, направленных в противоположные стороны и не лежащих на одной прямой. **Плечом пары** называют кратчайшее расстояние между линиями действия ее сил. Алгебраическим моментом пары сил, или **моментом пары,** называют взятое со знаком плюс или минус произведение модуля одной из сил пары и плеча пары. Правило знаков такое же, как и для момента силы. Пара сил, показанная на рис. 1.19, *c*, имеет плечо *h* и момент *M*: $M = F_1 h = F_2 h$. Поскольку пара сил характеризуется только ее моментом, на схемах пару часто изображают дуговой стрелкой, показывающей направление поворота твердого тела под действием пары (см. *M* на рис. 1.19, *c*).

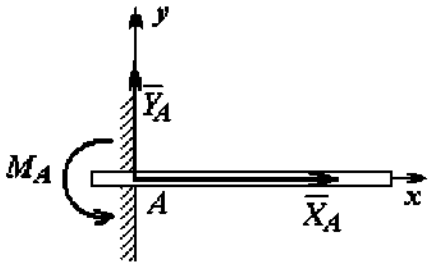



Рис. 1.20. Реакция жесткой заделки

**Жесткая заделка.** Такая связь (рис. 1.20) препятствует не только линейным перемещениям тела, но и повороту. Реакция жесткой заделки состоит из силы реакции $\vec{R}_A$ и пары сил с моментом $M_A$. Силу реакции жесткой заделки $\vec{R}_A$ изображают ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, направленными вдоль координатных

осей (см. рис. 1.20). Величина силы реакции $\vec{R}_A$ определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$.

При вычислении моментов сил часто применяют **теорему Вариньона** о том, что момент равнодействующей системы сил относительно любого центра равен сумме моментов всех сил этой системы относительно того же центра. На рис. 1.21 показана схема применения теоремы Вариньона. Силу $\vec{F}$ раскладываем на составляющие $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, направленные вдоль координатных осей так, что имеет место равенство $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$. Численно составляющие $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ равны проекциям силы $\vec{F}$ на координатные оси: $F_1 = F\cos\alpha$, $F_2 = F\sin\alpha$. Для каждой из составляющих находим плечи $h_1$ и $h_2$ относительно центра $O$. Тогда (с учётом знаков) момент силы $\vec{F}$ относительно центра $O$: $M_O(\vec{F}) = M_O(\vec{F}_1) + M_O(\vec{F}_2) = F_1 h_1 + F_2 h_2$.

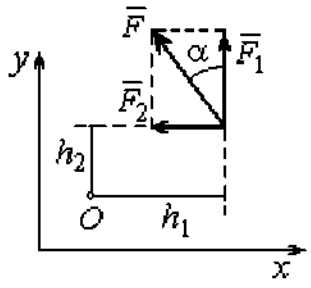


Рис.1.21. Применение теоремы Вариньона

**Распределённая нагрузка.** Силы, приложенные непрерывно вдоль некоторой поверхности, называются **распределенными**. Распределённая нагрузка характеризуется интенсивностью $q$. Интенсивность нагрузки, равномерно распределённой вдоль прямой, измеряется в Н/м. На рис. 1.22 приведена плоская система сил, равномерно распределённых вдоль прямой. Равнодействующая $\vec{Q}$ сил, равномерно распределённых вдоль прямой, приложена в середине отрезка действия распределённой нагрузки и по модулю равна произведению интенсивности нагрузки на длину её действия: $Q = qa$, где $a$ – длина отрезка действия распределённой нагрузки.

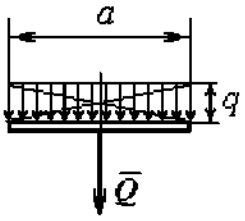


Рис. 1.22. Нагрузка, равномерно распределённая по прямой

**Основная форма условий равновесия плоской системы сил.** Для равновесия плоской системы сил необходимо и достаточно, чтобы суммы

проекций всех сил на каждую из двух осей прямоугольной системы координат, расположенной в плоскости действия сил, были равны нулю и сумма моментов сил относительно любого центра, находящегося в плоскости действия сил, была равна нулю:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum M_A(\vec{F}_k) = 0,$$

где $F_{kx}, F_{ky}$ – проекции всех сил на координатные оси; $M_A(\vec{F}_k)$ – моменты всех сил относительно произвольно выбранного центра $A$.

## Примеры решения задач на равновесие произвольной плоской системы сил

**Задача 7.** Однородная балка $AB$ весом $P$ = 100 кН прикреплена к стене шарниром $A$ (рис.1.23). Балка удерживается под углом 60° к вертикали при помощи троса, прикреплённого к балке в точке $B$, перекинутого через блок $D$ и несущего груз $Q$. Участок троса $DB$ образует с вертикалью угол 30°. В точке $C$ к балке подвешен груз $G$ весом $G$ = 200 кН. Определить вес груза $Q$, удерживающий балку в равновесии, и реакцию шарнира $A$, пренебрегая трением в блоке, если расстояние $BC = 0{,}25BA$.

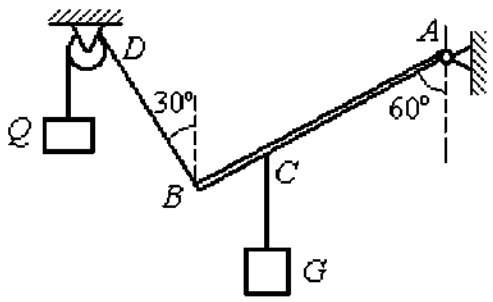


Рис. 1.23. Равновесие балки

*Решение*

Объектом равновесия является балка $AB$. На балку действуют сила тяжести $\vec{P}$, приложенная в середине отрезка $AB$, реакция шарнира $A$, представленная в виде двух составляющих $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, направленных вдоль координатных осей, реакция $\vec{T}_1$ нити, удерживающей груз $Q$, и реакция $\vec{T}_2$ нити, удерживающей груз $G$. Направления сил и реакций связей показаны на рис. 1.24.

Силы – $\vec{T}_1$, $\vec{T}_2$, $\vec{P}$, $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, действующие на балку, составляют произвольную плоскую систему. Условия равновесия произвольной плоской системы сил:

$$\sum F_{kx} = 0;\ \sum F_{ky} = 0;\ \sum M_A(\vec{F}_k) = 0.$$

Выберем систему координат *xAy*, как показано на рис. 1.24.

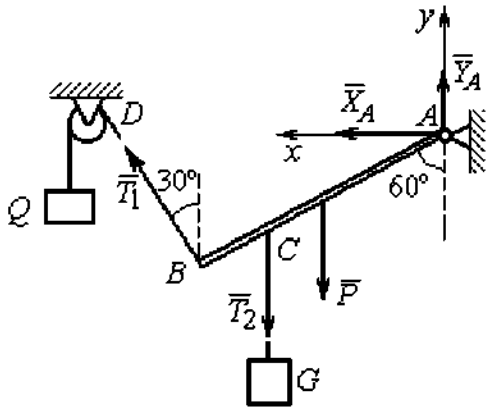



Рис. 1.24. Внешние силы и реакции связей при равновесии балки

Первые два уравнения равновесия имеют вид

$$\sum F_{kx} = X_A + T_1\cos 60^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = Y_A + T_1\cos 30^\circ - T_2 - P = 0.$$

Выберем центром точку $A$ и будем вычислять моменты сил относительно этого центра. Обозначим (для удобства записи) длину $AB = \ell$. Условие равновесия балки в форме равенства нулю суммы моментов сил относительно центра $A$ имеет вид

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -T_1\ell + T_2\frac{3}{4}\ell\cos 30^\circ + P\frac{1}{2}\ell\cos 30^\circ = 0.$$

Подставим данные из условия задачи, с учётом, что реакция нити, удерживающей груз $Q$, по модулю равна весу этого груза: $T_1 = Q$, а реакция нити, удерживающей груз $G$, численно равна весу груза $G$: $T_2 = G$.

Получим систему уравнений:

$$X_A + Q\cdot 0{,}5 = 0,\ Y_A + Q\cdot 0{,}866 - 300 = 0,\ -Q + 173{,}2 = 0.$$

Решая систему, найдём $Q = 173{,}2$ кН, $X_A = -86{,}6$ кН, $Y_A = 150{,}01$ кН.

**Задача 8.** Рама *ACE* (рис. 1.25, *а*) в точке *A* закреплена на цилиндрической шарнирной опоре, а в точке *B* поддерживается вертикальным невесомым стержнем *BK*. На раму действуют: пара сил с моментом $M = 8$ кН·м, сила $\vec{F}$, равная по модулю $F = 10$ кН, приложенная в точке *D* под углом 60° к раме, и равномерно распределенная на отрезке *AB* нагрузка интенсивностью $q = 2$ кН/м.

В точке $E$ под прямым углом к отрезку $CE$ рамы прикреплен трос, переброшенный через блок и несущий груз $P = 20$ кН.

Пренебрегая весом балки, определить реакцию шарнира $A$ и реакцию стержневой опоры $BK$, если $a = 2$ м.

*Решение*

Рассмотрим равновесие рамы $ACE$. Выбираем систему координат $xAy$, например, как показано на рис. 1.25, $b$.

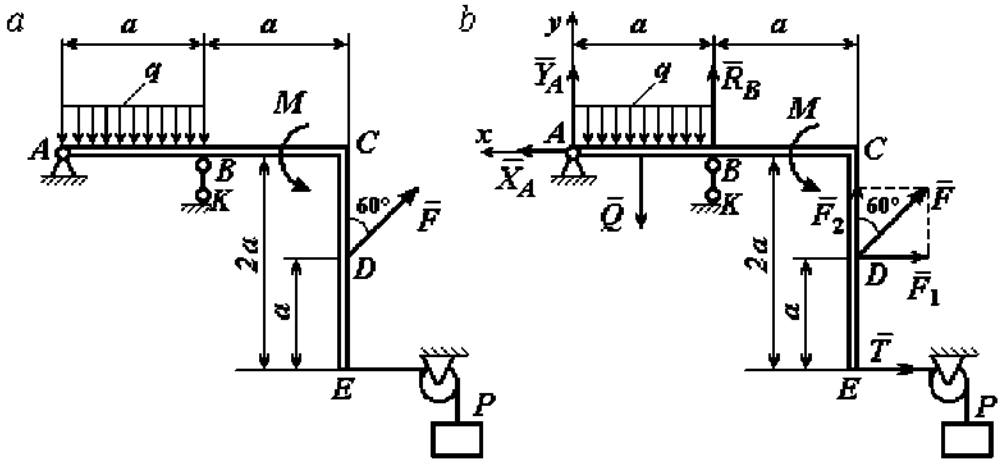



Рис. 1.25. Равновесие рамы:
$a$ – конструкция и нагрузка рамы; $b$ – внешние силы и реакции связей при равновесии рамы

Заменяем действие связей их реакциями. Изображаем реакцию $\vec{R}_A$ шарнира $A$ двумя ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, направленными, соответственно, вдоль горизонтальной оси $Ax$ и вертикальной $Ay$. Реакция $\vec{R}_B$ невесомой стержневой опоры $BK$ приложена в точке $B$ и направлена вдоль стержня $BK$. Действие груза $P$ на раму изображается реакцией троса $\vec{T}$, модуль которой равен весу груза $T = P$. Заменяем распределенную нагрузку её равнодействующей $\vec{Q}$. Сила $\vec{Q}$ приложена в середине отрезка $AB$ и численно равна: $Q = qa = 2 \cdot 2 = 4$ кН. На рис. 1.25, $b$ показано направление внешних сил и реакций при равновесии рамы. Направление реакции стержневой опоры $BK$ выбрано в предположении, что стержень сжимается.

При равновесии рамы $ACE$ действующие на неё силы составляют уравновешенную произвольную плоскую систему сил ($\vec{Q}, \vec{F}, \vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{R}_B, \vec{T}, M$) ~ 0. Условия равновесия имеют вид $\sum F_{kx} = 0$; $\sum F_{ky} = 0$; $\sum M_A(\vec{F}_k) = 0$. Вычисляя проекции сил на оси $Ax$, $Ay$, первые два уравнения из условий равновесия получим в виде:

$$\sum F_{kx} = X_A - F\cos 30^\circ - T = 0; \quad \sum F_{ky} = Y_A - Q + R_B + F\cos 60^\circ = 0. \qquad (1.1)$$

При составлении третьего уравнения моменты сил будем вычислять относительно центра $A$. В этом случае линии действия сил $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, составляющих реакцию шарнира $A$, проходят через центр $A$, плечи сил равны нулю, и, следовательно, моменты этих сил относительно данного центра равны нулю: $M_A(\vec{X}_A) = 0$, $M_A(\vec{Y}_A) = 0$.

При определении момента силы $\vec{F}$ удобнее воспользоваться теоремой Вариньона. С этой целью представим вектор силы $\vec{F}$ как равнодействующую двух сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, параллельных осям $Ax$ и $Ay$: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ (см. рис. 1.25, *b*). Величины сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ определяются как проекции силы $F$ на оси координат: $F_1 = F\cos 30^\circ$, $F_2 = F\cos 60^\circ$. По теореме Вариньона момент силы $\vec{F}$ относительно центра $A$ равен сумме моментов сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ относительно того же центра $A$: $M_A(\vec{F}) = M_A(\vec{F}_1) + M_A(\vec{F}_2) = F_1 \cdot a + F_2 \cdot 2a$.

В результате уравнение равновесия в форме моментов имеет вид

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -Q \cdot 0{,}5a + R_B a + M + F\cos 60^\circ \cdot 2a + F\cos 30^\circ \cdot a + T2a = 0. \qquad (1.2)$$

Подставляя в уравнения равновесия (1.1), (1.2) численные значения из условий задачи, получим систему уравнений относительно неизвестных $X_A, Y_A, R_B$. Решая эту систему, найдем: $X_A$ = 28,66 кН; $Y_A$ = 59,66 кН; $R_B$ = – 60,66 кН.

Отрицательное значение величины $R_B$ означает, что фактическое направление реакции $\vec{R}_B$ стержневой опоры $BK$ противоположно направлению, показанному на рис. 1.25, *b*, т. е. стержень $BK$ растягивается. Реакция шарнирной опоры $A$ – сила $\vec{R}_A$ – находится как геометрическая (векторная) сумма сил $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$. Величина реакции $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = \sqrt{28{,}66^2 + 59{,}66^2} = 66{,}18$ кН.

**Задача 9.** Прямоугольная рама $ABCED$ (рис. 1.26) в точке $A$ закреплена жёсткой заделкой. В точке $E$ к раме прикреплена нить, составляющая угол 60° к горизонту. Другой конец нити, переброшенный через невесомый блок, несёт груз весом $P$ = 15 кН. На раму действуют: пара сил с моментом $M$ = 12 кН·м, сила $\vec{F}$, равная по модулю $F$ = 10 кН, приложенная в точке $C$ под углом 30° к горизонтальному участку рамы $BE$, и равномерно распределенная на отрезке $BC$ нагрузка интенсивностью $q$ = 2 кН/м. В точке $D$ под углом 60° к горизонту на раму действует сила $\vec{G}$, численно равная 20 кН.

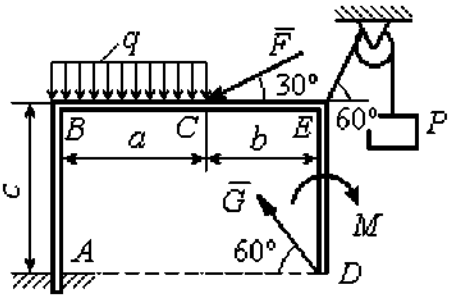


Рис. 1.26. Конструкция рамы

Пренебрегая весом рамы, определить реакцию жесткой заделки в точке $A$, если размеры рамы: $a$ = 2 м, $b$ = 1 м, $c$ = 5 м.

*Решение*

Объектом равновесия является рама $ABCED$. Связями в данной конструкции являются жесткая заделка рамы в точке $A$ и нить, натянутая грузом $P$. Заменяем действие связей их реакциями. Изображаем реакцию жесткой заделки в точке $A$ в виде силы, которую представим двумя ее составляющими – $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, и парой сил с моментом $M_A$ (рис. 1.27). Реакция нити $\vec{T}$, приложенная

к раме в точке $E$, направлена вдоль нити и численно равна весу груза $T = P$. Заменяем распределенную нагрузку её равнодействующей $\vec{Q}$. Сила $\vec{Q}$ риложена в середине отрезка $AB$ и численно авна: $Q = qa = 4$ кН.

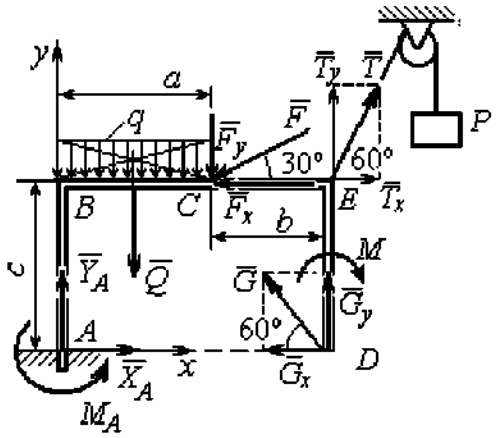



Рис. 1.27. Внешние силы и реакции связей при равновесии рамы

Действующие на раму силы составляют равновешенную произвольную плоскую истему сил: $(\vec{Q}, \vec{F}, \vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{G}, \vec{T}, M) \sim 0$. Условия равновесия для такой системы сил: $\sum F_{kx} = 0$; $\sum F_{ky} = 0$; $\sum M_A(\vec{F}_k) = 0$.

Выбираем систему координат $xAy$, например, как показано на рис. 1.27, и составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = X_A - F\cos 30^\circ + T\cos 60^\circ - G\cos 60^\circ = 0; \qquad (3)$$

$$\sum F_{ky} = Y_A - Q - F\cos 60^\circ + T\cos 30^\circ + G\cos 30^\circ = 0. \qquad (4)$$

Моменты сил будем вычислять относительно центра $A$. В этом случае моменты сил $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$ равны нулю: $M_A(\vec{X}_A) = 0$; $M_A(\vec{Y}_A) = 0$.

При определении момента силы $\vec{F}$ удобно воспользоваться теоремой Вариньона. С этой целью представим вектор силы $\vec{F}$ как равнодействующую двух сил $\vec{F}_x$ и $\vec{F}_y$, параллельных осям $Ax$ и $Ay$: $\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y$ (см. рис. 1.27). Величины сил $\vec{F}_x$ и $\vec{F}_y$ определяются как проекции силы $\vec{F}$ на оси координат: $F_x = F\cos 30^\circ$, $F_y = F\cos 60^\circ$. Плечо вектора силы $\vec{F}_x$ относительно центра $A$ равно $c$ (как длина перпендикуляра, проведённого из центра $A$ на линию действия силы $\vec{F}_x$), плечом силы $\vec{F}_y$ является расстояние $a$. По теореме Вариньона момент силы $\vec{F}$ относительно центра $A$ равен алгебраической сумме моментов сил $\vec{F}_x$ и $\vec{F}_y$ относительно того же центра:

$$M_A(\vec{F}) = M_A(\vec{F}_x) + M_A(\vec{F}_y) = F_x \cdot c - F_y \cdot a = F\cos 30^\circ \cdot c - F\cos 60^\circ \cdot a.$$

Аналогично вычисляем моменты сил $\vec{G}$ и $\vec{T}$: $M_A(\vec{G}) = G\cos 30^\circ \cdot (a+b)$; $M_A(\vec{T}) = -T\cos 60^\circ \cdot c + T\cos 30^\circ \cdot (a+b)$. В результате уравнение моментов имеет вид:

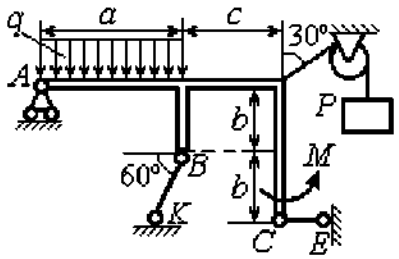
$$\sum M_A(\vec{F}_k) = F\cos 30^\circ \cdot c - F\cos 60^\circ \cdot a - T\cos 60^\circ \cdot c + T\cos 30^\circ \cdot (a+b) +$$

$$+ G\cos 30^\circ \cdot (a+b) - Q\frac{a}{2} - M + M_A = 0. \qquad (1.5)$$

Подставляя в уравнения равновесия (1.3) – (1.5) численные значения из условий задачи, получим систему уравнений относительно неизвестных $X_A, Y_A, M_A$, откуда найдём значения реакций: $X_A = 11{,}16$ кН; $Y_A = -21{,}31$ кН; $M_A = -70{,}73$ Н·м. Знаки показывают, что составляющая $\vec{Y}_A$ силы реакции жёсткой заделки и момент реакции $M_A$ направлены в противоположную сторону. Величина силы реакции жесткой заделки $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = 24{,}05$ кН.

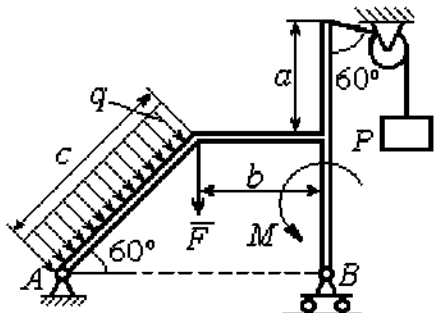
## Упражнения

Упражнение 1.1




$a = 3$ м, $b = 1$ м, $c = 2$ м,
$P = 15$ кН, $M = 3$ кНм, $q = 5$ кН/м.
Найти реакцию стержней $BK$, $CE$
и реакцию шарнира $A$

Упражнение 1.2

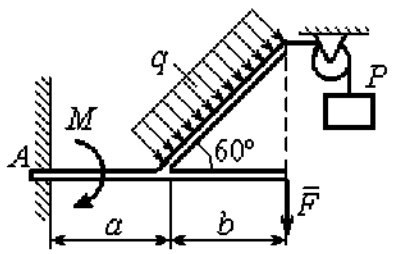



$a = 2$ м, $b = 1$ м, $c = 3$ м,
$M = 3$ кНм, $q = 3$ кН/м,
$P = 2$ кН, $F = 4$ кН.
Найти реакцию шарниров $A$ и $B$

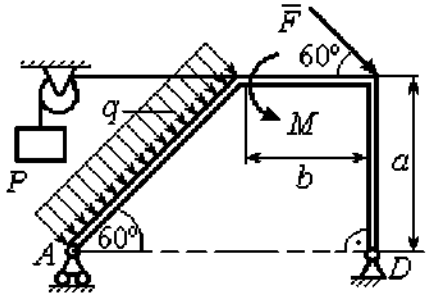
Рис. 1.28. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.1, 1.2

Упражнение 1.3

Упражнение 1.4




$a = 1$ м, $b = 2$ м, $F = 2$ кН,
$P = 3$кН, $M = 3$ кН·м,
$q = 2$ кН/м
Найти реакцию жесткой заделки




$a = 3$ м, $b = 1$ м, $P = 2$ кН, $F = 3$ кН,
$M = 3$ кН·м, $q = 2$ кН/м.
Найти реакцию шарниров $A$ и $D$

Рис. 1.29. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.3, 1.4

## 1.4. Равновесие систем тел

Связи, соединяющие части конструкции, называются **внутренними** в отличие от **внешних** связей, скрепляющих конструкцию с внешними телами, не входящими в данную конструкцию.

Одним из способов решения задач на равновесие сил, действующих на сочленённую конструкцию, является **разбиение конструкции на отдельные тела** и составление уравнений равновесия для каждого из тел, входящих в конструкцию. В уравнения равновесия будут входить только силы, непосредственно приложенные к телу, равновесие которого рассматривается. **При этом реакции внутренних связей, приложенные к разным телам, будут попарно равны по модулю и противоположны по направлению.**

### Примеры решения задач на равновесие систем тел

**Задача 10.** Диск весом $Q = 100$ кН опирается на вертикальную стенку и на наклонную балку $AB$. На диск действует сила $\vec{F}$, равная по величине 50 кН (рис. 1.30). Линия действия силы $\vec{F}$ проходит через центр диска под углом 30° к его вертикальному диаметру.

Однородная балка $AB$ весом $G = 80$ кН закреплена в точке $A$ шарнирно и удерживается под углом 60° к стене при помощи вертикального троса, один конец которого закреплён на балке в точке $B$, а другой – переброшен через блок и несёт груз весом $P$. Определить давление диска на стенку и на балку, реакцию шарнира $A$ и вес груза $P$, удерживающий конструкцию в равновесии, если длина балки $AB$ $\ell = 6$ м, радиус диска $r = 1$ м.

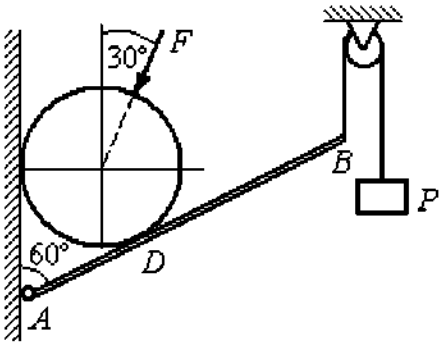



Рис. 1.30. Равновесие составной конструкции

*Решение*

Объект равновесия включает балку и диск и представляет собой составную конструкцию. Опора диска на балку в точке $D$ является внутренней связью конструкции. Рассмотрим равновесие диска и балки отдельно.

Освобождаем диск от связей. На диск действует сила веса $\vec{Q}$, сила $\vec{F}$ и реакции $\vec{N}$ и $\vec{R}$ опор диска на стену в точке $K$ и на балку в точке $D$ (рис. 1.31). Силы, приложенные к диску, составляют плоскую систему сходящихся сил. Выберем систему координат, как показано на рис. 1.31, и составим уравнения равновесия:

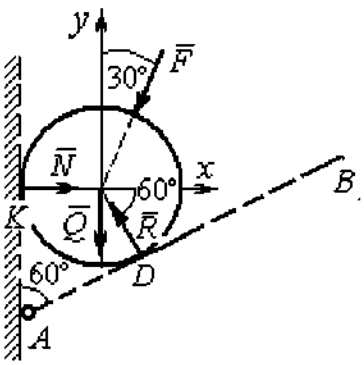



Рис. 1.31. Внешние силы и реакции связей при равновесии диска

$$\sum F_{kx} = -F\cos 60^\circ - R\cos 60^\circ + N = 0; \quad (1.6)$$

$$\sum F_{ky} = -F\cos 30^\circ + R\cos 30^\circ - Q = 0. \quad (1.7)$$

Рассмотрим равновесие балки $AB$ (рис. 1.32).

На балку действуют сила тяжести $\vec{G}$, реакция шарнира $A$, (на рис. 1.32 показано её разложение на составляющие $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$), реакция нити $\vec{T}$, численно равная весу груза $P$, и сила $\vec{R}'$ давления диска на балку. Сила давления $\vec{R}'$ противоположна реакции $\vec{R}$ опоры диска на балку и численно равна ей.

Система сил ($\vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{G}, \vec{T}, \vec{R}'$), действующих на балку, является произвольной плоской. Условия равновесия такой системы сил:

$$\sum F_{kx} = 0;\ \sum F_{ky} = 0;\ \sum M_A(\vec{F}_k) = 0.$$

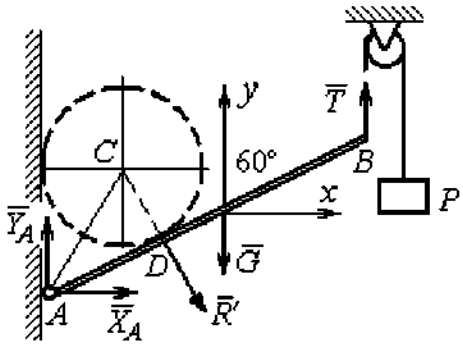



Рис. 1.32. Силы, действующие на балку, при равновесии

Выберем оси, как показано на рис. 1.32, и составим уравнения равновесия, полагая точку $A$ центром, относительно которого производятся вычисления моментов сил:

$$\sum F_{kx} = X_A + R'\cos 60^\circ = 0, \tag{1.8}$$

$$\sum F_{ky} = Y_A - R'\cos 30^\circ - G + T = 0, \tag{1.9}$$

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -R' \cdot AD - G \cdot \frac{\ell}{2}\cos 30^\circ + T\ell\cos 30^\circ = 0. \tag{1.10}$$

Добавив к уравнениям (1.8) – (1.10) равновесия балки $AB$ уравнения (1.6), (1.7) равновесия диска с учётом, что $R' = R$, получим систему пяти уравнений с пятью неизвестными. Подставляя данные из условия задачи и решая совместную систему, найдём: $R$= 165,47 кН; $N$ = 107,74 кН; $P$ = 95,26 кН; $X_A$ = – 82,73 кН; $Y_A$= 128,03 кН.

Сила давления диска на стену равна модулю реакции опоры $\vec{N}$ и направлена в противоположную сторону, сила давления диска на балку равна $\vec{R}'$.

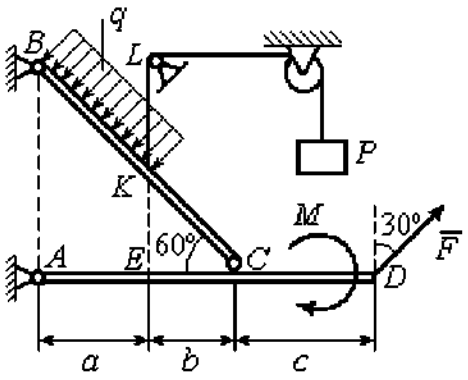



Рис.1.33. Равновесие кронштейна как сочленённой конструкции

**Задача 11.** Кронштейн состоит из горизонтальной балки $AD$, прикрепленной к вертикальной стене в точке $A$, и откоса $BC$, соединённого с балкой $AD$ в точке $C$ под углом 60° и прикреплённого к вертикальной стене в точке $B$ (рис. 1.33). Все соединения шарнирные. На конструкцию действуют сила $\vec{F}$, приложенная в точке $D$ под углом 30° к вертикали и равная по модулю $F$ =10 кН, пара сил с моментом $M$ = 8

кН·м и равномерно распределенная на отрезке $BK$ нагрузка интенсивностью $q$ = 3 кН/м. В точке $K$ к балке $BC$ прикреплена нить, другой конец которой, переброшенный через невесомые блоки, несёт груз весом $P$ = 5 кН (см. рис. 1.33).

Определить реакции шарниров $A$, $B$ и $C$, если $a$ = 2 м, $b$ = 1 м, $c$ = 3 м, а на отрезке $KL$ нить натянута вертикально.

*Решение*

Рассмотрим равновесие каждой из составных частей конструкции – балки $BC$ и балки $AD$. Освобождаем балки от связей и заменяем их реакциями (рис. 1.34).

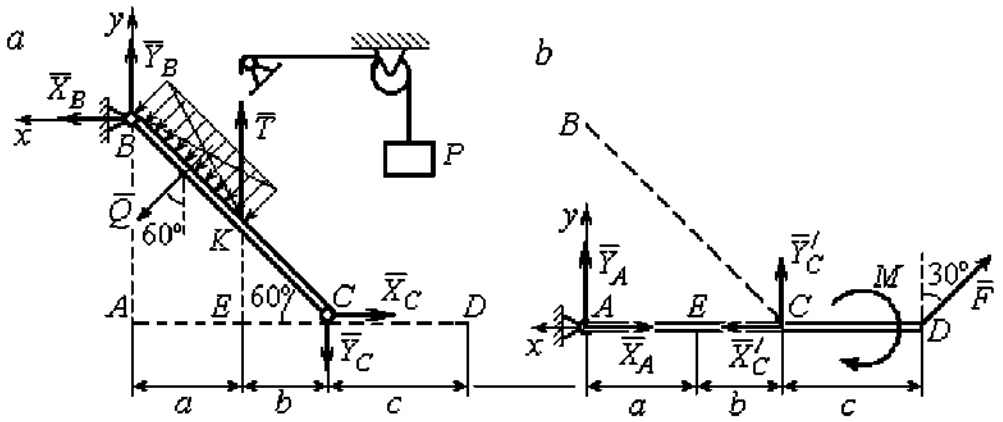



Рис. 1.34. Равновесие элементов конструкции кронштейна:
*a* - силы, действующие на балку $BC$; *b* - силы, действующие на балку $AD$

На рис. 1.34, *a* показаны реакции внешних и внутренних связей балки $BC$ : реакция $\vec{R}_B$ шарнира $B$, реакция нити $\vec{T}$, равная по величине весу груза, $T = P$ и реакция $\vec{R}_C$ внутреннего шарнира $C$. Реакции шарниров $B$ и $C$ представлены в виде разложения на составляющие $\vec{X}_B$, $\vec{Y}_B$ и $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$. Заменяем равномерную нагрузку равнодействующей силой $\vec{Q}$, приложенной в середине отрезка $BK$ (см. рис. 1.34, *a*) и численно равной $Q = q \cdot BK = q \cdot \dfrac{a}{\cos 60^\circ} = q \cdot 2a$.

Система сил ($\vec{Q}$, $\vec{X}_B, \vec{Y}_B, \vec{X}_C, \vec{Y}_C, \vec{T}$), действующая на балку $BC$, является произвольной плоской уравновешенной системой сил. Выберем оси координат

*xBy*, как показано на рис. 1.34, *а*, и составим уравнения равновесия. При этом моменты сил будем вычислять относительно центра *C*:

$$\sum F_{kx} = X_B + Q\cos 30^\circ - X_C = 0; \tag{1.11}$$

$$\sum F_{ky} = Y_B - Q\cos 60^\circ + T - Y_C = 0; \tag{1.12}$$

$$\sum M_C(\vec{F}_k) = X_B \cdot AB - Y_B(a+b) - Tb + Q\left(CK + \frac{1}{2}BK\right) = 0, \tag{1.13}$$

где $AB = (a+b)\text{tg}60^\circ$; $CK = 2b$; $\frac{1}{2}BK = a$.

Рассмотрим равновесие балки *AD* (рис. 1.34, *b*).

На балку действует сила $\vec{F}$, реакция $\vec{R}_A$ шарнира *A* и реакция $\vec{R}'_C$ внутреннего шарнира *C*. Реакция $\vec{R}'_C$ равна по величине и противоположна по направлению реакции $\vec{R}_C$. На рис. 1.34, *b* реакция $\vec{R}_A$ представлена составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, реакция $\vec{R}'_C$ – составляющими $\vec{X}'_C$ и $\vec{Y}'_C$. При этом следует отметить: $\vec{X}'_C = -\vec{X}_C$; $\vec{Y}'_C = -\vec{Y}_C$.

Выберем оси координат *xAy* как показано на рис. 1.34, *b*, и составим уравнения равновесия балки *AD*, вычисляя моменты сил относительно центра *C*:

$$\sum F_{kx} = -X_A + X'_C - F\cos 60^\circ = 0; \tag{1.14}$$

$$\sum F_{ky} = Y_A + Y'_C + F\cos 30^\circ = 0; \tag{1.15}$$

$$\sum M_C(\vec{F}_k) = -Y_A(a+b) + F\cos 30^\circ \cdot c - M = 0. \tag{1.16}$$

Решая совместно систему уравнений (1.11) – (1.16) с учётом исходных данных задачи и равенства модулей сил $X_C = X'_C$ и $Y_C = Y'_C$, находим:

$$X_A = 5{,}99 \text{ кН}, \; Y_A = 5{,}99 \text{ кН}, \; X_C = 10{,}99 \text{ кН}, \; Y_C = -14{,}65 \text{ кН};$$

$$X_B = 0{,}6 \text{ кН}, \; Y_B = -13{,}65 \text{ кН},$$

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = 8{,}47 \text{ кН}, \; R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = 18{,}31 \text{ кН},$$

$$R_B = \sqrt{X_B^2 + Y_B^2} = 13{,}65 \text{ кН}.$$

**Задача 12.** Вертикальная балка $AB$ с горизонтальной перекладиной $LC$ закреплена в точке $A$ с помощью жесткой заделки (рис. 1.35). Наклонная балка $EC$ с углом наклона к горизонту 60° точке $C$ шарнирно прикреплена к горизонтальной перекладине $LC$ балки $AB$, а в точке $E$ опирается на каток установленный на горизонтальной поверхности. На конструкцию действуют равномерно распределенная на отрезках $BL$ и $DE$ нагрузка с одинаковой интенсивностью $q = 2$ кН/м, сила $\vec{F}$, приложенная в точке $D$ перпендикулярно балке $EC$ и равная по величине $F = 10$ кН, и пара сил с моментом $M = 5$ кН·м. Определить реакцию жесткой заделки $A$ и реакции шарниров $C$ и $E$, если параметр $a$, определяющий размеры конструкции, равен $a = 2$ м.

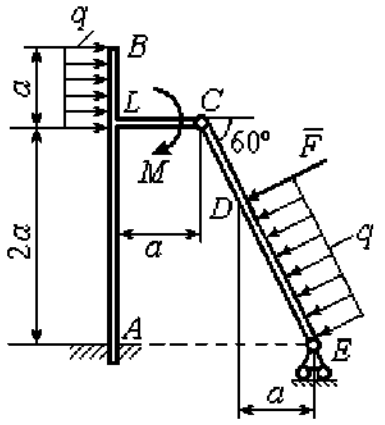



Рис. 1.35. Равновесие сочленённой конструкции

*Решение*

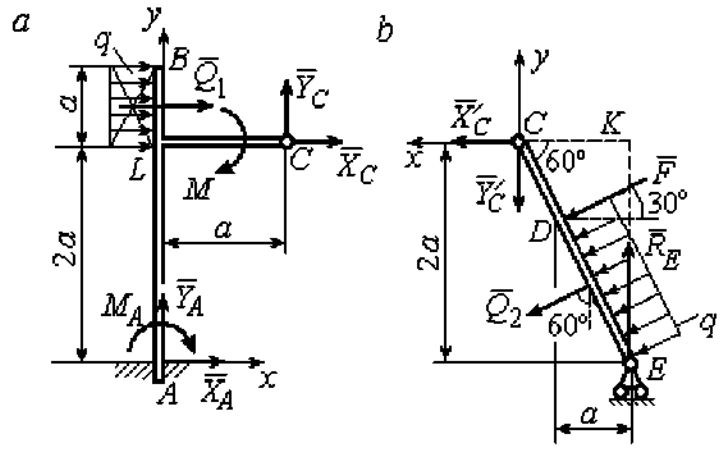



Рис. 1.36. Равновесие элементов конструкции:
*a* - силы и реакции связей, действующие на балку $AB$;
*b* - силы и реакции связей, действующие на балку $CE$

Разделим систему на две части по шарниру $C$ и рассмотрим равновесие балок $ABC$ и $EC$ отдельно.

Рассмотрим балку $ABC$ (рис. 1.36, *a*). Заменим распределенную нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_1$, численно равной $Q_1 = qa = 4$ кН. На балку действует сила $\vec{Q}_1$, пара сил с моментом $M$ и реакции связей – жёсткой заделки в точке $A$ и шарнира $C$.

На рис. 1.36, *а* изображена реакция жесткой заделки в точке $A$ в виде силы, разложенной на составляющие $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, и пары с моментом $M_A$. Реакция $\vec{R}_C$ шарнира $C$ показана разложением на составляющие $\vec{X}_C, \vec{Y}_C$. Силы образуют произвольную плоскую систему.

Введём систему координат, как показано на рис. 1.36, *а*, и составим уравнения равновесия балки, выбрав центром вычисления моментов сил точку $A$.

Имеем систему

$$\sum F_{kx} = X_A + Q_1 + X_C = 0; \quad \sum F_{ky} = Y_A + Y_C = 0; \tag{1.17}$$

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -M_A - Q_1 \cdot \left(2a + \frac{a}{2}\right) - M + Y_C a - X_C 2a = 0. \tag{1.18}$$

Рассмотрим теперь равновесие балки $EC$ (рис. 1.36, *b*). Заменим распределённую нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_2$, приложенной в середине отрезка $ED$ и равной $Q_2 = \dfrac{qa}{\cos 60^\circ} = q \cdot 2a = 8$ кН. На балку действуют силы $\vec{Q}_2$, $\vec{F}$, реакция $\vec{R}_E$ подвижной опоры – катка $E$ и реакция $\vec{R}'_C$ шарнира $C$. На рис. 1.36, *b* реакция $\vec{R}'_C$ показана в виде разложения на составляющие $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$. При этом силы $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ направлены противоположно силам $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$ и равны им по модулю: $X_C = X'_C$; $Y_C = Y'_C$ (см. рис. 1.36, *а, b*).

Действующие на балку $EC$ силы образуют уравновешенную произвольную плоскую систему сил. Выберем систему координат, как показано на рис. 1.36, *b*, и составим уравнения равновесия, вычисляя моменты сил относительно центра $C$. Получим:

$$\sum F_{kx} = Q_2 \sin 60^\circ + F\cos 30^\circ + \vec{X}'_C = 0, \tag{1.19}$$

$$\sum F_{ky} = R_E - Q_2 \cos 60^\circ - F\sin 30^\circ - Y'_C = 0, \tag{1.20}$$

$$\sum M_C(\vec{F}_k) = -F \cdot \left(\frac{2a}{\cos 30^\circ} - 2a\right) - Q_2 \cdot \left(\frac{2a}{\cos 30^\circ} - a\right) + R_E \cdot 2a\,\mathrm{tg}\,30^\circ = 0. \tag{1.21}$$

Подставим в совместную систему (1.17) – (1.21) исходные данные задачи и, воспользовавшись тем, что модули сил $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$ и $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ равны, найдём:

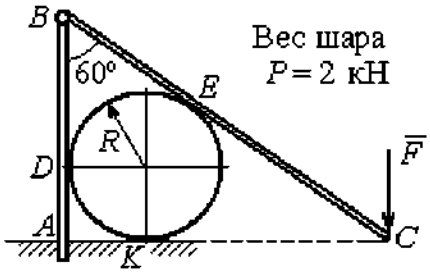
$$X_A = 11{,}59 \text{ кН}; \quad Y_A = -2{,}76 \text{ кН}; \quad M_A = 42{,}87 \text{ кН·м};$$

$$X_C = -15{,}59 \text{ кН}; \quad Y_C = 2{,}76 \text{ кН}; \quad R_E = 11{,}76 \text{ кН}.$$

Полные величины сил реакции жесткой заделки и взаимного давления в шарнире $C$: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = 11{,}91$ кН; $R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = 15{,}83$ кН.

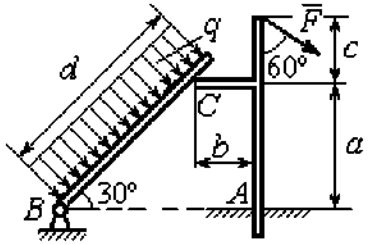
## Упражнения

Упражнение 1.5



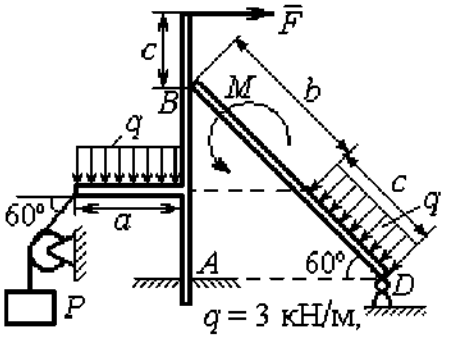

$R = 1$ м, $F = 8$ кН.
Найти реакцию жесткой заделки в точке $A$, реакцию шарнира $B$, реакцию опоры шара в точках $D$, $K$, $E$

Упражнение 1.6



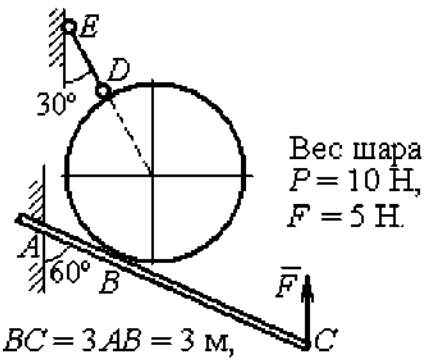

$a = 2$ м, $b = 1$ м, $c = 1$ м, $d = 5$ м,
$q = 3$ кН/м, $F = 4$ кН.
Найти реакцию жесткой заделки в точке $A$, реакцию шарнира $B$ и реакцию опоры в точке $C$

Упражнение 1.7




$F = 4$ кН, $P = 3$ кН, $M = 2$ кН·м,
$a = 2$м, $b = 3$м, $c = 1$м
Найти реакцию заделки $A$, шарнира $D$ и реакцию опоры $B$

Упражнение 1.8




$BC = 3AB = 3$ м,
Найти реакцию жесткой заделки $A$, реакцию стержня $DE$ и реакцию опоры в точке $B$

Рис. 1.37. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.5 – 1.8

## 1.5. Произвольная пространственная система сил

**Моментом силы относительно оси** называют момент вектора проекции этой силы на плоскость, перпендикулярную оси, относительно точки пересечения оси с плоскостью. На рис. 1.38 показано вычисление момента силы $\vec{F}$ относительно оси $z$:

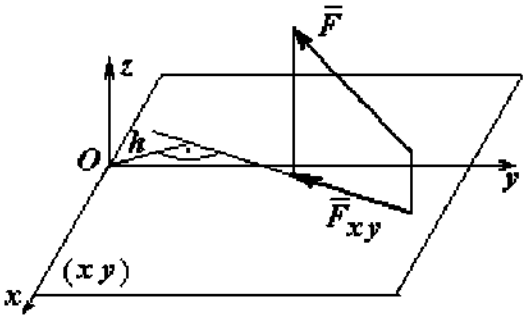



Рис. 1.38. Момент силы относительно оси

$$M_z(\vec{F}) = M_O(\vec{F}_{xy}) = F_{xy}h,$$

где $O$ – точка пересечения оси $z$ с плоскостью $xy$, перпендикулярной оси $z$; $\vec{F}_{xy}$ – вектор проекции силы $\vec{F}$ на плоскость $xy$; $h$ – плечо силы $\vec{F}_{xy}$ относительно центра $O$. Момент силы относительно оси считается положительным, если при взгляде с положительного направления оси он создаёт вращение против хода часовой стрелки.

**Равновесие пространственной системы сил.** Для равновесия пространственной системы сил необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на оси прямоугольной системы координат $x$, $y$, $z$ были равны нулю и суммы моментов всех сил относительно тех же осей также были равны нулю:

$$\sum F_{kx} = 0;\ \sum F_{ky} = 0;\ \sum F_{kz} = 0;$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0;\quad \sum M_y(\vec{F}_k) = 0;\quad \sum M_z(\vec{F}_k) = 0,$$

где $F_{kx}, F_{ky}, F_{kz}$ – проекции всех сил на координатные оси; $M_x(\vec{F}_k)$, $M_y(\vec{F}_k)$, $M_z(\vec{F}_k)$ – моменты всех сил относительно выбранных осей, $k = 1, 2, \ldots$

### Примеры решения задач на равновесие пространственных систем сил

**Задача 13.** Горизонтальный вал (рис. 1.39) закреплен в подпятнике $C$ и подшипнике $K$. Вал имеет шкив $B$ радиуса $R$ и шкив $D$ радиуса $r$.

Оба шкива перпендикулярны оси вала. Рукоять $AE$ параллельна оси $Cx$.

Нить, удерживающая груз $Q$, сходит со шкива $D$ по касательной в точке $L$ параллельно плоскости $zCx$, так что радиус шкива $D$, проведённый в точку схода нити, составляет с вертикальным диаметром угол 30°.

На вал действуют силы: $\vec{F}$, $\vec{P}$ и пара сил с моментом $M$.

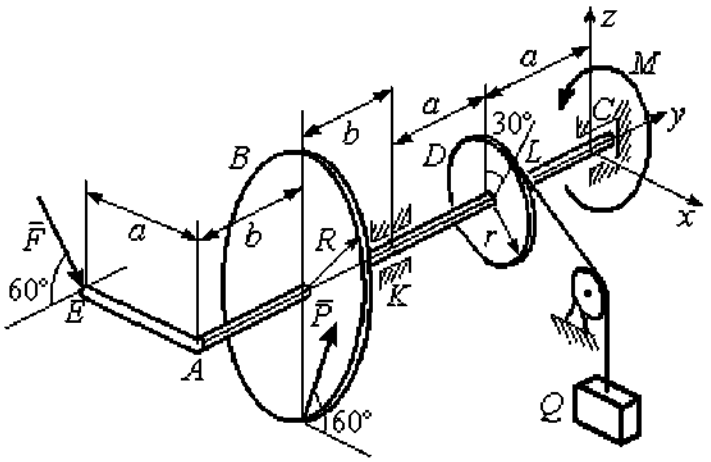



Рис. 1 39. Равновесие вала

Сила $\vec{F}$ находится в плоскости, параллельной $zCy$, и составляет угол 60° с направлением оси $Cy$. Сила $\vec{P}$ приложена в нижней точке шкива $B$, параллельна плоскости $zCx$ и составляет угол 60° с направлением оси $Cx$. Определить вес удерживаемого груза $Q$ и реакции подшипника и подпятника, если $P = 4$ кН; $F = 2$ кН; $M = 3$ кН·м; $R = 0{,}6$ м; $r = 0{,}3$ м; $a = 0{,}8$ м; $b = 0{,}4$ м.

*Решение*

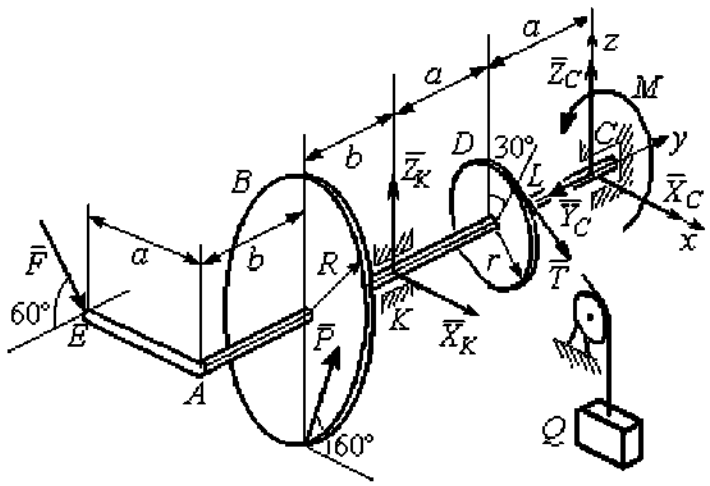



Рис. 1.40. Активные силы и реакции связей, действующие на вал, при его равновесии

Рассмотрим равновесие вала. На вал действуют активные силы $\vec{F}$, $\vec{P}$, пара с моментом $M$ и реакции связей. Связями являются нить, натянутая грузом $Q$, подпятник $C$ и подшипник $K$. Освобождаем вал от связей, заменяя их действие реакциями. Реакцию $\vec{R}_C$ подпятника $C$ раскладываем на три составляющие: $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$, $\vec{Z}_C$, направленные вдоль координатных осей (рис. 1.40). Реакция $\vec{R}_K$ подшипника $K$ лежит в плоскости, перпендикулярной оси вала, и ее составляющими будут вектора

$\vec{X}_K, \vec{Z}_K$, направленные вдоль координатных осей $x$, $z$. Реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити от точки $L$ и по модулю равна весу груза $Q$.

Активные силы и реакции связей составляют произвольную пространственную уравновешенную систему сил. При составлении уравнений равновесия изобразим вал вместе с действующими на него силами в проекциях на координатные плоскости (рис. 1.41).

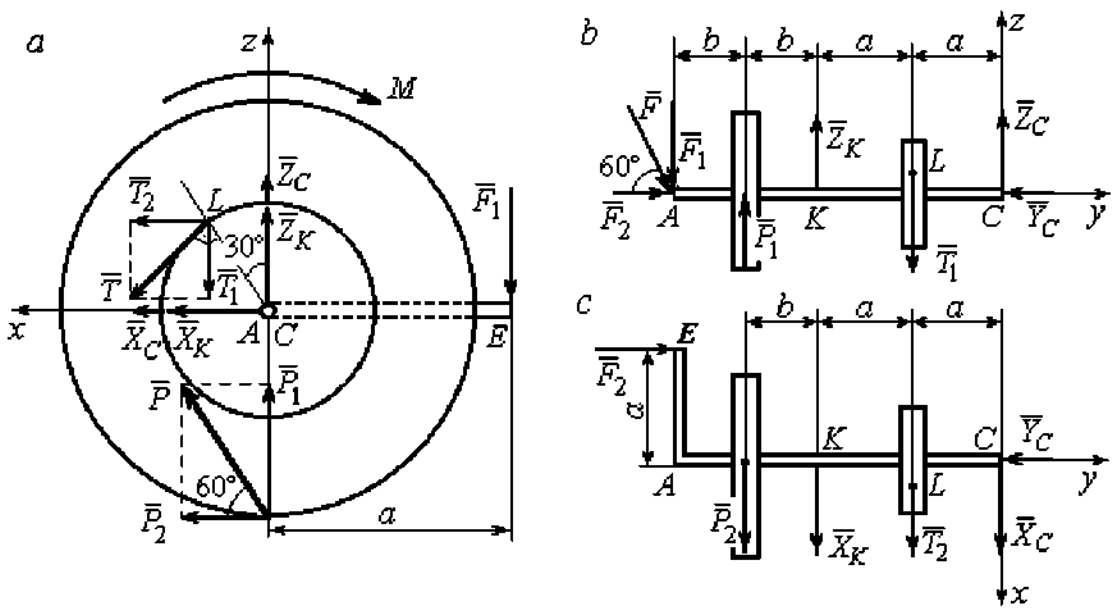



Рис. 1.41. Вал и действующие на него силы в проекциях на координатные плоскости:
*a* – вид вала в проекции на плоскость *zCx* с положительного конца оси *y*;
*b* – вид вала в проекции на плоскость *zCy* с положительного конца оси *x*;
*c* – вид вала в проекции на плоскость *xCy* с положительного конца оси *z*

На рис. 1.41, *a* показаны проекции вала и всех сил на плоскость *zCx*. Вычисляя моменты проекций сил относительно точки *C*, получим значения моментов этих сил относительно оси *y*. При вычислении моментов сил относительно оси *x* достаточно вычислить моменты проекций сил на плоскость *zCy* относительно точки *C* (рис. 1.41, *b*), а вычисляя моменты проекций сил на плоскость *xCy* относительно точки *C*, получим значения моментов сил относительно оси *z* (рис. 1.41, *c*).

Величины проекций сил определяются равенствами: $P_1 = P\cos 30^\circ$; $P_2 = P\cos 60^\circ$; $T_1 = T\cos 60^\circ$; $T_2 = T\cos 30^\circ$; $F_1 = F\cos 30^\circ$; $F_2 = F\cos 60^\circ$.

Составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = P\cos 60^\circ + X_K + T\cos 30^\circ + X_C = 0;\ \sum F_{ky} = F\cos 60^\circ - Y_C = 0;$$

$$\sum F_{kz} = P\cos 30^\circ + Z_K - T\cos 60^\circ + Z_C - F\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = T\cos 60^\circ \cdot a - Z_K \cdot 2a - P\cos 30^\circ \cdot (2a + b) +$$

$$+ F\cos 30^\circ \cdot (2a + 2b) = 0;$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = -F\cos 30^\circ \cdot a - P\cos 60^\circ \cdot R + T \cdot r - M = 0;$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = T\cos 30^\circ \cdot a + X_K \cdot 2a + P\cos 60^\circ \cdot (2a + b) - F\cos 60^\circ \cdot a = 0.$$

Подставляя исходные данные задачи, получим систему шести уравнений с шестью неизвестными, решая которую, найдём:

$$X_C = -8{,}09 \text{ кН},\ Y_C = 1 \text{ кН},\ Z_C = 4{,}65 \text{ кН},\ Z_K = 2{,}92 \text{ кН};$$

$$X_K = -10{,}02 \text{ кН},\ T = 18{,}6 \text{ кН}.$$

Реакции подпятника и подшипника:

$$R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2 + Z_C^2} = 9{,}4 \text{ кН},\ R_K = \sqrt{X_K^2 + Z_K^2} = 10{,}44 \text{ кН}.$$

Вес удерживаемого груза $Q$ равен реакции нити $T$.

**Задача 14.** Однородная прямоугольная плита (рис. 1.42) веса 25 кН прикреплена к полу при помощи шарового шарнира $A$, подшипника $B$ и удерживается в вертикальном положении стержнем $CO$, лежащим в плоскости, перпендикулярной плоскости плиты так, что $\angle COB = 60^\circ$. В плоскости плиты на неё действуют пара сил с моментом $M = 6$ кН·м, сила $\vec{F}_1$, равная $F_1 = 10$ кН, приложенная на верхней стороне плиты в точке $H$ под углом 30° к линии $EC$, и сила $\vec{F}_2$, равная $F_2 = 5$ кН, приложенная в точке $D$ параллельно стороне $AB$. В точке $E$ к плите прикреплён трос, на другом конце которого, перекинутым через блок $K$, подвешен груз весом $Q = 20$ кН. Отрезок троса $EK$ перпендикулярен плоскости плиты.

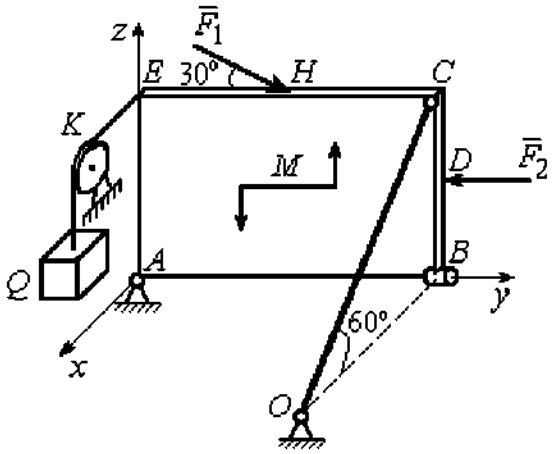



Рис. 1.42. Равновесие плиты

Определить реакции шарнира $A$, подшипника $B$ и реакцию стержня $CO$, если ширина плиты $AB = 3$ м; высота $AE = 2$ м; $EH = HC$, $CD = DB$.

*Решение*

Рассмотрим равновесие плиты $ABCE$. На плиту действуют активные силы $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, сила тяжести плиты $\vec{P}$, пара сил с моментом $M$ и реакции связей. Связями являются пространственный шарнир $A$, нить, натянутая грузом $Q$, подшипник $B$ и невесомый стержень $CO$.

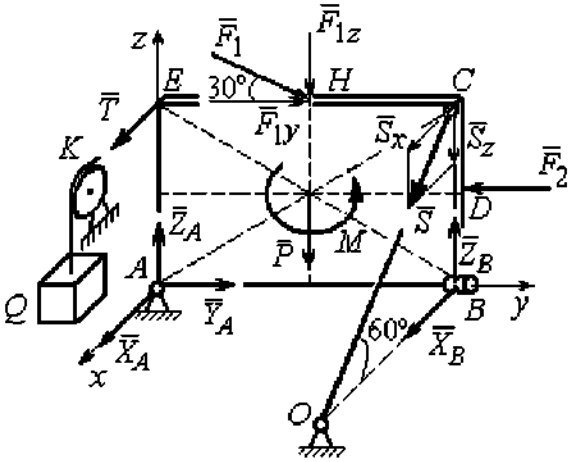



Рис. 1.43. Силы, действующие на плиту, при её равновесии

Выберем систему координат, как показано на рис. 1.43. Освобождаем плиту от связей, заменяя их действие реакциями. Реакцию $\vec{R}_A$ шарнира $A$ раскладываем на три составляющие: $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, $\vec{Z}_A$, направленные вдоль координатных осей. Реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити параллельно оси $Ax$ и равна весу груза $T = Q$, реакция $\vec{R}_B$ подшипника $B$ расположена в плоскости, перпендикулярной оси $Ay$, и представлена в виде двух своих составляющих $\vec{X}_B$, $\vec{Z}_B$, реакция $\vec{S}$ невесомого стержня $CO$ направлена вдоль стержня. Направления активных сил и реакций связей показаны на рис. 1.43.

Силы, действующие на плиту, и реакции связей составляют пространственную уравновешенную систему сил. Составим уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = X_A + T + X_B + S\cos 60^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = Y_A - F_2 + F_1\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{kz} = Z_A - F_1\cos 60^\circ - P + Z_B - S\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = -F_1\cos 60^\circ \cdot 0{,}5 \cdot AB - F_1\cos 30^\circ \cdot AE - P \cdot 0{,}5 \cdot AB +$$

$$+ F_2 \cdot BD + Z_B \cdot AB - S\cos 30^\circ \cdot AB + M = 0;$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = T \cdot AE + S\cos 60^\circ \cdot CB = 0;$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = -X_B \cdot AB + S\cos 60^\circ \cdot EC = 0.$$

Подставляя исходные данные задачи, получим систему уравнений, решая которую, найдём значения реакций: $S = -40$ кН; $X_B = -20$ кН; $Z_B = -17{,}53$ кН; $X_A = 20$ кН; $Y_A = -3{,}66$ кН; $Z_A = 12{,}89$ кН.

**Задача 15.** Прямоугольная фрамуга $ACEB$ весом $P = 50$ Н, закрепленная в точках $A$ и $B$ цилиндрическими шарнирами, открыта на угол 60° (рис. 1.44). На фрамуге в точке $H$ закреплена верёвка, другой конец которой, переброшенный через невесомый блок $K$, несёт груз $Q$. При этом линия верёвки $HK$ параллельна прямой $ED$. На фрамугу действует сила $\vec{F}$, приложенная в верхнем углу в точке $C$ перпендикулярно плоскости фрамуги и равная по величине $F = 15$ Н.

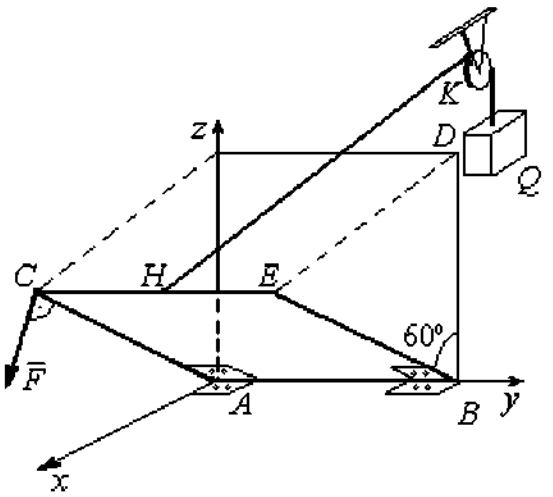


Рис. 1.44. Равновесие фрамуги

Определить вес груза $Q$, необходимый для удержания фрамуги в равновесии и реакции цилиндрических шарниров $A$ и $B$, если размеры фрамуги $BE = BD = 2$ м; $AB = 3$ м; $CH = HE$.

*Решение*

Рассмотрим равновесие фрамуги $ABCE$. Изображаем внешние активные силы: силу $\vec{F}$, силу тяжести фрамуги $\vec{P}$, а также реакции связей. Связями являются два цилиндрических шарнира $A$ и $B$ (связь, аналогичная подшипнику) и нить, натянутая грузом $Q$. Выберем систему координат $Axyz$, как показано на рис. 1.45. Освобождаем фрамугу от связей, заменяя их действие реакциями. Реакции $\vec{R}_A$ и $\vec{R}_B$ шарниров $A$ и $B$ раскладываем на взаимно перпендикулярные составляющие: $\vec{X}_A$, $\vec{Z}_A$ и $\vec{X}_B$, $\vec{Z}_B$ в плоскостях, перпендикулярных оси вращения фрамуги (ось $Ay$), реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити и равна весу груза $T = Q$. Направления активных сил и реакций связей показаны на рис. 1.45.

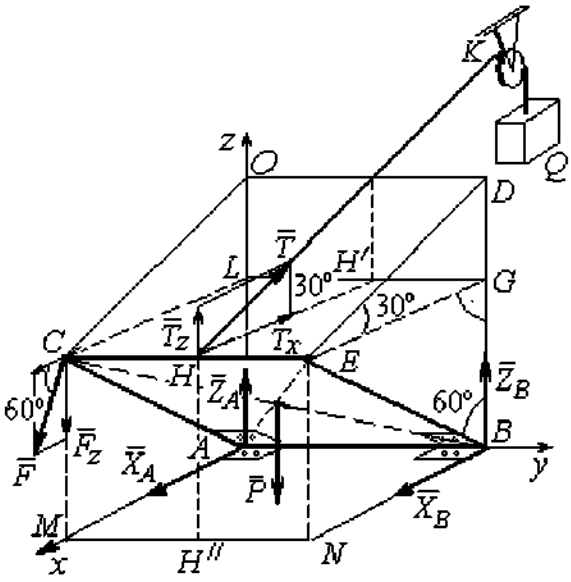


Рис. 1.45. Активные силы и реакции при равновесии фрамуги

Силы, действующие на фрамугу, составляют уравновешенную пространственную систему сил.

Составим уравнения равновесия. При этом для удобства вычисления моментов сил относительно осей изобразим плоскости, перпендикулярные этим осям, с проекциями на них сил, действующих на фрамугу (рис. 1.46). Тогда моменты сил, действующих на фрамугу, например, относительно оси $Ax$ определяются как моменты векторов проекций этих сил на плоскость $zAy$ относительно точки $A$ – пересечения оси $Ax$ и перпендикулярной ей плоскости $zAy$ (см. рис. 1.46, *a*). Аналогично при вычислении моментов сил относительно оси $Az$ достаточно вычислить моменты векторов проекций сил на плоскость $xAy$ относительно точки $A$ (см. рис. 1.46, *b*).

Значения моментов сил относительно оси $Ay$ получим, вычисляя моменты векторов проекций сил на плоскость $zAx$ относительно точки $A$ (см. рис. 1.46, *c*).

Уравнения равновесия фрамуги имеют вид:

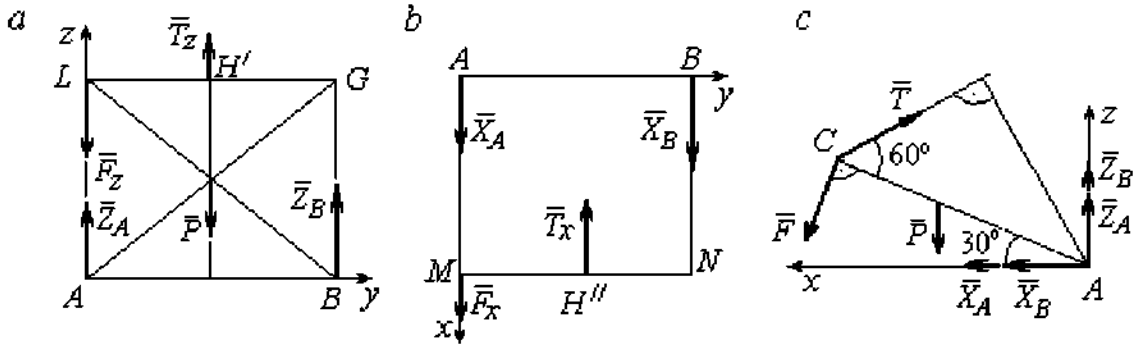



Рис. 1.46. Фрамуга и действующие на неё силы в проекциях на координатные плоскости:
*a* – проекция на плоскость *zAy* со стороны положительного направления оси *x*; *b* – проекция на плоскость *xAy* со стороны положительного направления оси *z*; *c* – проекция на плоскость *zAx* со стороны положительного направления оси *y*

$$X_A + X_B + F\cos 60^\circ - T\cos 30^\circ = 0;$$

$$Z_A + Z_B - P - F\cos 30^\circ + T\cos 60^\circ = 0;$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = T_z \cdot 0{,}5 \cdot AB - P \cdot 0{,}5 \cdot AB + Z_B \cdot AB = =$$

$$T\cos 60^\circ \cdot 0{,}5 \cdot AB - P \cdot 0{,}5 \cdot AB + Z_B \cdot AB = 0;$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = P \cdot 0{,}5 \cdot AC\cos 30^\circ + F \cdot AC - T \cdot AC\sin 60^\circ = 0;$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = -X_B \cdot AB + T_x \cdot 0{,}5 \cdot AB = -X_B \cdot AB + T\cos 30^\circ \cdot 0{,}5 \cdot AB = 0.$$

Подставляя исходные данные из условия задачи и решая систему, найдём реакции шарниров фрамуги:

$$X_B = 18{,}22 \text{ Н},\ Z_B = 14{,}41 \text{ Н},\ R_B = \sqrt{X_B^2 + Z_B^2} = 23{,}31 \text{ Н};$$

$$X_A = 10{,}83 \text{ Н},\ Z_A = 27{,}41 \text{ Н},\ R_A = \sqrt{X_A^2 + Z_A^2} = 29{,}47 \text{ Н}.$$

Вес груза, удерживающий фрамугу в равновесии, численно равен реакции верёвки: $Q = T = 42{,}37$ Н.

**Задача 16.** Горизонтальный коленчатый вал $AD$ (рис. 1.47) закреплен в подпятнике $A$ и подшипнике $C$. Вал имеет шкив радиуса $r$ и рукоять $DH$, перпендикулярные оси вала. Рукоять $DH$ образует угол 30° к направлению оси $Ax$. Колено вала расположено в горизонтальной плоскости $xAy$. Нить, удерживающая груз $Q$, намотана на шкив и сходит с него вертикально вниз. На вал действуют силы $\vec{F}, \vec{P}, \vec{G}$ и пара сил с моментом $M$. Сила $\vec{F}$ приложена в верхней точке вертикального диаметра шкива под углом 30° к направлению оси $Ay$ и находится в плоскости $zAy$. Сила $\vec{P}$ приложена в нижней точке $H$ рукояти параллельно оси $Az$. Сила $\vec{G}$ приложена в крайней точке $K$ стойки колена вала под углом 60° к стойке и находится в плоскости, перпендикулярной оси вала. Пара сил с моментом $M$ создаёт вращение вала вокруг оси $Ay$.

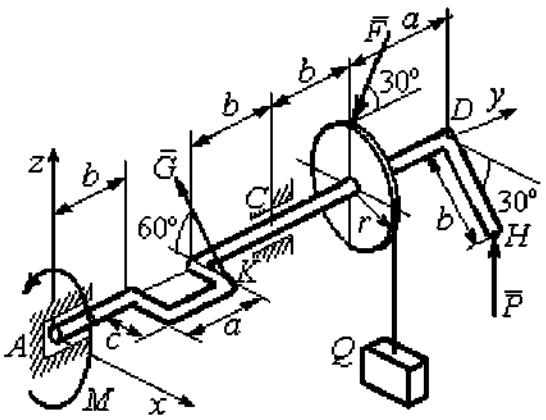


Рис. 1.47. Равновесие вала

Определить вес удерживаемого груза $Q$ и реакции подшипника и подпятника, если: $P = 10$ кН; $F = 12$ кН; $G = 6$ кН; $M = 3$ кН·м; $r = 0{,}3$ м; $a = 0{,}8$ м; $b = 0{,}4$ м; $c = 0{,}2$ м.

*Решение*

Рассмотрим равновесие вала. На вал действуют активные силы – $\vec{F}$, $\vec{P}$, $\vec{G}$, пара сил с моментом $M$ и реакции связей. Связями являются нить, натянутая грузом $Q$, подпятник $A$ и подшипник $C$.

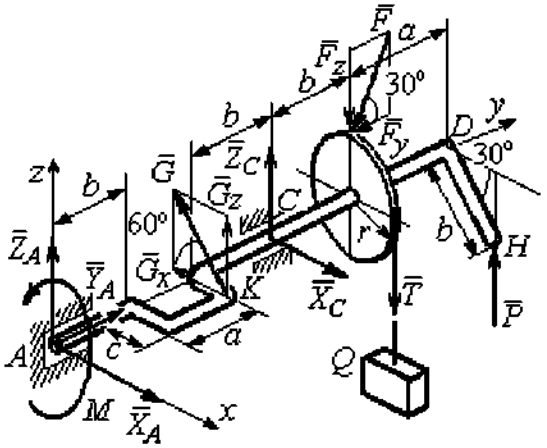


Рис. 1.48. Силы и реакции, действующие на вал при равновесии

Освобождаем вал от связей, заменяя их действие реакциями.

Реакцию подпятника $A$ раскладываем на три составляю-щие: $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, $\vec{Z}_A$, направленные вдоль координатных осей. Реакция подшипника $C$ лежит в плоскости, перпендикулярной оси вала, и также может быть разложена на составляющие $\vec{X}_C, \vec{Z}_C$, направленные вдоль координатных осей $Ax$, $Az$. Реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити и по модулю равна весу груза, $T = Q$. Действие на вал активных сил и реакций связи показано на рис. 1.48.

Указанные силы составляют произвольную пространственную уравновешенную систему сил.

Составим уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = X_A - G\cos 60^\circ + X_C = 0;$$

$$\sum F_{ky} = Y_A - F\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{kz} = Z_A + G\cos 30^\circ + Z_C - F\cos 60^\circ - T + P = 0.$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = G_z(b+a) + Z_C(b+a+b) - F_z(b+a+b+b) + F_y r -$$

$$-T(b+a+b+b) + P(b+a+b+b+a) = 0;$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = -G_z c + Tr - Pb\cos 30^\circ - M = 0;$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = G_x(b+a) - X_C(b+a+b) = 0,$$

где значения проекций сил на оси $G_z = G\cos 30^\circ$; $G_x = G\cos 60^\circ$; $F_z = F\cos 60^\circ$; $F_y = F\cos 30^\circ$.

Подставляя исходные данные и решая систему, получим значения реакций:

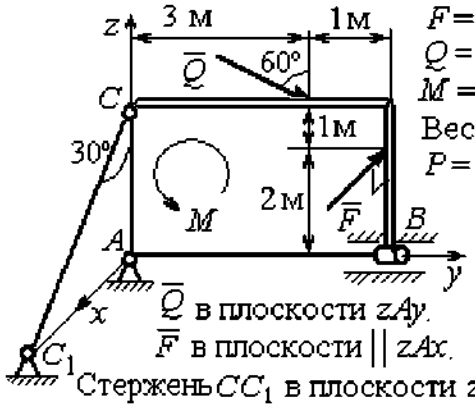
$$X_C = 2{,}25 \text{ кН}; \; Z_C = 13{,}57 \text{ кН}; \; R_C = \sqrt{X_C^2 + Z_C^2} = 15{,}58 \text{ кН};$$

$$Z_A = 0{,}39 \text{ кН}; \; Y_A = 10{,}39 \text{ кН}; \; X_A = 0{,}75 \text{ кН}; \; R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2} = 10{,}42 \text{ кН}.$$

Вес удерживаемого груза равен реакции нити $Q = T = 25{,}03$ кН.

**Упражнения**

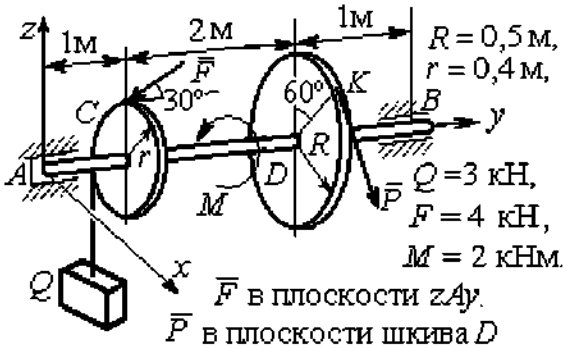
Упражнение 1.9




$F = 8$ кН, $Q = 3$ кН, $M = 1$ кНм, Вес плиты $P = 2$ кН.

$\overline{Q}$ в плоскости $zAy$.
$\overline{F}$ в плоскости $\| zAx$.
Стержень $CC_1$ в плоскости $zAx$.
Найти реакцию шарнира $A$, реакцию подшипника $B$ и реакцию стержня $CC_1$

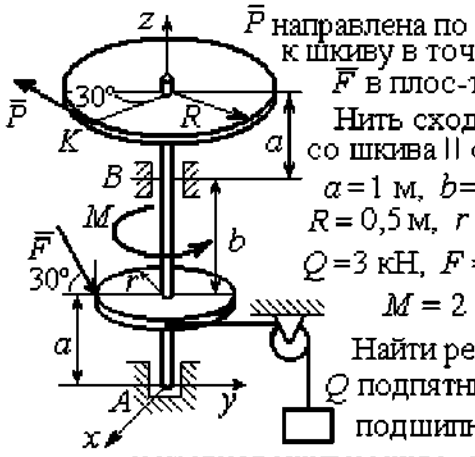
Упражнение 1.10




$R = 0{,}5$ м, $r = 0{,}4$ м, $Q = 3$ кН, $F = 4$ кН, $M = 2$ кНм.

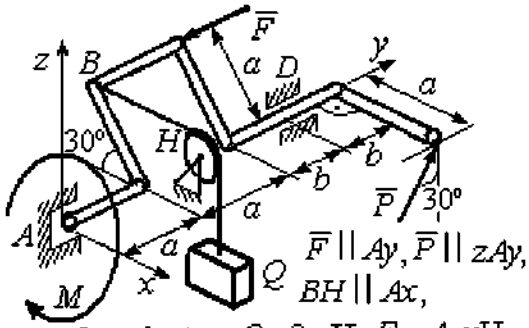
$\overline{F}$ в плоскости $zAy$.
$\overline{P}$ в плоскости шкива $D$ и направлена по касательной в точке $K$.
Найти реакцию подпятника $A$, подшипника $B$ и уравновешивающую силу $P$

Упражнение 1.11




$\overline{P}$ направлена по касат. к шкиву в точке $K$.
$\overline{F}$ в плос-ти $zAy$.
Нить сходит со шкива $\|$ оси $Ay$.
$a = 1$ м, $b = 2$ м, $R = 0{,}5$ м, $r = 0{,}4$ м, $Q = 3$ кН, $F = 4$ кН, $M = 2$ кНм.
Найти реакцию $Q$ подпятника $A$, подшипника $B$ и уравновешивающую силу $P$

Упражнение 1.12




$\overline{F} \| Ay$, $\overline{P} \| zAy$, $BH \| Ax$,
$a = 2$м, $b = 1$м, $Q = 3$ кН, $F = 4$ кН, $M = 2$ кНм. Найти реакцию подпятника $A$, подшипника $D$ и уравновешивающую силу $P$

Рис. 1.49. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.9 – 1.12

## 1.6. Равновесие тел при наличии сил трения

**Трение скольжения.** При наличии трения скольжения полная реакция $\vec{R}$ шероховатой опоры раскладывается на нормальную составляющую $\vec{N}$ опоры и силу $\vec{F}_{\text{тр с}}$ трения скольжения, направленную по касательной к поверхности в точке опоры.

В покое сила трения скольжения может принимать любые значения от нуля до некоторого предельного значения $F_{\text{тр с}}$, называемого **предельной силой трения скольжения** (рис. 1.50).

Наибольший угол $\varphi_0$, который полная реакция шероховатой поверхности образует с нормалью к поверхности, называется **предельным углом трения**. Предельная сила трения численно равна произведению коэффициента трения на величину нормальной реакции опоры тела на поверхность: $F_{\text{тр с}} = f \cdot N$, где $f$ – безразмерный коэффициент трения, определяемый экспериментально.

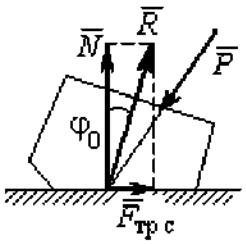


Рис. 1.50. Реакция опоры с трением скольжения

Изучение равновесия тел с учетом сил трения сводится к рассмотрению предельного равновесия, когда сила трения принимает предельное значение.

**Трением качения** называется сопротивление, возникающее при качении одного тела по шероховатой поверхности другого. Реакция шероховатой опоры раскладывается на нормальную составляющую $\vec{N}$ и силу трения качения $\vec{F}_{\text{тр к}}$, направленную по касательной к поверхности качения. При этом за счёт небольшого вдавливания в поверхность качения нормальная реакция опоры $\vec{N}$ смещена в сторону от линии действия силы тяжести $\vec{P}$ так, что вместе с ней образует пару, противодействующую качению (рис. 1.51). В предельном положении равновесия тела смещение нормальной реакции опоры максимально.

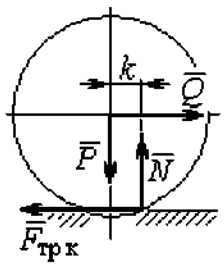


Рис. 1.51. Реакция опоры с трением качения

Величина максимального смещения $k$ называется **коэффициентом трения качения**, измеряемого в единицах длины. Момент, создаваемый парой $(\vec{N}, \vec{P})$, называется **моментом трения качения** $M_{\text{тр к}} = kN$. Максимальная сила трения качения $\vec{F}_{\text{тр к}}$ определяется из условия, что в предельном

положении равновесия момент трения качения равен моменту качения, создаваемого парой ($\vec{F}_{\text{тр к}}, \vec{Q}$) (рис. 1.51).

Если максимальная сила трения качения меньше предельной силы трения скольжения, движение представляет качение без скольжения.

### Примеры решения задач на равновесие тел с трением

**Задача 17.** Груз $Q$ весом 50 Н удерживается нитью на шероховатой наклонной плоскости (рис.1.52). Один конец нити закреплен на грузе $Q$, а к другому, перекинутому через невесомый блок, подвешен груз весом $P$. Отрезок нити $AB$ горизонтальный. Угол наклона плоскости составляет 30° к горизонту. Определить максимальное и минимальное значения веса груза $P$, при которых груз $Q$ может начать скольжение по плоскости без опрокидывания, если коэффициент трения скольжения между грузом $Q$ и наклонной плоскостью $f = 0{,}4$.

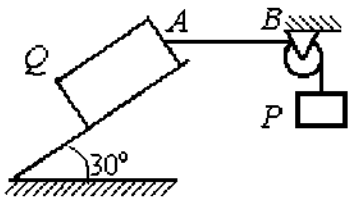


Рис.1.52. Равновесие груза на наклонной плоскости с трением

*Решение*

Рассмотрим равновесие груза $Q$ при минимальном значении веса груза $P$. На груз действуют сила тяжести $\vec{Q}$, реакция нити $\vec{T}_{\min}$ и реакция шероховатой поверхности наклонной плоскости, состоящая из нормальной реакции наклонной плоскости $\vec{N}$ и силы трения $\vec{F}_{\text{тр1}}$ (рис. 1.53, *а*). Особенностью задач на равновесие призм является то, что точка приложения нормальной реакции не определена. В случае необходимости она находится из уравнений равновесия.

Определим направление силы трения. Если вес уравновешивающего груза $P$ имеет минимальное значение $P_{\min}$, то при его дальнейшем уменьшении груз $Q$ начнёт двигаться вниз по наклонной плоскости. Таким образом, предельная сила трения $\vec{F}_{\text{тр}1}$, обеспечивающая равновесие при минимальном значении веса груза $P$, направлена вверх по наклонной плоскости (см. рис. 1.53, *a*).

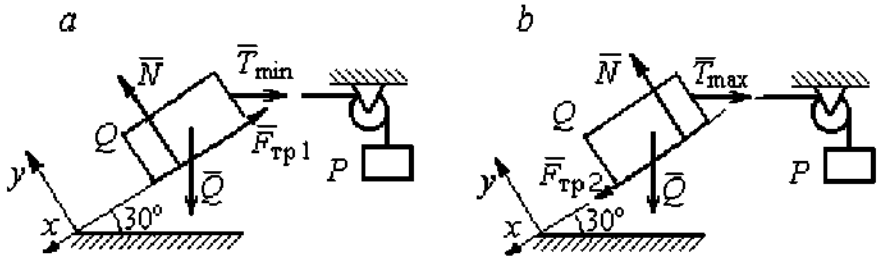



Рис. 1.53. Силы, действующие на груз при равновесии:
*a* – минимальный вес уравновешивающего груза;
*b* – максимальный вес уравновешивающего груза

Выберем систему координат, как показано на рис. 1.53, и составим уравнения равновесия в виде проекций сил:

$$\sum F_{kx} = Q\cos 60^\circ - T_{\min}\cos 30^\circ - F_{\text{тр}} = 0;$$

$$\sum F_{ky} = -Q\cos 30^\circ + N - T_{\min}\cos 60^\circ = 0.$$

Полагая в первом уравнении $F_{\text{тр}1} = fN$, решаем систему и находим реакцию нити $T_{\min} = 7{,}21$ Н. Минимальное значение веса уравновешивающего груза равно реакции нити: $P_{\min} = T_{\min} = 7{,}21$ Н.

Рассмотрим равновесие груза $Q$ при максимальном $P_{\max}$ значении веса груза $P$. На груз действует сила тяжести $\vec{Q}$, реакция нити $\vec{T}_{\max}$ и реакция шероховатой поверхности наклонной плоскости, состоящая, как и в первом случае, из нормальной реакции наклонной плоскости $\vec{N}$ и силы трения $\vec{F}_{\text{тр}2}$ (см. рис. 1.53, *b*).

При определении направления силы трения заметим, что увеличение веса груза $P$ больше максимального вызывает движение груза $Q$ вверх по наклонной

плоскости. Тогда предельная сила трения $\vec{F}_{\text{тр}2}$, действующая против возможного движения, должна быть направлена вниз по наклонной плоскости (см. рис. 1.53, *b*). Уравнения равновесия груза $Q$:

$$\sum F_{kx} = Q\cos 60^\circ - T_{\max}\cos 30^\circ + F_{\text{тр}2} = 0;$$

$$\sum F_{ky} = -Q\cos 30^\circ + N - T_{\max}\cos 60^\circ = 0.$$

Решаем систему, подставляя вместо силы трения её значение $F_{\text{тр}2} = fN$, и находим максимальное значение веса груза $P$: $P_{\max} = T_{\max} = 63{,}54$ Н.

Таким образом, груз $Q$ будет находиться в равновесии на наклонной плоскости, если вес уравновешивающего груза находится в пределах $8{,}87 < P < 48{,}87$ Н.

**Задача 18.** Цилиндрический каток радиуса $r$ = 0,5 м, весом $P$ = 50 Н удерживается в равновесии на наклонной плоскости нитью, один конец которой закреплён в центре катка, а другой перекинут через блок и несёт груз весом $Q$ (рис. 1.54). Коэффициент трения качения катка $f_{\text{к}} = 0{,}02$ м. Наклонная плоскость составляет угол 30° с горизонтом.

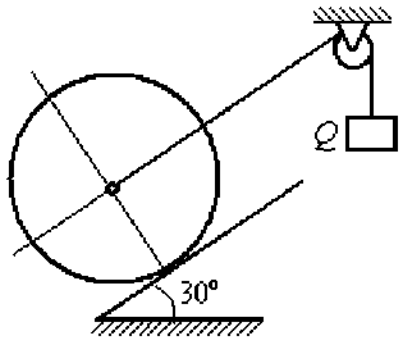


Рис. 1.54. Равновесие катка

Определить наименьшую и наибольшую величину веса $Q$, при которых каток будет в равновесии. Найти наименьшее значение коэффициента трения скольжения $f_{\text{с}}$, при котором в случае движения каток будет катиться без скольжения.

*Решение*

Рассмотрим равновесие катка при минимальном значении веса груза $Q$. На каток действует сила тяжести $\vec{P}$, реакции нити $\vec{Q}_{\min}$ и реакция шероховатой поверхности наклонной плоскости $\vec{R}$, имеющая своими составляющими нормальную реакцию поверхности $\vec{N}$ и силу трения качения $\vec{F}_{\text{тр1к}}$ (рис. 1.55, *a*).

Минимальный вес груза $Q_{\min}$ удерживает каток от качения вниз по наклонной плоскости. В этом случае составляющие реакции шероховатой поверхности наклонной плоскости приложены в точке $K_1$, слева от нормального к плоскости диаметра катка (см. рис. 1.55, *a*). Выбор точки приложения реакции шероховатой поверхности основан на том, что пара ( $\vec{N}$ ,$\vec{P}_y$ ) должна создавать момент трения качения, противодействующий предполагаемому движению.

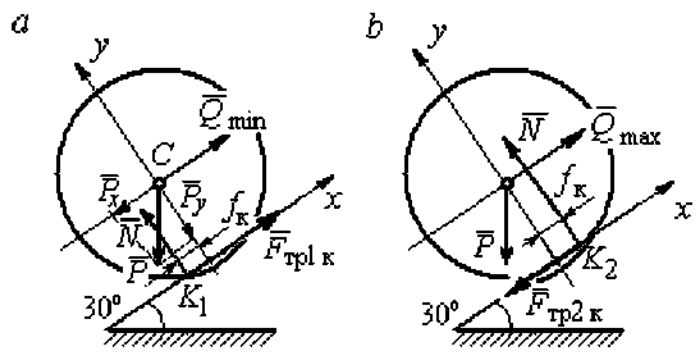


Рис. 1.55. Силы, действующие на каток, при равновесии:
*a* – минимальный вес груза; *b* – максимальный вес груза

На каток действует плоская уравновешенная система сил ($\vec{Q}_{\min}$ , $\vec{F}_{\text{тр1 к}}$, $\vec{N}$ , $\vec{P}$) ∞ 0. Выберем систему координат, как показано на рис. 1.55, *a*, и составим уравнения равновесия катка, где уравнение моментов сил составлено относительно точки $K_1$:

$$\sum F_{kx} = -P\cos 60^\circ + Q_{\min} + F_{\text{тр1к}} = 0;$$

$$\sum F_{ky} = = -P\cos 30^\circ + N = 0;$$

$$\sum M_{K_1}(\vec{F}_k) = P\cos 60^\circ \cdot r - Q_{\min} r - P\cos 30^\circ \cdot f_к = 0.$$

Подставляем данные задачи и находим минимальное значение веса груза, при котором каток находится в равновесии $Q_{\min}$ = 7,68 Н, величину нормальной реакции наклонной плоскости $N$ = 43,3 Н и значение силы трения качения, удерживающей каток в равновесии, $F_{\text{тр1к}}$ = 17,32 Н.

Рассмотрим равновесие катка при максимальном значении веса груза $Q_{\max}$ . Здесь нарушение предельного равновесия при увеличении веса груза $Q$ вызывает движение катка вверх по наклонной плоскости. В таком случае точка

приложения реакции опоры шероховатой поверхности (точка $K_2$) расположена справа от нормального к плоскости качения диаметра катка (рис. 1.55, *b*).

На каток действует плоская уравновешенная система сил ($\vec{Q}_{\max}$, $\vec{F}_{\text{тр2к}}$, $\vec{N}$, $\vec{P}$) ∞ 0. Выберем систему координат, как показано на рис. 1.55, *b*. Уравнения равновесия катка, где уравнение моментов сил составлено относительно точки $K_2$ имеют вид:

$$\sum F_{kx} = -P\cos 60^\circ + Q_{\max} - F_{\text{тр2к}} = 0;$$

$$\sum F_{ky} = -P\cos 30^\circ + N = 0;$$

$$\sum M_{K_2}(\vec{F}_k) = -P\cos 60^\circ \cdot r + Q_{\max} r - P\cos 30^\circ \cdot f_{\text{к}} = 0.$$

Решая систему, получим: $Q_{\max} = 42{,}32$ Н; $N = 43{,}3$ Н; $F_{\text{тр2к}} = 17{,}32$ Н.

Таким образом, на шероховатой поверхности каток находится в равновесии, если вес уравновешивающего груза выбран в пределах $7{,}68 \le Q \le 42{,}32$ Н.

При любом движении (вверх или вниз) качение катка будет без скольжения, если предельная сила трения скольжения $F_{\text{трс}}$ больше аналогичной силы трения качения: $F_{\text{трс}} > F_{\text{трк}}$. Величина силы трения скольжения не зависит от направления движения: $F_{\text{трс}} = f_{\text{с}} N = 43{,}3 f_{\text{с}}$, где $f_{\text{с}}$ – коэффициент трения скольжения. Величина силы трения качения также не зависит от направления движения: $F_{\text{трк}} = F_{\text{тр1к}} = F_{\text{тр2к}} = 17{,}32$ Н. Таким образом, для определения требуемого коэффициента скольжения имеет место неравенство $43{,}3 f > 17{,}32$, откуда $f > 0{,}4$.

**Задача 19.** Для подъёма и опускания грузов в выработках используется ступенчатый ворот с тормозом, изображённый на рис. 1.56. Радиусы большой и малой ступенек барабана ворота $R = 0{,}5$ м и $r = 0{,}2$ м. Ворот тормозят, надавливая на конец $A$ рычага $AB$, соединённого цепью $CD$ с концом $D$ тормозного рычага $ED$ с расположенной на нём тормозной колодкой. Коэффициент трения между тормозной колодкой и барабаном ворота $f = 0{,}4$. На малой ступеньке барабана ворота навита верёвка, другой конец которой, переброшенный через невесомые неподвижный блок $m$ и подвижный блок $n$, удерживает груз $Q$ весом 1 кН (см. рис. 1.56). Угол наклона к горизонту участка верёвки, соединяющей барабан с неподвижным блоком $m$, составляет 30°.

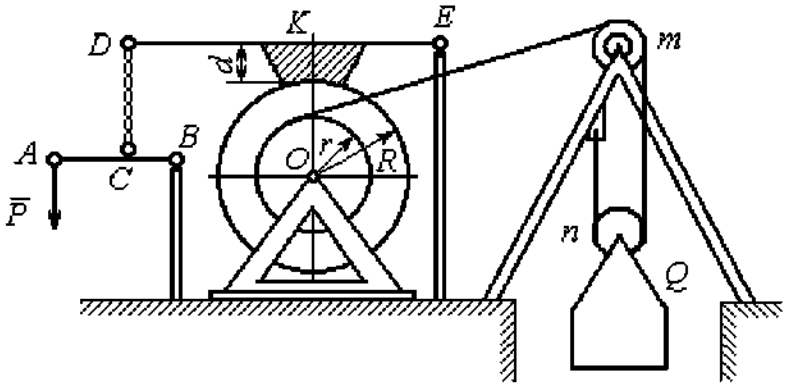


Рис. 1.56. Ворот с колодочным тормозом

Определить величину силы $\vec{P}$, уравновешивающей груз $Q$, и реакции шарниров $O$ и $E$, если вес ворота $G = 140$ Н, высота тормозной колодки $d = 0{,}1$ м, расстояния $AB = 1$ м, $BC = 0{,}1$ м; $ED = 1{,}2$ м; $EK = 0{,}6$ м.

*Решение*

Рассмотрим отдельно равновесие барабана ворота, тормозного рычага $DE$ и рычага $AB$ (рис. 1.57).

Для того; чтобы определить силу натяжения верёвки, прикреплённой к барабану, рассмотрим равновесие груза вместе с подвижным блоком $n$ (см. рис. 1.57, *а*). На объект равновесия действует сила тяжести груза $\vec{Q}$ и реакции $\vec{T}'$ и $\vec{T}''$ двух ветвей верёвки, огибающей снизу блок $n$.

Уравнения равновесия такой системы сил:

$$T' + T'' - Q = 0; \qquad T''r_{\text{бл}} = T'r_{\text{бл}},$$

где моменты сил вычислены относительно центра блока; $r_{бл}$ – радиус блока $n$. Решая систему уравнений, получим: $T' = T'' = 0{,}5Q = 500$ Н.

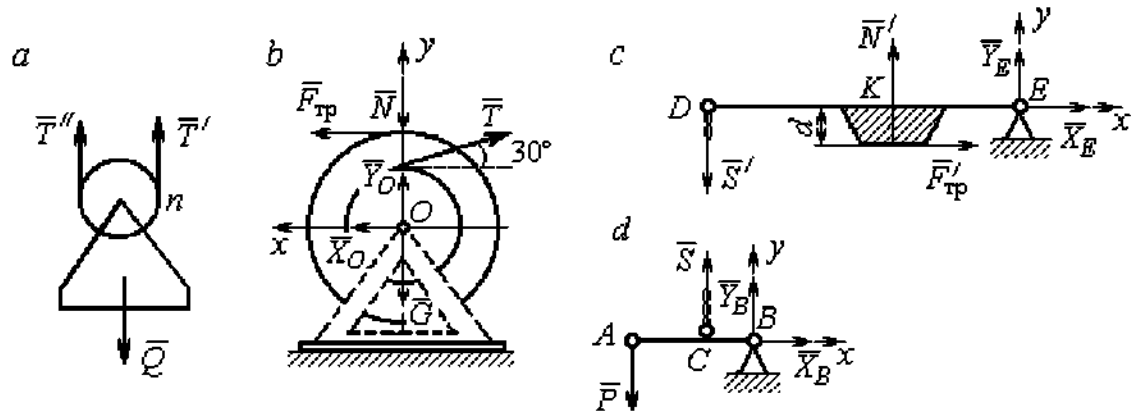



Рис. 1.57. Равновесие элементов конструкции ворота:
*a* – равновесие груза; *b* – силы, действующие на барабан; *c* – силы, действующие на тормозной рычаг *DE*; *d* – силы, действующие на рычаг *AB*

Рассмотрим равновесие барабана. На барабан действуют: сила веса барабана $\vec{G}$, сила давления $\vec{N}$ со стороны рычага, направленная по радиусу барабана, сила трения $\vec{F}_{тр}$, действующая по касательной к барабану в сторону, противоположную движению барабана при опускании груза, реакция $\vec{R}_O$ шарнира $O$, представленная двумя составляющими $\vec{X}_O, \vec{Y}_O$, и реакция верёвки $\vec{T}$, численно равная модулю силы $\vec{T}'$ (см. рис. 1.57, *b*).

Силы, действующие на барабан, составляют уравновешенную произвольную плоскую систему сил $(\vec{G},\ \vec{X}_O, \vec{Y}_O, \vec{T}, \vec{N},\ \vec{F}_{тр}) \sim 0$. Составим уравнение моментов относительно точки $O$:

$$-Tr + F_{тр}R = 0, \text{ откуда с учётом } T = T' \ F_{тр} = 200 \text{ Н}.$$

Величина силы $\vec{N}$ давления рычага на барабан находится из вида зависимости силы трения $F_{тр} = fN$, тогда $N = \dfrac{F_{тр}}{f} = 500$ Н.

Составим уравнения равновесия барабана в виде проекций сил на оси, выбранные, как показано на рис. 1.57, *b*:

$$\sum F_{kx} = X_O + F_{тр} - T\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = Y_O + T\cos 60^\circ - N - G = 0.$$

Решая систему, найдём реакцию шарнира $O$:

$$X_O = 233 \text{ Н}; \; Y_O = 390 \text{ Н}; \; R_O = \sqrt{X_O^2 + Y_O^2} = 454{,}3 \text{ Н}.$$

Рассмотрим теперь равновесие тормозного рычага $DE$ (см. рис. 1.57, *c*).

На рычаг действуют сила $\vec{N}'$ давления со стороны барабана и сила трения $\vec{F}'_{\text{тр}}$, приложенные в точке касания тормозной колодки с барабаном, равные по величине и противоположные по направлению, соответственно, силам $\vec{N}$ и $\vec{F}_{\text{тр}}$. Кроме того, в точке $D$ на рычаг действует сила $\vec{S}'$, под действием которой рычаг прижимается к барабану, и реакция шарнира $E$, разложенная на составляющие $\vec{X}_E$, $\vec{Y}_E$ вдоль осей $x$, $y$. Уравнения равновесия рычага имеют вид:

$$\sum F_{kx} = X_E + F'_{\text{тр}} = 0; \quad \sum F_{ky} = Y_E + N' - S' = 0;$$

$$\sum M_E(\vec{F}_k) = S' \cdot DE - N' \cdot EK + F'_{\text{тр}} d = 0.$$

Подставляя в систему данные из условия задачи, с учётом найденных значений $F'_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} = 200$ Н, $N' = N = 500$ Н, определим усилие $S'$, с которым тормозной рычаг прижимается к барабану, и реакцию шарнира $E$:

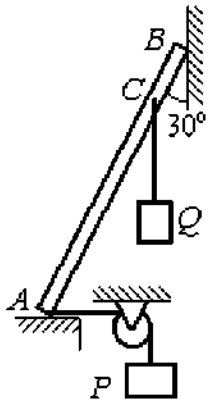
$$S' = 233{,}33 \text{ Н}; \; X_E = -200 \text{ Н}; \; Y_E = -266{,}67 \text{ Н}; \; R_E = \sqrt{X_E^2 + Y_E^2} = 333{,}34 \text{ Н}.$$

Силу $\vec{P}$, необходимую для уравновешивания груза $Q$, найдём рассматривая равновесие рычага $AB$ (см. рис. 1.57, *d*) . На рычаг действуют сила $\vec{P}$, реакция цепи $\vec{S}$ и реакция шарнира $B$, показанная на рис. 1.57, *d* составляющими $\vec{X}_B$, $\vec{Y}_B$.

Составим уравнение равновесия рычага в форме равенства нулю суммы моментов сил относительно точки $B$: $P \cdot AB - S \cdot CB = 0$. С учётом того, что модули сил $\vec{S}$ и $\vec{S}'$ равны, найдем $P = 23{,}3$ Н.

## Упражнения

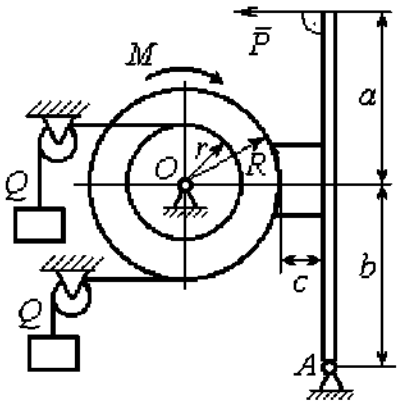
Упражнение 1.13




Невесомый стержень $AB$ опирается в точках $A$ и $B$ на шероховатые поверхности – горизонтальный пол и вертикальную стену. Коэффициент трения между стержнем и полом и между стержнем и стеной $f = 0{,}2$. Угол наклона стержня к вертикальной стене 30°. В точке $C$ к стержню подвешен груз $Q$. Стержень удерживается в равновесии горизонтальной нитью, прикреплённой в точке $A$ и перекинутой через блок. К другому концу нити подвешен груз $P$. В каких границах можно изменять вес груза $P$, не нарушая равновесия стержня?

$AB = 3$ м, $AC = 2$ м, $Q = 200$ Н.

Упражнение 1.14




Шкив $O$ состоит из двух барабанов радиусов $R$ и $r$. На барабаны навиты верёвки, натянутые одинаковыми грузами $Q$. К шкиву приложена пара сил с моментом $M$. Шкив затормаживается с помощью рычажного тормоза. Коэффициент трения между тормозной колодкой и шкивом $f = 0{,}4$. Определить силу $\vec{P}$, приложенную к рычагу тормозной колодки и уравновешивающую шкив. Найти реакцию шарнира $A$.

$a = b = 1$ м; $c = 0{,}1$ м; $Q = 100$ Н; $M = 120$ Н·м;
$R = 0{,}6$ м; $r = 0{,}2$ м.

Рис. 1.58. Задания для самостоятельного решения. Упражнения № 1.13, 1.14

# 2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЁРДОГО ТЕЛА

## 2.1. Криволинейное движение точки

Кривая, которую описывает движущаяся точка, называется **траекторией** точки. Движение точки может быть задано **векторным**, **координатным** или **естественным** способами.

**Координатный способ** задания движения точки основан на том, что положение точки определяется ее координатами, заданными для каждого момента времени (рис. 2.1): $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$.

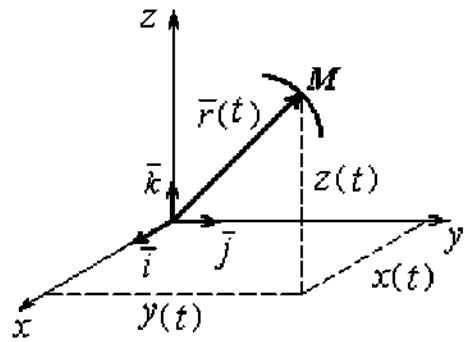



Рис. 2.1. Векторный и координатный способы задания движения точки

**Мгновенная скорость,** или скорость точки в данный момент времени, является векторной величиной и определяется как производная по времени от радиус-вектора точки: $\vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt}$. **Вектор скорости точки $\vec{V}$ всегда направлен по касательной к траектории в сторону движения точки.** Величины $V_x$, $V_y$, $V_z$ проекций вектора скорости $\vec{V}$ на координатные оси определяются как производные по времени от соответствующих координат: $V_x = \frac{dx}{dt} = \dot{x}$; $V_y = \frac{dy}{dt} = \dot{y}$; $V_z = \frac{dz}{dt} = \dot{z}$. Модуль вектора скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$.

**Мгновенное ускорение** точки, или ускорение в данный момент времени, является векторной величиной и определяется как производная по времени от вектора скорости точки или как вторая производная от радиус-вектора точки: $\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$. Величины $a_x$, $a_y$, $a_z$ проекций вектора ускорения на координатные оси определяются равенствами: $a_x = \frac{dV_x}{dt} = \dot{V}_x = \ddot{x}$;

$a_y = \frac{dV_y}{dt} = \dot{V}_y = \ddot{y}$; $a_z = \frac{dV_z}{dt} = \dot{V}_z = \ddot{z}$. Модуль вектора ускорения: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$.

**Естественный способ** задания движения используется, если траектория движения точки заранее известна. Тогда положение точки однозначно определяется длиной дуги $\breve{OM} = S(t)$, отсчитываемой от некоторой фиксированной точки $O$, принятой за начало отсчета (рис. 2.2). При этом заранее устанавливаются положительное и отрицательное направления отсчета дуговой координаты.

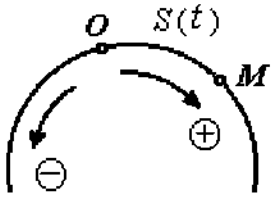


Рис. 2.2. Естественный способ задания движения точки

При естественном способе задания движения вектор скорости точки определяется равенством: $\vec{V} = \dot{S}\vec{\tau} = V_\tau \vec{\tau}$, где $S$ – дуговая координата; $\vec{\tau}$ – единичный вектор касательной к траектории движения, направленный в сторону положительного направления дуговой координаты. Величина $V_\tau = \dot{S}$ называется алгебраической скоростью точки и представляет собой проекцию вектора скорости точки на касательную к траектории.

Вектор ускорения точки $\vec{a}$ раскладывается на составляющие по направлениям естественных осей – касательную (ось $\tau$) и перпендикулярную к ней нормальную (ось $n$):

$$\vec{a} = a_\tau \vec{\tau} + a_n \vec{n} \text{ или } \vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n,$$

где $\vec{\tau}$ – единичный направляющий вектор касательной; $\vec{n}$ – единичный направляющий вектор нормали траектории; $a_\tau$ – проекция ускорения точки на касательную называется **касательным ускорением**; $a_n$ – проекция вектора ускорения точки на нормаль называется **нормальным ускорением** (рис. 2.3). Касательная составляющая ускорения характеризует изменение величины скорости точки, нормальная – изменение направления вектора скорости.

Если проекции $V_\tau$ и $a_\tau$ имеют одинаковые знаки (направлены в одну сторону), движение будет ускоренным, если разных знаков (разнонаправлены) – замедленным (см. рис. 2.3, *a*, *b*).

Проекции ускорения на естественные оси и модуль вектора ускорения вычисляются по формулам:

$$a_\tau = \ddot{S} = \dot{V}_\tau,\ a_n = \frac{V^2}{\rho};$$

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2},$$

где ρ – радиус кривизны траектории. Иногда при вычислении касательной составляющей ускорения удобнее пользоваться формулой $a_\tau = \dfrac{a_x V_x + a_y V_y}{V_\tau}$.

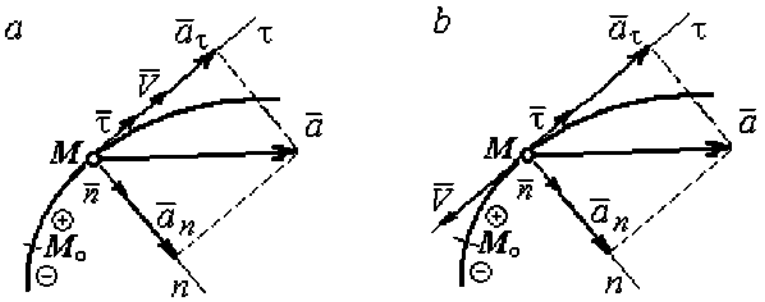



Рис. 2.3. Скорость и ускорение точки. Разложение ускорения на нормальную и касательную составляющие:
*a* – ускоренное движение; *b* – замедленное движение

Вектор нормальной составляющей ускорения $\vec{a}_n$ всегда направлен к центру кривизны траектории. Вектор касательной составляющей ускорения $\vec{a}_\tau$ направлен в сторону положительного направления касательной (по направлению единичного вектора $\vec{\tau}$), если $\ddot{S} > 0$, и в противоположную сторону – при $\ddot{S} < 0$.

Криволинейное движение точки называется **равномерным**, если проекция вектора скорости на касательную – постоянная величина: $V_\tau$ = const.

Криволинейное движение точки называется **равнопеременным**, если постоянна проекция вектора ускорения на касательную: $a_\tau$ = const.

### Примеры решения задач на криволинейное движение точки

**Задача 20.** Движение точки задано координатным способом уравнениями $x(t) = 2\sin\pi t$, $y(t) = \cos 2\pi t$, где $x$, $y$ – в сантиметрах, $t$ – в секундах.

Найти траекторию точки, величину и направление скорости и ускорения в моменты времени $t_1$ = 0,25 с, $t_2$ = 0,75 с. Определить участки ускоренного и замедленного движений точки.

*Решение*

Определяем траекторию точки. Из уравнений движения находим $y = \cos 2\pi t = \cos^2 \pi t - \sin^2 \pi t = 1 - 2\sin^2 \pi t = 1 - \frac{x^2}{2}$. Траекторией точки является парабола $y = 1 - \frac{x^2}{2}$ (рис. 2.4). Однако не вся парабола будет траекторией движения, а только та её часть, точки которой согласно уравнениям движения удовлетворяют неравенствам: $-2 \le x \le 2$, $-1 \le y \le 1$.

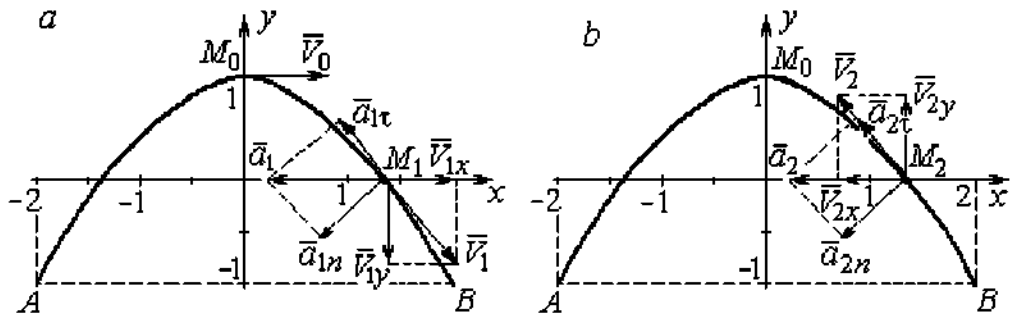



Рис. 2.4. Траектория движения точки:

*a* – замедленное движение точки на участке от $M_0$ к $B$;
*b* – ускоренное движение точки на участке от $B$ к $M_0$

Определяем параметры движения точки в момент времени $t_1$ = 0,25 с.

Находим координаты $x_1$, $y_1$ положения точки $M_1$:

$$x_1 = x(0{,}25) = 2\sin\frac{\pi}{4} = \sqrt{2} \text{ см}, \quad y_1 = y(0{,}25) = \cos\frac{\pi}{2} = 0.$$

Находим проекции $V_{1x}$, $V_{1y}$ вектора $\vec{V}_1$ скорости точки на оси системы координат:

$$V_x(t) = \dot{x} = 2\pi\cos\pi t; \; V_y(t) = \dot{y} = -2\pi\sin 2\pi t;$$

$$V_{1x} = V_x(0{,}25) = 2\pi\cos\frac{\pi}{4} = \pi\sqrt{2} \text{ см/с}; \quad V_{1y} = V_y(0{,}25) = -2\pi\sin\frac{\pi}{2} = -2\pi \text{ см/с}.$$

Модуль скорости $V_1 = \sqrt{V_{1x}^2 + V_{1y}^2} = \pi\sqrt{6}$ см/с.

Находим проекции $a_{1x}$, $a_{1y}$ вектора $\vec{a}_1$ ускорения точки на оси системы координат:

$$a_x(t) = \dot{V}_x = -2\pi^2 \sin \pi t\,;\; a_y(t) = \dot{V}_y = -4\pi^2 \cos 2\pi t\,;$$

$$a_{1x} = a_x(0{,}25) = -2\pi^2 \sin\frac{\pi}{4} = -\pi^2\sqrt{2} \text{ см/с}^2;\; a_{1y} = a_y(0{,}25) = -4\pi^2 \cos\frac{\pi}{2} = 0.$$

Модуль вектора ускорения $a_1 = \sqrt{a_{1x}^2 + a_{1y}^2} = \pi^2\sqrt{2}$ см/с.

Положение точки $M_1$ в момент времени $t_1 = 0{,}25$ с, построение векторов скорости $\vec{V}_1$ и ускорения $\vec{a}_1$ по их проекциям показано на рис. 2.4, *а*.

Для того чтобы определить характер движения точки в положении $M_1$ – ускоренное или замедленное, найдём направление касательного ускорения. С этой целью разложим известный уже вектор ускорения $\vec{a}_1$ на нормальную и касательную составляющие согласно равенству $\vec{a}_1 = \vec{a}_{1\tau} + \vec{a}_{1n}$. При этом направление касательной совпадает с направлением вектора скорости $\vec{V}_1$, а направление нормали – перпендикулярно ему. Касательное ускорение $\vec{a}_{1\tau}$ оказалось направленным противоположно вектору скорости $\vec{V}_1$ (см. рис. 2.4, *а*). Следовательно, точка в рассматриваемый момент движется замедленно.

В момент времени $t_2 = 0{,}75$ с положение $M_2$ совпадает с положением $M_1$:

$$x_2 = x(0{,}75) = 2\sin\frac{3\pi}{4} = \sqrt{2} \text{ см};\; y_2 = y(0{,}75) = \cos 2\pi\frac{3}{4} = 0.$$

Проекции векторов скорости $\vec{V}_2$ и ускорения $\vec{a}_2$ точки на оси координат:

$$V_{2x} = V_x(0{,}75) = 2\pi\cos\frac{3\pi}{4} = -\pi\sqrt{2} \text{ см/с};\; V_{2y} = V_y(0{,}75) = -2\pi\sin 2\pi\frac{3}{4} = 2\pi \text{ см/с};$$

$$a_{2x} = a_x(0{,}75) = -2\pi^2 \sin\frac{3\pi}{4} = -\pi^2\sqrt{2} \text{ см/с}^2;\; a_{2y} = a_y(0{,}75) = -4\pi^2 \cos 2\pi\frac{3}{4} = 0.$$

Модули скорости и ускорения точки в момент времени $t_2 = 0{,}75$ с:

$$V_2 = \sqrt{V_{2x}^2 + V_{2y}^2} = \pi\sqrt{6} \text{ см/с};\; a_2 = |a_{2x}| = \pi^2\sqrt{2} \text{ см/с}^2.$$

Положение точки $M_2$ в момент времени $t_2$ = 0,75 с, построение векторов скорости $\vec{V}_2$ и ускорения $\vec{a}_2$ по их проекциям, а также разложение вектора ускорения $\vec{a}_2$ на составляющие $\vec{a}_{2n}$ и $\vec{a}_{2\tau}$ показано на рис. 2.4, *b*. В данном случае вектор касательного ускорения совпадает по направлению с вектором скорости (см. рис. 2.4, *b*), поэтому движение ускоренное.

В целом движение точки по траектории происходит следующим образом. Из начального положения $M_0$ ($t_0$ = 0) точка с замедлением перемещается по правой ветви параболы. Достигнув положения *B* на траектории ($t_B$ = 0,5 с), точка совершает мгновенную остановку и начинает обратное ускоренное движение. Достигнув положения $M_0$ ($t_{M_0}$ = 1 с), точка переходит на левую часть параболы, где движется аналогично.

**Задача 21.** Рудничный поезд выходит на закруглённый участок пути радиуса $R$ = 1 км с начальной скоростью 54 км/ч. Считая движение поезда равнопеременным, определить его скорость и ускорение в конце 10-й секунды движения по закруглённому участку, если за это время поезд прошёл путь 500 м.

*Решение*

Примем за начало отсчёта расстояния точку $M_0$, где поезд выходит на закруглённый участок пути (рис. 2.5). Предположим, движение поезда равноускоренное и происходит в сторону возрастания дуговой координаты *S*. В этом случае вектор скорости и вектор касательного ускорения направлены в положительную сторону касательной.

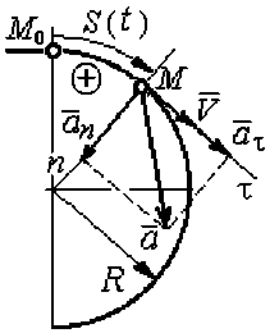


Рис. 2.5. Скорость и ускорение поезда

При равнопеременном движении проекция вектора ускорения на касательную постоянна: $a_\tau$ = const. Так как $a_\tau = \dfrac{dV_\tau}{dt}$, то $V_\tau = a_\tau t + C_1$, где $V_\tau$ – проекция вектора скорости на касательную ось. Далее, поскольку $V_\tau = \dfrac{dS}{dt}$, имеем

$S = \frac{a_\tau t^2}{2} + C_1 t + C_2$. Константы интегрирования $C_1$ и $C_2$ находятся из начальных условий: при $t = 0$ $S = 0$ и $V_\tau = V_0 = =$ 54 км/ч = 15 м/с. Подставив эти условия в уравнения движения, найдём константы интегрирования: $C_1$ = 15 м/с; $C_2 = 0$.

В результате получена система уравнений:

$$V_\tau = a_\tau t + 15; \quad S = \frac{a_\tau t^2}{2} + 15t .$$

По условию задачи через 10 с от начала движения по закруглённому участку поезд прошёл по дуге путь $S$ = 500 м. Подставляя это условие во второе уравнение, получим $a_\tau$ = 7 м/с$^2$. Скорость поезда в конце пройденного пути с учётом известной величины касательного ускорения найдём из первого уравнения $V_\tau$ = 85 м/с. Следует заметить, что при указанном движении поезда проекция вектора скорости на касательную ось положительна и равна его модулю: $V_\tau = V$.

Нормальное ускорение поезда при движении по дуге окружности радиуса $R$ = 1000 м в момент времени $t$ = 10 с равно $a_n = \frac{V_\tau^2}{R}$ = 7,23 м/с$^2$. Величина (модуль) полного ускорения поезда $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$ = 10,06 м/с$^2$. Разложение вектора ускорения поезда на нормальную и касательную составляющие показано на рис. 2.5.

**Задача 22.** Вагонетка движется равнопеременно по дуге окружности радиуса $R$ = 80 м. За время движения скорость вагонетки изменилась от начальной $V_0$ = 18 км/ч до конечной $V_1$ = 9 км/ч.

Определить характер движения – ускоренное или замедленное. Найти ускорение вагонетки в начале и в конце участка движения, если за это время она прошла путь $S$ = 60 м.

*Решение*

Выберем некоторую точку на траектории в качестве начальной, а направление положительного отсчёта расстояний – в сторону движения вагонетки.

Уравнения равнопеременного движения точки при начальных условиях: $t = 0$; $S = 0$ и $V_\tau = V_0 = 5$ м/с имеют вид:

$$V_\tau = 5 + a_\tau t\,;\;\; S = 5t + \frac{a_\tau t^2}{2}.$$

Подставим в уравнения параметры движения в момент времени $t = t_1$, когда скорость вагонетки стала $V_{1\tau} = 2{,}5$ м/с, а пройденный ею путь составил 60 м. Получим систему:

$$-2{,}5 = a_\tau t_1;\;\; 60 = 5t_1 + \frac{a_\tau t_1^2}{2},$$

откуда найдём касательное ускорение: $a_\tau = -0{,}16$ м/с$^2$.

Отрицательная величина означает, что вектор касательного ускорения направлен в сторону, противоположную направлению вектора скорости, и движение равнозамедленное.

Нормальное ускорение вагонетки в начале движения $a_{n0} = \frac{V_0^2}{R} = 0{,}31$ м/с$^2$.

Полное ускорение $a_0 = \sqrt{a_{n0}^2 + a_\tau^2} = 0{,}35$ м/с$^2$. В конце движения нормальное ускорение $a_{n1} = \frac{V_1^2}{R} = 0{,}08$ м/с$^2$. Полное ускорение $a_1 = \sqrt{a_{n1}^2 + a_\tau^2} = 0{,}18$ м/с$^2$.

## 2.2. Поступательное движение и вращение твердого тела вокруг неподвижной оси

Движение твёрдого тела называется **поступательным**, если любой прямолинейный отрезок, связанный с телом, остаётся в процессе движения параллельным самому себе. При **поступательном** движении твёрдого тела все его точки движутся по одинаковым траекториям, имеют равные скорости и ускорения.

**Вращением** твёрдого тела вокруг неподвижной оси называется такое его движение, при котором две точки тела остаются неподвижными в течение всего времени движения. Прямая, проходящая через неподвижные точки, называется **осью вращения** тела.

Положение вращающегося тела определяется углом поворота $\varphi = \varphi(t)$ относительно какой-либо системы отсчёта, например, относительно неподвижной плоскости, проходящей через ось вращения.

**Вектор угловой скорости** вращения тела $\vec{\omega}$ лежит на оси вращения и направлен в сторону, откуда вращение тела видно против хода часовой стрелки. **Алгебраическим значением угловой скорости** вращения тела называют проекцию вектора угловой скорости на ось вращения (ось $z$) $\omega_z = \dot{\varphi}$. При $\dot{\varphi} > 0$ тело вращается в сторону положительного направления отсчёта угла $\varphi$, при $\dot{\varphi} < 0$ – в обратную сторону. Направление угловой скорости обычно показывают дуговой стрелкой вокруг оси вращения. Модуль алгебраического значения угловой скорости вращения тела называется угловой скоростью $\omega = |\omega_z| = |\dot{\varphi}|$.

Алгебраическим значением **углового ускорения** вращающегося тела называют проекцию вектора углового ускорения на ось вращения (ось $z$) $\varepsilon_z = \dot{\omega}_z = \ddot{\varphi}$. Модуль алгебраического значения углового ускорения вращения тела называется угловым ускорением: $\varepsilon = |\varepsilon_z| = |\dot{\omega}_z| = |\ddot{\varphi}|$.

Вектор углового ускорения направлен вдоль оси вращения. Если $\varepsilon_z \omega_z > 0$ (вектора угловой скорости и углового ускорения сонаправлены), движение ускоренное, если $\varepsilon_z \omega_z < 0$ (векторы угловой скорости и углового ускорения противоположны по направлению), – замедленное.

При равномерном вращении угловая скорость тела (алгебраическое значение) – постоянная величина: $\omega_z = \text{const}$. Угол поворота тела изменяется по линейному закону $\varphi = \varphi_0 + \omega_z t$, где $\varphi_0$ – начальный угол поворота тела.

При равнопеременном вращении постоянной величиной является алгебраическое значение углового ускорения: $\varepsilon_z$ = const. В этом случае справедливы уравнения движения: $\omega_z = \omega_{z0} + \varepsilon_z t$; $\varphi = \varphi_0 + \omega_{z0} t + \frac{\varepsilon_z t^2}{2}$.

При вращательном движении тела все его точки движутся по окружностям, радиусы которых равны расстояниям от выбранной точки до неподвижной оси. **Скорость точки** вращающегося твердого тела (в отличие от угловой скорости тела) называют **линейной,** или **окружной скоростью** точки. Модуль скорости точки рассчитывается по формуле: $V = \omega h$, где $\omega$ – угловая скорость тела; $h$ – расстояние от точки до оси вращения. Вектор скорости направлен по касательной к описываемой точкой окружности в сторону вращения тела.

При вращении тела отношение скоростей двух точек тела равно отношению расстояний от этих точек до оси вращения: $\frac{V_{M_1}}{V_{M_2}} = \frac{h_1}{h_2}$ (рис. 2.6).

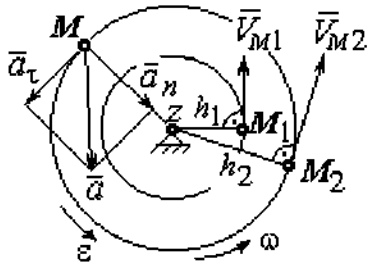


Рис. 2.6. Скорость и ускорение точек вращающегося тела

**Ускорение точки вращающегося твердого тела** рассчитывается как ускорение точки при естественном способе задания движения в виде суммы векторов касательного и нормального ускорений (см. рис. 2.6): $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$, где модули векторов $a_\tau = \varepsilon h$, $a_n = \omega^2 h$; $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$; $\omega$, $\varepsilon$ – угловая скорость и угловое ускорение тела, $\varepsilon = |\varepsilon_z|$; $h$ – расстояние от точки до оси вращения. **Вектор касательного ускорения точки** $\vec{a}_\tau$ направлен по касательной к описываемой точкой окружности в сторону движения точки, если вращение тела ускоренное, и в противоположную сторону, если движение тела замедленное. **Вектор нормального ускорения точки** $\vec{a}_n$ направлен вдоль радиуса описываемой точкой окружности к её центру.

При **передаче вращения** одного тела другому без проскальзывания соотношения между угловыми скоростями и угловыми ускорениями выражаются из равенства скоростей и касательных ускорений в точке контакта: $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$; $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{r_2}{r_1}$ (рис. 2.7).

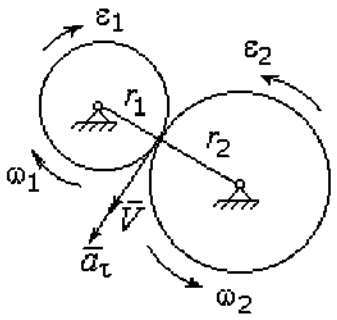


Рис. 2.7. Передача вращения одного тела другому

## Примеры решения задач на вращательное движение тел

**Задача 23.** Вал, начиная вращаться равноускоренно из состояния покоя, за первые 2 мин. сделал 3600 оборотов. Определить угловую скорость вала в конце 2-й минуты и угловое ускорение вала.

*Решение*

Допустим, вращение вала вокруг оси $z$ происходит в сторону положительного направления отсчёта угла. Тогда алгебраические значения угловой скорости и углового ускорения равны модулям соответствующих векторов $\omega_z = \omega$; $\varepsilon_z = \varepsilon$.

Воспользуемся уравнениями равнопеременного вращения вала с нулевыми начальными условиями (начальный угол поворота $\varphi_0 = 0$ и начальная угловая скорость вала $\omega_0 = 0$). Имеем $\omega = \varepsilon t$; $\varphi = \frac{\varepsilon t^2}{2}$.

Подставим в уравнения параметры движения вала в момент времени $t = t_1$ = 2 мин = 120 с; $\varphi_1 = 3600$ об $= 7200\pi$ рад. Получим систему:

$$\omega_1 = \varepsilon \cdot 120, \quad 7200\pi = \frac{\varepsilon \cdot 120^2}{2}, \text{ откуда } \varepsilon = \pi \text{ с}^{-2}; \quad \omega_1 = 120\pi \text{ с}^{-1}.$$

**Задача 24.** В механизме стрелочного индикатора (рис. 2.8) движение от рейки мерительного штифта 1 передаётся шестерне 2, скреплённой на одной оси с зубчатым колесом 3. Колесо 3 сцепляется, в свою очередь, с шестернёй 4, несущей стрелку-индикатор. Определить угловую скорость стрелки, если движение штифта задаётся уравнением $x = 4\sin\pi t$ и радиусы зубчатых колёс: $r_2 = 6$ см, $r_3 = 10$ см, $r_4 = 4$ см.

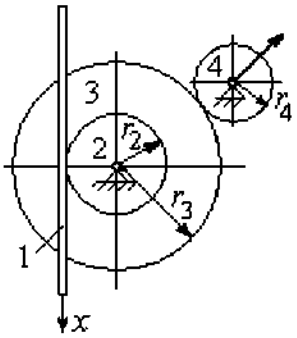


Рис. 2.8. Механизм стрелочного индикатора

*Решение*

Мерительный штифт движется поступательно вдоль оси $x$ (см. рис. 2.8). Проекция скорости любой точки штифта на ось $x$ $V_{1x} = \dot{x} = 4\pi\cos\pi t$ см/с. Такую же скорость имеет и точка касания штифта с шестернёй 2.

Полагая, что точка касания штифта с шестернёй 2 принадлежит и шестерне, найдём алгебраическое значение угловой скорости шестерни 2: $\omega_{2z} = \dfrac{V_{1x}}{r_2} = \dfrac{4\pi\cos\pi t}{6} = \dfrac{2\pi}{3}\cos\pi t$ рад/с. Зубчатое колесо 3 скреплено с шестернёй 2 на одной оси и имеет ту же угловую скорость $\omega_{3z} = \omega_{2z}$. Вращение колеса 3 через точку зацепления передаётся шестерне 4. Выразим соотношение между алгебраическими значениями угловых скоростей при передаче вращения одного тела другому: $\dfrac{\omega_{3z}}{\omega_{4z}} = \dfrac{r_4}{r_3}$. Отсюда получим: $\omega_{4z} = \dfrac{V_{1x} r_3}{r_2 r_4} = \dfrac{5\pi}{3}\cos\pi t$ с$^{-1}$. Угловая скорость стрелки равна угловой скорости шестерни 4.

**Задача 25.** Ведущее колесо 1 подъёмного устройства (рис. 2.9) передаёт движение шестерне 2. На одной оси с шестернёй 2 расположен шкив 3, жёстко скреплённый с

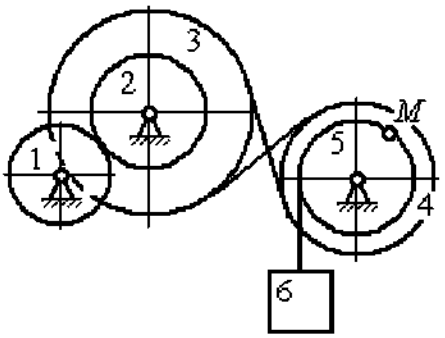


Рис. 2.9. Схема механизма подъёмного устройства

шестернёй. Шкив 3 соединяется со шкивом 4 бесконечным перекрёстным ремнём. Барабан 5 скреплён со шкивом 4 и находится с ним на одной оси. На барабан намотана нить, удерживающая груз 6. По заданному уравнению движения колеса 1 определить скорость, нормальное, касательное и полное ускорения точки $M$ на ободе барабана 5 в момент времени $t_1 = 1$ с, а также скорость и ускорение груза 6. Скольжение между звеньями механизма отсутствует.

Значения радиусов колёса, шкивов и барабана механизма: $r_1 = 20$ см, $r_2 = 10$ см, $r_3 = 40$ см, $r_4 = 16$ см, $r_5 = 8$ см. Уравнение вращения колеса 1: $\varphi_1 = 2t^2 - 5t$ рад.

*Решение*

Ведущим звеном в механизме является колесо 1. Выберем положительное направление отсчёта угла поворота колеса 1 в сторону, противоположную направлению вращения часовой стрелки. На рис. 2.10 это направление показано дуговой стрелкой $\varphi_1$.

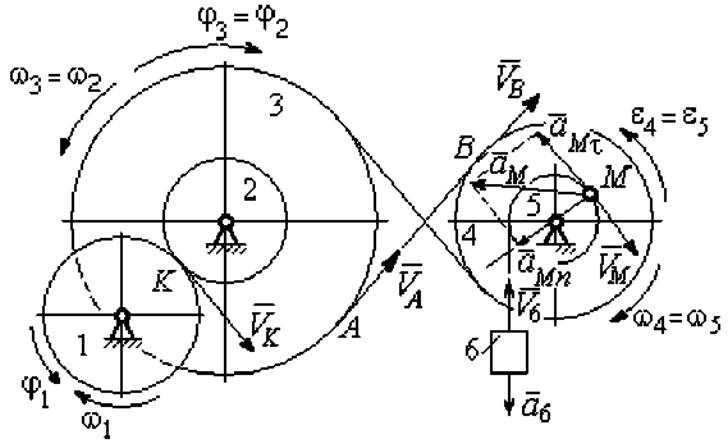


Рис. 2.10. Расчётная схема механизма

Продифференцировав по времени уравнение движения колеса 1, получим алгебраическое значение его угловой скорости: $\omega_{1z} = \dot{\varphi}_1 = 4t - 5$ рад/с. В момент времени $t_1 = 1$ с алгебраическое значение угловой скорости колеса 1 отрицательно: $\dot{\varphi}_1(1) = -1$ рад/с. Это означает, что в данный момент времени колесо 1 вращается в сторону, противоположную положительному направлению отсчёта угла $\varphi_1$. Угловая скорость колеса 1 равна модулю: $\omega_1 = |\omega_{1z}| = 1$ рад/с. Направление угловой скорости $\omega_1$ колеса 1 в момент времени $t_1 = 1$ с показано дуговой стрелкой $\omega_1$.

Вращение колеса 1 передаётся шестерне 2 через точку контакта $K$. Из соотношения $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$ найдём угловую скорость шестерни 2: $\omega_2 = \frac{\omega_1 r_1}{r_2}$. Шкив 3, закреплённый на одной оси с шестернёй 2 имеет такую же угловую скорость, $\omega_3 = \omega_2$. Направление угловых скоростей шестерни 2 и шкива 3 показано на рис. 2.10 дуговой стрелкой $\omega_2$.

Передача движения шкива 3 шкиву 4 производится с помощью ремённой передачи. На участке от точки $A$, где ремень сходит со шкива 3, и до точки $B$, где ремень набегает на шкив 4, ремень движется поступательно, поэтому скорости точек $A$ и $B$ равны: $V_A = V_B$. Выразив скорости точек через угловые скорости тел, имеем равенство $\omega_3 r_3 = \omega_4 r_4$, откуда с учётом, что $\omega_3 = \omega_2$, найдём угловую скорость шкива 4: $\omega_4 = \frac{\omega_3 r_3}{r_4} = \frac{\omega_1 r_1 r_3}{r_2 r_4}$. Угловая скорость барабана 5 равна угловой скорости шкива 4, $\omega_5 = \omega_4$. Направление угловых скоростей шкива 4 и барабана 5 показано на рис. 2.10 дуговой стрелкой $\omega_4$.

Величина (модуль) скорости точки $M$ рассчитывается по формуле: $V_M = \omega_5 r_5$. В момент времени $t_1 = 1$ с $\omega_5 = \frac{\omega_1 r_1 r_3}{r_2 r_4} = 5$ рад/с и $V_M = 20$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_M$ направлен по касательной к ободу барабана в точке $M$ и направлен в сторону вращения барабана 5 (см. рис. 2.10).

Нить, несущая груз 6, сматываясь с обода барабана, имеет скорость, равную скорости точек обода барабана, и, следовательно, равна скорости точки $M$: $V_6 = V_M$. Направление скорости груза 6 определяется направлением вращения барабана 5. При $t_1 = 1$с груз поднимается со скоростью $V_6 = 20$ см/с.

Определим ускорение точки $M$. Вектор ускорения точки $M$ равен сумме векторов: $\vec{a}_M = \vec{a}_M^{\tau} + \vec{a}_M^{n}$, где $\vec{a}_M^{\tau}$, $\vec{a}_M^{n}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения.

Найдём алгебраическое значение угловой скорости барабана 5: $\omega_{5z} = \dfrac{\omega_{1z} r_1 r_3}{r_2 r_4} = 20t - 25$ рад/с. Алгебраическое значение углового ускорения барабана 5 $\varepsilon_{5z}$ равно производной $\varepsilon_{5z} = \dot{\omega}_{5z} = 20$ рад/с$^2$. Так как в момент времени $t_1 = 1$ с знаки алгебраических значений угловой скорости барабана и его углового ускорения разные ($\omega_{5z} = -5$ рад/с $\vec{a}_M = \vec{a}_M^{\tau} + \vec{a}_M^{n}$ $\varepsilon_{5z} = +20$ рад/с$^2$), угловое ускорение (по величине равное модулю $\varepsilon_5 = |\varepsilon_{5z}|$) направлено в сторону, противоположную угловой скорости. На рис. 2.10 направление углового ускорения барабана 5 показано дуговой стрелкой $\varepsilon_5$.

Касательное ускорение точки: $a_{M\tau} = \varepsilon_5 r_5 = 80$ см/с$^2$. Вектор $\vec{a}_{M\tau}$ касательного ускорения точки $M$ направлен по касательной к траектории в точке $M$ в сторону углового ускорения $\varepsilon_5$ (см. рис. 2.10).

Нормальное ускорение точки $M$ рассчитывается как $a_M^n = \omega_5^2 r_5$, где угловая скорость барабана $\omega_5 = |\omega_{5z}|$. В момент времени $t_1 = 1$ с $\omega_5 = 5$ рад/с и величина нормального ускорения: $\vec{a}_M^{\,n} = 100$ см/с$^2$. Вектор нормального ускорения $\vec{a}_M^{\,n}$ направлен по радиусу к центру барабана 5.

Модуль полного ускорения точки $M$ в заданный момент времени: $a_M = \sqrt{(a_M^{\tau})^2 + (a_M^n)^2} = 128{,}06$ см/с$^2$. Вектор ускорения $\vec{a}_M$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_M^{\,n}$ и $\vec{a}_M^{\,\tau}$ (см. рис. 2.10).

Ускорение $a_6$ груза 6 находится из условия, что груз движется прямолинейно. При прямолинейном движении нормальная составляющая ускорения равна нулю. В результате, ускорение груза 6 $a_6 = a_6^{\tau} = \dot{V}_6 = \dot{V}_M = a_M^{\tau} = \varepsilon_5 r_5 = 80$ см/с$^2$. Направление вектора ускорения груза 6 определяется направлением углового ускорения барабана 5. На рис. 2.10 направление ускорения груза 6 показано вектором $\vec{a}_6$.

**Задача 26.** По заданному уравнению поступательного движения звена 1 механизма (рис. 2.11, *a*) определить скорость, нормальное, касательное и полное ускорения точки $M$ диска 3 в момент времени $t_1 = 1$ с, а также скорость и ускорение звена 4. Скольжение между звеньями механизма отсутствует. Значения радиусов колес механизма и закон движения звена 1: $R_2 = 20$ см, $r_2 = 5$ см, $R_3 = 8$ см, $r_3 = 4$ см, $x_1 = \cos\pi t + \sin\pi t$ см.

*Решение*

Звено 1 движется поступательно вдоль оси $x$. Положительное направление движения задаётся направлением оси $x$ (рис. 2.11, *a*). Продифференцировав по времени уравнение движения звена 1, получим его алгебраическое значение скорости: $V_{1x}(t) = \dot{x}_1 = -\pi\sin\pi t + \pi\cos\pi t$.

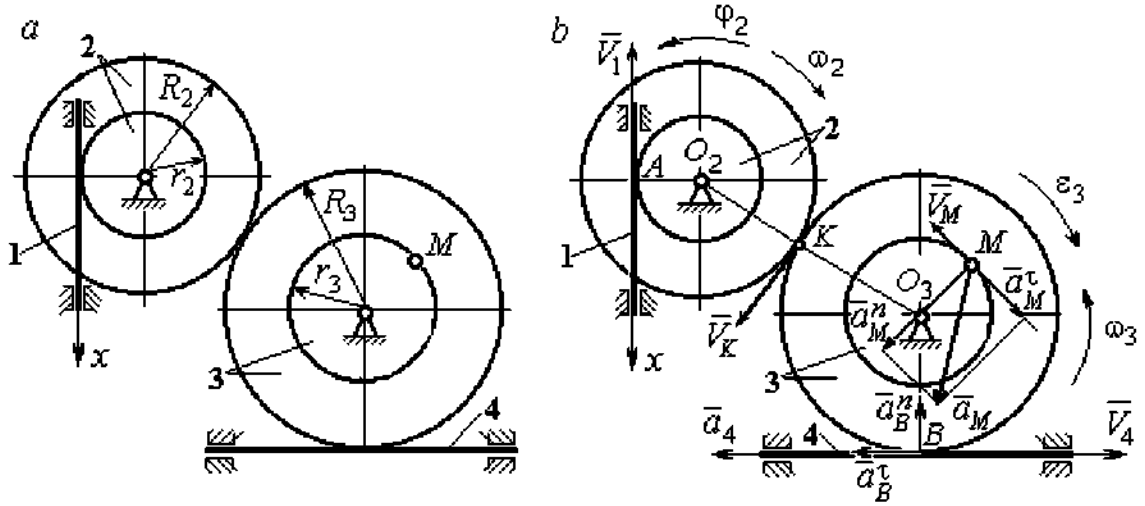



Рис. 2.11. Кинематика поступательного и вращательного движений твердого тела: *a* – схема механизма; *b* – расчетная схема для определения скоростей и ускорений точек механизма

В момент времени $t_1 = 1$ с алгебраическое значение скорости звена 1 отрицательное: $V_{1x}(1) = -\pi$ см/с. Это показывает, что в данный момент времени звено 1 движется в сторону, противоположную положительному направлению оси $x$. Скорость звена 1 равна модулю производной $V_1(1) = |\dot{x}_1| = \pi$ см/с. На рис. 2.11, *b* показано направление вектора скорости $\vec{V}_1$.

Точка $A$ соприкосновения звена 1 с диском 2 имеет ту же скорость, что и звено 1. Угловая скорость диска 2 определяется из равенства $\omega_2 = \frac{V_1}{r_2}$ рад/с. Направление угловой скорости вращения диска 2 показано на рис. 2.11, *b* дуговой стрелкой $\omega_2$.

Передача вращения диска 2 диску 3 происходит в точке $K$. Из соотношения $\frac{\omega_3}{\omega_2} = \frac{R_2}{R_3}$ находим угловую скорость диска 3: $\omega_3 = \frac{V_1 R_2}{r_2 R_3} = \frac{\pi}{2}$. Направление угловой скорости диска 3 показано на рис. 2.11, *b* дуговой стрелкой $\omega_3$.

Модуль скорости точки $M$ $V_M = \omega_3 r_3 = 2\pi$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_M$ направлен по касательной к траектории движения точки $M$ в сторону вращения диска 3 (см. рис. 2.11, *b*).

Звено 4 движется поступательно. Величина и направление скорости звена 4 совпадают с величиной и направлением скорости точки $B$ касания звена 4 с диском 3: $V_4 = V_B = \omega_3 R_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с $V_4 = 4\pi$ см/с. Направление вектора скорости $\vec{V}_4$ определяется направлением вращения диска 3.

Определим ускорение точки $M$. Найдём алгебраическое значение $\omega_{3z}$ угловой скорости диска 3: $\omega_{3z} = \frac{V_{1x} R_2}{r_2 R_3} = \frac{\pi}{2}(-\sin\pi t + \cos\pi t)$. Алгебраическое значение $\varepsilon_{3z}$ углового ускорения диска 3: $\varepsilon_{3z} = \dot{\omega}_{3z} = -\frac{\pi^2}{2}(\cos\pi t + \sin\pi t)$ и в момент времени $t_1 = 1$ с $\varepsilon_{3z} = \frac{\pi^2}{2}$. Разные знаки алгебраических значений угловой скорости и углового ускорения диска 3 $(\omega_{3z} = -\frac{\pi}{2}; \varepsilon_{3z} = +\frac{\pi^2}{2})$ показывают, что угловое ускорение направлено в сторону, противоположную угловой скорости. На рис 2.11, *b* направление углового ускорения диска 3 показано дуговой стрелкой $\varepsilon_3$.

Касательное ускорение точки $M$ рассчитывается по формуле $a_M^\tau = \varepsilon_3 r_3$, где угловое ускорение $\varepsilon_3 = |\varepsilon_{3z}|$. В момент времени $t_1 = 1$ с $a_M^\tau = 2\pi^2$ см/с$^2$. Вектор касательного ускорения точки $M$ $\vec{a}_M^\tau$ направлен по касательной к траектории точки $M$ в сторону углового ускорения $\varepsilon_3$ (см. рис. 2.11, *b*).

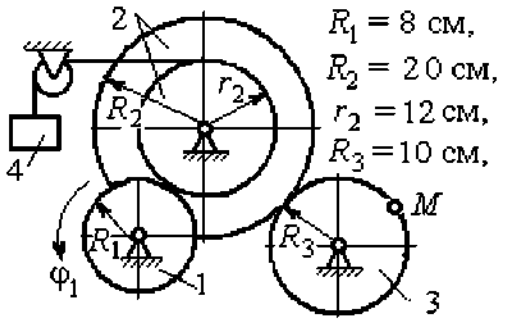
Нормальное ускорение точки $M$ рассчитывается как $a_M^n = \omega_3^2 r_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с величина нормального ускорения $a_M^n = \pi^2$ см/с$^2$. Вектор нормального ускорения $\vec{a}_M^n$ направлен по радиусу к центру диска 3.

Модуль полного ускорения точки $M$: $a_M = \sqrt{(a_M^n)^2 + (a_M^\tau)^2} = \pi^2\sqrt{5}$ см/с$^2$. Вектор полного ускорения $\vec{a}_M$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_M^n$ и $\vec{a}_M^\tau$.

Звено 4 движется поступательно и прямолинейно. Ускорение звена 4 равно проекции ускорения точки $B$ (касания диска 3 со звеном 4) на линию движения звена 4: $a_4 = a_B^\tau = \varepsilon_3 R_3 = 4\pi^2$ см/с$^2$. Направление ускорения звена 4 совпадает с касательным ускорением точки $B$.

## Упражнения

Упражнение 2.1

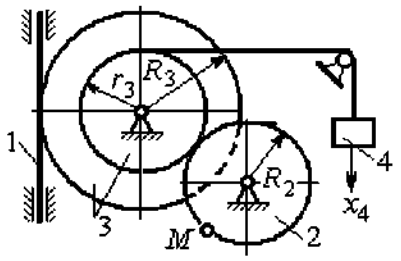



$R_1 = 8$ см,
$R_2 = 20$ см,
$r_2 = 12$ см,
$R_3 = 10$ см,

$\varphi_1 = 3t + 2\sin\frac{\pi t}{2}$ рад,

Найти скорость и ускорение точки $M$ и груза 4 в момент $t = 1$ с

Упражнение 2.2




$R_2 = 0{,}2$ м, $R_3 = 0{,}4$ м, $r_3 = 0{,}3$ м,

$x_4 = t - 1 - \sin\frac{\pi t}{3} + \cos\frac{\pi t}{3}$ м.

Найти скорость и ускорение точки $M$ и звена 1 в момент $t = t_1 = 3$ с.

Рис. 2.12. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.1, 2.2

## 2.3. Скорости точек при плоскопараллельном движении твёрдого тела

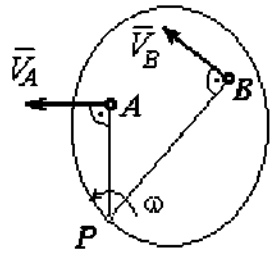
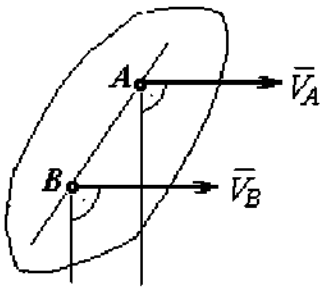
**Плоскопараллельным,** или плоским движением твердого тела, называется такое движение, при котором все точки тела движутся параллельно некоторой неподвижной (основной) плоскости.

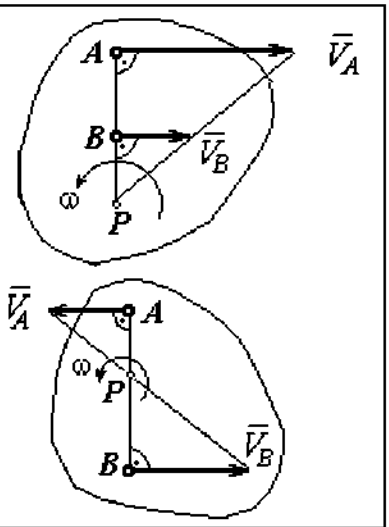
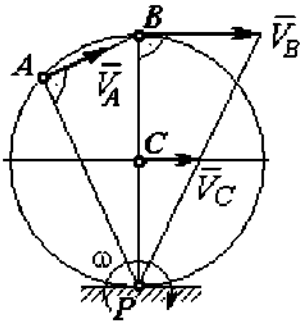
Для скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_M$ двух точек $A$ и $M$ тела, совершающего плоское движение, справедливо утверждение: **проекции скоростей двух точек твердого тела на ось, проходящую через эти точки, равны друг другу:** $V_A\cos\alpha = V_M\cos\beta$, где $\alpha$, $\beta$ – углы между векторами скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_M$ и осью, проходящей через точки $A$ и $M$.

**Мгновенным центром скоростей** (МЦС) называется точка $P$ плоской фигуры, скорость которой в данный момент времени равна нулю. При известном положении МЦС скорость любой точки плоской фигуры находят так, как если бы движение фигуры было мгновенно вращательным вокруг мгновенного центра скоростей с угловой скоростью, равной угловой скорости плоской фигуры. Способы построения мгновенного центра скоростей приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

**Способы построения мгновенного центра скоростей**

| | |
|---|---|
| 1. Если известны направления скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ каких-нибудь двух точек $A$ и $B$ плоской фигуры, то мгновенный центр скоростей $P$ находится в точке пересечения перпендикуляров, восстановленных из этих точек к векторам скоростей. |  |
| 2. Если скорости двух точек $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ параллельны, но точки $A$ и $B$ не лежат на общем перпендикуляре к скоростям, то, как видно из рисунка, мгновенный центр $P$ бесконечно удалён. В этом случае угловая скорость $\omega = 0$ и тело в данный момент движется поступательно (движение является мгновенным поступательным). При таком движении скорость любой точки тела равна $\vec{V}_A$. |  |

| | |
|---|---|
| 3. Если скорости двух точек $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ параллельны, а точки $A$ и $B$ лежат на общем перпендикуляре к скоростям, то мгновенный центр скоростей $P$ находится как пересечение прямой, соединяющей точки $A$ и $B$ и линии, проходящей через концы векторов, изображающих скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$. |  |
| 4. Если плоскопараллельное движение осуществляется путем качения без скольжения одного тела по неподвижной поверхности другого, то мгновенный центр скоростей $P$ расположен в точке касания катящегося тела с неподвижной поверхностью. |  |

**Примеры решения задач на плоскопараллельное движение тела**

**Задача 27.** Приводной механизм насоса находится в положении, показанном на рис. 2.13. Кривошип $O_1C$ вращается с постоянной угловой скоростью $\omega_{O_1C} = 2$ рад/с вокруг оси, проходящей через точку $O_1$ перпендикулярно плоскости чертежа. Определить скорость поршня $D$ и угловые скорости шатуна $BC$, коромысла $AB$ и штока $AD$, если $O_1C = 20$ см, $OB = 2 \cdot OA = 40$ см, $AD = 60$ см.

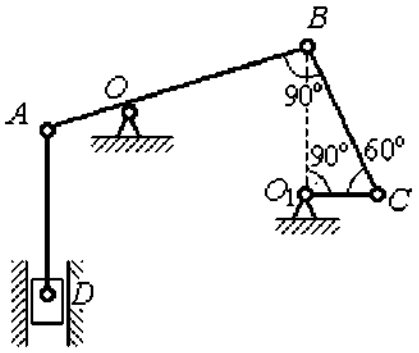



Рис. 2.13. Приводной механизм насоса

*Решение*

Предположим для определённости, что кривошип $O_1C$ вращается в направлении по ходу часовой стрелки. Вектор $\vec{V}_C$ скорости точки $C$ направлен

перпендикулярно кривошипу $O_1C$, в сторону его вращения (рис. 2.14). Модуль скорости $V_C = \omega_{O_1C} \cdot O_1C = 40$ см/с.

Коромысло $AB$ качается (вращается) вокруг оси, проходящей через точку $O$, параллельно оси вращения кривошипа. Скорость точки $B$ направлена перпендикулярно коромыслу $AB$ вдоль шатуна $BC$ (рис. 2.14).

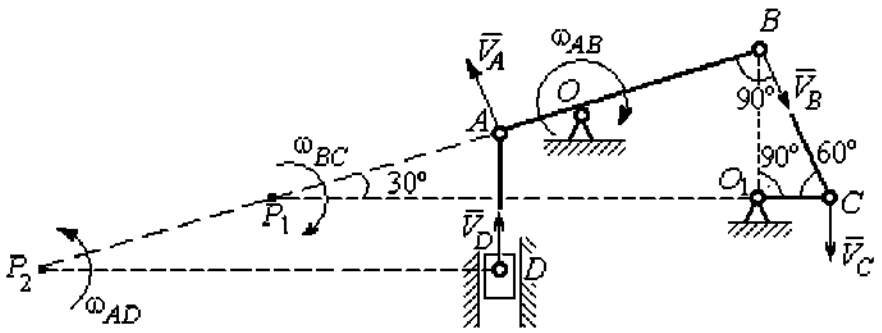



Рис. 2.14. Расчётная кинематическая схема механизма привода насоса

Шатун $BC$ совершает плоскопараллельное движение. Мгновенный центр скоростей шатуна $P_1$ расположен в точке пересечения перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_B$ точек $C$ и $B$ шатуна. Находим $P_1C = 4O_1C = 80$ см. Угловая скорость вращения шатуна $BC$ $\omega_{BC} = \dfrac{V_C}{CP_1} = 0{,}5$ рад/с. Направление угловой скорости вращения шатуна $BC$ определяется направлением вращения кривошипа $O_1C$ и на рис. 2.14 показано дуговой стрелкой $\omega_{BC}$.

Скорость $V_B$ найдём по теореме о проекциях скоростей. Спроектируем вектора скоростей $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_B$ точек $C$ и $B$ на линию $BC$. Получим $V_B\cos 0^\circ = V_C\cos 30^\circ$. Отсюда $V_B = 20\sqrt{3}$ см/с.

Угловая скорость коромысла $AB$ $\omega_{AB} = \dfrac{V_B}{OB} = \dfrac{\sqrt{3}}{2}$ рад/с. Направление угловой скорости коромысла определяется направлением вектора скорости $\vec{V}_B$ и показано дуговой стрелкой $\omega_{AB}$.

Скорость точки $A$ коромысла равна половине скорости точки $B$: $V_A = \frac{1}{2}V_B$ = $10\sqrt{3}$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно коромыслу $AB$ в сторону его вращения.

Точка $P_2$ пересечения перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_D$ является мгновенным центром скоростей штока $AD$. Тогда угловая скорость штока $\omega_{AD} = \frac{V_A}{AP_2} = \frac{\sqrt{3}}{12}$ рад/с. Направление угловой скорости штока определяется по направлению скорости точки $A$ и на рис. 2.14 показано дуговой стрелкой $\omega_{AD}$.

Скорость поршня $V_D = \omega_{AD} \cdot P_2D = 15$ см/с.

**Задача 28.** Механизм качалки (рис. 2.15) состоит из кривошипа $OA$, вращающегося вокруг оси $O$ и несущего в точке $A$ ось подвижной шестерни 2, которая катится по неподвижной шестерне 1. Вращение кривошипа происходит с угловой скоростью $\omega_{OA} = 2$ рад/с. Радиусы шестерён $r_1 = r_2 = 6$ см. К ободу шестерни 2 в точке $B$ шарнирно прикреплён шатун $BC$ длиной $BC = 8$ см, который в точке $C$ передаёт движение коромыслу $CO_1$ длиной $CO_1 = 16$ см.

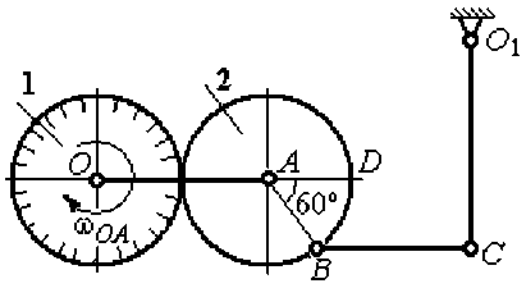


Рис. 2.15. Схема механизма качалки

Определить угловые скорости шестерни 2, шатуна $BC$, коромысла $CO_1$, а также скорости точек $A$, $B$, $C$, $D$ в момент, когда кривошип $OA$ и шатун $BC$ горизонтальны и угол $\angle DAB = 60°$.

*Решение*

Найдём скорость точки $A$ кривошипа: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA =$ 24 см/с. Вектор скорости точки $\vec{V}_A$ расположен перпендикулярно кривошипу $OA$ и направлен в сторону вращения кривошипа (рис. 2.16).

Мгновенный центр скоростей $P_2$ шестерни 2 находится в точке касания с неподвижной поверхностью шестерни 1. Угловая скорость шестерни 2 $\omega_2 = \dfrac{V_A}{AP_2}$ = 4 рад/с. Направление угловой скорости шестерни 2 определяется направлением вектора скорости $\vec{V}_A$ и на рис. 2.16 показано дуговой стрелкой $\omega_2$.

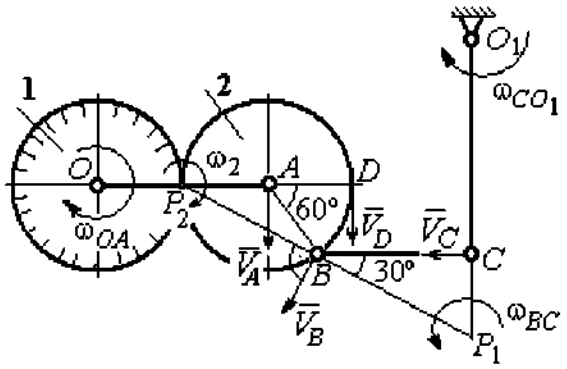


Рис.2.16. Расчётная кинематическая схема механизма качалки

Найдём расстояние $P_2B$ из равнобедренного треугольника $P_2AB$ по теореме косинусов: $P_2B = \sqrt{r^2 + r^2 - 2r^2\cos 120^\circ} = 6\sqrt{3}$ см. Скорость точки $B$ $V_B = \omega_2 \cdot P_2B = 24\sqrt{3}$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен линии $P_2B$ и направлен в сторону вращения шестерни 2.

Скорость точки $D$: $V_D = \omega_2 \cdot P_2D = 48$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_D$ перпендикулярен линии $P_2D$ и направлен в ту же сторону (см. рис. 2.16).

Скорость точки $C$ перпендикулярна линии $CO_1$. Восстанавливая перпендикуляры к скоростям $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$, получим точку пересечения $P_1$, которая будет мгновенным центром скоростей шатуна $BC$. Расстояние $P_1B = \dfrac{BC}{\cos 30^\circ} = \dfrac{16}{\sqrt{3}}$ см. Угловая скорость шатуна $\omega_{BC} = \dfrac{V_B}{P_1B} = \dfrac{9}{2}$ рад/с. Направление угловой скорости определяется по направлению скорости $\vec{V}_B$ и показано дуговой стрелкой $\omega_{BC}$.

Скорость точки $C$: $V_C = \omega_{BC} \cdot P_1C = \dfrac{36}{\sqrt{3}}$ см/с. Направление вектора скорости определяется направлением вращения шатуна $BC$.

Угловая скорость коромысла $CO_1$: $\omega_{CO_1} = \dfrac{V_C}{O_1C} = \dfrac{9}{4\sqrt{3}}$ рад/с.

**Задача 29.** В планетарном механизме (рис. 2.17) кривошип $OA$ длиной $OA$ = 25 см вращается вокруг неподвижной оси $O$, перпендикулярной плоскости рисунка, с угловой скоростью $\omega_{OA}$ = 3,6 рад/с. На конец $A$ кривошипа насажена шестерёнка 2, находящаяся во внутреннем зацеплении с колесом 1 радиуса $r_1$ = 45 см, соосным с кривошипом $OA$ и вращающимся с угловой скоростью $\omega_1$ = 1 рад/с. Шатун $BC$, шарнирно соединённый с шестерёнкой 2 на её ободе в точке $B$, приводит в движение кривошип $CO_1$. Определить угловые скорости шестерёнки 2, шатуна $BC$ и кривошипа $CO_1$, скорости точек $A$, $B$, $C$ в положении, показанном на рис.2.17, если длина шатуна $BC$ = 100 см, длина кривошипа $CO_1$ = 50 см.

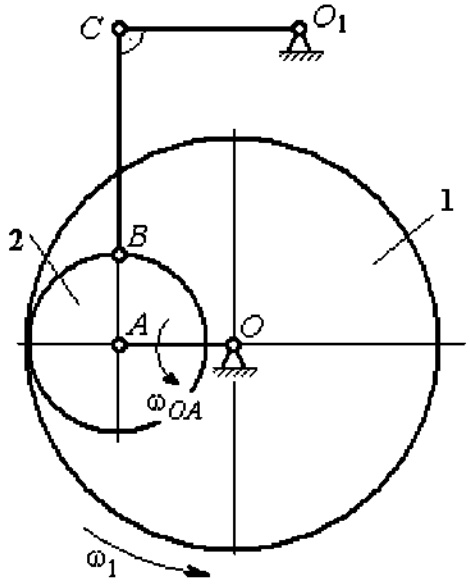


Рис. 2.17. Планетарный механизм

*Решение*

Найдём скорости точек $A$ и $D$

$$V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 90 \text{ см/с}; \quad V_D = \omega_1 \cdot r_1 = 45 \text{ см/с}.$$

Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно кривошипу $OA$ в сторону его вращения. Вектор скорости $\vec{V}_D$ перпендикулярен радиусу $OD$ колеса 1 и направлен в сторону вращения колеса (рис. 2.18).

Мгновенный центр скоростей $P_2$ шестерни 2 находится на пересечении прямой, соединяющей точки $A$ и $D$, и линии, проходящей через концы векторов $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_D$, изображающих скорости точек $A$ и $D$ Расстояние $P_2D$ от центра скоростей до точки $D$ находится из пропорции $\frac{V_A}{V_D} = \frac{AP_2}{DP_2} = \frac{DP_2 + 20}{DP_2}$, откуда $P_2D$ = 20 см.

Угловая скорость шестерёнки 2 $\omega_2 = \dfrac{V_D}{P_2 D} = 2{,}25$ рад/с. Направление угловой скорости $\omega_2$ показано на рис. 2.18 дуговой стрелкой $\omega_2$.

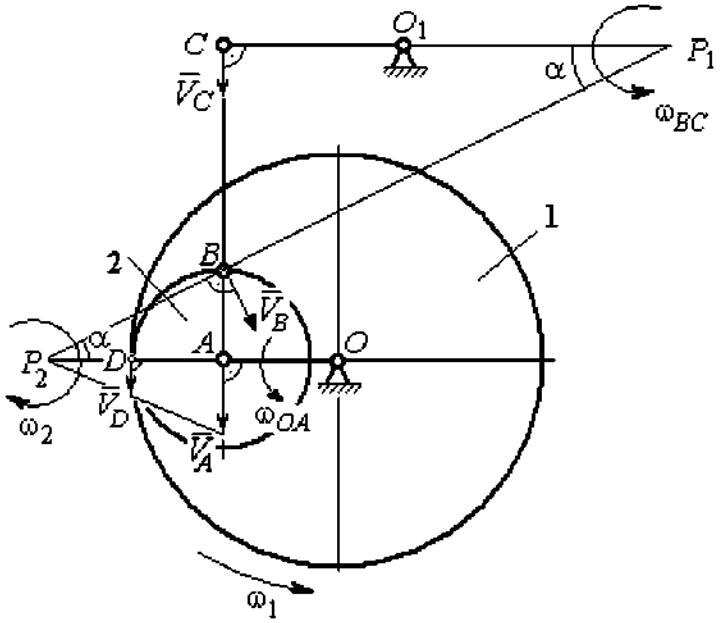



Рис. 2.18. Расчётная кинематическая схема планетарного механизма

Скорость точки $B$, которая находится на ободе шестеренки, $V_B = \omega_2 \cdot P_2 B = 45\sqrt{5}$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен линии $P_2B$ и направлен в сторону вращения шестерни 2.

Направим вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярно кривошипу $CO_1$ и восстановим перпендикуляры к скоростям $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_B$. Точка $P_1$ пересечения перпендикуляров является мгновенным центром скоростей шатуна $BC$. Расстояние $P_1B$ найдём из треугольника $P_1BC$: $P_1B = \dfrac{BC}{\sin\alpha}$, где $\sin\alpha = \dfrac{AB}{P_2B} = \dfrac{1}{\sqrt{5}}$. Тогда $P_1B = 100\sqrt{5}$ см.

Угловая скорость шатуна $\omega_{BC} = \dfrac{V_B}{P_1 B} = 0{,}45$ рад/с. Скорость точки $C$ шатуна $BC$ найдём по теореме о проекциях скоростей. Спроектируем скорости $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_B$ точек $C$ и $B$ на линию, проходящую через эти точки Имеем: $V_C \cos 0^\circ = V_B \cos\alpha$, откуда $V_C = 90$ см/с.

Угловая скорость кривошипа $CO_1$ $\omega_{CO_1} = \dfrac{V_C}{O_1 C} = 1{,}8$ рад/с.

**Задача 30.** В плоском механизме (рис. 2.19) кривошип $OA$ вращается вокруг оси $O$ с угловой скоростью $\omega_{OA}$. На конец $A$ кривошипа насажена шестерня 2, находящаяся во внешнем зацеплении с неподвижным колесом 1. Радиусы колеса и шестерни $r_1$ и $r_2$. Шестерня 2 соединяется с колесом 3 шатуном $BC$, закреплённым на шестерне в точке $B$ и на колесе в точке $C$. Колесо 3 катится без скольжения по горизонтальной поверхности. Все соединения шарнирные. Качение шестерни 2 по неподвижному колесу 1 без проскальзывания. Для положения механизма, изображенного на рис. 2.19, определить скорости точек $A$, $B$, $C$ и угловые скорости шатуна $BC$, шестерни 2 и колеса 3, если $\omega_{OA} = 4$ рад/с; $r_1 = 4$ см; $r_2 = r_3 = 8$ см.

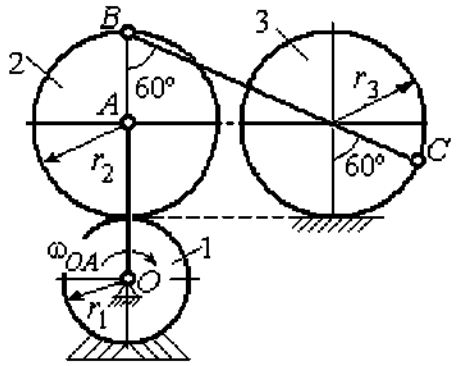


Рис. 2.19. Схема движения плоского механизма

*Решение*

Рассмотрим вращательное движение кривошипа $OA$. Скорость точки $A$ кривошипа: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA =$ 48 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно кривошипу $OA$ в сторону его вращения (рис. 2.20).

При качении шестерни 2 по неподвижной поверхности колеса 1 точка их соприкосновения $P_2$ является мгновенным центром скоростей шестерни.

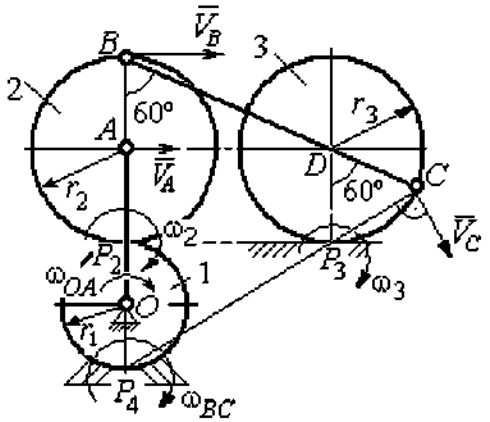


Рис. 2.20. Расчетная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

Угловая скорость шестерни 2 $\omega_2 = \dfrac{V_A}{AP_2} = 6$ рад/с.

Скорость точки $B$ шестерни 2 $V_B = \omega_2 \cdot BP_2 = 96$ см/с.

Точка $P_3$ касания колеса 3 с неподвижной поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Вектор $\vec{V}_C$ скорости точки $C$ колеса 3 перпендикулярен линии $P_3C$ и направлен в сторону качения колеса (см. рис. 2.20).

Мгновенный центр скоростей шатуна $BC$ – точка $P_4$ находится на пересечении перпендикуляров, восстановленных к скоростям точек $B$ и $C$. По построению $BP_4 = BC = BD + DC = 2r_2 + r_3 = 24$ см. Угловая скорость шатуна $BC$ $\omega_{BC} = \dfrac{V_B}{BP_4} = 4$ рад/с. Так как $BP_4 = CP_4$, скорости точек $C$ и $B$ $V_C = 96$ см/с.

Угловая скорость колеса 3 $\omega_3 = \dfrac{V_C}{CP_3} = 12$ рад/с.

**Задача 31.** В плоском механизме (рис. 2.21) кривошип $OC$, вращаясь вокруг неподвижной оси $O$, приводит в движение два шатуна $CD$ и $CE$, присоединённых к кривошипу в точке $C$. Шатун $CE$ прикреплён в точке $E$ к ободу цилиндрического выступа диска 1, который катится без проскальзывания своим выступом по неподвижному горизонтальному рельсу. К другому шатуну $CD$ в точке $D$ прикреплён ползун, перемещающийся вдоль направления вертикального диаметра диска 1. Все соединения шарнирные. Радиусы диска и цилиндрического выступа $R_1 = 3$ см, $r_1 = 2$ см. Длина шатуна $CE = 4$ см. В заданном положении механизма (см. рис. 2.21) шатун $CE$ горизонтален.

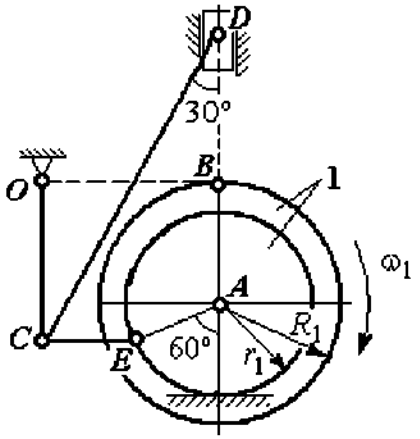


Рис. 2.21. Схема движения плоского механизма

Определить скорости точек $A, E, C, D$ и угловые скорости диска 1, шатунов $CE, CD$ и кривошипа $CO$, если известна скорость точки $B$ на ободе диска 1 $V_B = 10$ см/с и направление $\omega_1$ угловой скорости диска.

*Решение*

Изобразим вектор скорости точки $B$ диска 1 в соответствии с заданным направлением его движения. При качении диска 1 по неподвижной поверхности рельса точка $P_1$ касания обода выступа с поверхностью рельса является его мгновенным центром скоростей (рис. 2.22).

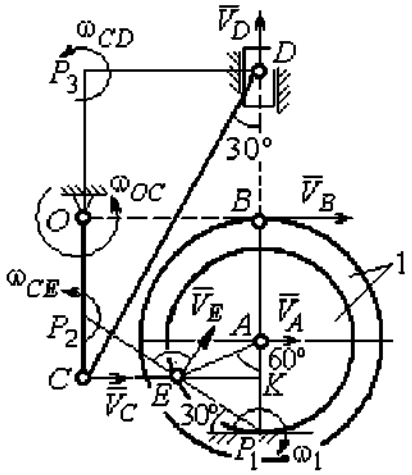



Рис. 2.22. Расчётная схема для определения скоростей точек и угловых скоростей звеньев механизма

Угловая скорость диска 1 $\omega_1 = \dfrac{V_B}{BP_1}$ = 2 рад/с. Скорость точки $A$ $V_A = \omega_1 \cdot AP_1$ = 4 см/с. Скорость точки $E$ $V_E = \omega_1 \cdot EP_1 = 4$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ и вектор скорости $\vec{V}_E$ перпендикулярны, соответственно, линиям $AP_1$ $EP_1$ и направлены в сторону вращения диска.

Шатун $CE$ совершает плоскопараллельное движение. Скорость точки $C$ шатуна неизвестна по величине, но известно, что вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярен кривошипу $OC$ и направлен вдоль $CE$ в сторону точки $E$. Мгновенный центр скоростей $P_2$ шатуна $CE$ находится на пересечении перпендикуляров, восстановленных к скоростям $\vec{V}_E$ и $\vec{V}_C$ (см. рис. 2.22).

Расстояние $EP_2 = \dfrac{EC}{\cos 30^\circ}$ = 4,62 см. Угловая скорость шатуна $CE$ $\omega_{CE} = \dfrac{V_E}{EP_2}$ = 0,86 рад/с. Направление угловой скорости шатуна, определяемое по направлению скорости точки $E$, на рис. 2.22 показано дуговой стрелкой $\omega_{CE}$. Скорость точки $C$ шатуна $CE$ $V_C = \omega_{CE} \cdot CP_2 = \dfrac{V_E}{2} = 2$ см/с.

Длина кривошипа $OC = BK = R_1 + r_1 \sin 30^\circ =$ 4 см. Угловая скорость кривошипа $\omega_{OC} = \dfrac{V_C}{OC} = 0{,}5$ рад/с.

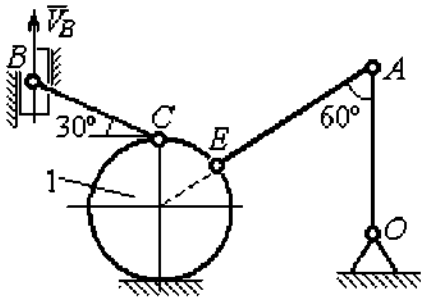
Для шатуна $CD$ известны величина и направление вектора $\vec{V}_C$ скорости точки $C$ и направление вектора $\vec{V}_D$ скорости точки $D$. Мгновенный центр скоростей шатуна $CD$ находится в точке $P_3$, полученной на пересечении перпендикуляров, восстановленных к скоростям $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_D$.

Расстояние $CP_3 = DK =$ $(CE + r_1 \cos 30^\circ)\operatorname{ctg} 30^\circ =$ 9,92 см (см. рис. 2.22). Угловая скорость шатуна $CD$: $\omega_{CD} = \dfrac{V_C}{CP_3} = 0{,}21$ рад/с.

Скорость ползуна $D$: $V_D = \omega_{CD} DP_3 = \omega_{CD}(CE + r_1 \cos 30^\circ) = 1{,}2$ см/с.

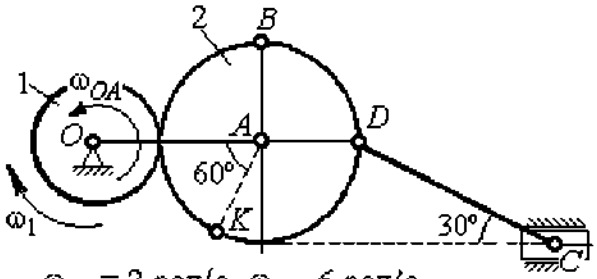
## Упражнения

Упражнение 2.3




$R_1 = 2$ см, $OA = AE = 6$ см,
$BC = 5$ см, $V_B = 5$ см/с.
Найти: $\omega_{OA}, \omega_{AE}, \omega_{CB}, \omega_1, V_C, V_A, V_E$

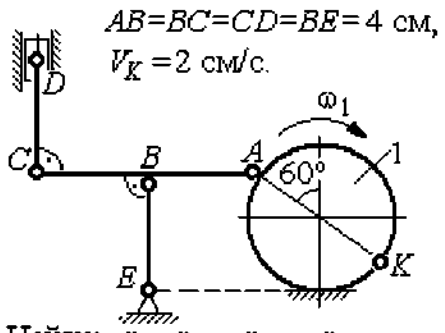
Упражнение 2.4




$\omega_{OA} = 2$ рад/с, $\omega_1 = 6$ рад/с,
$r_1 = 3$ см, $r_2 = 6$ см.
Найти: $\omega_2, \omega_{DC}, V_B, V_K, V_D, V_C$

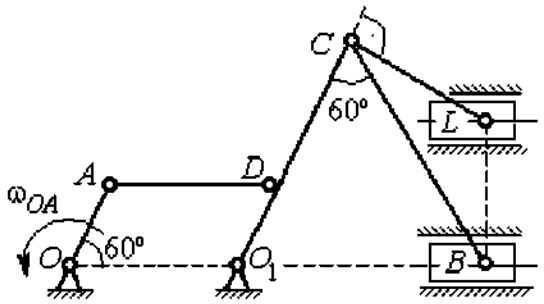
Рис. 2.23. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.3, 2.4

Упражнение 2.5



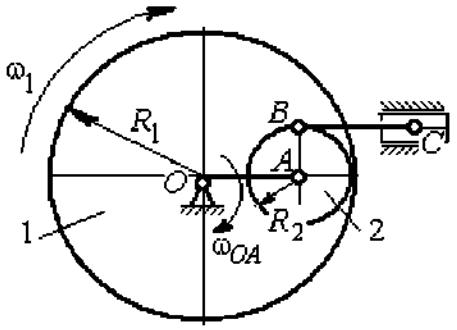

Найти: $\omega_1$, $\omega_{AC}$, $\omega_{CD}$, $\omega_{BE}$, $V_A$, $V_B$, $V_C$, $V_D$

Упражнение 2.6



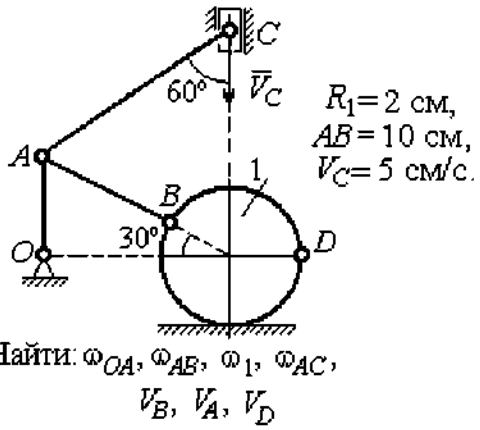

$OA$ = 4 см, $AD \parallel OO_1$,
$O_1C = CB = 16$ см, $\omega_{OA} = 3$ рад/с.
Найти: $\omega_{AD}$, $\omega_{CB}$, $\omega_{O_1C}$, $\omega_{CL}$, $V_A$, $V_C$, $V_B$, $V_D$, $V_L$

Упражнение 2.7




$\omega_{OA}$=1,5 рад/с, $\omega_1$=2 рад/с,
$R_1$=15 см, $R_2$=5 см, $CB$=8 см,
Найти: $V_B$, $\omega_{BC}$, $\omega_2$, $V_C$

Упражнение 2.8




Найти: $\omega_{OA}$, $\omega_{AB}$, $\omega_1$, $\omega_{AC}$, $V_B$, $V_A$, $V_D$

Рис. 2.24. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.5 – 2.8

## 2.4. Ускорения точек при плоскопараллельном движении твёрдого тела

Ускорение любой точки $M$ плоской фигуры при плоскопараллельном движении твердого тела представляется как сумма векторов $\vec{a}_M = \vec{a}_A + \vec{a}^{\tau}_{MA} + \vec{a}^{n}_{MA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса $A$; $\vec{a}^{\tau}_{MA}$, $\vec{a}^{n}_{MA}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки $M$ при вращении фигуры вокруг полюса $A$ (рис. 2.25).

Вектор нормального ускорения $\vec{a}^{n}_{MA}$ всегда направлен от точки $M$ к полюсу $A$. Вектор касательного ускорения $\vec{a}^{\tau}_{MA}$ направлен перпендикулярно отрезку $AM$ в сторону вращения, если оно ускоренное (см. рис. 2.25, *a*), и против вращения, если оно замедленное (см. рис. 2.25, *b*). Величины касательного и нормального составляющих ускорения точки $M$ определяются по формулам: $a^{\tau}_{MA} = \varepsilon \cdot AM$; $a^{n}_{MA} = \omega^2 \cdot AM$, где $\omega$, $\varepsilon$ – угловая скорость и угловое ускорение тела (плоской фигуры); $AM$ – расстояние от точки $M$ до полюса $A$.

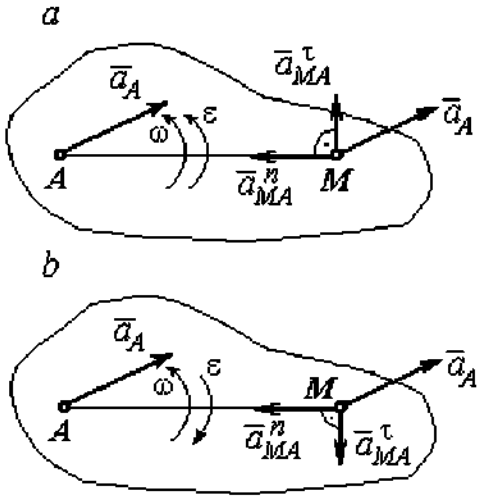



Рис. 2.25. Ускорение точки плоской фигуры:
*a* – ускоренное движение;
*b* – замедленное движение

Если при движении плоской фигуры известны траектории движения полюса $A$ и точки $M$, то для определения ускорения точки $M$ используется векторное равенство $\vec{a}^{\tau}_{M} + \vec{a}^{n}_{M} = \vec{a}^{\tau}_{A} + \vec{a}^{n}_{A} + \vec{a}^{\tau}_{MA} + \vec{a}^{n}_{MA}$, где $\vec{a}^{\tau}_{M}$, $\vec{a}^{n}_{M}$, $\vec{a}^{\tau}_{A}$, $\vec{a}^{n}_{A}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки $M$ и полюса $A$ при движении их по заданным траекториям.

### Примеры решения задач на определение ускорений точек

**Задача 32.** Поршень $D$ гидравлического пресса приводится в движение шарнирно-рычажным механизмом $OABD$. В положении механизма, указанном на рис. 2.26, точка $L$ рычага имеет скорость $V_L = 0{,}6$ м/с и ускорение $a_L = 0{,}5$ м/с$^2$. Длина рычага $OA = 2 \cdot AL = 0{,}6$ м, длина звена $AB = 0{,}4$ м. Определить скорость и ускорение поршня $D$, угловую скорость и ускорение звена $AB$.

*Решение*

Найдём угловую скорость рычага $OL$: $\omega_{OL} = \dfrac{V_L}{OL} = \dfrac{2}{3}$ рад/с.

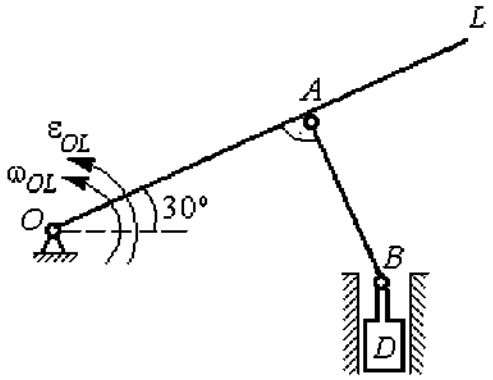



Рис. 2.26. Шарнирно-рычажный механизм гидравлического пресса

Ускорение точки $L$ представляется в виде суммы векторов нормального и касательного ускорений: $\vec{a}_L = \vec{a}_L^{\tau} + \vec{a}_L^{n}$ (рис. 2.27). Модуль нормального ускорения точки $L$ $a_L^n = \omega_{OL}^2 \cdot OL = 0{,}4$ м/с$^2$. Модуль её касательного ускорения и угловое ускорение рычага, соответственно, равны:

$$a_L^{\tau} = \sqrt{a_L^2 - (a_L^n)^2} = 0{,}3 \text{ м/с}^2, \quad \varepsilon_{OL} = \frac{a_L^{\tau}}{OL} = \frac{1}{3} \text{ рад/с}^2.$$

Скорость $\vec{V}_A$ точки $A$ перпендикулярна рычагу $OL$ и направлена в сторону вращения рычага. Её модуль $V_A = \omega_{OL} \cdot OA = 0{,}4$ м/с. Скорость $\vec{V}_B$ точки $B$ направлена вертикально вверх вдоль линии движения поршня. Направления векторов скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ показаны на рис. 2.27. Точка $P_1$ – пересечения перпендикуляров, восстановленных к векторам скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ - определяет положение мгновенного центра скоростей звена $AB$. Расстояние $AP_1 = P_1B \cdot \cos 30^\circ = 0{,}4\sqrt{3}$ м.

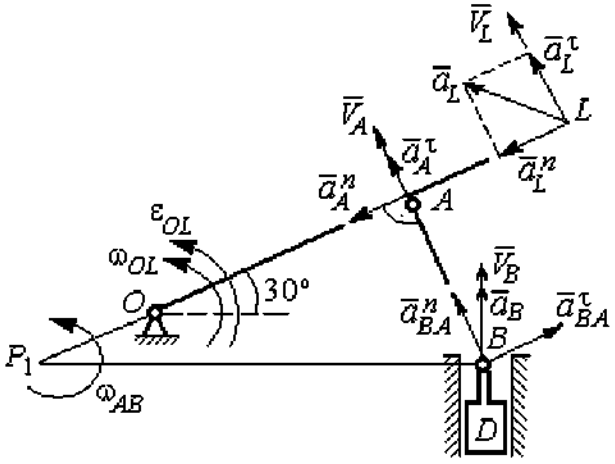



Рис. 2.27. Расчётная кинематическая схема механизма

Угловая скорость звена $AB$ $\omega_{AB} = \dfrac{V_A}{P_1A} = \dfrac{1}{\sqrt{3}}$ рад/с.

Представим ускорение точки $B$ через полюс $A$: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{\tau}_{BA} + \vec{a}^{n}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса $A$; $\vec{a}^{\tau}_{BA}$, $\vec{a}^{n}_{BA}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки $B$ при вращении звена $AB$ вокруг полюса $A$. Так как траекторией точки $A$ является окружность с центром в точке $O$, ускорение этой точки может быть разложено на две составляющие: $\vec{a}_A = \vec{a}^{\tau}_A + \vec{a}^{n}_A$. В результате ускорение точки $B$ представляется в виде векторной суммы $\vec{a}_B = \vec{a}^{\tau}_A + \vec{a}^{n}_A + \vec{a}^{\tau}_{BA} + \vec{a}^{n}_{BA}$. Направления векторов ускорений показаны на рис. 2.27.

Модули ускорений:

$$a^{n}_A = \omega^2_{OL} \cdot OA = 0{,}27 \text{ см/с}^2;\ a^{n}_{BA} = \omega^2_{AB} \cdot AB = 0{,}13 \text{ см/с}^2;$$

$$a^{\tau}_A = \varepsilon_{OL} \cdot OA = 0{,}2 \text{ см/с}^2.$$

Ускорение $a^{\tau}_{BA} = \varepsilon_{AB} \cdot AB$ остаётся неизвестной величиной, так как угловое ускорение $\varepsilon_{AB}$ звена $AB$ неизвестно.

Спроектируем векторное равенство ускорения точки $B$ на оси $x$, $y$, где ось $x$ проходит вдоль линии звена $AB$, ось $y$ – перпендикулярна ей (рис. 2.28). Получим равенства:

$$a_B \cdot \cos 30^\circ = a^{\tau}_A + a^{n}_{BA};\ a_B \cdot \cos 60^\circ = -a^{n}_A + a^{\tau}_{BA}.$$

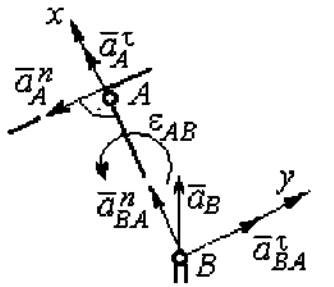


Рис. 2.28. Вычисление проекций векторов ускорений

Решая систему уравнений, находим модуль ускорения точки $B$: $a_B = 0{,}38$ см/с$^2$ и величину касательного ускорения: $a^{\tau}_{BA} = 0{,}46$ см/с$^2$. Угловое ускорение стержня $AB$ $\varepsilon_{AB} = \dfrac{a^{\tau}_{BA}}{AB} = 1{,}15$ рад/с$^2$. Направление углового ускорения $\varepsilon_{AB}$ звена $AB$ определяется направлением вектора $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ касательного ускорения точки $B$ при вращении звена вокруг полюса $A$ (см. рис. 2.28).

Ускорение поршня $D$ равно ускорению точки $B$: $a_D = a_B = 0{,}38$ см/с$^2$.

**Задача 34.** Колесо 1 радиуса $r_1 = 0{,}6$ м катится без скольжения по прямолинейному участку пути и приводит в движение шатун 2, соединённый шарнирно с колесом в точке $B$ на его ободе. На другом конце шатуна в точке $C$ к нему присоединён ползун, перемещающийся горизонтально (рис. 2.29).

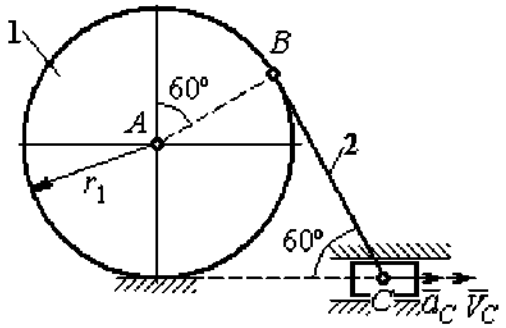



Рис. 2.29. Механизм, связывающий качение колеса с поступательным движением ползуна

В положении механизма, показанном на рис. 2.29, найти ускорение центра $A$ колеса 1, его угловое ускорение, а также угловое ускорение шатуна 2, если заданы скорость и ускорение ползуна $C$: $V_C = 9$ м/с; $a_C = 4$ м/с$^2$.

*Решение*

При качении диска 1 по неподвижной поверхности точка $P_1$ касания его с поверхностью является мгновенным центром скоростей диска. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен линии $P_1B$. Восстановим перпендикуляры к скоростям $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$. Их пересечение в точке $P_2$ определяет положение мгновенного центра скоростей шатуна 2 (рис. 2.30).

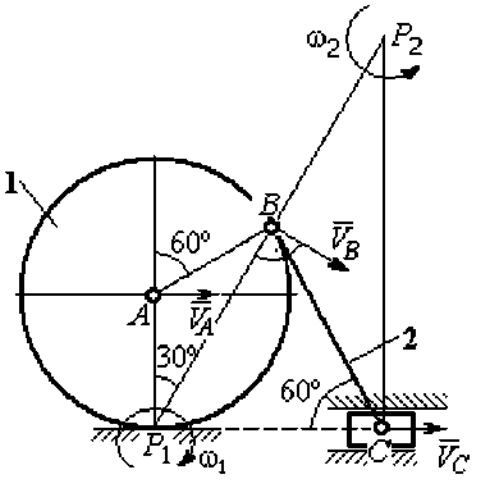



Рис. 2.30. Расчётная схема механизма для определения скоростей точек

Вычислим необходимые расстояния.

Расстояние $P_1B$ (см. рис. 2.30) найдём из треугольника $P_1AB$ по теореме косинусов: $P_1B = r_1\sqrt{3} = 1{,}04$ м. Из построения мгновенных центров скоростей $P_1$ и $P_2$ следует: $P_1B = BP_2 = BC$. Расстояние $P_2C$ определяется из треугольника $P_1P_2C$: $P_2C = P_1P_2 \cdot \cos 30^\circ = 1{,}8$ м.

Угловая скорость шатуна 2 $\omega_2 = \dfrac{V_C}{P_2C}$ = 5рад/с. Направление угловой скорости $\omega_2$ определяется направлением скорости $\vec{V}_C$.

Скорость точки $B$ найдём по формуле $V_B = \omega_2 \cdot P_2B$ = 5,2 м/с.

Угловая скорость диска 1 $\omega_1 = \dfrac{V_B}{P_1B}$ = 5 рад/с. Скорость центра колеса 1 $V_A = \omega_1 \cdot P_1A$ = 3 м/с.

Найдём ускорение точки $A$.

Примем точку $B$ за полюс и выразим ускорение точки $A$ через полюс $B$: $\vec{a}_A = \vec{a}_B + \vec{a}^{\tau}_{AB} + \vec{a}^{n}_{AB}$, где $\vec{a}_B$ – ускорение полюса $B$; $\vec{a}^{\tau}_{AB}$, $\vec{a}^{n}_{AB}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки $A$ при вращении диска 1 вокруг полюса $B$ (рис. 2.31). Направления ускорения точки $\vec{a}_A$ и касательной составляющей ускорения $\vec{a}^{\tau}_{AB}$ точки $A$ выбраны в предположении ускоренного движения диска.

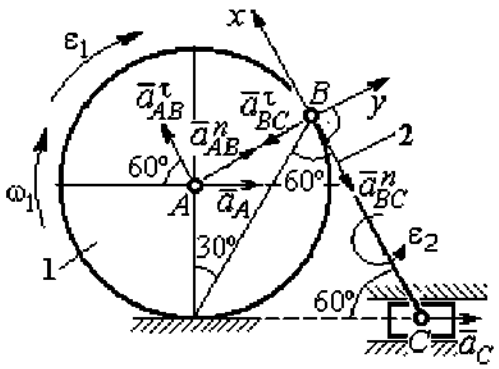


Рис. 2.31. Расчётная схема механизма для определения ускорений точек

Ускорение полюса $B$ выразим через полюс $C$: $\vec{a}_B = \vec{a}_C + \vec{a}^{\tau}_{BC} + \vec{a}^{n}_{BC}$, где $\vec{a}_C$ – ускорение полюса $C$; $\vec{a}^{\tau}_{BC}$, $\vec{a}^{n}_{BC}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки $B$ при вращении шатуна 2 вокруг полюса $C$. Направление касательной составляющей ускорения $\vec{a}^{\tau}_{BC}$ точки $B$ выбрано в направлении вращения шатуна 2 (см. рис. 2.30) исходя из предположения его ускоренного движения. В результате ускорение точки $A$ выражается векторной суммой:

$$\vec{a}_A = \vec{a}^{\tau}_{AB} + \vec{a}^{n}_{AB} + \vec{a}^{\tau}_{BC} + \vec{a}^{n}_{BC} + \vec{a}_C.$$

Направления векторов ускорений показаны на рис. 2.31.

Заметим, что в любой момент времени движения колеса 1 расстояние от точки $A$ до мгновенного центра скоростей колеса $P_1$ остаётся постоянным, равным радиусу колеса. Дифференцируем выражение $V_A = \omega_1 \cdot P_1A = \omega_1 \cdot r_1$. Получим $\frac{dV_A}{dt} = \frac{d\omega_1}{dt} r_1 = \varepsilon_1 \cdot r_1$, откуда с учётом $\frac{dV_A}{dt} = a_A$ (прямолинейное движение точки $A$) угловое ускорение диска 1 $\varepsilon_1 = \frac{a_A}{r_1}$. В результате, касательное ускорение $a^{\tau}_{AB}$ точки $A$ при вращении диска 1 вокруг полюса $B$ $a^{\tau}_{AB} = \varepsilon_1 \cdot AB = a_A$.

Найдём модули векторов ускорений:

$$a^n_{AB} = \omega_1^2 \cdot AB = 15 \text{ м/с}^2;\ a^n_{BC} = \omega_2^2 \cdot BC = 26 \text{ м/с}^2.$$

Ускорение $a^{\tau}_{BC} = \varepsilon_2 \cdot BC$ остаётся неизвестным. Применить здесь способ дифференцирования выражения $V_C = \omega_2 \cdot P_2C$ для определения углового ускорения $\varepsilon_2$ невозможно, так как расстояние $P_2C$ от мгновенного центра скоростей $P_2$ шатуна 2 до точки $C$ меняется во время движения механизма неизвестным образом.

Спроектируем векторное равенство ускорения точки $A$ на оси $x$, $y$, выбранные, как показано на рис. 2.31. Получим систему уравнений:

$$\text{проекция на ось } x\text{: } -a_A \cos 60^\circ = a^{\tau}_{AB} - a^n_{BC} - a_C \cos 60^\circ;$$

$$\text{проекция на ось } y\text{: } a_A \cos 30^\circ = a^n_{AB} - a^{\tau}_{BC} + a_C \cos 30^\circ.$$

Из первого уравнения с учётом того, что $a^{\tau}_{AB} = a_A$, найдём ускорение точки $A$: $a_A$ = 18,67 м/с$^2$. Положительное значение ускорения точки $A$ означает, что вектор $\vec{a}_A$ направлен так, как показано на рис. 2.31, – в сторону направления вектора скорости $\vec{V}_A$. Из этого следует, что диск 1 движется ускоренно и угловое ускорение направлено в сторону его угловой скорости.

Из второго уравнения получим: $a^{\tau}_{BC}$ = 2,29 м/с$^2$. Угловое ускорение шатуна 2: $\varepsilon_2 = \dfrac{\left|a^{\tau}_{BC}\right|}{BC}$ = 2,2 рад/с$^2$. Из того, что касательное ускорение $a^{\tau}_{BC}$ положительно, следует, что направление вектора $\vec{a}^{\tau}_{BC}$ совпадает с направлением, указанным на рис. 2.31. Это, в свою очередь, означает, что в данном положении механизма угловое ускорение шатуна 2 направлено так, как показано на рис. 2.31, – по направлению его угловой скорости, то есть шатун 2 вращается ускоренно.

**Задача 35.** По неподвижной шестерне 1 радиуса $r_1$ обкатывается шестерня 2 радиуса $r_2$, насаженная в центре на кривошип $OA$ (рис. 2.32). Кривошип $OA$ вращается вокруг оси $O$ с угловой скоростью $\omega_{OA}$ и угловым ускорением $\varepsilon_{OA}$. На ободе шестерни 2 в точке $B$ шарнирно прикреплен стержень $BC$, соединенный другим концом с центром $C$ диска 3, катящегося без скольжения вдоль горизонтальной прямой. Радиус диска 3 равен радиусу шестерни 2: $r_3 = r_2$. Для положения механизма, изображенного на рис. 2.32, определить ускорение точки $D$ и угловое ускорение стержня $BC$, если $r_1$ = 0,2 м, $r_2$ = 0,4 м, $\omega_{OA}$ = 4 рад/с, $\varepsilon_{OA}$ = 2 рад/с$^2$. Длина стержня $BC$ = 1 м.

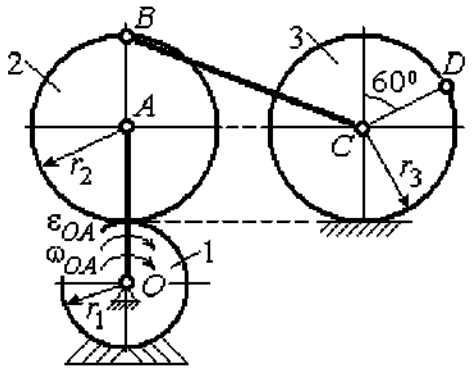


Рис. 2.32. Схема движения плоского механизма

*Решение*

Найдём угловые скорости звеньев механизма.

Рассмотрим вращательное движение кривошипа $OA$. Скорость его точки $A$: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA$ = 2,4 м/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно кривошипу $OA$ в сторону его вращения (рис. 2.33).

При качении подвижной шестерни 2 по неподвижной 1, точка их соприкосновения $P_2$ является мгновенным центром скоростей шестерни 2. Угловая скорость шестерни 2: $\omega_2 = \dfrac{V_A}{AP_2} = 6$ рад/с. Скорость точки $B$ шестерни 2:

$$V_B = \omega_2 \cdot BP_2 = 4{,}8 \text{ м/с}.$$

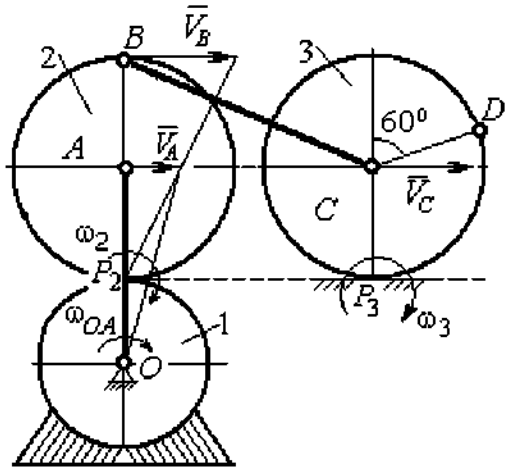



Рис. 2.33. Расчетная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

Для определения угловой скорости стержня $BC$ заметим, что скорости двух точек стержня $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ параллельны, но точки $B$ и $C$ не лежат на общем перпендикуляре к скоростям. В этом случае мгновенный центр скоростей стержня $BC$ отсутствует (или бесконечно удалён), угловая скорость стержня равна нулю и стержень совершает мгновенное поступательное движение. При таком движении мгновенные скорости всех точек стержня $BC$ одинаковы по величине и направлению. Таким образом, $\omega_{BC} = 0$; $V_C = V_B = 4{,}8$ м/с.

При качении диска 3 по неподвижной поверхности без проскальзывания точка $P_3$ касания диска с поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Угловая скорость диска 3: $\omega_3 = \dfrac{V_C}{CP_3} = 12$ рад/с. Направление угловой скорости $\omega_3$ определяется направлением вектора $\vec{V}_C$.

Найдём ускорения точек и угловые ускорения звеньев механизма.

Выразим ускорение $\vec{a}_C$ точки $C$, направленное вдоль линии движения центра колеса 3, через полюс $B$. Ускорение представляется векторной суммой: $\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}^{\,n}_{CB} + \vec{a}^{\,\tau}_{CB}$, где $\vec{a}_B$ – вектор ускорения полюса $B$; $\vec{a}^{\,n}_{CB}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{CB}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки $C$ при вращении стержня $BC$ вокруг полюса $B$. Вектор $\vec{a}^{\,n}_{CB}$ направлен вдоль стержня от точки $C$ к

полюсу $B$, вектор $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ перпендикулярен стержню $BC$. Направление вектора $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ выбрано по предполагаемому угловому ускорению стержня $BC$, показанному на рис. 2.34 дуговой стрелкой $\varepsilon_{CB}$.

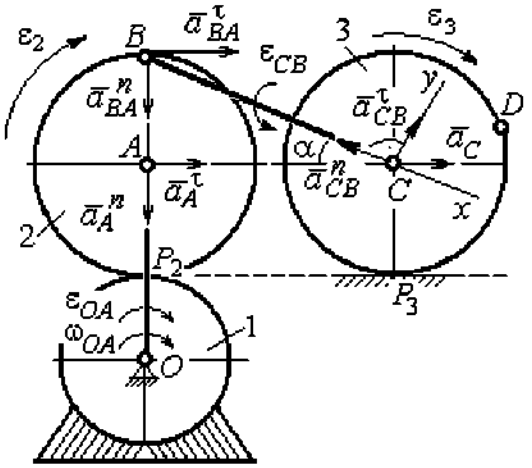



Рис. 2.34. Расчетная схема для определения ускорений точек механизма и угловых ускорений его звеньев

Рассмотрим плоскопараллельное движение шестерни 2 и выразим ускорение точки $B$ через полюс $A$ в виде векторного равенства: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{n}_{BA} + \vec{a}^{\tau}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса $A$; $\vec{a}^{n}_{BA}$, $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки $B$ при вращении шестерни 2 вокруг полюса $A$. Вектор $\vec{a}^{n}_{BA}$ направлен вдоль радиуса шестерни от точки $B$ к полюсу $A$, вектор $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ перпендикулярен линии $BA$. Направление вектора $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ соответствует ускоренному вращению шестерни 2.

Рассмотрим вращение кривошипа $OA$. Вектор ускорения точки $A$ кривошипа при вращении его вокруг неподвижной оси $O$ представляется в виде суммы: $\vec{a}_A = \vec{a}^{n}_A + \vec{a}^{\tau}_A$, где $\vec{a}^{n}_A$ и $\vec{a}^{\tau}_A$ – вектора нормальной и касательной составляющих ускорения точки $A$. Вектор $\vec{a}^{n}_A$ направлен вдоль кривошипа по направлению к оси вращения, вектор $\vec{a}^{\tau}_A$ перпендикулярен кривошипу и направлен в сторону углового ускорения $\varepsilon_{OA}$ вращения кривошипа.

В результате для определения ускорения точки $C$ имеем векторное равенство:

$$\vec{a}_C = \vec{a}^{n}_A + \vec{a}^{\tau}_A + \vec{a}^{n}_{BA} + \vec{a}^{\tau}_{BA} + \vec{a}^{n}_{CB} + \vec{a}^{\tau}_{CB}.$$

Направления всех векторов ускорений показаны на рис. 2.34.

Вычислим модули векторов, составляющих векторную сумму:

$$a_A^n = \omega_{OA}^2 \cdot OA = 9{,}6 \text{ м/с}^2;\ \ a_A^\tau = \varepsilon_{OA} \cdot OA = 1{,}2 \text{ м/с}^2;$$

$$a_{BA}^n = \omega_2^2 \cdot BA = 14{,}4 \text{ м/с}^2;\ \ a_{CB}^n = \omega_{BC}^2 \cdot BC = 0.$$

Заметим, что во время движения шестерни 2 расстояние $AP_2$ остается постоянным, равным $r_2$. Дифференцируя равенство $V_A = \omega_2 \cdot AP_2 = \omega_2 r_2$, получим: $\frac{dV_A}{dt} = \frac{d\omega_2}{dt} r_2$. При криволинейном движении точки $A$ производная от скорости равна касательному ускорению: $\frac{dV_A}{dt} = a_A^\tau$. С учётом, что $\frac{d\omega_2}{dt} = \varepsilon_2$, получим: $a_A^\tau = \varepsilon_2 r_2$, откуда $\varepsilon_2 = \frac{a_A^\tau}{r_2} = 3$ рад/с$^2$ и $a_{BA}^\tau = \varepsilon_2 \cdot BA = 1{,}2$ м/с$^2$.

Выберем оси $Cx$, $Cy$, как показано на рис. 2.34, – вдоль отрезка $BC$ и перпендикулярно ему и спроектируем на них векторное равенство ускорения точки $C$. Получим систему уравнений:

$$a_C \cos\alpha = a_A^n \sin\alpha + a_A^\tau \cos\alpha + a_{BA}^n \sin\alpha + a_{BA}^\tau \cos\alpha - a_{CB}^n;$$

$$a_C \sin\alpha = -a_A^n \cos\alpha + a_A^\tau \sin\alpha - a_{BA}^n \cos\alpha + a_{BA}^\tau \sin\alpha + a_{CB}^\tau,$$

где $\alpha$ – угол между стержнем $BC$ и линией центров $AC$, $\sin\alpha = \frac{AB}{BC} = 0{,}4$; $\cos\alpha = 0{,}92$.

Находим из первого уравнения ускорение точки $C$: $a_C = 12{,}83$ м/с$^2$, из второго – касательное ускорение точки $C$ при вращении стержня $BC$ вокруг полюса $B$: $a_{CB}^\tau = 33{,}95$ м/с$^2$. Величина углового ускорения стержня $BC$: $\varepsilon_{CB} = \frac{|a_{CB}^\tau|}{BC} = 33{,}95$ рад/с$^2$. Положительное значение $a_{CB}^\tau$ означает, что вектор касательного ускорения $\vec{a}_{CB}^\tau$ направлен так, как показано на рис. 2.34. Тогда и

направление углового ускорения $\varepsilon_{CB}$ стержня $BC$ совпадает с направлением, показанным дуговой стрелкой на рис. 2.34.

При качении диска 3 точка $C$ движется по прямой и расстояние $CP_3$ остается постоянным, равным радиусу диска 3. В этом случае равенство $V_C = \omega_3 \cdot CP_3 = \omega_3 r_3$ можно продифференцировать по времени. Получим: $\frac{dV_C}{dt} = \frac{d\omega_3}{dt} r_3$. Так как движение точки $C$ является прямолинейным, производная от скорости точки $C$ равна ускорению этой точки: $\frac{dV_C}{dt} = a_C$. Тогда с учётом $\frac{d\omega_3}{dt} = \varepsilon_3$ имеем равенство $a_C = \varepsilon_3 r_3$. Угловое ускорение диска 3: $\varepsilon_3 = \frac{a_C}{r_3} = 32{,}07$ рад/с$^2$.

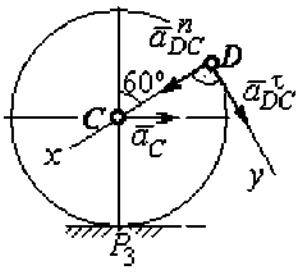



Рис.2.35. Расчетная схема для определения ускорения точки $D$

Выразим ускорение точки $D$ через полюс $C$, ускорение которого известно и по величине, и по направлению: $\vec{a}_D = \vec{a}_C + \vec{a}^n_{DC} + \vec{a}^\tau_{DC}$, где $\vec{a}_C$ – ускорение точки $C$; $\vec{a}^n_{DC}$, $\vec{a}^\tau_{DC}$ – нормальное и касательное составляющие ускорения точки $D$ при вращении диска 3 вокруг полюса $C$. Модули ускорений

$$a_C = 12{,}83 \text{ м/с}^2;\ a^n_{DC} = \omega_3^2 DC = 57{,}6 \text{ м/с}^2;\ a^\tau_{DC} = \varepsilon_3 DC = 12{,}83 \text{ м/с}^2.$$

Проведём оси $Dx$ и $Dy$, как показано на рис. 2.34, и спроектируем векторное равенство ускорения точки $D$ на оси. Получим систему уравнений:

$$a_{Dx} = -a_C \cos 30^\circ + a^n_{DC};\quad a_{Dy} = a_C \cos 60^\circ + a^\tau_{DC}.$$

Подставляя в уравнения проекций значения модулей ускорений, найдём: $a_{Dx} = 46{,}49$ м/с$^2$; $a_{Dy} = 19{,}25$ м/с$^2$.

Величина ускорения точки $D$: $a_D = \sqrt{a^2_{Dx} + a^2_{Dy}} = 50{,}32$ м/с$^2$.

Заметим, что для определения ускорения точки $D$ невозможно было сразу использовать приём с последовательным выражением ускорения точки $D$ через ускорения полюсов $C$, $B$ и $A$, так как в полученной в результате проекций системе двух уравнений будет три неизвестных величины - $a_{Dx}$, $a_{Dy}$ и величина ускорения $a_{CB}^{\tau}$.

**Задача 36.** Механизм качалки (рис. 2.36) включает в себя кривошип $OA$, вращающийся вокруг неподвижной оси $O$, шестерню 1 радиуса $r_1$, насаженную на кривошип в точке $A$ и обкатывающуюся по неподвижной цилиндрической поверхности, и шатун $BC$, присоединённый одним концом в точке $B$ к шестерне, а другим – в точке $C$ к коромыслу $CO_1$. В положении, указанном на рис. 2.36, определить угловую скорость и угловое ускорение коромысла $CO_1$, если $\omega_{OA} = 2$ рад/с; $\varepsilon_{OA} = 4$ рад/с$^2$; $OA = 0{,}8$ м; $r_1 = 0{,}4$ м; $AB = 0{,}2$ м; $BC = 0{,}6$ м. Для этого же положения определить ускорение точки $C$.

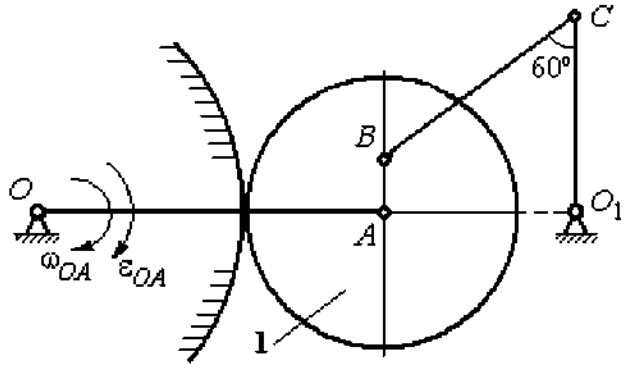


Рис. 2.36. Механизм качалки

*Решение*

Найдём угловые скорости звеньев механизма.

Скорость точки $A$ кривошипа $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 1{,}6$ м/с. Вращаясь, кривошип передаёт движение шестерне 1, которая катится по неподвижной поверхности. Точка касания $P_1$ шестерни с неподвижной поверхностью является мгновенным центром скоростей шестерни. Тогда её угловая скорость $\omega_1 = \dfrac{V_A}{AP_1} = 4$ рад/с. Направление угловой скорости показано на рис. 2.37 дуговой стрелкой $\omega_1$.

Расстояние от мгновенного центра скоростей шестерни до её точки $B$ $P_1B$ = 0,45 м. Скорость точки $B$: $V_B = \omega_1 \cdot P_1B =$ 1,8 м/с. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен линии $P_1B$ и направлен в сторону вращения шестерни.

При вращении коромысла $CO_1$ вокруг неподвижной оси $O_1$ вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярен коромыслу. Точка $P_2$, лежащая на пересечении перпендикуляров, восстановленных к векторам $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ – скоростей точек $B$ и $C$, является мгновенным центром скоростей шатуна $BC$ (рис. 2.37). Расстояние $BK = BC\cos 30^\circ = 0{,}52$ м; $\cos\alpha = \dfrac{AP_1}{BP_1} = 0{,}89$; $P_2B = \dfrac{BK}{\cos\alpha} = 0{,}58$ м. Угловая скорость шатуна $\omega_{BC} = \dfrac{V_B}{BP_2} = 3{,}1$ рад/с. Направление угловой скорости шатуна показано на рис. 2.37 дуговой стрелкой $\omega_{BC}$.

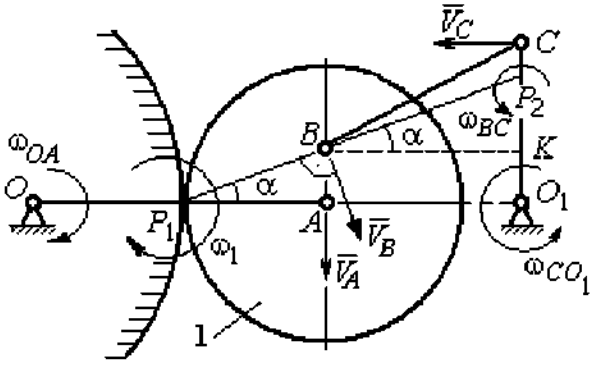



Рис. 2.37. Расчётная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

Расстояние $P_2C = BC \cdot \sin 30^\circ - P_2B \cdot \sin\alpha = 0{,}04$ м. Скорость точки $C$ шатуна $BC$: $V_C = \omega_{BC} \cdot P_2C = 0{,}12$ м/с. Длина коромысла $CO_1 = CK + KO_1 = 0{,}5$ м, угловая скорость коромысла $\omega_{CO_1} = \dfrac{V_C}{CO_1} = 0{,}24$ рад/с.

Найдём ускорения звеньев механизма.

Считая, что точка $C$ принадлежит шатуну $BC$, выразим ускорение точки $C$ через полюс $B$: $\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}^{\,n}_{CB} + \vec{a}^{\,\tau}_{CB}$, где $\vec{a}_B$ – ускорение полюса $B$; $\vec{a}^{\,n}_{CB}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{CB}$ – нормальная и касательная составляющие вектора ускорения точки $C$ при вращении шатуна вокруг полюса $B$.

Полагая, что точка $B$ принадлежит шестерне 1, выразим её ускорение через полюс $A$: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{\,n}_{BA} + \vec{a}^{\,\tau}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение точки $A$ шестерни; $\vec{a}^{\,n}_{BA}$

, $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие вектора ускорения точки $B$ при вращении шестерни вокруг полюса $A$.

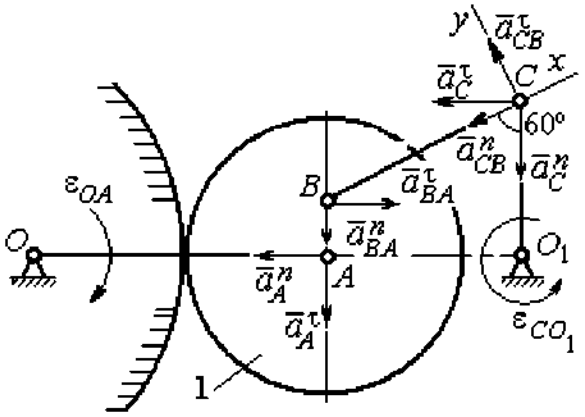



Рис. 2.38. Расчётная схема для определения ускорений точек механизма

Поскольку точка $A$ принадлежит и кривошипу $OA$, а точка $C$ – коромыслу $CO_1$, вращающихся вокруг своих неподвижных осей, вектора ускорений этих точек можно представить в виде сумм векторов:

$$\vec{a}_A = \vec{a}^{\,n}_A + \vec{a}^{\,\tau}_A,\ \vec{a}_C = \vec{a}^{\,n}_C + \vec{a}^{\,\tau}_C,$$

где $\vec{a}^{\,n}_A$, $\vec{a}^{\,\tau}_A$ – нормальная и касательная составляющие вектора ускорения точки $A$ при вращении кривошипа вокруг оси $O$; $\vec{a}^{\,n}_C$, $\vec{a}^{\,\tau}_C$ – нормальная и касательная составляющие вектора ускорения точки $C$ при вращении коромысла вокруг оси $O_1$.

В результате подстановок получим полное векторное равенство, связывающее ускорения точек механизма:

$$\vec{a}^{\,n}_C + \vec{a}^{\,\tau}_C = \vec{a}^{\,n}_{CB} + \vec{a}^{\,\tau}_{CB} + \vec{a}^{\,n}_{BA} + \vec{a}^{\,\tau}_{BA} + \vec{a}^{\,n}_A + \vec{a}^{\,\tau}_A.$$

Направления векторов ускорений показаны на рис. 2.38.

Модули векторов ускорений:

$$a^n_C = \omega^2_{CO_1} \cdot CO_1 = 0{,}03 \text{ м/с}^2;\ a^n_{CB} = \omega^2_{CB} \cdot CB = 5{,}77 \text{ м/с}^2,$$

$$a^n_A = \omega^2_{OA} \cdot OA = 3{,}2 \text{ м/с}^2;\ a^{\tau}_A = \varepsilon_{OA} \cdot OA = 3{,}2 \text{ м/с}^2,$$

$$a^n_{BA} = \omega^2_1 \cdot BA = 3{,}2 \text{ м/с}^2;\ a^{\tau}_{BA} = \varepsilon_1 \cdot BA.$$

Для определения $\varepsilon_1$ углового ускорения шестерни 1 продифференцируем равенство $V_A = \omega_1 \cdot AP_1 = \omega_1 r_1$. Получим: $a^{\tau}_A = \varepsilon_1 r_1$, откуда $\varepsilon_1 = \dfrac{a^{\tau}_A}{r_1} = 8$ рад/с$^2$.

Тогда $a^{\tau}_{BA} = 1{,}6$ м/с$^2$.

Неизвестными в векторном равенстве ускорений остаются модули векторов $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ и $\vec{a}^{\tau}_{C}$. Выберем ось $x$ вдоль шатуна $BC$, как показано на рис. 2.38, и спроектируем на неё полное векторное равенство.

Получим уравнение:

$$-a^{n}_{C}\cos 60^\circ - \vec{a}^{\tau}_{C}\cos 30^\circ = -a^{n}_{CB} - a^{n}_{BA}\cos 60^\circ + a^{\tau}_{BA}\cos 30^\circ - a^{n}_{A}\cos 30^\circ - a^{\tau}_{A}\cos 60^\circ,$$

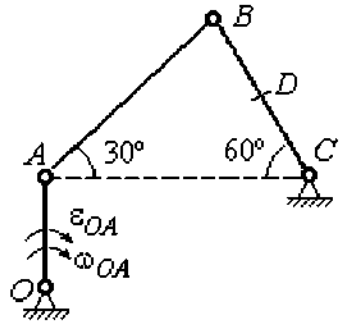
откуда найдём ускорение $a^{\tau}_{C}$ = 11,94 м/с$^2$. Угловое ускорение качалки

$$\varepsilon_{CO_1} = \frac{\left|a^{\tau}_{C}\right|}{CO_1} = 23{,}88 \text{ рад/с}^2.$$

Положительное значение касательного ускорения $a^{\tau}_{C}$ свидетельствует о том, что направление вектора ускорения $\vec{a}^{\tau}_{C}$ совпадает с направлением, показанным на рис. 2.38. В эту же сторону направлена и скорость $\vec{V}_C$ точки $C$ (см. рис. 2.37). Следовательно, в данном положении движение качалки ускоренное и угловое ускорение направлено в сторону угловой скорости.

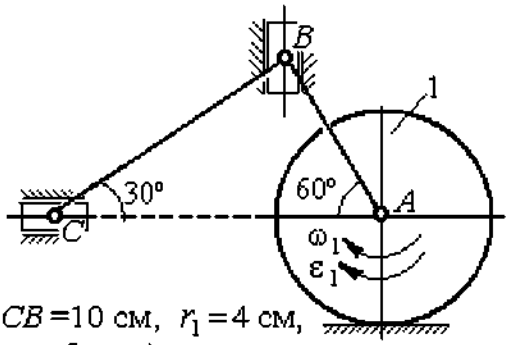
## Упражнения

Упражнения 2.9




$OA = 4$ см, $BD = DC = 4$ см,
$\omega_{OA} = 3$ рад/с, $\varepsilon_{OA} = 2$ рад/с$^2$.
Найти ускорение точки $D$

Упражнения 2.10




$CB = 10$ см, $r_1 = 4$ см,
$\omega_1 = 3$ рад/с, $\varepsilon_1 = 2$ рад/с$^2$.
Найти ускорение точки $C$

Рис. 2.39. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.9, 2.10

# 3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ

## 3.1. Основные понятия и определения сложного движения точки

Рассматривается подвижное твердое тело и точка, перемещающаяся относительно тела.

Неподвижная система координат, относительно которой определяются движения точки и тела, называется **основной**. Связанная с телом и движущаяся вместе с ним система координат называется **подвижной.**

Движение точки относительно подвижной системы координат (фактически движение точки относительно тела) называется **относительным**. **Переносным** движением называют движение, которое совершает точка вместе с подвижной системой координат (фактически вместе с телом). Движение точки относительно основной (неподвижной) системы координат называется **абсолютным.**

Скорость точки относительно подвижной системы координат называют **относительной скоростью**, ускорение – **относительным ускорением**.

**Переносной скоростью** точки и **переносным ускорением** называют скорость и ускорение той точки тела, с которой в данный момент совпадает движущаяся точка.

Скорость и ускорение точки относительно основной системы называют **абсолютной скоростью и абсолютным ускорением.**

При вычислении абсолютной скорости используется теорема о сложении скоростей: **скорость абсолютного движения точки равна векторной сумме переносной и относительной скоростей:** $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$, где $\vec{V}$, $\vec{V}_e$, $\vec{V}_r$ – вектора абсолютной, переносной и относительной скоростей точки.

При вычислении абсолютного ускорения используется теорема Кориолиса о сложении ускорений: **абсолютное ускорение точки равно векторной сумме трех ускорений – относительного, переносного и ускорения Кориолиса:** $\vec{a} = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_к$, где $\vec{a}$ – вектор абсолютного ускорения точки; $\vec{a}_e, \vec{a}_r$ – вектора

соответственно переносного и относительного ускорений точки; $\vec{a}_{\text{к}}$ – вектор ускорения Кориолиса.

Вектор ускорения Кориолиса определяется векторным произведением: $\vec{a}_{\text{к}} = 2(\vec{\omega}_e \times \vec{V}_r)$, где $\vec{\omega}_e$ – вектор угловой скорости переносного движения; $\vec{V}_r$ – вектор относительной скорости точки. Модуль ускорения Кориолиса: $|\vec{a}_{\text{к}}| = 2|\vec{\omega}_e| \cdot |\vec{V}_r| \sin\alpha$, где $\alpha$ – угол между вектором угловой скорости переносного движения $\vec{\omega}_e$ и вектором относительной скорости точки $\vec{V}_r$ (рис. 3.1).

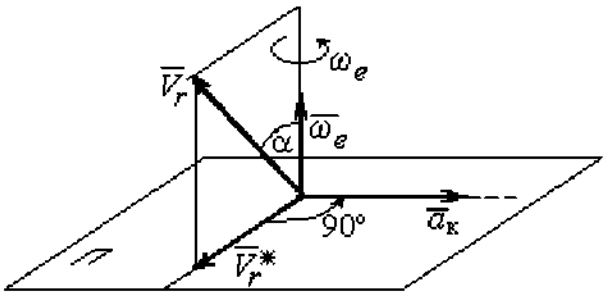



Рис. 3.1. Определение ускорения Кориолиса по правилу Жуковского

На рис. 3.1 показан способ определения вектора ускорения Кориолиса по правилу Н. Е. Жуковского. Правило состоит в следующем. Построим плоскость $П$, перпендикулярную вектору угловой скорости $\vec{\omega}_e$, и спроектируем вектор относительной скорости $\vec{V}_r$ на эту плоскость. Проекцию обозначим $\vec{V}_r^*$ (см. рис. 3.1). Чтобы получить направление ускорения Кориолиса, следует вектор проекции относительной скорости $\vec{V}_r^*$ повернуть на 90° в плоскости $П$ вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения.

Если сложное движение точки происходит в плоскости, перпендикулярной оси переносного вращения, направление ускорения Кориолиса можно получить простым поворотом вектора относительной скорости на угол 90° вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения. При этом модуль ускорения Кориолиса $a_{\text{к}} = 2|\omega_e| \cdot |V_r| \sin 90^\circ = 2\omega_e V_r$.

**Примеры решения задач на сложное движение точки**

**Задача 37.** Компрессор с криволинейными каналами (рис. 3.2) вращается с постоянной угловой скоростью $\omega = 10$ рад/с вокруг оси $O$, перпендикулярной плоскости рисунка. Воздух перемещается по каналу $AB$ с постоянной относительной скоростью $V_r = 4$ м/с. Найти ускорение частицы воздуха в начале канала в точке $A$ и проекции этого ускорения на оси неподвижной системы координат $xOy$, если радиус $OA = 0{,}5$ м, радиус кривизны канала в точке $A$ $\rho = 0{,}8$ м, угол между нормалью $n$ к кривой $AB$ в точке $A$ и радиусом $OA$ $\alpha = 30°$.

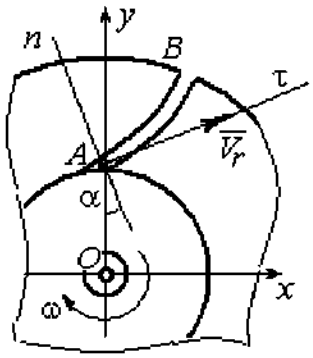


Рис.3.2. Движение воздуха по каналу компрессора

*Решение*

Переносным движением для частицы воздуха будет вращательное движение компрессора, а скорость точки $A$ компрессора, где по условию находится частица воздуха, будет её переносной скоростью: $V_e = \omega \cdot OA = 5$ м/с. Вектор $\vec{V}_e$ переносной скорости частицы перпендикулярен радиусу $OA$ и направлен в сторону угловой скорости вращения компрессора (рис. 3.3).

Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости частицы воздуха направлен вдоль касательной к кривой $AB$ (стенки канала) в точке $A$.

Вектор абсолютной скорости частицы воздуха равен геометрической сумме векторов относительной и переносной скоростей: $\vec{V} = \vec{V}_r + \vec{V}_e$ (см. рис. 3.3). Спроектируем это векторное равенство на оси $x$, $y$. Получим систему уравнений:

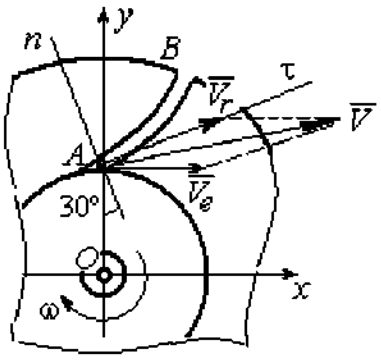


Рис. 3.3. Построение вектора абсолютной скорости частицы

$$V_x = V_e + V_r \cos 30° = 8{,}46 \text{ м/с}; \; V_y = V_r \cos 60° = 2 \text{ м/с}.$$

Модуль абсолютной скорости $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = 8{,}69$ м/с.

Найдём ускорение частицы воздуха.

Абсолютное ускорение частицы определяется по теореме сложения ускорений:

$$\vec{a} = \vec{a}_r + \vec{a}_e + \vec{a}_к .$$

В относительном движении частица движется между стенками канала по криволинейной траектории, и её ускорение $\vec{a}_r$ представляется суммой: $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_r^{\,\tau}$, где $\vec{a}_r^{\,n}$, $\vec{a}_r^{\,\tau}$ – вектора нормальной и касательной составляющих относительного ускорения частицы.

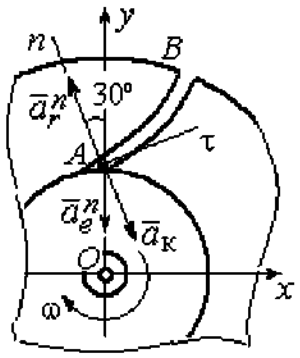


Рис. 3.4. Составляющие ускорения частицы в сложном движении

Переносное ускорение частицы $\vec{a}_e$ есть ускорение точки $A$ вращающегося компрессора, которое выражается суммой $\vec{a}_e = \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau}$, где $\vec{a}_e^{\,n}$, $\vec{a}_e^{\,\tau}$ – вектора нормальной и касательной составляющих переносного ускорения частицы.

В результате абсолютное ускорение частицы воздуха в точке А выражается векторной суммой:

$$\vec{a} = \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_к .$$

Вычислим модули ускорений:

$$a_r^{\tau} = \dot{V}_r = 0,\ a_r^{n} = \frac{V_r^2}{\rho} = 20\ \text{м/с}^2;\ a_e^{\tau} = \varepsilon \cdot OA = \dot{\omega} \cdot OA = 0,$$

$$a_e^{n} = \omega^2 r = 50\ \text{м/с}^2;\ a_к = 2\omega V_r = 80\ \text{м/с}^2.$$

Направление ускорения Кориолиса определяется простым поворотом вектора относительной скорости на угол 90° вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения. Вектора ускорений показаны на рис. 3.4.

Спроектируем векторное равенство ускорения частицы на оси неподвижной системы координат *xOy*. Получим:

$$a_x = -a_r^{n}\cos 60^\circ + a_к \cos 60^\circ = 30\ \text{м/с}^2 ;$$

$$a_y = a_r^n \cos 30^\circ - a_e^n - a_к \cos 30^\circ = -101{,}96 \text{ м/с}^2.$$

Модуль ускорения $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 106{,}28$ м/с$^2$.

**Задача 38.** При совмещении работы механизмов подъёма груза и поворота крана (рис. 3.5) груз $A$ перемещается в горизонтальном и вертикальном направлениях. На участке разгона барабан $B$ радиуса $r_1 = 0{,}5$ м, на который навит канат, поддерживающий груз, вращается с постоянным угловым ускорением $\varepsilon_1 = 3$ рад/с$^2$, а кран разворачивается вокруг оси $O_1O_2$ с угловым ускорением $\varepsilon_2 = 0{,}5$ рад/с$^2$.

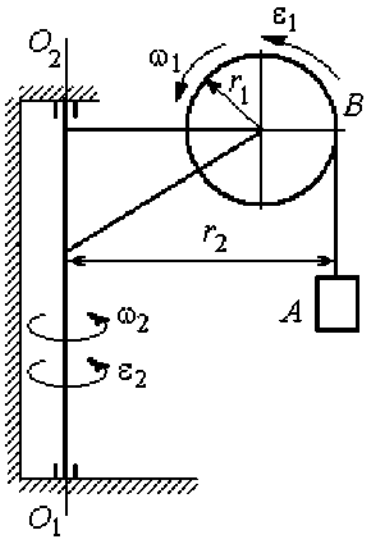


Рис. 3.5. Механизм поворотного крана

Пренебрегая отклонением каната от вертикали, определить скорость и ускорение груза в момент времени $t_1 = 1$ с, если вылет стрелы крана до линии подвеса груза $r_2 = 10$ м.

*Решение*

Подъём груза $A$ на канате является для груза относительным движением, а вращение крана – переносным. Вектор абсолютной скорости груза равен сумме $\vec{V} = \vec{V}_r + \vec{V}_e$, где вектора относительной $\vec{V}_r$ и переносной $\vec{V}_e$ скоростей.

При равноускоренном вращении барабана $B$ из состояния покоя его угловая скорость $\omega_1 = \varepsilon_1 t$. В момент времени $t_1 = 1$ с $\omega_1 = 3$ рад/с. Скорость подъёма груза $A$ в этот момент $V_r(1) = \omega_1(1) r_1 = 1{,}5$ м/с. Вектор относительной скорости $\vec{V}_r$ направлен вдоль линии движения груза, в сторону его подъёма (рис. 3.6).

Угловая скорость крана при постоянном угловом ускорении $\omega_2 = \varepsilon_2 t$. При $t_1 = 1$ с $\omega_2 = 0{,}5$ рад/с. Переносная скорость груза $A$ равна скорости груза, движущегося вместе со стрелой крана по окружности радиуса $r_2$: $V_e = \omega_2 r_2 = 5$ м/с. Вектор переносной скорости груза $\vec{V}_e$ направлен по касательной к траектории переносного движения груза в сторону угловой скорости вращения крана (см. рис. 3.6).

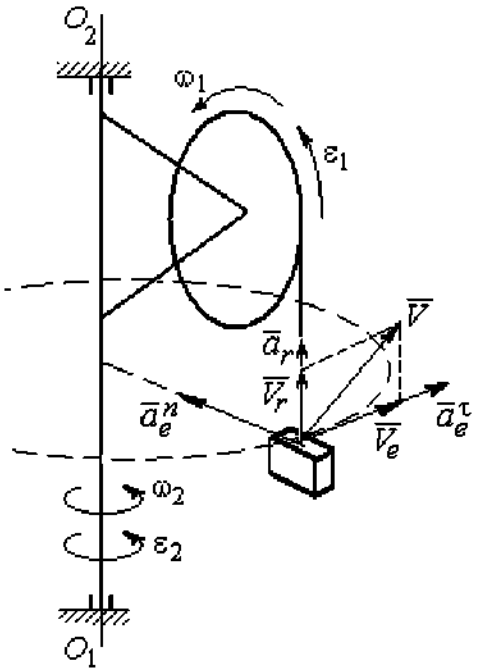



Рис. 3.6. Расчётная схема для определения скорости и ускорения груза на поворотном кране

Так как вектора относительной и переносной скоростей груза взаимно перпендикулярны, модуль абсолютной скорости $V = \sqrt{V_r^2 + V_e^2} = 5{,}22$ м/с.

Найдём абсолютное ускорение груза.

Теорема сложения ускорений имеет вид векторной суммы: $\vec{a} = \vec{a}_r + \vec{a}_e + \vec{a}_\text{к} = \vec{a}_r^n + \vec{a}_r^\tau + \vec{a}_e^n + \vec{a}_e^\tau + \vec{a}_\text{к}$, где $\vec{a}_r^n$, $\vec{a}_r^\tau$, $\vec{a}_e^n$, $\vec{a}_e^\tau$, $\vec{a}_\text{к}$ – вектора нормального и касательного ускорений груза в относительном и переносном движениях и ускорение Кориолиса. Найдём модули векторов ускорений.

Нормальное относительное ускорение $a_r^n$ груза, движущегося прямолинейно, равно нулю: $a_r^n = 0$, а касательное $a_r^\tau$ равно по величине касательному ускорению точки на поверхности барабана: $a_r^\tau = \varepsilon_1 r_1 = 1{,}5$ м/с$^2$. Направление вектора $\vec{a}_r^\tau$ относительного касательного ускорения груза определяется направлением углового ускорения барабана.

Переносные нормальное $a_e^n$ и касательное $a_e^\tau$ ускорения груза: $a_e^n = \omega_2^2 r_2$ = 2,5 м/с$^2$; $a_e^\tau = \varepsilon_2 r_2$ = 5 м/с$^2$. Вектор касательного ускорения $\vec{a}_e^\tau$ направлен в сторону углового ускорения вращения крана.

Ускорение Кориолиса $a_к$ равно нулю, так как вектор $\vec{V}_r$ параллелен вектору $\vec{\omega}_2$: $a_к = 0$.

Направления векторов ускорений, модули которых отличны от нуля, показаны на рис. 3.6. В результате вектор абсолютного ускорения груза представлен в виде разложения на три взаимно перпендикулярных вектора: $\vec{a} = \vec{a}_e^n + \vec{a}_e^\tau + \vec{a}_r^\tau$, поэтому модуль абсолютного ускорения груза $a = \sqrt{(a_e^n)^2 + (\vec{a}_e^\tau)^2 + (\vec{a}_r)^2}$ = 5,79 м/с$^2$.

**Задача 39.** Фигура, состоящая из половины диска и построенного на его диаметре равнобедренного треугольника (рис. 3.7), вращается вокруг оси, перпендикулярной плоскости фигуры и проходящей через вершину $A$ треугольника, по закону $\varphi_e = 5t - 2t^2$ рад. Положительное направление вращения отмечено на схеме дуговой стрелкой $\varphi$.

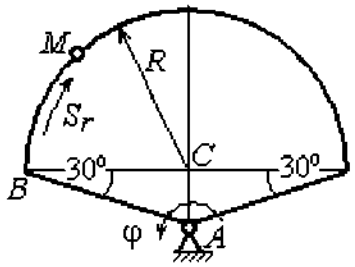


Рис. 3.7. Схема сложного движения точки

По ободу диска из начального положения B движется точка $M$. Уравнение движения точки: $B\breve{M} = S_r = 9\pi t^2$, см.. Положительное направление отсчёта дуги $BM$ показано дуговой стрелкой $S_r$ (см. рис. 3.7). Радиус диска $R$ = 9 см. Найти абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки $M$ в момент времени $t_1$ = 1 с.

*Решение*

Переносным движением точки $M$ является вращение фигуры вокруг оси $A$, относительным – её движение по окружности обода диска.

Положение точки $M$ на окружности определяется центральным углом: $\alpha = \frac{S_r}{R}$, где $S_r$ – длина дуги окружности, пройденная точкой. В момент времени $t_1 = 1$ с $S_r = 9\pi$ см и $\alpha = \pi$. Расчётное положение точки $M$ на рис. 3.8 обозначено $M_1$.

Угловая скорость вращения фигуры равна модулю производной $\omega_e = |\dot{\varphi}_e| = |5 - 4t|$. При $t_1 = 1$ с $\omega_e(1) = 1$ рад/с. Направление угловой скорости определяется знаком производной $\dot{\varphi}_e$. Положительная на данный момент времени величина производной ($\dot{\varphi}_e = 1$) показывает, что вращение фигуры происходит в положительном направлении отсчёта угла $\varphi_e$ и отмечено на рис. 3.8 дуговой стрелкой $\omega_e$.

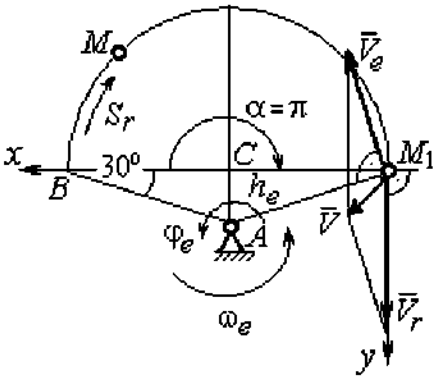


Рис. 3.8. Расчетная схема для вычисления абсолютной скорости точки

Переносная скорость точки $V_e$ – это скорость расчётного положения точки $M$ вращающейся фигуры: $V_e = \omega_e h_e = = \omega_e AM_1 = \frac{\omega_e R}{\cos 30^\circ} = 10{,}39$ см/с. Вектор переносной скорости точки $\vec{V}_e$ перпендикулярен отрезку $AM_1$ и направлен в сторону вращения фигуры (см. рис. 3.8).

Скорость точки в относительном движении определяется как модуль производной: $V_r = |\dot{S}_r| = |18\pi t|$. При $t_1 = 1$ с $V_r = 56{,}5$ см/с. Положительное значение производной $\dot{S}_r = 18\pi > 0$ указывает, что в этот момент времени относительное движение точки происходит в положительном направлении отсчёта дуги окружности, по которой движется точка. Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости точки перпендикулярен отрезку $CM_1$ и направлен в сторону её движения.

Абсолютная скорость точки равна сумме векторов переносной и относительной скоростей $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. Для того чтобы найти абсолютную скорость точки, выберем оси координат $M_1x$, $M_1y$, как показано на рис. 3.8, и спроектируем обе части векторного равенства теоремы сложения скоростей на эти оси:

$$V_x = V_e\cos 60^\circ = 5{,}2 \text{ см/с}, \; V_y = -V_e\cos 30^\circ + V_r = 47{,}5 \text{ см/с}.$$

Модуль абсолютной скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = 47{,}8$ см/с.

Абсолютное ускорение точки определяется по теореме сложения ускорений: $\vec{a} = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_к$.

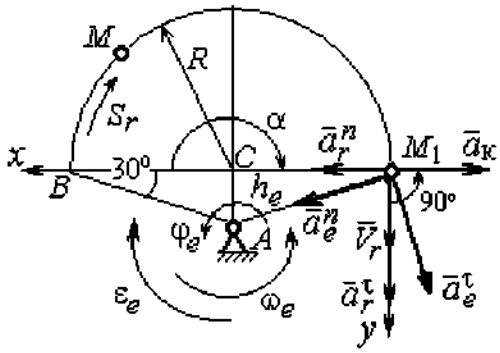



Рис. 3.9. Расчетная схема для определения абсолютного ускорения точки

Переносное ускорение точки представляется в виде суммы: $\vec{a}_e = \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n}$, где $\vec{a}_e^{\,\tau}$ и $\vec{a}_e^{\,n}$ – переносные касательное и нормальное ускорения. В относительном движении точки (по дуге окружности) ускорение также может быть разложено на две составляющие – относительные касательное и нормальное ускорения: $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n}$. В результате теорема о сложении ускорений приобретает вид: $\vec{a} = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_к$.

Вычислим модули и направления векторов ускорений в расчётном положении точки $M_1$.

Относительное касательное ускорение $a_r^\tau$ вычисляется по формуле: $a_r^\tau = \left|\ddot{S}_r\right|$, где $\ddot{S}_r = 18\pi = 56{,}5$ см/с$^2$. Так как значение второй производной $\ddot{S}_r$ положительно, вектор ускорения $\vec{a}_r^{\,\tau}$ направлен по касательной в сторону положительного отсчёта траектории относительного движения. Относительное

нормальное ускорение точки $a_r^n$ вычисляется по формуле: $a_r^n = \frac{V_r^2}{R}$ и в момент $t_1 = 1$ с равно 355,3 см/с$^2$. Вектор ускорения $\vec{a}_r^n$ направлен по радиусу диска к центру $C$ (рис. 3.9).

Угловое ускорение фигуры в момент времени $t_1 = 1$ с, $\varepsilon_e = |\ddot{\varphi}_e| = 4$ рад/с$^2$. Поскольку значение второй производной угла поворота отрицательное ($\ddot{\varphi}_e = -4$ рад/с$^2$), то угловое ускорение направлено в сторону, противоположную положительному направлению отсчёта угла поворота фигуры, как показано на рис. 3.9 дуговой стрелкой $\varepsilon_e$. Модуль переносного касательного ускорения $a_e^\tau$ определяется по формуле $a_e^\tau = \varepsilon_e h_e = \varepsilon_e \cdot AM_1$ и в момент времени $t_1 = 1$ с равен 41,6 см/с$^2$. Вектор переносного касательного ускорения точки $\vec{a}_e^\tau$ перпендикулярен $AM_1$ и направлен в сторону углового ускорения фигуры $\varepsilon_e$ (см. рис. 3.9). Переносное нормальное ускорение вычисляется по формуле $a_e^n = \omega_e^2 h_e = \omega_e^2 \cdot AM_1$ и на момент времени $t_1 = 1$ с: $a_e^n = 10{,}4$ см/с$^2$. Вектор переносного нормального ускорения $\vec{a}_e^n$ направлен вдоль отрезка $M_1A$ к оси вращения тела (см. рис. 3.9).

Модуль ускорения Кориолиса в момент времени $t_1 = 1$ с $a_{\text{к}} = 2\omega V_r =$ =113,1 см/с$^2$. По условию задачи вектор $\vec{V}_r$ скорости относительного движения точки перпендикулярен вектору $\vec{\omega}_e$ угловой скорости переносного движения. В этом случае для определения направления ускорения Кориолиса достаточно повернуть вектор относительной скорости $\vec{V}_r$ на 90° в сторону переносного движения (см. рис. 3.9).

Для определения абсолютного ускорения точки выберем оси $M_1x$ и $M_1y$, как показано на рис. 3.9, и спроектируем обе части векторного равенства теоремы сложения ускорений на эти оси. Получим:

$$a_x = -a_e^\tau \cos 60^\circ + a_e^n \cos 30^\circ + a_r^n - a_{\text{к}} = 230{,}4 \text{ см/с}^2;$$

$$a_y = a_e^{\tau}\cos 30^\circ + a_e^{n}\cos 60^\circ + a_r^{\tau} = 97{,}9 \text{ см/с}^2.$$

Модуль абсолютного ускорения

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 250{,}3 \text{ см/с}^2.$$

**Задача 40.** Диск (рис. 3.10) вращается вокруг оси $O_1O_2$, проходящей вдоль вертикального диаметра, с угловой скоростью $\omega = 2t^2 + 4\cos\pi t$ рад/с. Положительное направление отсчёта угла поворота диска отмечено на схеме дуговой стрелкой $\varphi$. Вдоль другого диаметра диска, наклоненного под углом 30° к вертикальному, движется точка $M$ по закону $CM = S_r = (4t-1)^2 - 1$ см. Расстояние отсчитывается от точки $C$ на краю диска. Положительное направление движения точки $M$ показано стрелкой $S_r$. Радиус диска $R = 4$ см. Найти абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки $M$ в момент времени $t_1 = 1$ с.

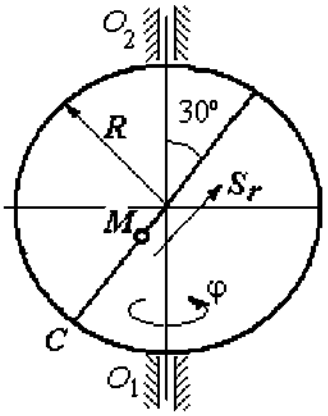


Рис. 3.10. Схема сложного движения точки

*Решение*

Переносным движением точки $M$ является вращение диска вокруг вертикального диаметра, относительным – её прямолинейное движение вдоль наклонного диаметра диска.

Расстояние $S_r$, пройденное точкой, к моменту времени $t_1 = 1$ с равно 8 см. При радиусе диска $R = 4$ см точка $M$ в данный момент времени находится на противоположном от точки $C$ конце диаметра. На рис. 3.11 это положение обозначено буквой $M_1$.

Угловая скорость диска равна модулю производной: $\omega = |\dot{\varphi}| = |2 + 4\cos\pi|$ и при $t_1 = 1$ с $\omega = 2$ рад/с. Направление угловой скорости определяется по знаку производной $\dot{\varphi}$. В данном случае производная имеет отрицательное значение ($\dot{\varphi} = -2$ рад/с). Это означает, что вращение диска происходит в сторону,

противоположную положительному направлению отсчёта угла поворота. Направление угловой скорости диска в данный момент времени отмечено на рис. 3.11 дуговой стрелкой $\omega$.

Переносная скорость точки $V_e$ – это скорость точки $M_1$ на вращающемся диске: $V_e = \omega h_e = \omega \cdot KM_1$, где $KM_1 = h_e$ – расстояние от оси вращения диска до точки $M_1$. Очевидно, $KM_1 = 0{,}5R = 2$ см. При $t_1 = 1$ с величина переносной скорости $V_e = 4$ см/с. Вектор переносной скорости $\vec{V}_e$ перпендикулярен плоскости диска $O_1M_1O_2$ и направлен в сторону вращения диска (рис. 3.11, *a*).

(На рис. 3.11, *a* символ ⊙ рядом с вектором означает, что данный вектор направлен перпендикулярно плоскости рисунка «к нам», символ ⊕ – «от нас».)

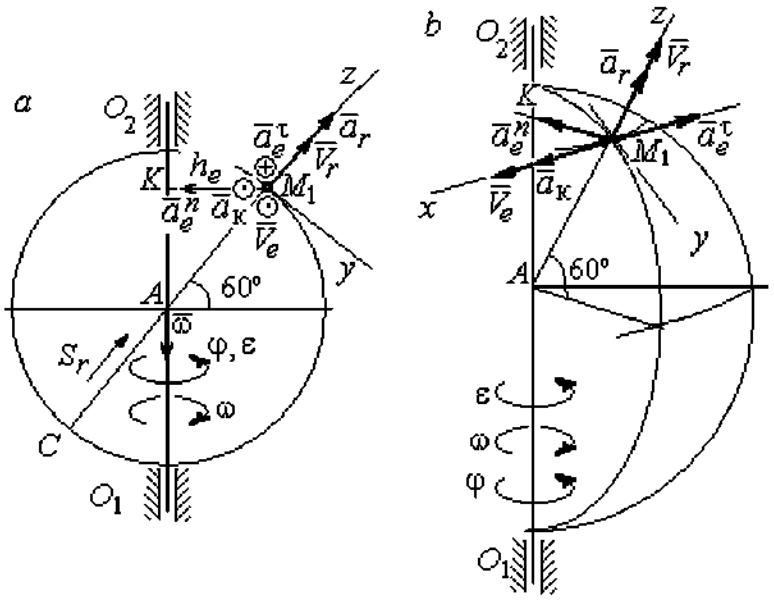



Рис. 3.11. Расчётная схема определения абсолютной скорости и ускорения точки:
*a* – плоская модель движения;
*b* – пространственная модель движения

Относительная скорость точки равна модулю производной: $V_r = \left|\dot{S}_r\right| = = \left|8(4t-1)\right|$. При $t_1 = 1$ с $V_r = 24$ см/с. Положительное значение самой производной $\dot{S}_r$ указывает, что относительное движение точки в данный момент времени происходит в положительном направлении. Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости точки в положении $M_1$ направлен вдоль диаметра диска $CM_1$ в сторону движения.

Абсолютная скорость точки равна сумме векторов переносной и относительной скоростей: $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. Так как векторы $\vec{V}_e$ и $\vec{V}_r$ взаимно

перпендикулярны, модуль абсолютной скорости $V = \sqrt{V_e^2 + V_r^2} =$ 24,33 см/с. Вектор абсолютной скорости на рис. 3.11 не показан.

Абсолютное ускорение точки определяется векторной суммой, которая при прямолинейном относительном и вращательном переносном движениях представляется в виде: $\vec{a} = \vec{a}_r + \vec{a}_e^{\tau} + \vec{a}_e^{n} + \vec{a}_{\text{к}}$.

Относительное ускорение точки $a_r = \left|\ddot{S}_r\right| =$ 32 см/с$^2$. Так как значение второй производной $\ddot{S}_r$ положительно, вектор ускорения $\vec{a}_r$ в точке $M_1$ направлен по линии движения точки в сторону положительного направления (см. рис. 3.11).

Угловое ускорение диска $\varepsilon = \left|\dot{\omega}\right| = \left|4t - 4\pi\sin\pi t\right|$. В момент времени $t_1 = 1$ с $\varepsilon = 4$ рад/с$^2$. Положительное значение производной в данный момент времени ($\dot{\omega} = 4$ рад/с$^2$) означает, что угловое ускорение $\varepsilon$ направлено в сторону положительного направления отсчёта угла поворота диска. Направление углового ускорения показано на рис. 3.11 дуговой стрелкой $\varepsilon$. Модуль переносного касательного ускорения $a_e^{\tau}$ определяется по формуле $a_e^{\tau} = \varepsilon h_e$, и при $t_1 = 1$ с $a_e^{\tau} = 8$ см/с$^2$. Вектор ускорения $\vec{a}_e^{\tau}$ перпендикулярен плоскости диска $O_1M_1O_2$ в точке $M_1$ и направлен в сторону углового ускорения (противоположно вектору скорости).

Переносное нормальное ускорение $a_e^{n}$ рассчитывается по формуле $a_e^{n} = \omega^2 h_e = \omega^2 \cdot KM_1$, и при $t_1 = 1$ с $a_e^{n} = 8$ см/с$^2$. Вектор переносного нормального ускорения $\vec{a}_e^{n}$ направлен вдоль отрезка $M_1K$ к оси вращения диска (см. рис. 3.11).

Вектор скорости относительного движения точки $\vec{V}_r$ составляет с вектором угловой скорости переносного движения $\vec{\omega}$ угол 150°. Модуль ускорения Кориолиса на момент времени $t_1 = 1$ с $a_{\text{к}} = 2\left|\omega\right\|V_r\left|\sin 150^\circ = 48\right.$ см/с$^2$.

Направление вектора ускорения Кориолиса определяем по правилу Жуковского. Так, вектор относительной скорости точки $\vec{V}_r$ проектируем на плоскость, перпендикулярную вектору $\vec{\omega}$ (т. е. на плоскость, перпендикулярную оси вращения тела). На рис 3.11, *а* это будет проекция на линию $KM_1$. Далее следует повернуть вектор проекции относительной скорости вокруг оси вращения на 90° в сторону угловой скорости вращения диска. На рис 1.11, *а* вектор ускорения Кориолиса перпендикулярен плоскости рисунка в точке $M_1$ и направлен «на нас».

Для определения абсолютного ускорения точки выберем оси координат $M_1x$, $M_1y$ и $M_1z$, как показано на рис. 3.11 (на рис. 3.11, *а* ось $M_1x$ направлена перпендикулярно рисунку «к нам» и на рисунке не показана). Спроектируем обе части векторного равенства теоремы сложения ускорений на оси

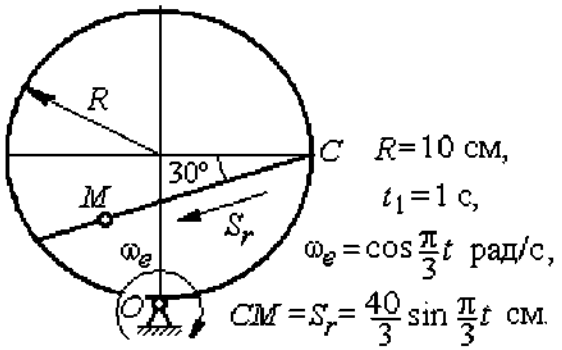
$$a_x = -a_e^{\tau} + a_{\text{к}} = 40 \text{ см/с}^2; \quad a_y = -a_e^{n}\cos 30^\circ = 6{,}93 \text{ см/с}^2;$$

$$a_z = a_r - a_e^{n}\cos 60^\circ = 28 \text{ см/с}^2.$$

Модуль абсолютного ускорения $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} = 49{,}32$ см/с$^2$.

## Упражнения

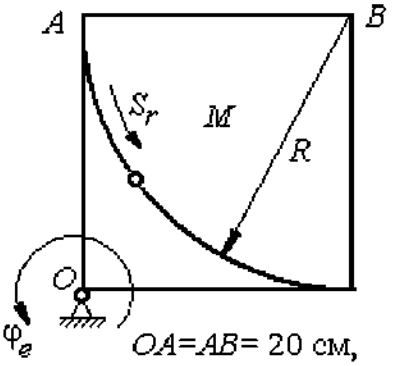
Упражнение 3.1




$R$=10 см,
$t_1$=1 с,
$\omega_e = \cos\frac{\pi}{3}t$ рад/с,
$CM = S_r = \frac{40}{3}\sin\frac{\pi}{3}t$ см.

Найти скорость и ускорение точки $M$ в момент $t = t_1$

Упражнение 3.2




$OA$=$AB$= 20 см,
$\overset{\smile}{AM} = S_r = 5\pi t^2$ см, $\varphi_e = t^2 - 5t$ рад.
Найти скорость и ускорение точки $M$ в момент $t = t_1 =$ 1 с

Рис. 3.12. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 3.1, 3.2

# 4. ДИНАМИКА ТОЧКИ

## 4.1. Дифференциальные уравнения движения точки

Движение материальной точки под действием системы сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$,..., $\vec{F}_K$ в прямоугольной декартовой системе координат $Oxyz$ описывается **дифференциальными уравнениями:**

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = \sum F_{kx}, \; m\frac{d^2y}{dt^2} = \sum F_{ky}, \; m\frac{d^2z}{dt^2} = \sum F_{kz}.$$

Обозначая вторые производные от координат по времени двумя точками, уравнения движения можно записать в виде:

$$m\ddot{x} = \sum F_{kx}; m\ddot{y} = \sum F_{ky}; m\ddot{z} = \sum F_{kz},$$

где $m$ – масса точки; $x$, $y$, $z$ – текущие координаты точки; $\ddot{x}$, $\ddot{y}$, $\ddot{z}$ – проекции вектора ускорения точки на оси координат; $\sum F_{kx}$, $\sum F_{ky}$, $\sum F_{kz}$ – алгебраические суммы проекций всех сил на оси координат.

Для удобства интегрирования дифференциальные уравнения движения иногда представляют в виде:

$$m\frac{dV_x}{dt} = \sum F_{kx}; \; m\frac{dV_y}{dt} = \sum F_{ky}; \; m\frac{dV_z}{dt} = \sum F_{kz},$$

где $V_x = \dot{x}$, $V_y = \dot{y}$, $V_z = \dot{z}$ – проекции вектора скорости точки на оси координат.

В естественной системе координат движение материальной точки описывается уравнениями в естественной форме:

$$m\frac{dV}{dt} = \sum F_{k\tau}; \; m\frac{V^2}{\rho} = \sum F_{kn}; 0 = \sum F_{kb},$$

где $\rho$ – радиус кривизны траектории; $\tau$, $n$, $b$ – оси естественного трехгранника – касательная, нормаль и бинормаль.

В общем случае правые части дифференциальных уравнений зависят от времени, положения и скорости точки. Интегрирование дифференциальных уравнений производится в зависимости от их вида методами, известными из курса математики.

## Примеры решения задач на интегрирование уравнений движения

**Задача 41.** При обогащении по трению разделение частиц производится следующим образом. Барабанный питатель (рис. 4.1) сообщает частице в точке $A$ сортировочного стола $AB$ начальную скорость $V_0$, направленную вдоль поверхности стола, наклоненного под углом $\alpha$ к горизонту. Нижний край стола в точке $B$ поднят на высоту $h$ над уровнем пола. Частица скользит по столу, испытывая силу трения скольжения с коэффициентом трения $f$. Дойдя до края стола в точке $B$, частица отрывается от него и совершает свободное падение с высоты $h$. На каком расстоянии $CK = \ell$ на полу нужно установить стенку приёмного устройства, чтобы частицы с коэффициентом трения меньше заданного $f < f_1$ перелетали за точку $C$ и попадали в приёмник, а с большим коэффициентом $f > f_1$ – не долетали до него.

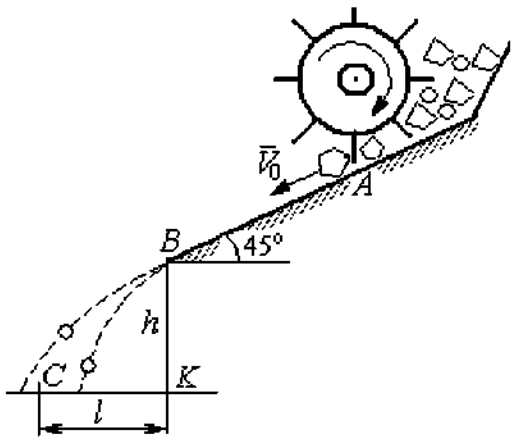


Рис. 4.1. Разделение частиц по трению

Начальная скорость частицы $V_0 = 1$ м/с, длина сортировочного стола $AB = S = 1{,}2$ м, угол наклона $\alpha = 45°$, высота точки отрыва $BK = h = 1{,}5$ м, заданный коэффициент трения для разделения частиц $f_1 = 0{,}4$.

*Решение*

Из условия задачи следует, что частица с коэффициентом трения, равным заданному, $f = f_1$ в конце своего движения (скольжение по столу + свободное падение) должна попасть ровно в точку $C$ (см. рис. 4.1).

Рассмотрим первый участок движения такой частицы – прямолинейное движение по шероховатой поверхности наклонного стола. На частицу действуют сила тяжести $\vec{P}$, реакция опоры $\vec{N}$ и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$. Выберем систему

координат $xAy$, направив ось $x$ вдоль линии движения, а ось $y$ – перпендикулярно ей (рис. 4.2). Движение частицы описывается уравнениями:

$$m\ddot{x} = \sum F_{kx} = P\cos 45^\circ - F_{\text{тр}};\ m\ddot{y} = \sum F_{ky} = -P\cos 45^\circ + N.$$

Поскольку вдоль оси $y$ частица не перемещается, то $\ddot{y} = 0$. Тогда второе уравнение движения представляется в виде: $-P\cos 45^\circ + N = 0$, откуда реакция опоры частицы $N = mg\cos 45^\circ$. Сила трения, которую испытывает частица, двигаясь по сортировочному столу: $F_{\text{тр}} = fN = fmg\cos 45^\circ$, где $f$ – коэффициент трения.

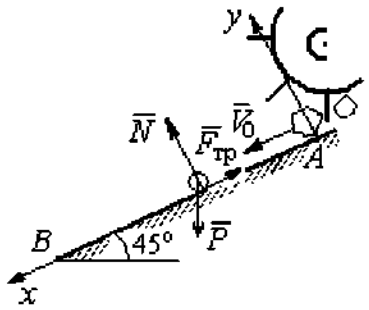


Рис. 4.2. Движение частицы по наклонной плоскости

Подставляя в уравнение движения частицы, выражение силы трения и полагая ускорение $\ddot{x} = \dfrac{dV_x}{dt}$, получим дифференциальное уравнение

$$\frac{dV_x}{dt} = g(1-f)\cos 45^\circ \text{ или при } f = f_1 = 0{,}4:\ \frac{dV_x}{dt} = 4{,}18.$$

После интегрирования найдём скорость и закон движения частицы как функции времени: $V_x = 4{,}18t + C_1;\ x = 2{,}09t^2 + C_1 t + C_2$.

Константы интегрирования $C_1$, $C_2$ находятся из начальных условий движения. Подставляя начальные условия $x(0) = 0$, $\dot{x}(0) = V_x(0) = V_0$ в уравнение движения частицы, найдём $C_2 = 0$, $C_1 = V_0$.

Окончательно движение частицы на прямолинейном участке $AB$ сортировочного стола описывается системой уравнений: $V_x = 4{,}18t + 1$; $x = 2{,}09t^2 + t$.

Допустим частица достигает края стола $B$ в момент времени $t = t_B$. Её координата равна длине сортировочного стола: $x(t_B) = S$, а скорость равна скорости отрыва её от стола: $V_x(t_B) = V_B$. Подставим эти условия в уравнения

движения, получим систему: $V_B = 4{,}18t_B + 1$, $S = 2{,}09t_B^2 + t_B$, откуда скорость частицы в точке отрыва её от стола $V_B = \sqrt{1 + 8{,}36S}$. При длине стола $S$ = 1,2 м скорость отрыва $V_B$ = 3,32 м/с.

Рассмотрим участок $BC$ свободного падения частицы, брошенной с высоты $h$ с начальной скоростью $V_B$, направленной под углом 45° к горизонту (рис. 4.3). В полёте на частицу действует только сила тяжести $\vec{P}$. Выберем прямоугольную систему координат $xKy$ с началом координат в точке $K$ (см. рис. 4.3). Дифференциальные уравнения движения точки

$$m\ddot{x} = 0;\ m\ddot{y} = -P = -mg \text{ или } \ddot{x} = 0,\ \ddot{y} = -g.$$

Интегрируя первое уравнение, получим, что движение частицы вдоль оси $x$ описывается уравнениями $\dot{x} = C_3$; $x = C_3 t + C_4$. Константы интегрирования $C_3$ и $C_4$. определяются из начальных условий движения: при $t$ = 0 , $x(0) = 0$, $\dot{x}(0) = V_{Bx}$, где $V_{Bx}$– проекция вектора скорости $\overline{V}_B$ на ось $x$, $V_{Bx}$ = $V_B$cos45° = 2,35 м/с. После подстановки начальных условий в уравнение движения частицы получим: $C_4$ = 0, $C_3$ = 2,35. В результате, движение частицы вдоль оси $x$ при её свободном падении описывается уравнением $x = 2{,}35t$.

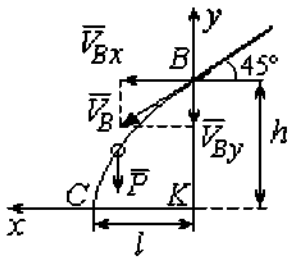


Рис. 4.3. Свободное падение частицы

Проинтегрируем уравнение движения частицы в направлении оси $y$. Получим: $\dot{y} = -gt + C_5$ и $y = -g\frac{t^2}{2} + C_5 t + C_6$. Начальные условия движения частицы вдоль оси $y$: при $t$ = 0 , $y(0) = h$ = 1,5 м, $\dot{y}(0) = V_{By}$ = $-V_B$cos45° = – 2,35 м/с, где $V_{By}$– проекция вектора скорости $\overline{V}_B$ на ось $y$. Подставляя начальные условия в уравнение движения, найдём: $C_6 = h$; $C_5 = V_{By}$ = – 2,35. Таким образом, движение частицы вдоль оси $y$ при её свободном падении описывается уравнением $y = -4{,}91t^2 - 2{,}35t + 1{,}5$.

В момент $t = t_{\text{п}}$ падения частицы на пол её вертикальная координата обращается в нуль: $y = 0$, а горизонтальная – равна дальности полёта: $x = \ell$. Подставляя эти условия в уравнения движения частицы, получим систему:

$$\ell = 2{,}35t_{\text{п}},\ 0 = -4{,}91t_{\text{п}}^2 - 2{,}35t_{\text{п}} + 1{,}5.$$

Исключая в системе время $t_{\text{п}}$, выразим уравнение для определения дальности горизонтального полёта: $\ell^2 + 1{,}12\ell - 1{,}68 = 0$. Отсюда находим: $\ell = 0{,}85$ м.

Таким образом, частицы с коэффициентом трения $f = 0{,}4$ в конце своего движения падают на горизонтальную поверхность на расстоянии 0,85 м от края стола. Очевидно, именно здесь необходимо установить разделительную стенку приёмного устройства. Частицы с меньшим коэффициентом трения ($f < 0{,}4$) будут улетать за стенку, а при большем ($f > 0{,}4$) – недолетать. К примеру, длина горизонтального полёта частицы с коэффициентом трения $f = 0{,}3$ составляет 0,89 м, а при $f = 0{,}5$ равна 0,61 м.

**Задача 42.** Материальная точка массой $m = 1$ кг движется прямолинейно по горизонтальной поверхности под действием силы $F = 10 - kt$ Н, где $k$ – коэффициент пропорциональности; $k = \text{const}$; $t$ – время в секундах. Определить величину коэффициента $k$, при котором скорость точки за первую секунду от начала движения увеличится от начального значения $V_0 = 2$ м/с до величины $V_1 = 10$ м/с, а также путь, пройденный точкой до остановки.

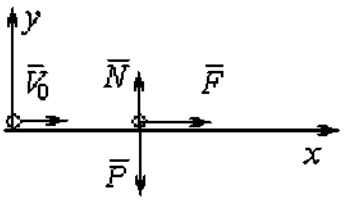


Рис. 4.4. Прямолинейное движение точки

*Решение*

Для описания движения точки выберем прямоугольную систему координат $x$, $y$ с началом в том месте, откуда точка начала движение (рис. 4.4).

На точку действуют сила тяжести $\vec{P}$, реакция опоры $\vec{N}$ и заданная сила $\vec{F}$. Направление силы $\vec{F}$ на рис. 4.4 соответствует начальному этапу движения,

когда проекция силы на ось $x$ положительная. Движение точки описывается уравнением $m\ddot{x} = F_x = 10 - kt$.

Положим $\ddot{x} = \frac{dV}{dt}$. Здесь в силу того, что движение происходит только вдоль одной координаты, индекс $x$ у скорости опущен. Учитывая массу точки, получим уравнение $\frac{dV}{dt} = 10 - kt$. Разделив переменные и проинтегрировав полученное уравнение, найдём закон изменения скорости точки $V = 10t - k\frac{t^2}{2} + C_1$. Выражая скорость через производную от координаты $V = \frac{dx}{dt}$, получим дифференциальное уравнение $\frac{dx}{dt} = 10t - k\frac{t^2}{2} + C_1$, интегрируя которое, найдём уравнение движения точки $x = 5t^2 - k\frac{t^3}{6} + C_1 t + C_2$.

Подставляя начальные условия (при $t = 0$, $V = V_0 = 2$ м/с, $x = 0$) в уравнения, получим: $C_1 = 2$, $C_2 = 0$. Окончательно движение точки описывается системой уравнений: $V = 10t - k\frac{t^2}{2} + 2$; $x = 5t^2 - k\frac{t^3}{6} + 2t$.

Известно, что через 1 с от начала движения точка приобрела скорость $V_1$ = 10 м/с. Подставляя это условие в первое уравнение, найдём $k = 4$.

В момент $t_1$ точка остановилась и её скорость обращается в нуль: $V(t_1) = 0$, а координата равна пройденному пути: $x(t_1) = S$. Подставляя эти условия в уравнения движения с учетом вычисленного значения коэффициента $k$, получим систему: $0 = 10t_1 - 2t_1^2 + 2$; $S = 5t_1^2 - \frac{2}{3}t_1^3 + 2t_1$, откуда находим путь, пройденный точкой до остановки: $S$ = 51,86 м.

**Задача 43.** Материальная точка массой $m$ = 1 кг, находясь на высоте $h_1$ = 2 м над уровнем Земли, подброшена вертикально вверх (ось $x$) с начальной скоростью $V_0$ = 4 м/с (рис. 4.5, *а*). При движении на точку действует сила

сопротивления, пропорциональная квадрату скорости, так, что проекция её на вертикаль направлена в сторону, противоположную движению, $R_x = -0{,}5mV^2$ Н, где $V$ – скорость точки. Определить, на какой высоте $h_2$ от уровня Земли скорость падающей обратно точки достигнет значения начальной стартовой скорости.

*Решение*

Решение задачи осуществляется в два этапа. На первом этапе рассматривается движение точки вверх с высоты $h_1$ с начальной скоростью $V_0$ и определение максимальной высоты полёта $H$, на втором этапе – падение точки вниз с высоты $H$ без начальной скорости (рис. 4.5, *b*).

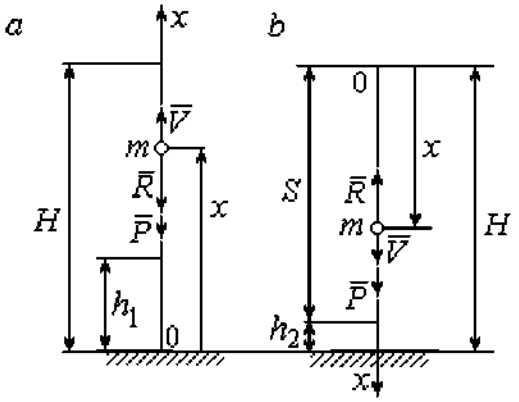



Рис. 4.5. Силы, действующие на точку в полёте:
*a* – движение точки вверх;
*b* – движение точки вниз

Рассмотрим первый этап движения и найдём максимальную высоту подъёма точки. На рис. 4.5, *a* показаны силы, действующие на точку в полёте: сила тяжести $\vec{P}$ и сила сопротивления $\vec{R}$. Ось $x$, вдоль которой происходит движение точки, выбрана по направлению движения, начало координат – на уровне Земли (см. рис. 4.5, *a*).

Дифференциальное уравнение движения точки в проекции на ось $x$: $m\ddot{x} = \sum F_x = P_x + R_x$, где проекции сил тяжести и сопротивления на ось $x$: $P_x = -P = -mg$; $R_x = -0{,}5mV^2$. Полагая $\ddot{x} = \dfrac{dV}{dt}$, получим уравнение движения точки в виде: $\dfrac{dV}{dt} = -(g + 0{,}5V^2)$.

Учитывая, что $\frac{dV}{dt}=\frac{dV}{dx}\frac{dx}{dt}=V\frac{dV}{dx}=\frac{dV^2}{2dx}$, исходное уравнение движения представляется в виде, удобном для интегрирования: $\frac{dV^2}{g+0{,}5V^2}=-2dx$.

Проинтегрировав это уравнение, находим: $\ln(g+0{,}5V^2)=-x+C$.

В начальном положении, т. е. при $t = 0$, точка находилась на высоте $x = h_1$, а скорость её $V = V_0$. Подставив эти значения в проинтегрированное уравнение, получим: $C=h_1+\ln(g+0{,}5V_0^2)$. Окончательно положение точки в полёте определяется выражением $x=h_1+\ln\left(\frac{g+0{,}5V_0^2}{g+0{,}5V^2}\right)$.

При максимальном подъёме точки, т. е. при $x = H$, её скорость обращается в нуль: $V = 0$. Подставляя $H$, получим: $H=h_1+\ln\left(1+\frac{V_0^2}{2g}\right)$. При начальной скорости $V_0 = 4$ м/с, с учётом высоты точки старта $h_1 = 2$ м, высота подъёма точки относительно уровня Земли $H = 2{,}6$ м.

Рассмотрим второй этап решения задачи – движение точки вниз с максимальной высоты $H$ без начальной скорости. Выберем ось $x$ по направлению движения и поместим начало координат в точке, откуда началось движение вниз (рис. 4.5, *b*). Дифференциальное уравнение движения падающей точки: $m\frac{dV}{dt}=P_x+R_x=mg-0{,}5mV^2$, которое, как и в предыдущем случае, приводится к виду: $\frac{dV^2}{g-0{,}5V^2}=2dx$.

Проинтегрировав это уравнение, находим: $\ln(g-0{,}5V^2)=-x+C_1$.

В начальном положении, т. е. при $t = 0$, координата точки и скорость равны нулю: $x = 0$, $V = 0$. Подставив эти значения, находим: $C_1=\ln g$.

Окончательно положение падающей точки определяется выражением $x = \ln\left(\frac{g}{g - 0{,}5V^2}\right)$.

Расстояние $S$, которое пролетела точка с высоты $H$, приобретя скорость, $V_0$: $S = \ln\left(\frac{g}{g - 0{,}5V_0^2}\right)$. Высота $h_2$ этого положения от уровня Земли: $h_2 = H - S$ (см. рис. 4.5, *b*). С учётом величины начальной скорости $V_0 = 4$ м/с, максимальной высоты подъёма точки $H = 2{,}6$ м высота $h_2 = 0{,}91$ м.

**Задача 44**. Точка 1 движется горизонтально с постоянной скоростью $V_1$ на высоте $h$. Точка 2 массой $m_2$ находится в начале координат (рис. 4.6).

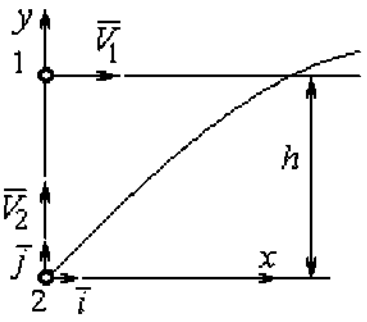


Рис. 4.6. Схема встречного движения точек

В момент, когда обе точки находились на одной вертикали $y$, точка 2 стартовала вертикально вверх со скоростью $V_2$. В полёте на точку 2 действует отклоняющая сила $\vec{F}_2$, которая представлена в виде разложения по единичным векторам $\vec{i}$, $\vec{j}$ системы координат $xy$: $\vec{F}_2 = p\vec{i} + q\vec{j}$, где $p$, $q$ – const. С какой скоростью $V_2$ должна стартовать точка 2, чтобы обе точки встретились.

*Решение*

Рассмотрим движение точки 2. На точку действует сила тяжести $\vec{P}_2$ и сила $\vec{F}_2$, проекции которой на оси $x$, $y$: $F_{2x} = p$, $F_{2y} = q$ (рис. 4.7).

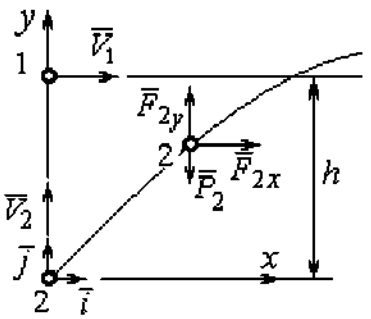


Рис. 4.7. Расчётная схема встречи точек

Уравнения движения точки в проекциях на оси $xy$ имеют вид:

$$m_2\ddot{x} = p,\ m_2\ddot{y} = q - m_2 g.$$

Дважды интегрируя первое уравнение, получим: $\dot{x} = \frac{p}{m_2}t + C_1$; $x = \frac{p}{2m_2}t^2 + C_1 t + C_2$.

Константы интегрирования найдём из условия, что в начальный момент вторая точка стартовала из начала координат вертикально, то есть при $t = 0$ $x = 0$ и $\dot{x} = V_{2x} = 0$ . Подставляя начальные условия в уравнения движения, получим: $C_1 = 0$, $C_2 = 0$. Таким образом, движение точки 2 вдоль оси $x$ описывается уравнением $x = \frac{p}{2m_2}t^2$.

Аналогично, дважды интегрируя второе уравнение движения, получим зависимость скорости движения точки 2 от времени и закон её движения вдоль оси $y$: $\dot{y} = \left(\frac{q}{m_2} - g\right)t + C_3$; $y = \left(\frac{q}{m_2} - g\right)\frac{t^2}{2} + C_3 t + C_4$. Из начальных условий: при $t = 0$ $y = 0$, $\dot{y} = V_{2y} = V_2$ следует: $C_3 = V_2$, $C_4 = 0$.

В результате закон движения точки 2 вдоль оси $y$: $y = \left(\frac{q}{m_2} - g\right)\frac{t^2}{2} + V_2 t$.

Обозначим $t_1$ – время движения точек до встречи. В момент встречи высота точки 2 $y(t_1) = h$, а расстояние по горизонтали, которое прошла точка 2 до встречи, должно быть равно расстоянию, пройденному точкой 1 за это же время. Подставляя условия встречи в уравнения движения, получим систему:

$$V_1 t_1 = \frac{p}{2m_2}t_1^2; \quad h = \left(\frac{q}{m_2} - g\right)\frac{t_1^2}{2} + V_2 t_1,$$

откуда найдём: $V_2 = \frac{h}{t_1} - \left(\frac{q}{m_2} - g\right)\frac{t_1}{2}$, где $t_1 = \frac{2V_1 m_2}{p}$.

## Упражнения

Упражнение 4.1. Тело массы $m$ = 2 кг поднимается по прямой по шероховатой поверхности, составляющей угол 30° с горизонтом. Коэффициент трения $f$ = 0,4. На тело действует сила $F = kt + 0{,}5P$, направленная в сторону движения, параллельно плоскости. Определить величину коэффициента $k$ и начальную скорость тела, направленную вверх по наклонной плоскости, если за первую секунду тело прошло путь $S$ = 2 м, а скорость увеличилась вдвое относительно начальной.

Упражнение 4.2. Материальную точку массы $m$ = 1 кг, находящуюся на высоте $H$ = 10 м над уровнем Земли, бросили под углом φ = 30° к горизонту с начальной

скоростью $V_0$. Свободное движение точки происходит в вертикальной плоскости. Определить начальную скорость $V_0$ и горизонтальную дальность полета $l$ при падении точки на Землю, если высоту $h$ =7 м она пересекла через 1 с от начала движения.

## 4.2. Колебания материальной точки

Если материальная точка массой $m$ движется вдоль оси Ox под действием линейной восстанавливающей силы, равной $F = cx$, где $c$ – постоянный коэффициент, $x$ – отклонение точки от положения равновесия, куда поместили начало координат, то дифференциальное уравнение свободных прямолинейных колебаний имеет вид:

$$m\ddot{x} + cx = 0, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = 0, \ \omega^2 = \frac{c}{m},$$

где $\omega$ – угловая частота колебаний.

Решение дифференциального уравнения свободных колебаний представляется в виде $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$. Постоянные интегрирования $C_1$ и $C_2$ находятся из начальных условий.

Если кроме восстанавливающей силы на материальную точку действует переменная возмущающая сила, колебания точки называются **вынужденными.** В случае гармонического возмущения $Q = H\sin pt$, где $H$, $p$ – амплитуда и угловая частота возмущающей силы, дифференциальное уравнение вынужденных колебаний материальной точки относительно положения равновесия

$$m\ddot{x} + cx = H\sin pt, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt, \ \omega^2 = \frac{c}{m}, \ h = \frac{H}{m}$$

где $\omega$ – угловая частота собственных колебаний; $h$ – относительная амплитуда возмущающей силы.

Общее решение неоднородного дифференциального уравнения вынужденных колебаний при отсутствии резонанса (частота собственных колебаний точки не совпадает с частотой возмущающей силы $p \neq \omega$) имеет вид:

$x = C_1 \cos\omega t + C_2 \sin\omega t + \dfrac{h}{\omega^2 - p^2} \sin pt$, а в случае возникновения резонанса ($p = \omega$) определяется формулой: $x = C_1 \cos\omega t + C_2 \sin\omega t - \dfrac{ht}{2p} \cos pt$. Значения произвольных постоянных $C_1$ и $C_2$ находятся с учётом начальных условий движения.

Колебания груза на двух параллельных пружинах с жесткостью $c_1$ и $c_2$ можно рассматривать как колебания груза на одной пружине с эквивалентной жесткостью $c_{экв} = c_1 + c_2$, где $c_{экв}$ – жесткость эквивалентной пружины. При последовательном соединении пружин коэффициент жесткости эквивалентной пружины $c_{экв} = \dfrac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}$.

## Примеры решения задач на колебания точки

**Задача 45.** Подъёмное устройство (рис. 4.8) опускает груз $Q$ массой $m = 400$ кг в шахту при помощи упругого троса с коэффициентом жесткости $c = 8 \cdot 10^4$ Н/м с постоянной скоростью $V = 10$ м/с. В некоторый момент во время спуска трос защемило в блоке. Пренебрегая массой троса, определить дальнейшее движение груза и найти максимальную силу натяжения троса.

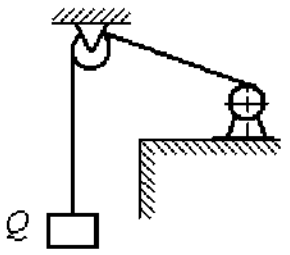


Рис. 4.8. Подъёмное устройство

*Решение*

После того как произошло защемление троса в обойме блока, вертикальную часть троса длиной $\ell_0$ можно рассматривать как пружину с закреплённым верхним концом, а груз – материальной точкой.

Расчетная схема колебаний груза $Q$ на пружине показана на рис. 4.9.

Ось $Ox$, вдоль которой происходят колебания груза, направлена вертикально вниз. Начало отсчёта координаты $x$ (точка $O$) выбрано в положении нерастянутой пружины.

На рис. 4.9, *а* положение нерастянутой пружины соответствует положению груза на тросе в момент его защемления. В произвольном положении груза (рис. 4.9, *b*), обозначенном координатой $x$, к нему приложены две силы: сила тяжести $\vec{Q}$ и сила упругости пружины $\vec{F}_{\text{упр}}$. Проекция силы упругости пружины на ось $Ox$: $F_{\text{упр}x} = -c\Delta\ell = -cx$, где $\Delta\ell$ – удлинение пружины. Дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось $Ox$ имеет вид: $m\ddot{x} = Q - cx$. В результате получаем

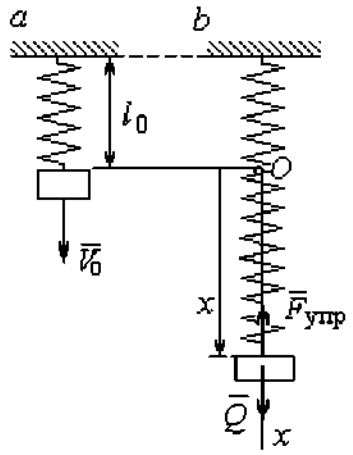



Рис. 4.9. Расчётная схема колебаний груза:
*а* – положение груза на начало колебаний; *b* – положение груза в произвольный момент времени

неоднородное дифференциальное уравнение колебаний:

$$m\ddot{x} + cx = mg \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = g,$$

где $\omega$ – угловая частота собственных колебаний, $\omega = \sqrt{\dfrac{c}{m}} = 14{,}14$ рад/с.

Решение неоднородного дифференциального уравнения представляется в виде $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \dfrac{g}{\omega^2}$, где первые два слагаемых представляют общее решения однородного уравнения, последнее – частное решение неоднородного

Для определения произвольных постоянных $C_1$ и $C_2$ используем начальные условия движения: при $t = 0$ груз находился в положении $x = 0$, а его скорость равнялась скорости груза $\dot{x} = V_0 = 10$ м/с. Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения колебаний, получим: $C_1 = -\dfrac{g}{\omega^2} = -0{,}69$ м. Для определения второй константы вычислим скорость

груза: $\dot{x} = -C_1\omega\sin\omega t + C_2\omega\cos\omega t$. Подставив начальное значение скорости груза при $t$ = 0, получим: $C_2 = \frac{V_0}{\omega} =$ 0,71 м. Окончательно, движение груза после защемления троса в обойме блока описывается уравнением

$$x = -0{,}69\cos 14{,}14t + 0{,}71\sin 14{,}14t + 0{,}69.$$

Представим уравнение колебаний в виде $x = A\sin(\omega t + \alpha) + \frac{g}{\omega^2}$, где $A$ – амплитуда собственных колебаний груза $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$, $\alpha$ – фаза колебаний; $\operatorname{tg}\alpha = \frac{C_1}{C_2}$. Максимальное растяжение троса равно максимальному значению координаты груза: $x_{\max} = \max[A\sin(\omega t + \alpha) + \frac{g}{\omega^2}] = A + \frac{g}{\omega^2} =$ 1,68 м. Соответственно, максимальное усилие в тросе равно значению силы упругости при максимальном растяжении: $F_{\text{упр max}} = cx_{\max} = 134{,}4$ кН.

**Задача 46.** Рабочий орган вибрационной машины представляет собой массивное тело, расположенное на гладкой наклонной плоскости между двумя пружинами (см. рис. 4.10). Угол наклона плоскости к горизонту 60°. Масса груза $m = 9$ кг. Пружины, зажимающие груз, имеют коэффициенты жесткости $c_1 = 300$ Н/м и $c_2 = 600$ Н/м.

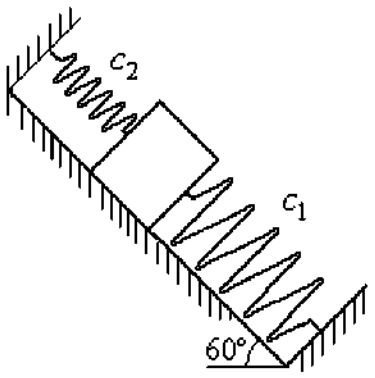


Рис. 4.10. Колебания груза на наклонной плоскости

В начальный момент груз, когда пружины не деформированы, груз оттягивают вниз по наклонной плоскости на расстояние $\Delta\ell$ = 0,12 м и отпускают без начальной скорости.

Найти период колебаний, амплитуду и уравнение движения груза.

*Решение*

Колебания груза, зажатого между двумя пружинами, представим как колебания груза, прикреплённого к одной пружине эквивалентной жёсткости: $c_э = c_1 + c_2$ = 900 Н/м (рис. 4.11). Ось, вдоль которой происходят колебания, направим вниз по наклонной плоскости. Начало отсчёта координаты груза $x$ выберем в положении его статического равновесия (точка $O$) (см. рис. 4.11).

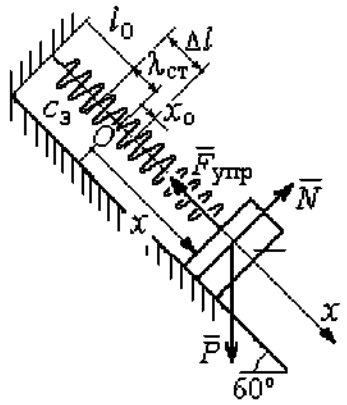


Рис. 4.11. Схема колебаний груза на эквивалентной пружине

Дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось $Ox$: $m\ddot{x} = P_x - F_{упр\,x}$. Проекция силы упругости пружины на ось $Ox$: $F_{упр\,x} = -c_э \Delta\ell$, где $\Delta\ell = (x + \lambda_{ст})$ – удлинение пружины, включающее её растяжение $\lambda_{ст}$ относительно положения нерастянутой пружины и растяжение $x$ относительно начала координат.

Удлинение пружины $\lambda_{ст}$ определяется из условия равновесия груза на наклонной плоскости в положении статического равновесия:

$$P\cos 30^\circ - F_{упр} = 0{,}87mg - c_э\lambda_{ст} = 0.$$

Находим $\lambda_{ст} = \dfrac{0{,}87mg}{c_э} = 0{,}085$ м.

Подставляя выражение силы упругости, с учётом условия статического равновесия груза ($0{,}87mg = c_э\lambda_{ст}$), получим дифференциальное уравнение колебаний: $m\ddot{x} = -c_э x$ или $\ddot{x} + \omega^2 x = 0$, где $\omega$ – угловая частота собственных колебаний груза, $\omega = \sqrt{\dfrac{c_э}{m}} = 10$ рад/с.

Общее решение уравнения колебаний $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$.

Для определения произвольных постоянных $C_1$ и $C_2$ вычислим начальные условия движения груза.

Координата начального положения груза на оси $Ox$ (см. рис. 4.11) $x_0 = \Delta\ell - \lambda_{ст} = 0{,}035$ м. Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения колебаний при $t = 0$, получим: $C_1 = x_0 = 0{,}035$ м. Для определения второй константы вычислим скорость груза: $\dot{x} = -C_1\omega_2 \sin\omega_2 t + C_2\omega_2 \cos\omega_2 t$. Подставив начальное значение скорости груза: при $t = 0$ $\dot{x} = V_0 = 0$, получим $C_2 = 0$. Окончательно уравнение движения груза относительно его положения статического равновесия $x(t) = 0{,}035\cos 10t$ м. Амплитуда колебаний $A = 0{,}035$ м. Период колебаний $T = \dfrac{2\pi}{\omega} = 0{,}63$ с.

**Задача 47.** Пружинный амортизатор состоит из двух одинаковых вертикально стоящих пружин, к верхним концам которых прикреплена невесомая горизонтальная площадка (рис. 4.12). Жёсткость каждой пружины $c$ = 350 Н/м. Груз массой $m$ = 5 кг падает с высоты $h$ = 0,3 м.

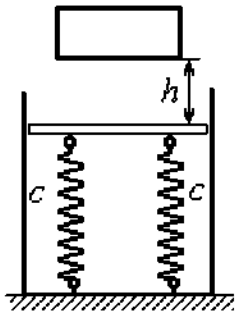


Рис. 4.12. Пружинный амортизатор

Коснувшись площадки, груз начинает двигаться вместе с ней. Определить максимальную осадку амортизатора и уравнение движения груза.

*Решение*

Заменим две пружины амортизатора одной с жесткостью, эквивалентной двум пружинам: $c_э = 2c$ = 700 Н/м. Расчётная схема колебаний груза показана на рис. 4.13. Начало координат оси $x$ (точка $O$), вдоль которой происходят колебания, выбрано на уровне статического равновесия груза.

При движении (на рис. 4.13, *с* предполагается движение груза вниз) на груз действуют сила упругости $\vec{F}_{упр}$ и сила тяжести $\vec{P}$. Уравнение движения груза в проекции на ось $x$: $m\ddot{x} = P - F_{упр} = P - c_э\Delta\ell$, где $\Delta\ell$ – удлинение (или сжатие) пружины относительно недеформированного состояния.

В произвольном положении груза, обозначенном координатой $x$ (см. рис. 4.13, *c*), сжатие пружины относительно её недеформированного состояния (см. рис. 4.13, *a*) составляет величину: $\Delta\ell = x + \lambda_{ст}$. Величина $\lambda_{ст}$ находится из условия статического равновесия груза, которое выражается равенством (рис. 4.13, *b*): $P - F_{упр\,ст} = P - c_э\lambda_{ст} = 0$.

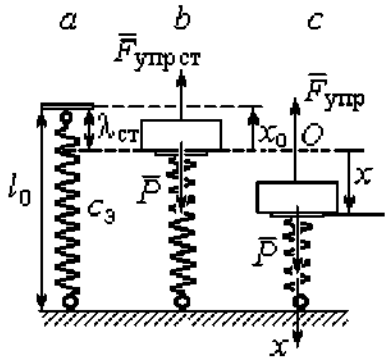



Рис. 4.13. Расчётная схема колебаний на эквивалентной пружине:
*a* – недеформированная пружина;
*b* – положение статического равновесия груза; *c* – произвольное положение

Подставляя это условие в уравнение движения груза, получим дифференциальное уравнение колебаний: $m\ddot{x} + c_э x = 0$ или $m\ddot{x} + \omega^2 x = 0$, где $\omega = \sqrt{\dfrac{c_э}{m}} = 11{,}83$ рад/с – угловая частота колебаний.

Общее решение однородного уравнения колебаний представляется в виде $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$, где $C_1$ и $C_2$ – произвольные постоянные, вычисляемые по начальным условиям движения груза.

По условию задачи груз падает на площадку, установленную на недеформированных пружинах. Это означает, что начальная координата груза при его движении на пружинах соответствует положению недеформированной пружины: $x_0 = -\lambda_{ст} = -\dfrac{mg}{c_э} = -0{,}07$ м.

Начальная скорость колебаний груза равна скорости груза при падении его с высоты 1 м. Интегрируя уравнение движения груза во время падения $m\ddot{s} = mg$, где $s$ – путь, пройденный телом, получим зависимость скорости от пройденного пути: $V^2 = 2gs$. Полагая $s$ = 0,3, найдём скорость груза при его встрече с площадкой: $V$ = 2,43 м/с. Проекция начальной скорости колебаний груза на ось $x$ положительна: $V_{0x} = V = 2{,}43$ м/с.

Подставив начальные условия в общее решение уравнения колебаний, получим: $C_1 = x_0 = -\ 0{,}07$ м; $C_2 = \frac{V_{0x}}{\omega} =\ 0{,}2$ м. Окончательно уравнение колебаний груза на амортизаторе $x = -0{,}07\cos 11{,}83t + 0{,}2\sin 11{,}83t$. Амплитуда колебаний $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2} = 0{,}21$ м. Проседание амортизатора $H$ отсчитывается от положения нерастянутых пружин: $H = A + \lambda_{ст} = 0{,}28$ м.

**Задача 48.** Для регистрации (записи) вертикальных колебаний тяжёлых платформ используется пружинный виброграф (рис. 4.14). Схема действия прибора состоит в следующем. Массивная платформа $A$ совершает вертикальные гармонические колебания по закону $\xi = \xi(t)$. На платформе установлена вертикальная стойка с горизонтальной перекладиной, к которой прикреплена пружина жесткостью $c$. К нижнему концу пружины подвешен груз $P$ массой $m$ с индикаторной стрелкой $B$ (см. рис. 4.14). Вертикальная шкала индикаторной стрелки закреплена на платформе $A$. В начальный момент груз на пружине находился в покое в положении статического равновесия. Определить закон колебаний стрелки $B$ вдоль шкалы, если масса груза $m$ = 1 кг, жесткость пружины $c$ = 10 Н/м, платформа совершает вертикальные колебания по закону $\xi = a\sin pt$ см, где амплитуда $a$ = 0,02 м, частота колебаний платформы $p$ = 7 рад/с.

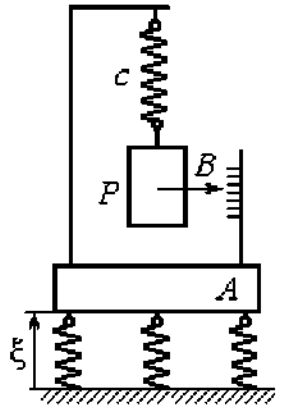


Рис.4.14. Регистратор вертикальных колебаний

*Решение*

Выберем неподвижную ось $x$, связанную, например, с неподвижной поверхностью, на которой стоит платформа. Начало координат – точку $O$ выберем на уровне статического равновесия груза на пружине при неподвижной платформе. Произвольное положение груза отмечено координатой $x$ (рис. 4.15).

Растяжение пружины при неподвижной платформе составляет величину $x+\lambda_{ст}$, где $\lambda_{ст}$ – удлинение пружины в положении статического равновесия груза, определяемое из условия $P-c\lambda_{ст}=0$. Вместе с тем колебание платформы вызывает аналогичное смещение точки подвеса пружины. В результате растяжение пружины при произвольном положении груза равно сумме: $\Delta\ell=(x+\lambda_{ст}+\xi)$.

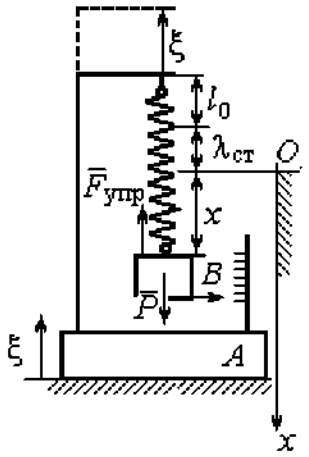


Рис. 4.15. Расчётная схема колебаний груза

На груз действуют сила тяжести $\bar{P}$ и сила упругости пружины $\bar{F}_{упр}$. Дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось $Ox$: $m\ddot{x}=P_x+F_{упр\,x}$, где проекции $P_x=P$, $F_{упр\,x}=-c\Delta\ell=-c(x+\lambda_{ст}+\xi)$. Расчётная схема колебаний груза показана на рис. 4.15.

С учётом условия статического равновесия груза $P-c\lambda_{ст}=0$ получим дифференциальное уравнение вынужденных колебаний груза в виде:

$$\ddot{x}+\omega^2x=-h\sin pt,$$

где $\omega$ – угловая частота собственных колебаний груза, $\omega=\sqrt{\dfrac{c}{m}}=3{,}16$ рад/с; $h$ – относительная амплитуда вынужденных колебаний, $h=\dfrac{ca}{m}=0{,}2$ м/с$^2$; $p$ – угловая частота вынужденных колебаний, $p=7$ рад/с.

Решение уравнения вынужденных колебаний представляется суммой $x=x_1+x_2$, где $x_1$ является общим решением однородного уравнения $\ddot{x}_1+\omega^2x_1=0$, а $x_2$ – частное решение уравнения вынужденных колебаний: $\ddot{x}_2+\omega^2x_2=-h\sin pt$.

Решив однородное уравнение, находим: $x_1=C_1\cos\omega t+C_2\sin\omega t$.

При отсутствии резонанса (а в данном случае частота вынужденных колебаний груза не совпадает с частотой собственных $\omega \neq p$) частное решение уравнения вынужденных колебаний ищем в виде $x_2 = b\sin pt$. Подставляя частное решение в уравнение вынужденных колебаний, получим уравнение $-bp^2\sin pt + \omega^2 b\sin pt = -h\sin pt$, откуда находим коэффициент: $b = \dfrac{h}{p^2 - \omega^2}$.

В результате общее решение уравнения колебаний принимает вид:

$$x = x_1 + x_2 = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \frac{h}{p^2 - \omega^2}\sin pt,$$

где константы $C_1$ и $C_2$ подлежат определению.

В начальный момент груз находился на пружине в положении статического равновесия, и потому его начальная координата и скорость равны нулю Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения вынужденных колебаний при $t$ = 0, получим $C_1$= 0. Для определения второй константы вычислим скорость груза в произвольный момент времени: $\dot{x} = -C_1\omega\sin\omega t + C_2\omega\cos\omega t + \dfrac{hp}{p^2 - \omega^2}\cos pt$. Подставив начальное значение скорости груза, найдём $C_2 = -\dfrac{hp}{\omega(p^2 - \omega^2)} = -0{,}01$ м.

Таким образом, колебания груза относительно неподвижной системы координат описываются уравнением $x = -0{,}01\sin 3{,}16t + 0{,}05\sin 7t$ и представляют абсолютное движение груза. Для того чтобы найти закон движения груза относительно платформы – относительное движение, нужно из его абсолютного движения исключить переносное – колебания платформы. Поскольку стрелка прибора закреплена на грузе, а шкала – на платформе, то закон движения стрелки относительно шкалы:

$$x_r = x - \xi = -0{,}01\sin 3{,}16t + 0{,}05\sin 7t - 0{,}02\sin 7t = -0{,}01\sin 3{,}16t + 0{,}03\sin 7t.$$

**Упражнения**

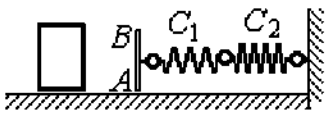



Рис. 4.16. Схема движения груза

Упражнение 4.3. Груз массы $m$ = 0,5 кг, получив начальную скорость $V_0$ = 6 м/с, движется по горизонтальной поверхности, испытывая силу сопротивления, равную по величине $F = kV$ и направленную в сторону, противоположную движению. Через 1 с груз соединяется с невесомой вертикальной площадкой $AB$ и продолжает движение вместе с ней, уже без сопротивления. К площадке прикреплены две горизонтальные последовательно соединённые пружины жёсткостью $C_1$ = 120 и $C_2$ = 40 Н/м (рис. 4.16).

Найти величину максимального сжатия пружины, если $k$ = 0,5 Н/м/с. Определить закон движения груза.

Упражнение 4.4. Груз массы $m$ =1 кг прикреплен к конструкции, состоящей из трёх вертикальных пружин одинаковой жёсткости $C$ = 160 Н/м (рис. 4.17), и находится в равновесии. В некоторый момент времени грузу сообщают скорость $V$ = 4 м/с, направленную вверх.

Найти амплитуду и частоту колебаний груза.

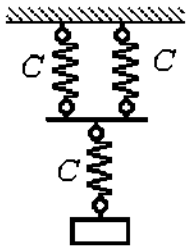



Рис. 4.17. Схема крепления груза на пружинах

## 4.3. Теорема об изменении кинетической энергии точки

**Работой постоянной по величине и направлению силы** $\vec{F}$ на прямолинейном перемещении точки приложения силы $M$ (рис. 4.18) называется скалярная величина $A(\vec{F}) = FS\cos\alpha$, где $F$ – модуль силы; $S$ – конечное перемещение точки приложения силы; $\alpha$ – угол между направлением вектора силы и направлением перемещения точки приложения силы.

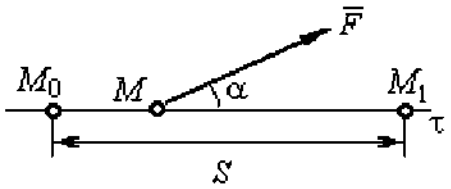



Рис. 4.18. Работа постоянной силы на прямолинейном участке

**Работа силы тяжести** материальной точки при перемещении её из положения $M_0$ в положение $M_1$ равна произведению $A_{(M_0M_1)} = \pm Ph$, где $P$ – величина силы тяжести точки; $h$ – вертикальное перемещение точки (рис. 4.19).

Работа силы тяжести положительна, если начальная точка движения выше конечной (см. рис. 4.19, *a*), и отрицательна, если начальная точка ниже конечной (см. рис. 4.19, *b*).

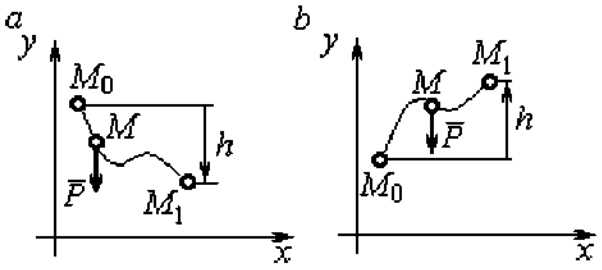



Рис. 4.19. Работа силы тяжести:
*a* – перемещение точки сверху вниз;
*b* – перемещение точки снизу вверх

**Работа силы упругости пружины** при перемещении вдоль линии действия силы из положения недеформированной пружины на расстояние $h$ определяется формулой $A(\bar{F}_{\text{упр}}) = -\frac{ch^2}{2}$, где $c$ – коэффициент жесткости (или жёсткость) пружины.

**Кинетической энергией материальной точки** называется скалярная величина $T = \frac{1}{2}mV^2$, где $m$ – масса точки; $V$ – её скорость.

**Теорема об изменении кинетической энергии точки**. Изменение кинетической энергии материальной точки при переходе её из начального положения в текущее равно алгебраической сумме работ всех действующих на неё сил: $\frac{mV_1^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = \sum A_{(M_0M_1)}$, где $V_0$, $V_1$ – скорость точки в начальном положении $M_0$ и в положении $M_1$; $\sum A_{(M_0M_1)}$ – сумма работ всех сил, действующих на точку, при перемещении её из положения $M_0$ в положение $M_1$. При несвободном движении точки в сумму работ сил войдёт и работа реакций связи.

Для определения реакций связи при несвободном движении точки используются уравнения движения в проекциях на оси естественной системы координат – касательную и нормальную: $m\frac{dV}{dt} = \sum F_\tau$, $m\frac{V^2}{\rho} = \sum F_n$, где $\sum F_\tau$, $\sum F_n$ – суммы проекций сил на касательную и нормальную оси естественной системы координат, $\rho$ – радиус кривизны траектории точки.

## Примеры решения задач с использованием теоремы об изменении кинетической энергии точки

**Задача 49.** Подъёмное устройство в шахте опускает груз массой 500 кг с постоянной скоростью $V_0 = 6$ м/с. После обрыва каната подъёмника срабатывает предохранительное устройство, которое создаёт силу трения между лифтом подъёмного устройства и стенками шахты. Какую силу трения, считая её постоянной, должно создать предохранительное устройство, чтобы остановить лифт на протяжении пути 10 м.

*Решение*

Рассмотрим падение груза после обрыва каната подъёмника. На груз действуют сила тяжести $\vec{P}$ и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$, направленная в сторону, противоположную движению. Считая груз материальной точкой, составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки. Получим выражение $\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = Ps - F_{\text{тр}}s$, где $V_0$, $V$ – скорость груза в начале движения (сразу после обрыва каната) и в конце; $s$ – путь, проходимый грузом за время движения. В конце движения груз должен остановиться, то есть $V = 0$. Тогда уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки принимает вид: $-\frac{mV_0^2}{2} = \left(P - F_{\text{тр}}\right)s$, откуда находим требуемую для остановки груза силу трения: $F_{\text{тр}} = P + \frac{mV_0^2}{2s}$. Подставляя условия задачи, получим: $F_{\text{тр}} = 5{,}81$ кН

**Задача 50.** Тонкий стержень, расположенный в вертикальной плоскости, состоит из двух дуг сопряженных окружностей радиусов $R = 1$ м и $r = 0{,}5$ м (рис. 4.20). Линия $OO_1$, соединяющая центры окружностей, составляет с горизонтом угол 30°. На стержень надет шарик весом $P = 10$ Н. В точке $A$, положение которой на дуге радиуса $R$ определяется углом $\alpha = 60°$, шарику сообщают начальную скорость $V_0$, после чего он скользит по стержню без трения. Определить значение начальной скорости, при которой шарик достигнет

наивысшей точки $B$ со скоростью, равной половине начальной. При найденном значении начальной скорости рассчитать давление шарика на стержень в точке $C$, положение которой на дуге радиуса $r$ определяется углом $\beta = 90°$ относительно линии центров.

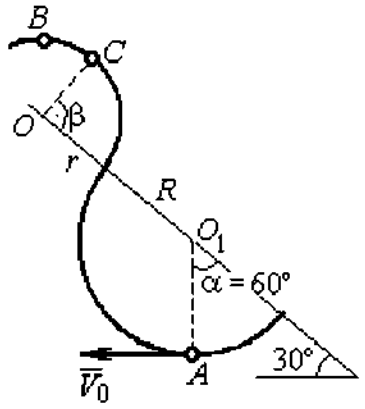


Рис. 4.20. Движение шарика по изогнутому стержню

*Решение*

При движении шарика по стержню без трения на него действуют сила тяжести $\vec{P}$ и реакция опоры $\vec{N}$. При этом работу совершает только сила тяжести шарика. Реакция гладкой поверхности стержня в любой момент времени перпендикулярна поверхности стержня и потому её работа равна нулю.

По теореме об изменении кинетической энергии точки при движении её из начального положения $A$ в положение $B$ имеем равенство:

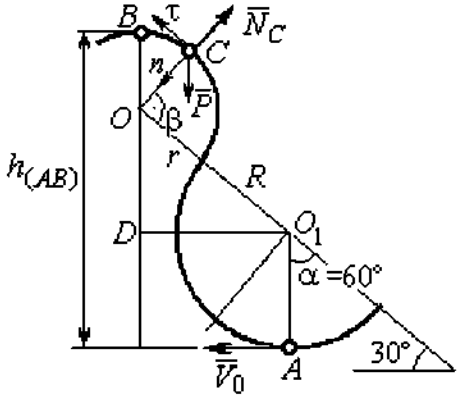


Рис. 4.21. Расчётная схема движения шарика

$$\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} = A(P) = -Ph_{(AB)},$$

где $h_{(AB)}$ – перепад высот точек $B$ и $A$, $h_{(AB)} = R + DO + r = \frac{3}{2}(R+r)$ (см. рис. 4.21); $V_A$, $V_B$ – скорость шарика в точках $A$ и $B$, причём $V_A = V_0$, $V_B = 0{,}5V_0$.

В результате уравнение, составленное на основании теоремы об изменении кинетической энергии, принимает вид: $\frac{3V_0^2}{8} = g\frac{3}{2}(R+r)$, откуда $V_0 = 2\sqrt{(R+r)g} = 7{,}67$ м/с.

На рис. 4.21 показаны силы, приложенные к шарику, в момент, когда он находится в точке $C$. Проведём в точке $C$ оси естественной системы координат –

касательную $C\tau$ и нормаль $Cn$. Уравнение движения шарика в проекции на нормальную ось имеет вид: $m\frac{V_C^2}{r} = P\cos 30^\circ - N_C$, откуда найдём реакцию $N_C$.

Для определения скорости шарика в точке $C$ воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из положения $C$ в положение $B$. Получим равенство $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_C^2}{2} = -Ph_{(CB)}$, где $h_{(CB)}$ – перепад высот при движении шарика из начального положения $C$ в положение $B$. С учётом известных значений $V_B = 0{,}5V_0 =$ 3,84 м/с и $h_{(CB)} = r\cos 30^\circ =$ 0,43 м получим: $V_C = \sqrt{V_B^2 + 2gh_{(CB)}} =$ 4,82 м/с.

Из уравнения движения шарика находим реакцию опоры $N_C = P\cos 30^\circ - m\frac{V_C^2}{r} =$ – 38,7 Н.

Отрицательное значение реакции опоры шарика показывает, что фактическое направление реакции противоположно тому, как показано на рис. 4.21. Искомое давление шарика на трубку равно модулю реакции опоры.

**Задача 51.** Желоб состоит из шероховатой наклонной прямой $AB$ и гладкой дуги окружности радиуса $r$ = 0,8 м, сопряжённых в точке $B$ так, что прямая $AB$ является касательной к окружности в точке $B$ (рис. 4.22). Положение точки $B$ на дуге задаётся углом 30° относительно вертикального диаметра окружности. Тяжёлый шарик массой $m$ = 0,5 кг начинает движение из точки $A$ со скоростью $V_0 = 0{,}2$ м/с.

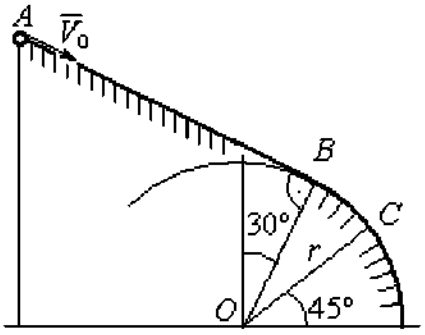


Рис. 4.22. Движение точки по составному желобу

Какой длины $S$ должен быть желоб $AB$, чтобы шарик оторвался от окружности в точке $C$, определяемой углом 45° относительно горизонтального диаметра, если при движении по прямой $AB$ шарик испытывает сопротивление скольжения с коэффициентом трения $f = 0{,}4$.

*Решение*

Рассмотрим движение шарика по дуге окружности. Проведём в точке $C$ оси естественной системы координат – касательную $C\tau$ и нормаль $Cn$ (рис. 4.23). На шарик действуют сила тяжести $\vec{P}$, реакция $\vec{N}_C$ опоры в точке $C$. Уравнение движения шарика в проекции на ось $Cn$ имеет вид: $m\dfrac{V_C^2}{r} = P\cos 45^\circ - N_C$, где $V_C$ – скорость шарика в точке $C$. Реакция опоры

$$N_C = P\cos 45^\circ - m\frac{V_C^2}{r}.$$

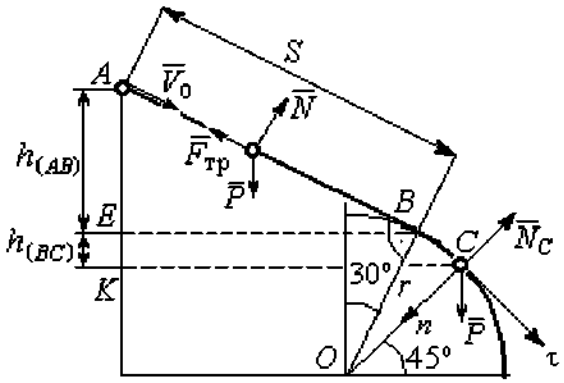


Рис. 4.23. Расчётная схема движения точки

В момент отрыва шарика в точке $C$ реакция опоры обращается в ноль: $N_C = 0$. В результате получаем уравнение $V_C^2 = rg\cos 45^\circ$, из которого находим скорость шарика в момент его отрыва от опоры: $V_C = 2{,}36$ м/с.

Рассмотрим движение шарика из начального положения $A$ в положение $C$. На шарик действуют сила тяжести $\vec{P}$, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и, при движении по наклонной прямой $AB$, сила трения $\vec{F}_{тр}$ (см. рис. 4.23). Работу совершают сила тяжести шарика и сила трения. Реакция опоры $\vec{N}$ и в том и другом случае перпендикулярна траектории движения, и её работа равна нулю.

Составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки $\dfrac{mV_C^2}{2} - \dfrac{mV_A^2}{2} = Ph_{(AC)} - F_{тр}S$, где $S$ – длина участка $AB$; $h_{(AC)}$ – перепад высот на участке $AC$ (см. рис. 4.23); $h_{(AC)} = h_{(AB)} + h_{(BC)} = S\sin 30^\circ + r\left(\cos 30^\circ - \cos 45^\circ\right)$.

Модуль силы трения: $F_{тр} = fN$. Для того чтобы найти реакцию $N$ опоры шарика на наклонную поверхность желоба $AB$, составим проекцию уравнения движения шарика на ось $y$, перпендикулярную $AB$ (на рис. 4.23 не показана).

Получим: $m\ddot{y} = N - P\cos 30^\circ = 0$. Отсюда $N = P\cos 30^\circ$ и сила трения $F_{\text{тр}} = fP\cos 30^\circ$.

Из уравнения теоремы об изменении кинетической энергии точки найдём выражение для определения длины $S$ участка $AB$:

$$\frac{V_C^2 - V_A^2}{2g} = S\sin 30^\circ + r\left(\cos 30^\circ - \cos 45^\circ\right) - fPS\cos 30^\circ,$$

откуда получим $S = 1$ м.

**Задача 52.** Груз подвешен на нити длиной $l$ = 1 м, закреплённой в неподвижной точке $O$ (рис. 4.24). В начальный момент груз находился в положении $A$, при котором линия $OA$ составляет с вертикалью угол $60°$. В этом положении грузу сообщают начальную скорость $\vec{V}_0$, перпендикулярно нити. Достигнув горизонтального положения, нить, натянутая грузом, встречает препятствие в виде тонкой проволоки в точке $O_1$, расположенной на середине длины нити, и дальше навивается на неё.

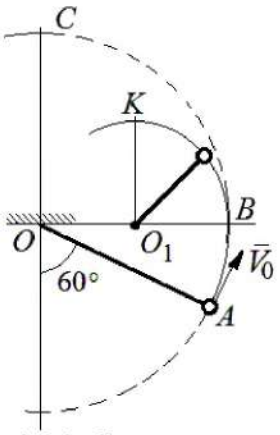


Рис. 4.24. Схема движения груза на нити

Какую минимальную начальную скорость нужно сообщить грузу в точке $A$, чтобы после встречи нити с проволокой в $O_1$ груз проскочил верхнюю точку траектории $K$. На какую максимальную высоту (относительно горизонтального диаметра $OB$) поднимется груз, двигаясь из той же точки $A$ и с той же начальной скоростью, если нить будет двигаться беспрепятственно. Определить скачок натяжения нити в точке $B$ при переходе груза с одной траектории на другую.

*Решение*

Построим оси естественной системы координат $n K \tau$ в точке $K$ траектории – окружности радиуса $0{,}5l$ с центром $O_1$ (рис. 4.25, *a*). Во время движения на груз действуют сила тяжести и реакция нити. Уравнение движения груза в проекции на ось $Kn$ имеет вид: $m\dfrac{V_K^2}{r} = P + N_K$, где $V_K$ – скорость груза в точке $K$; $N_K$ – реакция нити; $r$ – радиус окружности движения груза; $r = 0{,}5l$. Из уравнения движения находим реакцию нити: $N_K = m\dfrac{2V_K^2}{l} - P$.

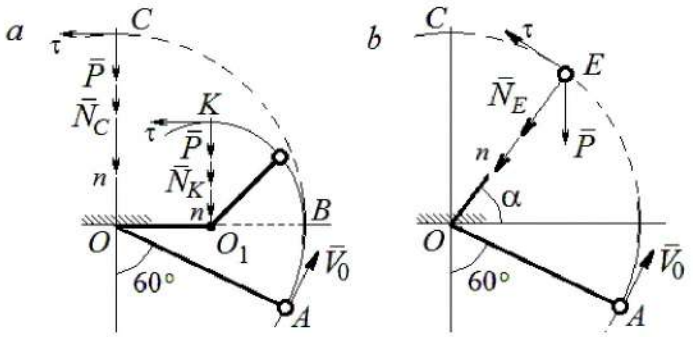


Рис. 4.25. Расчётная схема движения груза:
*a* – нить навивается на препятствие;
*b* – свободное движение

Так как нить представляет собой гибкую связь, то условием достижимости грузом точки $K$ является требование, что при движении нить должна быть натянута, иначе говоря, всюду во время движения должно выполняться неравенство $N_K \geq 0$. С учётом уравнения движения груза это приводит к неравенству, выражающему требование к скорости в конечной точке: $V_K^2 \geq \dfrac{1}{2}gl$

.

Скорость груза в точке $K$ найдём на основании теоремы об изменении кинетической энергии точки при движении груза из положения $A$ в положение $K$. Имеем равенство $\dfrac{mV_K^2}{2} - \dfrac{mV_0^2}{2} = -Ph_{(AK)}$, где $h_{(AK)}$ – перепад высот точек $A$ и $K$; $h_{(AK)} = l$ (см. рис. 4.25, *a*). Решая полученное уравнение, найдём зависимость скорости груза в точке $K$ от начальной: $V_K^2 = V_0^2 - 2gl$. С учётом выполнения неравенства натяжения нити получим: $V_0 \geq \sqrt{\dfrac{5}{2}gl}$ .

При минимальной начальной скорости $V_0 = \sqrt{\frac{5}{2}gl}$ груз достигает верхней точки $K$. Однако, натяжение нити в точке $K$ обращается в нуль: $N_K = 0$ и нить в этом месте перестаёт быть натянутой. Груз продолжает движение, но уже в виде свободного падения с начальной скоростью $V_K = \sqrt{\frac{1}{2}gl}$.

Определим, на какую высоту поднимется груз из положения $A$ с минимальной начальной скоростью $V_0 = \sqrt{\frac{5}{2}gl}$, если нить движется беспрепятственно (см. рис. 4.25, *b*). Построим в точке $E$ оси естественной системы координат $nE\tau$ аналогично тому, как это было сделано в точке $K$. Уравнение движения груза в проекции на ось $En$ имеет вид: $m\frac{V_E^2}{l} = P\sin\alpha + N_E$, где $V_E$ – скорость груза в точке $E$; $N_E$ – проекция реакции нити на нормальную ось.

Для определения скорости груза в точке $E$ составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки при движении груза из начального положения $A$ в положение $E$. Получим: $\frac{mV_E^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = -Ph_{(AE)}$, где $h_{(AE)}$ – перепад высот точек $A$ и $E$; $h_{(AE)} = \frac{l}{2} + l\sin\alpha$ (см. рис. 4.25, *b*). Решая полученное уравнение относительно скорости $V_E$ при заданной начальной скорости $V_0 = \sqrt{\frac{5}{2}gl}$, найдём: $mV_E^2 = \frac{3}{2}mgl - 2mgl\sin\alpha$. С другой стороны, из уравнения движения груза (учитывая, что в точке $E$ натяжение нити равно нулю: $N_E = 0$) получим: $mV_E^2 = Pl\sin\alpha$. Приравнивая выражения, получим $\sin\alpha = \frac{1}{2}$. Высота подъёма относительно горизонтального радиуса составляет $\frac{1}{2}l$.

Для определения скачка натяжения нити при переходе груза в точке $B$ с окружности радиуса $l$ на окружность радиуса $\frac{1}{2}l$, т. е. в момент, когда нить начинает навиваться на проволоку, напишем проекции уравнения движения груза на нормальную ось в точке $B$. Получим для малой окружности $\frac{2mV_B^2}{l} = N_B$ и для большой $\frac{mV_B^2}{l} = N'_B$, где $N_B$ и $N'_B$ – проекции реакции нити в точке $B$ при движении груза по окружности радиусов $\frac{1}{2}l$ и $l$. Из уравнений видно, что переход груза с большой окружности на малую вызывает двукратное увеличение натяжения нити: $N'_B = \frac{3}{2}mg$, $N_B = 3mg$.

**Задача 53.** Шарик массой $m$ = 0,5 кг движется в вертикальной плоскости из положения $A$ внутри трубки, которая состоит из полуокружности $AB$ радиуса $R = 0{,}6$ м и прямолинейного участка $BD$, сопряжённого в точке $B$ с окружностью (рис. 4.26). Диаметр полуокружности $AB$ составляет с горизонталью угол 60°. Начальная скорость шарика $V_0$ = 5 м/с. В конце кругового участка в точке $B$ шарик упирается в недеформированную пружину жесткостью $c$ = 100 Н/м. Найти величину $S$ максимального сжатия пружины.

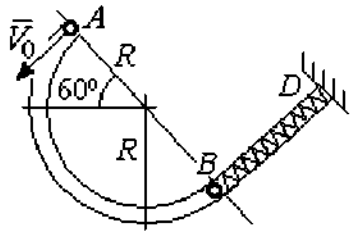


Рис. 4.26. Схема движения шарика

*Решение*

Найдём скорость шарика в точке $B$. Для этого составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из начального положения $A$ в положение $B$. Получим: $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} = A(P) = Ph_{(AB)}$, где $h_{(AB)}$ – перепад высот точек $A$ и $B$, $h_{(AB)} = 2R\sin 60^\circ = 1{,}04$ м (рис. 4.27).

Решая уравнение, найдём скорость шарика в точке $B$: $V_B = \sqrt{V_A^2 + 2gh_{(AB)}}$ = 6,74 м/с.

Для того, чтобы найти величину максимального сжатия пружины, рассмотрим движение шарика на прямолинейном отрезке трубки $BD$. На этом отрезке работу совершают сила тяжести шарика и сила упругости пружины, приложенные к шарику (см. рис. 4.27).

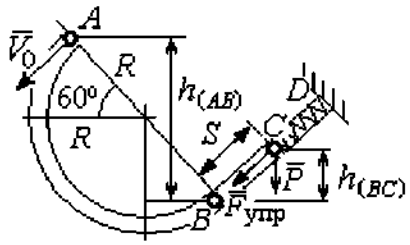



Рис. 4.27. Расчетная схема движения шарика

Обозначим $S$ – максимальное сжатие пружины, равное $BC$. На основании теоремы об изменении кинетической энергии точки, применённой к движению шарика на отрезке $BC$, имеем уравнение $\frac{mV_C^2}{2} - \frac{mV_B^2}{2} = A(P) + A(F_{упр}) = -Ph_{(BC)} - \frac{cS^2}{2}$,

где $h_{(BC)}$ – перепад высот точек $B$ и $C$; $h_{(BC)} = S\sin 30^\circ = 0{,}5S$ (см. рис. 4.27).

В точке $C$ максимального сжатия пружины скорость шарика обращается в нуль: $V_C = 0$. Подставляя это условие, с учётом $V_B = 6{,}74$ м/с, получим уравнение для определения величины максимального сжатия пружины: $S^2 + 0{,}05S - 0{,}23 = 0$.

Выбирая положительный корень уравнения, находим: $S$ = 0,45 м.

## Упражнения

Упражнение 4.5. Лётчик в самолёте пикирует из точки $A$ по прямой, составляющей с горизонтом угол φ, с начальной скоростью $V_0$. Пройдя расстояние $AB = l$, самолёт продолжает движение по дуге окружности радиуса $R$, сопряженной с прямой $AB$ в точке $B$ (рис. 4.28).

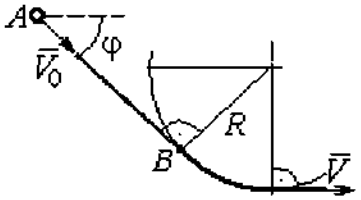



Рис. 4.28. Схема движения самолёта

Каким должен быть радиус окружности, чтобы в точке $C$ – выхода самолёта на горизонтальный полёт - сила давления человека на корпус самолёта не превосходила его тройной вес.

Упражнение 4.6. Пружина жесткостью $C$ = 100 Н/м, сжатая из недеформированного состояния на расстояние $KA = a = 0{,}3$ м, выталкивает шарик массой $m = 0{,}5$ кг, который отделяется от неё в точке $K$ и продолжает движение в трубке по дуге $KCB$, окружности радиуса $R$ = 1 м, затем – по горизонтальному участку $BD$. Определить давление шарика на трубку в точке $C$. Какой путь пройдёт шарик до остановки по прямой $BD$, если здесь на него действует сила трения с коэффициентом $f = 0{,}4$.

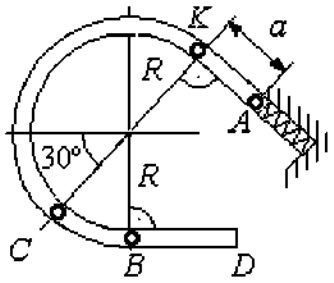


Рис. 4.29. Схема движения шарика в трубке

# 5. ОБЩИЕ ТЕОРЕМЫ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ

## 5.1. Теорема о движении центра масс системы

**Центром масс** системы материальных точек называют точку $C$, координаты которой $x_C$, $y_C$, $z_C$ удовлетворяют равенствам:

$$mx_C = \sum m_k x_k \ , \quad my_C = \sum m_k y_k \ , \ mz_C = \sum m_k z_k \ ,$$

где $m$ – масса системы: $m = \sum m_k$ ; $m_k$, $x_k$, $y_k$, $z_k$ – массы и координаты материальных точек системы.

**Теорема о движении центра масс системы**. Центр масс механической системы движется как материальная точка с массой, равной массе системы, и к которой приложены внешние силы, действующие на систему: $m\vec{a}_C = \sum \vec{F}_k^e$ , где $\vec{a}_C$ – вектор ускорения центра масс системы; $\sum \vec{F}_k^e$ – сумма всех внешних сил, действующих на систему.

**Пример решения задач на применение теоремы о движении центра масс**

**Задача 54.** Груз 1, находящийся на верхнем основании прямоугольной пирамиды *ABCD*, соединен с грузом 2 нерастяжимой нитью, перекинутой через блок $C$ (рис. 5.1). Определить перемещение пирамиды, если груз 2 опустился на высоту 1 м. Масса груза 1 $m_1$ = 15 кг, груза 2 $m_2$ = 20 кг, пирамиды $m$ = 50 кг. Трение при движении груза 1 по пирамиде и пирамиды по горизонтальной поверхности не учитывать.

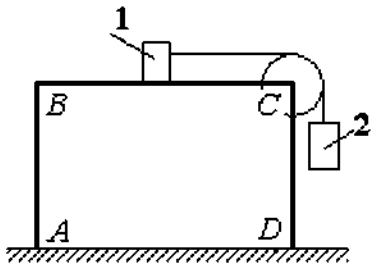


Рис. 5.1. Пирамида с системой подвижных грузов

*Решение*

Рассматриваем механическую систему, состоящую из двух грузов, соединённых нерастяжимой нитью, блока *C* и пирамиды *ABCD*.

Внешние силы, приложенные к системе: силы тяжести грузов и пирамиды – $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}$ и нормальная реакция $\vec{N}$ опоры поверхности, на которой стоит пирамида. Направления векторов внешних сил показаны на рис. 5.2.

Выберем неподвижную систему координат $Axy$, как показано на рис. 5.2. Все внешние силы, действующие на механическую систему, вертикальны, поэтому дифференциальное уравнение, составленное на основании теоремы о движении центра масс механической системы в проекции на ось $Ax$, имеет вид:

$$(m + m_1 + m_2)\ddot{x}_C = P_{1x} + P_{2x} + P_x + N_x = 0$$

$$\text{или} \quad \ddot{x}_C = 0,$$

где $x_C$ – координата центра масс системы.

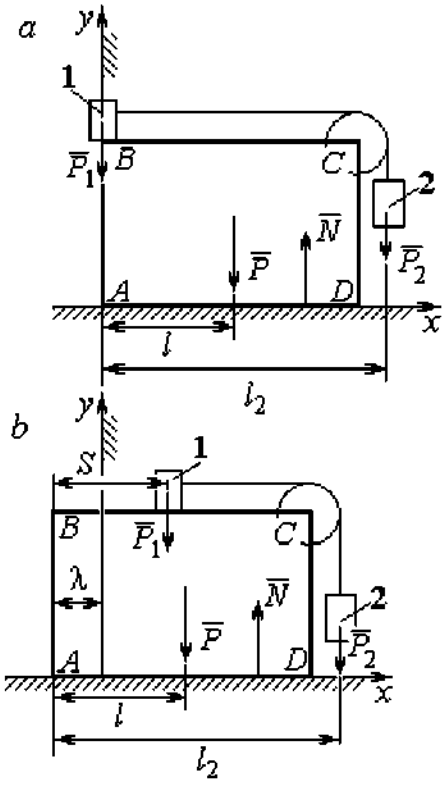



Рис. 5.2. Расчётная схема перемещения пирамиды: *a* – начальное положение; *b* – положение пирамиды при перемещении грузов на расстояние $S$

Проинтегрировав его дважды, получим закон движения центра масс системы: $x_C = C_1 t + C_2$, где константы интегрирования $C_1$ и $C_2$ находятся из начальных условий. Предположим, в начальный момент движение в механической системе отсутствовало и координата центра масс системы была равна $x_{C0}$ (на рис. 5.2, *a* не показана), то есть при $t = 0$ $x_C(0) = x_{C0}$ и $\dot{x}_C(0) = 0$. Подставляя начальные условия, получим: $C_1 = 0$, $C_2 = x_{C0}$. В результате закон движения центра масс системы имеет вид: $x_C = x_{C0}$. Последнее означает, что при любом перемещении тел в системе координата центра масс системы на оси $Ax$ остаётся постоянной, равной своему начальному значению.

Предположим, в начальный момент времени груз 1 находился у левого края призмы, как показано на рис. 5.2, *a*.

Начальная координата $x_{C0}$ центра масс системы находится из равенства $(m_1 + m_2 + m)x_{C0} = \sum m_k x_k = m_1 \cdot 0 + m_2 l_2 + ml$, где $l_2$ – расстояние от начала координат до линии действия силы тяжести груза 2 (координата центра масс груза 2 на оси $Ax$); $l$ – аналогичное расстояние до линии действия силы тяжести

пирамиды (см. рис. 5.2, *a*). Тогда начальная координата центра масс системы: $x_{C0} = \dfrac{m_2 l_2 + ml}{(m_1 + m_2 + m)}$.

Положение грузов в системе, после того как груз 1 переместился на расстояние *S*, и положение призмы показано на рис. 5.2, *b*. На рисунке отмечено, что при перемещении груза 1 вправо на расстояние *S* призма *ABCD* сместилась влево на расстояние $\lambda$. Координата $x_{C1}$ центра масс для нового положения системы определяется из равенства:

$$(m_1 + m_2 + m)x_{C1} = m_1(S - \lambda) + m_2(l_2 - \lambda) + m(l - \lambda).$$

Выражая отсюда координату $x_{C1}$ и приравнивая её начальному значению координаты центра масс $x_{C0} = x_{C1}$, найдём перемещение пирамиды $\lambda = \dfrac{m_1 S}{(m_1 + m_2 + m)}$. Подставляя данные задачи, получим $\lambda = 0{,}18$ м.

## 5.2. Теорема об изменении кинетического момента системы относительно оси

**Момент инерции однородного диска** радиусом *R*, массой *m* относительно оси *z*, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска: $J_z = \dfrac{1}{2}mR^2$. **Для неоднородных тел момент инерции** относительно оси *z* вычисляется по формуле: $J_z = mi_z^2$, где $i_z$ – радиус инерции тела.

**Кинетическим моментом (моментом количества движения) системы относительно неподвижной оси *z*** называется величина, равная сумме моментов количеств движения точек относительно этой оси $\vec{L}_z = \sum M_z(m_k\vec{V}_k)$.

**Для твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси *z*, кинетический момент**: $L_z = J_z\omega$, где $J_z$ и $\omega$ – момент инерции и угловая скорость тела. **Теорема об изменении кинетического момента системы относительно оси**. Производная по времени от кинетического момента системы

относительно неподвижной оси $z$ равна сумме моментов внешних сил относительно той же оси: $\frac{dL_z}{dt} = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$.

## Примеры решения задач на применение теоремы об изменении кинетического момента системы

**Задача 55.** Для подъёма груза используется лебёдка со ступенчатым барабаном и противовесом. Груз 1 массой $m_1$ поднимается на канате, навитом на барабан 2 массой $m_2$ радиуса $R$. Противовес 3 массой $m_3$ прикреплён к канату, который навит на малую ступень барабана радиуса r (рис. 5.3). Радиус инерции барабана относительно оси вращения $i_z$. На барабан действует постоянный момент сил сопротивления $M_c = 60$ Н·м. В начале движения к барабану лебёдки прикладывается вращающий момент, пропорциональный времени: $M_{вр} = 620 + 30t$ Н·м, который через 2 с отключается. Определить, на какую высоту поднимется груз, если движение началось из состояния покоя. Массы грузов и барабана: $m_1 = 100$ кг, $m_2 = 50$ кг, $m_3 = 20$ кг. Радиусы ступеней барабана и радиус инерции: $R = 0{,}6$ м; $r = 0{,}4$ м; $i_z = 0{,}5$ м.

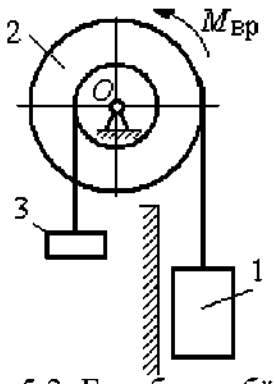


Рис. 5.3. Барабан лебёдки с грузом и противовесом

*Решение*

Решение следует рассматривать на двух этапах. На первом груз поднимается под действием вращающего момента, на втором – по инерции.

Рассмотрим механическую систему, состоящую из груза 1, барабана 2 и противовеса 3. На систему действуют силы тяжести груза $\vec{P}_1$, барабана $\vec{P}_2$, противовеса $\vec{P}_3$, реакция шарнира $\vec{R}$, пара сил с моментом, равным моменту вращения $M_{вр}$, и пара сил с моментом сопротивления $M_c$. Направления векторов сил и моментов показаны на рис. 5.4. Выберем начало оси $y$, вдоль

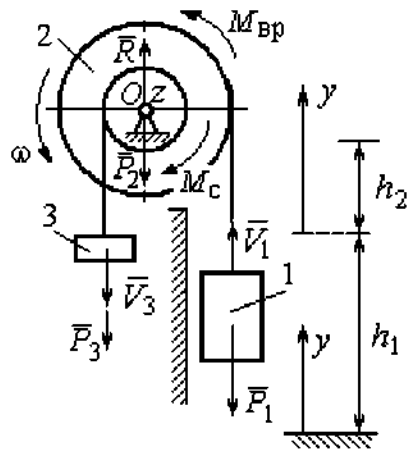



Рис. 5.4. Силы, действующие на систему во время движения

которой поднимается груз на первом участке движения, в точке начала движения (см. рис. 5.4).

Воспользуемся теоремой об изменении кинетического момента системы относительно оси $z$, проходящей через центр $O$: $\frac{dL_z}{dt} = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$. Кинетический момент системы относительно оси $z$ равен сумме кинетических моментов барабана, груза и противовеса: $L_z = L_z^{\text{бар}} + L_z^{\text{гр}} + L_z^{\text{пр}}$. Кинетический момент барабана, вращающегося вокруг неподвижной оси $z$: $L_z^{\text{бар}} = J_z\omega$, где $J_z$ – момент инерции барабана относительно оси $z$, $J_z = m_2 i_z^2$; $\omega$ – угловая скорость барабана. Рассматривая груз и противовес как материальные точки, найдём их кинетические моменты относительно оси $z$: $L_z^{\text{гр}} = M_z(m_1\vec{V}_1) = m_1V_1R$; $L_z^{\text{пр}} = M_z(m_3\vec{V}_3) = m_3V_3r$.

Суммарный кинетический момент системы:

$$L_z = L_z^{\text{бар}} + L_z^{\text{гр}} + L_z^{\text{пр}} = m_2 i_z^2\omega + m_1V_1R + m_3V_3r.$$

Выразим скорости груза 1 и противовеса 3 через угловую скорость барабана: $V_1 = \omega R$, $V_3 = \omega r$ - и подставим их в выражение кинетического момента. Получим $L_z = (m_2 i_z^2 + m_1R^2 + m_3r^2)\omega = (m_2 i_z^2 + m_1R^2 + m_3r^2)\frac{V_1}{R}$.

Суммарный момент внешних сил относительно оси $z$

$$\sum M_z(\vec{F}_k^e) = M_{\text{вр}} - M_{\text{с}} - P_1R + P_3r.$$

Дифференциальное уравнение движения груза:

$$(m_2 i_z^2 + m_1R^2 + m_3r^2)\frac{dV_1}{dt} = (M_{\text{вр}} - M_{\text{с}} - P_1R + P_3r)R,$$

или с учётом данных задачи $\frac{dV_1}{dt} = 0{,}58 + 0{,}35t$.

Дважды интегрируя это уравнение с нулевыми начальными условиями, найдём скорость груза $V_1$ и проходимый им путь $y$ как функции времени:

$$V_1(t) = 0{,}58t + 0{,}175t^2;\ \ y(t) = 0{,}29t^2 + 0{,}058t^3.$$

Из уравнений движения найдём: при $t = 2$ с (конец первого участка) груз поднялся на высоту $h_1 = y(2) = 1{,}62$ м и имел скорость $V_1 = V_1(2) = 1{,}86$ м/с.

На втором участке движения груз продолжает подниматься вверх. Уравнение движения груза здесь аналогично первому участку, за исключением вращающего момента (см. рис. 5.4):

$$(m_2 i_z^2 + m_1 R^2 + m_3 r^2)\frac{dV_1}{dt} = (-M_c - P_1 R + P_3 r)R, \text{ или } \frac{dV_1}{dt} = -6{,}61.$$

Представим ускорение груза в виде: $\dfrac{dV_1}{dt} = \dfrac{dV_1 dy}{dy dt} = V_1 \dfrac{dV_1}{dy}$. Теперь уравнение движения груза на втором участке имеет вид: $V_1 \dfrac{dV_1}{dy} = -6{,}61$. Интегрируя его, получим зависимость скорости груза от пройденного пути $\dfrac{V_1^2}{2} = -6{,}61y + C_3$. Выберем начало второго участка на высоте $h_1$. Из начальных условий движения груза: при $t = 0$, $y = 0$, $V_1 = 1{,}86$ м/с, получим: $C_3 = 1{,}73$.

Максимальную высоту $h_2$, на которую поднялся груз на втором участке, определим из условия, что в этой точке скорость груза обращается в нуль. Имеем $0 = -6{,}61h_2 + 1{,}73$, откуда $h_2 = 0{,}26$ м. Максимальная высота подъёма груза $H = h_1 + h_2 = 1{,}88$ м.

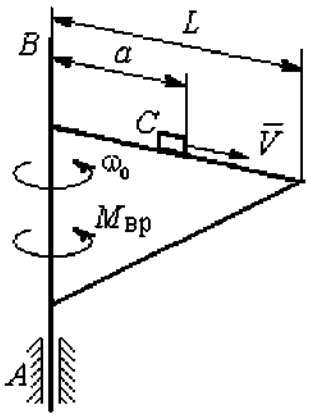


Рис. 5.5. Поворотный кран

**Задача 56.** Тележка $C$ поворотного подъёмного крана (рис. 5.5) движется с постоянной относительно стрелы скоростью $V = 0{,}5$ м/с. Длина стрелы $L = 10$ м, масса тележки с грузом $m_1 = 100$ кг, момент инерции крана относительно оси вращения $AB$ без учёта тележки и груза $J = 1800$ кг·м$^2$. Двигатель крана создаёт

постоянный вращающий момент $M_{вр} = 400$ Н·м. Определить угловую скорость крана в момент, когда тележка достигнет края стрелы, если в начальный момент конструкция вращалась с угловой скоростью $\omega_0 = 2$ рад/с, а тележка находилась на расстоянии $a = 1$ м от оси вращения.

*Решение*

На систему действуют внешние силы: $\vec{P}_1$ – сила тяжести тележки с грузом, $\vec{P}_2$ – сила тяжести поворотного крана (на рис. 5.6 показана в условном центре тяжести крана); $\vec{R}_x$, $\vec{R}_y$ – составляющие реакции подшипника $A$ и пара сил с моментом, равным вращающему моменту $M_{вр}$ (см. рис. 5.6). Применим к описанию движения системы теорему об изменении кинетического момента системы относительно оси вращения $z$, направленной вдоль линии $AB$.

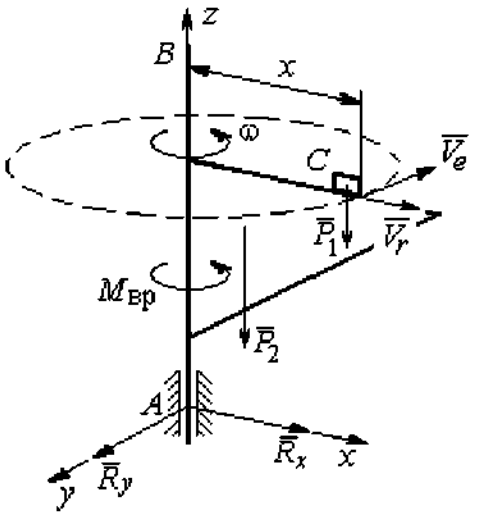



Рис. 5.6. Внешние силы, действующие на кран при его движении

Поскольку силы тяжести параллельны оси вращения крана, а составляющие реакции шарнира $A$ пересекают её, то моменты этих сил относительно оси $z$ равны нулю и теорема об изменении кинетического момента системы принимает вид: $\frac{dL_z}{dt} = M_{вр}$. Интегрируя это уравнение при постоянном вращающем моменте, получим равенство: $L_z - L_{z0} = M_{вр}t$, где $L_z, L_{z0}$ – кинетический момент системы в текущий и начальный моменты времени.

Кинетический момент системы $L_z$ равен сумме: $L_z = L_z^{кран} + L_z^{груз}$. Кинетический момент крана как твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси: $L_z^{кран} = J\omega$. Полагая тележку с грузом материальной точкой, определим её кинетический момент $L_z^{груз}$, как момент вектора количества

движения тележки относительно оси $z$. Тележка с грузом участвует в сложном движении. Вектор абсолютной скорости тележки $\vec{V}_{\text{абс}}$ равен сумме $\vec{V}_{\text{абс}} = \vec{V}_r + \vec{V}_e$, где $\vec{V}_r$ относительная скорость тележки (перемещение по стреле крана); $\vec{V}_e$ – переносная скорость (движение вместе с краном). Воспользовавшись теоремой Вариньона при вычислении момента количества движения тележки с грузом, получим:

$$L_z^{\text{груз}} = M_z(m_1\vec{V}_{\text{абс}}) = M_z(m_1\vec{V}_e + m_1\vec{V}_r) = M_z(m_1\vec{V}_e) = m_1V_e x = m_1\omega x^2.$$

В результате суммарный кинетический момент системы в текущий момент времени $L_z = L_z^{\text{кран}} + L_z^{\text{груз}} = \left(J + m_1x^2\right)\omega$. Тогда начальный кинетический момент систем: $L_{z0} = \left(J + m_1a^2\right)\omega_0$.

Подставляя выражения начального и текущего кинетического моментов в уравнение движения, получим: $\left(J + m_1x^2\right)\omega - \left(J + m_1a^2\right)\omega_0 = M_{\text{вр}}t$, откуда закон изменения угловой скорости крана $\omega = \dfrac{M_{\text{вр}}t + \left(J + m_1a^2\right)\omega_0}{\left(J + m_1x^2\right)}$. Момент времени $t_{\text{к}}$, когда тележка достигнет края стрелы ($x = L$), найдём из условия движения тележки по стреле с постоянной скоростью: $Vt_{\text{к}} = L - a$. С учётом данных задачи угловая скорость крана в этот момент $\omega(t_{\text{к}}) = 0{,}93$ рад/с.

### 5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы

**Кинетическая энергия тела при поступательном движении** $T = \dfrac{1}{2}mV_C^2$, где $m$ – масса тела; $V_C$ – скорость центра масс тела; **при вращательном движении** вокруг неподвижной оси $z$: $T = \dfrac{1}{2}J_z\omega^2$, где $J_z$ – момент инерции тела относительно оси $z$; $\omega$ – угловая скорость тела; **при плоскопараллельном движении**: $T = \dfrac{1}{2}mV_C^2 + \dfrac{1}{2}J_{zC}\omega^2$, где $m$ – масса тела; $V_C$, $\omega$ – скорость центра

масс и угловая скорость тела; $J_{zC}$ – момент инерции тела относительно оси $z$, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения.

**Работа постоянной силы** $F$ при прямолинейном перемещении точки приложения силы $A = FS\cos\alpha$, где $S$ – перемещение точки; $\alpha$ – постоянный угол между перемещением и направлением силы. **Работа пары сил с постоянным моментом** $M$ при повороте тела на конечный угол $\varphi$ вычисляется по формуле: $A = \pm M\varphi$, где $\varphi$ – угол поворота тела. Работа считается положительной, если пара сил стремится повернуть тело в направлении его вращения, и отрицательной – в противном случае.

**Мощностью силы** $F$ называют величину, равную скалярному произведению силы на скорость точки её приложения: $N = \vec{F} \cdot \vec{V}$, где $V$ – скорость точки приложения силы. При плоском движении тела мощность силы равна сумме скалярных произведений: $N = \vec{F} \cdot \vec{V}_O + \vec{M}_O \cdot \vec{\omega}$, где $V_O$ – скорость точки, выбранной полюсом; $\omega$ – угловая скорость тела; $\vec{M}_O = M_O(\vec{F})$ – момент силы относительно полюса. Если в качестве полюса выбрать точку $K$ – мгновенный центр скоростей, то мощность силы $N(\vec{F}) = \vec{M}_K(\vec{F}) \cdot \vec{\omega}$, где $M_K(\vec{F})$ – момент силы относительно мгновенного центра скоростей.

**Теорема об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме.** Производная по времени от кинетической энергии системы равна сумме мощностей внешних и внутренних сил $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e) + \sum N(\vec{F}_k^i)$.

**Теорема об изменении кинетической энергии системы на конечном перемещении**. Изменение кинетической энергии системы при перемещении её из начального состояния в текущее равно сумме работ внешних и внутренних сил, действующих на систему: $T - T_0 = \sum A(\vec{F}_k^e) + \sum A(\vec{F}_k^i)$.

Механические системы, состоящие из абсолютно твердых тел, соединенных гибкими нерастяжимыми нитями, называются **неизменяемыми**. В

неизменяемых системах сумма работ и сумма мощностей внутренних сил равны нулю: $\sum A(\vec{F}_k^i) = 0$.

## Примеры решения задач на применение теоремы об изменении кинетической энергии системы

**Задача 57.** Планетарный механизм, позволяющий получать повышенные передаточные отношения угловых скоростей, состоит из трех одинаковых колёс, соединённых кривошипом $OA$ (рис. 5.7). Колесо 1 неподвижно, кривошип $OA$ вращается с угловой скоростью $\omega_{OA}$ и приводит в движение колёса 2 и 3. Полагая массы колёс и их радиусы одинаковыми, равными $m$ и $r$, и пренебрегая массой кривошипа, найти кинетическую энергию механизма.

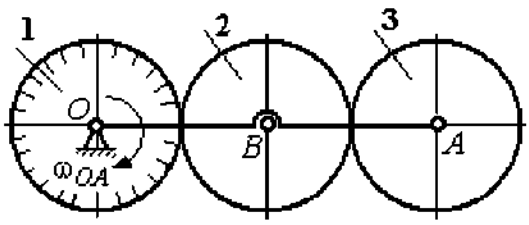


Рис. 5.7. Планетарный механизм

*Решение*

Кинетическая энергия механизма $T$ равна сумме энергий колёс 2 и 3: $T = T_2 + T_3$. Энергия колеса 1 равна нулю потому, что оно неподвижно, а энергия кривошипа равна нулю, так как массой кривошипа пренебрегаем. При движении механизма колесо 2, увлекаемое кривошипом, катится по неподвижной поверхности первого колеса. Энергия колеса 2: $T_2 = \frac{mV_B^2}{2} + \frac{J_{2B}\omega_2^2}{2}$, где $V_B$ – скорость центра масс колеса 2, $J_{2B}$ – момент инерции колеса 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости колеса, $J_{2B} = \frac{mr^2}{2}$.

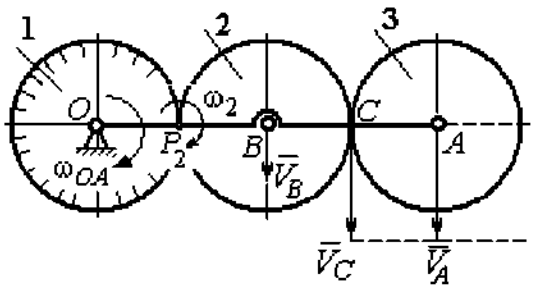


Рис. 5.8. Расчётная схема вычисления энергии механизма

Выразим кинетическую энергию колеса 2 через угловую скорость $\omega_{OA}$ кривошипа $OA$.

Скорость точки $B$, лежащей на кривошипе $OA$: $V_B = \omega_{OA} \cdot OB = \omega_{OA} 2r$.

Так как точка $P_2$ касания колёс 1 и 2 является мгновенным центром скоростей колеса 2 (рис. 5.8), угловая скорость колеса 2 $\omega_2 = \dfrac{V_B}{BP_2}$. В результате получим: $\omega_2 = 2\omega_{OA}$. Подставив зависимости $V_B$ и $\omega_2$ в выражение кинетической энергии колеса 2, найдём:

$$T_2 = \frac{m(\omega_{OA} 2r)^2}{2} + \frac{mr^2}{2} \cdot \frac{(2\omega_{OA})^2}{2} = 3m\omega_{OA}^2 r^2.$$

Вычислим кинетическую энергию колеса 3. Найдём скорость точки $C$, считая, что она принадлежит колесу 2: $V_C = \omega_2 \cdot P_2C = 4\omega_{OA} r$. Скорость точки $A$ – центра колеса 3 определим, полагая, что точка $A$ лежит и на кривошипе: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 4\omega_{OA} r$. Скорости двух точек $A$ и $C$ колеса 3 равны и параллельны, причём линия $AC$ перпендикулярна векторам скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_C$ (см. рис. 5.8). В этом случае мгновенный центр скоростей отсутствует и колесо 3 совершает мгновенно-поступательное движение. Энергия поступательного движения колеса 3: $T_3 = \dfrac{mV_A^2}{2} = \dfrac{m(4\omega_{OA} r)^2}{2} = 8m\omega_{OA}^2 r^2$.

Окончательно, энергия механизма: $T = T_2 + T_3 = 11m\omega_{OA}^2 r^2$.

**Задача 58.** Горизонтальный желоб $DE$ опирается на блок 1 и на каток 3 одинакового радиуса $r$ (рис. 5.9). Блок 1 весом $P_1$ вращается вокруг неподвижной оси $O_1$. Каток 3 катится по горизонтальному рельсу без проскальзывания. На одной оси с катком 3 жестко связано колесо 2 радиуса $R$. Их общий вес равен $Q$, а общий радиус инерции относительно оси $z$, проходящей через центр масс $C$ перпендикулярно плоскости катка, равен $i_z$. Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом $M$. Массой желоба пренебрегаем. Скольжение между желобом и блоком 1, а также

катком 3 отсутствует. Определить ускорение центра масс колеса 2 и катка 3 и угловое ускорение блока 1, если: $P_1 = 40$ Н, $Q = 60$ Н, $F = 50$ Н, $M = 45$ Н·м, $R = 0{,}8$ м, $r = 0{,}6$ м, $i_z = 0{,}4$ м.

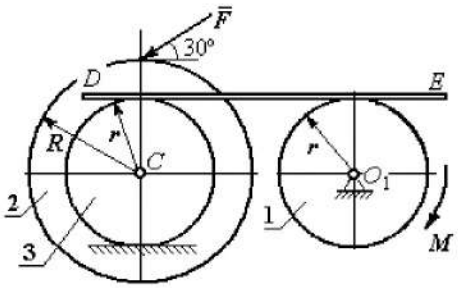


Рис. 5.9. Схема движения механической системы

*Решение*

Для решения задачи воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии для неизменяемых механических систем: $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e)$, где $T$ – энергия системы в её текущем положении; $\sum N(\vec{F}_k^e)$ – суммарная мощность внешних сил.

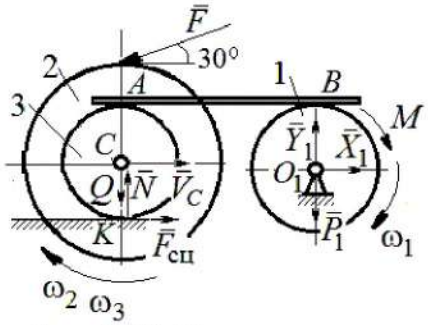


Рис. 5.10. Расчетная схема для исследования движения системы

Предположим, во время движения системы блок 1 вращается по ходу часовой стрелки.

Угловые скорости $\omega_1$, $\omega_2$ блока 1, катка 3 и скорость $\vec{V}_C$ центра масс катка 3 показаны на рис. 5.10. Угловая скорость колеса 2 и катка 3 равны: $\omega_3 = \omega_2$.

Кинетическая энергия вращательного движения блока 1 $T_1 = \frac{1}{2} J_{zO_1} \omega_1^2$, где $J_{zO_1}$ – осевой момент инерции блока, $J_{zO_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$.

Фигура, состоящая из катка 3 и колеса 2, двигается плоскопараллельно. Кинетическая энергия фигуры определяется по формуле: $T_2 = \frac{1}{2} m V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_2^2$, где $m$ – общая масса катка и колеса, $m = \frac{Q}{g}$, $J_{zC}$ – момент инерции фигуры относительно оси $z$, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_{zC} = m i_z^2$,

У катка 3 мгновенный центр скоростей находится в точке касания его с неподвижной поверхностью (точка $K$ на рис. 5.10). Тогда $\omega_3 = \frac{V_C}{r}$. Скорость точки $A$ катка $V_A = \omega_3 2r = 2V_C$. Приравнивая скорость точки $A$ на катке 2 к скорости точки $B$ на блоке 1, получим $\omega_1 = \frac{2V_C}{r}$.

Найдём кинетическую энергию системы, выраженную через скорость центра масс катка 3:

$$T = T_1 + T_2 = \frac{P_1}{g} V_C^2 + \frac{Q}{2g}\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right) V_C^2 = \frac{V_C^2}{2g}\left[2P_1 + Q\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right].$$

Найдем сумму мощностей внешних сил.

На блок 1 действуют: сила тяжести $\vec{P}_1$, пара сил с моментом $M$ и реакция шарнира $O_1$, разложенная на составляющие $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$ (рис. 5.10). Мощности силы тяжести $\vec{P}_1$ и сил реакции $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$ подшипника $O_1$ равны нулю, так как нет перемещения точек приложения этих сил. Момент $M$ направлен в сторону вращения блока 1, его мощность $N(M) = M\omega_1 = M\frac{2V_C}{r}$.

На каток 3 (вместе с жестко связанным с ним колесом 2) действуют: сила $\vec{F}$, сила тяжести $\vec{Q}$ катка и колеса, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила сцепления $\vec{F}_{\text{сц}}$ катка 3 с поверхностью.

Мощности сил $\vec{N}$ и $\vec{F}_{\text{сц}}$ равны нулю, так как точкой приложения этих сил является мгновенный центр скоростей катка 3, скорость которого равна нулю. Мощность силы тяжести $\vec{Q}$ равна нулю, так как угол между вектором силы и вектором скорости точки $C$ равен 90°.

Для определения мощности силы $\vec{F}$, приложенной к колесу, выберем в качестве полюса точку $K$ – мгновенный центр скоростей диска 2. С учётом того, что скорость $V_K = 0$, получим:

$$N(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{V}_K + \vec{M}_K(\vec{F}) \cdot \vec{\omega}_2 = \vec{M}_K(\vec{F})\vec{\omega}_2 =$$

$$= - F(r + R)\omega_2 \cos 30° = - FV_C\left(1 + \frac{R}{r}\right)\cos 30°.$$

Поскольку вращение, создаваемое моментом силы $\vec{F}$ относительно центра $K$, противоположно выбранному направлению угловой скорости катка, мощность силы $\vec{F}$ отрицательная.

Суммарная мощность внешних сил:

$$\sum N(F^e) = - FV_C\left(1 + \frac{R}{r}\right)\cos 30° + M\frac{2V_C}{r}.$$

Составляем уравнение теоремы об изменении кинетической энергии системы. Находим производную по времени от кинетической энергии системы $\frac{dT}{dt} = \frac{V_C}{g}a_C\left[2P_1 + Q\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right]$ и приравниваем суммарной мощности внешних сил. Получим:

$$\frac{1}{g}a_C\left[2P_1 + Q\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right] = - F\left(1 + \frac{R}{r}\right)\cos 30° + \frac{2M}{r},$$

откуда с учётом исходных данных задачи ускорение центра масс диска 2 $a_C = 2{,}88$ м/с$^2$. Для определения углового ускорения блока 1 продифференцируем по времени равенство $\omega_1 = \frac{2V_C}{r}$. Получим: $\varepsilon_1 = \frac{2a_C}{r} = 9{,}6$ рад/с$^2$.

**Задача 59.** Каток радиуса $r$, весом $P$ закатывают вверх по наклонной плоскости приложив в центре катка силу $\vec{F}$ под углом 30° к наклонной плоскости (рис. 5.11). Сама плоскость наклонена под углом 30° к горизонту. Величина силы $F = 2P$. В начальном положении центр катка имел скорость $V_0$.

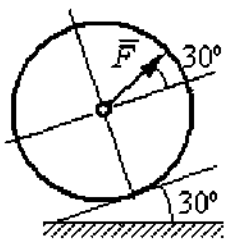



Рис. 5.11. Движение катка на наклонной плоскости

На какое расстояние $S$ переместился центр катка, если в конце перемещения его скорость удвоилась.

*Решение*

Применим теорему об изменении кинетической энергии на конечном перемещении системы: $T - T_0 = \sum A(F_k)$. На каток действует сила тяжести $\vec{P}$, сила $\vec{F}$, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила $\vec{F}_{\text{сц}}$ сцепления диска с наклонной плоскостью (рис. 5.12). При перемещении центра катка на расстояние $S$ вдоль наклонной плоскости работу совершают только сила $\vec{F}$: $A(\vec{F}) = F\cos 30° S$ и сила тяжести: $A(\vec{P}) = -Ph$, где $h$ – перепад высот при перемещении центра масс катка. Работа реакции опоры и силы сцепления равна нулю.

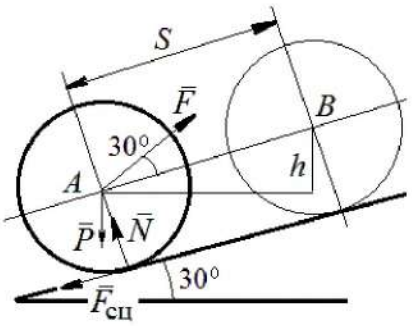


Рис. 5.12. Расчётная схема движения катка

Кинетическая энергия катка $T = \frac{1}{2} m V_A^2 + \frac{1}{2} J_{zA} \omega^2$, где $J_{zA}$ – момент инерции фигуры относительно оси $z$, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_{zA} = \frac{mr^2}{2}$. Выражая угловую скорость катка через скорость центра масс $\omega = \frac{V_A}{r}$, с учётом выражения момента инерции катка, получим энергию катка в виде: $T = \frac{3}{4} m V_A^2$.

Составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии при перемещении центра катка на расстояние $S$: $\frac{3}{4} m V_B^2 - \frac{3}{4} m V_A^2 = F\cos 30° S - Ph$, где $V_A = V_0$ $V_B = 2V_0$, $F = 2P$, $h = S\sin 30°$.

Найдём искомое перемещение: $S = \frac{9V_0^2}{4g(2\cos 30° - \sin 30°)}$.

## Упражнения

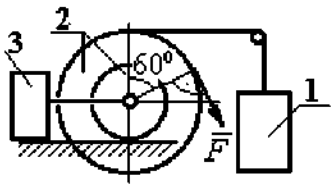



Рис. 5.16. Схема механизма катка

Упражнение 5.1. Крановая тележка массы $m_1$ может перемещаться по горизонтальной балке без трения (рис. 5.13). В центре масс тележки закреплён трос длиной $l$, на другом конце которого привязан груз массы $m_2$. Трос может совершать колебательные движения в вертикальной плоскости. В начальный момент трос был в вертикальном положении. Определить горизонтальное перемещение тележки в зависимости от угла наклона троса. Весом троса пренебречь.

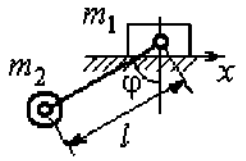



Рис. 5.13. Движение крановой тележки

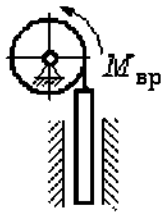



Рис. 5.14. Схема механизма лебёдки

Упражнение 5.2. К барабану лебёдки, поднимающей штангу, приложен вращающий момент, пропорциональный времени $M_{ВР} = kt$ (рис. 5.14). Штанга массы $m_1$ поднимается посредством каната, навитого на барабан массы $m_2$ и радиуса $r$. В начальный момент система находилась в покое. Определить угловую скорость барабана, считая его однородным диском.

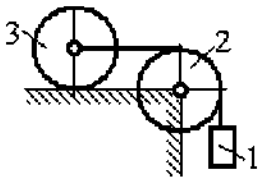



Рис. 5.15. Схема движения системы

Упражнение 5.3. Груз 1 массы $m_1$ подвешен на нерастяжимом тросе, другой конец которого переброшен через блок 2 и закреплён в центре масс катка 3 (рис. 5.15). Каток 3 катится по горизонтальной поверхности без проскальзывания. Блок 2 и каток 3 – однородные диски массы $m_2$ и $m_3$, радиуса $r$. В начальный момент система находилась в покое. Определить скорость груза, когда он опустится на высоту $h$, если к катку 3 приложен момент $M$.

Упражнение 5.4. Механическая система включает два груза 1 и 3 одинакового веса $P$ и каток 2 весом $2P$, радиусом $R = 2r$ с цилиндрическим выступом радиусом $r$ (рис. 5.16). Каток катится выступом по неподвижной поверхности без проскальзывания. К катку по касательной к окружности приложена сила $F = 2P$. Найти ускорение центра масс катка, если его радиус инерции относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения: $i_{zC} = r\sqrt{2}$.

## 5.4. Применение общих теорем динамики системы к описанию движений твёрдого тела

**Поступательное движение твердого тела** описывается дифференциальными уравнениями: $m\ddot{x} = \sum F_{kx}^e$, $m\ddot{y} = \sum F_{ky}^e$, $m\ddot{z} = \sum F_{kz}^e$ - или в алгебраической форме $ma_{Cx} = \sum F_{kx}^e$, $ma_{Cy} = \sum F_{ky}^e$, $ma_{Cz} = \sum F_{kz}^e$, где $m$ – масса тела; $\ddot{x} = a_{Cx}$, $\ddot{y} = a_{Cy}$, $\ddot{z} = a_{Cz}$ – проекции ускорения центра масс тела на координатные оси; $F_{kx}^e$, $F_{ky}^e$, $F_{kz}^e$ – проекции внешних сил.

**Вращательное движение твердого тела** относительно неподвижной оси $z$ описывается дифференциальным уравнением: $J_z \frac{d\omega}{dt} = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$ или алгебраическим уравнением: $J_z\varepsilon = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$, где $\omega$, $\varepsilon$ – угловая скорость и угловое ускорение тела; $\sum M_z(\vec{F}_k^e)$ – сумма моментов внешних сил относительно оси $z$; $J_z$ – момент инерции тела относительно оси $z$.

**Плоскопараллельное движение твердого тела** описывается уравнениями движения центра масс и вращательного движения тела относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения.

В проекции на координатные оси уравнения плоскопараллельного движения тела имеют вид:

$$ma_{Cx} = \sum F_{kx}^e;\ ma_{Cy} = \sum F_{ky}^e;\ J_{zC}\varepsilon = \sum M_{zC}(\vec{F}_k^e),$$

где $a_{Cx}$, $a_{Cy}$ – проекции ускорения центра масс тела; $F_{kx}^e$, $F_{ky}^e$ – проекции на оси координат внешних сил, действующих на тело; $J_{zC}$ – момент инерции тела относительно оси $z$, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения; $\varepsilon$ – угловое ускорение тела; $M_{zC}(\vec{F}_k^e)$ – моменты внешних сил относительно оси, проходящей через центр масс.

Проводя динамический расчет механической системы, следует рассматривать движение каждого тела системы в отдельности, предварительно освободив его от связей и заменив их действие реакциями.

**Примеры решения задач на составление уравнений движения твердых тел**

**Задача 59.** Лебёдка поднимает груз 1 массы $m_1 = 50$ кг посредством троса,

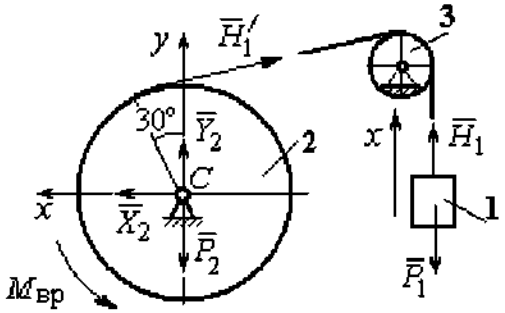



Рис. 5.18. Внешние силы и реакции, действующие на груз и барабан при движении системы

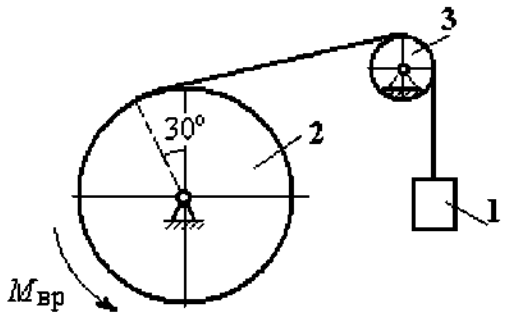



Рис. 5.17. Механизм лебёдки

переброшенного через блок 3 и навитого на барабан 2 массы $m_2 = 20$ кг, радиуса $r = 0{,}8$ м (рис. 5.17). К барабану приложен постоянный вращающий момент $M_{вр} = 480$ Н·м. Определить ускорение груза, натяжение троса и реакцию шарнира барабана 2. Весом троса и массой блока 3 пренебречь, барабан считать сплошным цилиндром.

*Решение*

Составим уравнение движения груза 1. Для этого освобождаем груз от связей, заменив действие троса реакцией. На груз действует сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция троса $\vec{H}_1$ (рис. 5.18). Выберем ось $x$ по направлению движения груза. Уравнение движения груза в проекции на ось $x$: $m_1 a_1 = H_1 - P_1$.

Рассмотрим движение барабана 2. Освободим барабан от связей и заменим их действие реакциями.

На барабан действует сила тяжести $\vec{P}_2$, пара сил с моментом вращения $M_{вр}$, реакция троса $\vec{H}_1'$ и реакция шарнира (на рис. 5.18 разложена на составляющие $\vec{X}_2$, $\vec{Y}_2$). Так как массой блока 3 пренебрегаем, то модули сил $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_1'$ равны. Направления действия сил и момента показаны на рис. 5.18.

Уравнение вращательного движения барабана относительно оси $z$: $J_z\varepsilon_2 = \sum M_z(F_k) = M_{вр} - H_1' r$, где момент инерции барабана $J_z = \dfrac{m_2 r^2}{2}$.

Продифференцируем по времени равенство $V_1 = \omega_2 r$ и выразим угловое ускорение барабана через ускорение груза 1. Получим $\varepsilon_2 = \dfrac{a_1}{r}$. Подставляя выражение углового ускорения в уравнение вращательного движения барабана с учётом равенства модулей сил $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_1'$, напишем уравнения движения барабана и груза в виде системы уравнений:

$$m_1 a_1 = H_1 - P_1, \quad m_2 a_1 = \frac{2M_{вр}}{r} - 2H_1,$$

откуда находим $a_1$= 1,82 м/с$^2$, $H_1$ = 581,8 Н. Натяжение троса численно равно реакции.

Для определения реакции шарнира составим (формально) уравнение движения центра масс блока 2 в проекциях на оси $x$, $y$ (см. рис. 5.18):

$$m_2 a_{Cx} = X_2 - H_1' \cos 30^\circ = 0, \; m_2 a_{Cy} = Y_2 + H_1' \cos 60^\circ - P_2 = 0.$$

Отсюда $X_2$ = 503,84 Н, $Y_2$ = – 94,7 Н, $R_2 = \sqrt{X_2^2 + Y_2^2}$ = 512,66 Н.

**Задача 60.** Барабан весом $G$, радиусом $R$ имеет цилиндрический выступ радиусом $r$ (рис. 5.19). Барабан скатывается по наклонной плоскости с углом наклона 30°, опираясь на неё поверхностью выступа. К барабану приложены постоянные силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$. Сила $\vec{F}_1$ направлена по касательной к поверхности барабана. Сила $\vec{F}_2$ действует под углом 30° к диаметру барабана, перпендикулярному наклонной плоскости. В начальный момент времени барабан приведён в равновесие парой сил с моментом $M$.

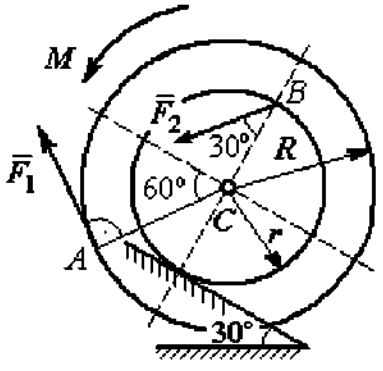


Рис. 5.19. Схема движения барабана по наклонной плоскости

Определить угловое ускорение барабана и закон движения центра масс, если в положении равновесия величину уравновешивающего момента увеличить в 1,2 раза. Исходные данные для решения задачи: $R = 0{,}6$ м, $r = 0{,}2$ м, $G = 100$ Н, $F_1 = 60$ Н, $F_2 = 25$ Н, радиус инерции барабана $i_z = 0{,}4$ м.

*Решение*

На барабан действуют силы $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, сила тяжести $\vec{G}$, пара сил с неизвестным моментом $M$, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила $\vec{F}_{\text{сц}}$ сцепления барабана с поверхностью. Сила сцепления приложена в точке $K$ касания выступа барабана с наклонной плоскостью и направлена вдоль неё (рис. 5.20).

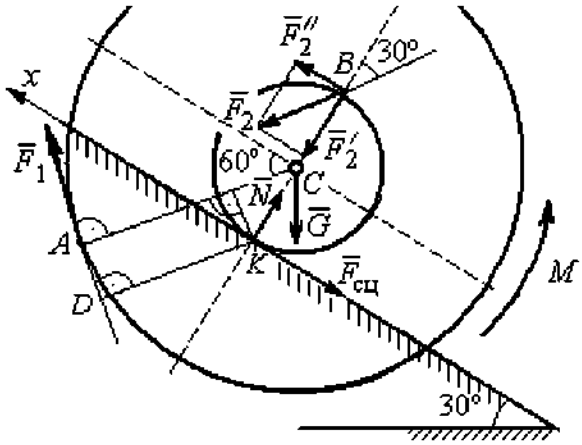



Рис. 5.20. Силы, действующие на барабан, во время движения

Для определения момента $M$, приводящего барабан в равновесие, запишем уравнение равновесия в виде равенства нулю моментов сил $\sum M_K(\vec{F}_k^e) = 0$ относительно точки $K$. Точка $K$ выбрана с той целью, что в уравнение не будет входить момент неизвестной силы сцепления.

На рис. 5.20 показано разложение силы $\vec{F}_2$: $\vec{F}_2 = \vec{F}_2' + \vec{F}_2''$. Значения составляющих определяются как проекции: $F_2' = F_2\cos 30°$, $F_2'' = F_2\sin 30°$.

Применяя теорему Вариньона, вычислим момент силы $\vec{F}_2$ относительно точки $K$: $M_K(\vec{F}_2) = M_K(\vec{F}_2') + M_K(\vec{F}_2'') = F_2\sin 30° \cdot 2r$.

Момент силы $\vec{F}_1$ относительно точки $K$:

$$M_K(\vec{F}_1) = -F_1 \cdot KD = -F_1(R - r\cos 30°).$$

В результате уравнение моментов сил при равновесии барабана принимает вид

$$\sum M_K(\vec{F}_k^e) = -F_1(R - r\cos 30°) + F_2\sin 30° \cdot 2r - Gr\sin 30° + M = 0.$$

Подставляя сюда исходные данные задачи, находим величину уравновешивающего момента $M = 30{,}61$ Н·м. Направление момента показано дуговой стрелкой на рис. 5.20.

Увеличим значение момента $M$, удерживающего барабан в равновесии, в 1,2 раза: $M_1 = 1{,}2M$. Возникшее после этого качение барабана вверх по наклонной плоскости представляет собой плоскопараллельное движение, которое описывается с применением теорем о движении центра масс и об изменении кинетического момента.

Уравнение движения центра масс барабана в проекции на ось $x$, направленную вверх по наклонной плоскости, имеет вид:

$$m\ddot{x}_C = F_1\cos 30° + F_2\cos 60° - G\cos 60° - F_{\text{сц}},$$

где $x_C$ – координата центра масс барабана.

Применив теорему об изменении кинетического момента барабана относительно оси $z$, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения и считая моменты сил положительными, если они создают вращение в сторону движущегося вверх барабана, выразим уравнение вращательного движения барабана вокруг оси $z$ в виде:

$$J_{zC}\ddot{\varphi} = -F_1R + F_2r\cos 60° + F_{\text{сц}}r + M_1,$$

где $\varphi$ – угол поворота барабана; $J_{zC}$ – момент инерции барабана, $J_{zC} = mi_z^2$; $i_z$ – радиус инерции. С учётом соотношения $\ddot{\varphi} = \dfrac{\ddot{x}_C}{r}$ получим уравнение:

$$m\ddot{x}_C\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right) = -F_1\left(\frac{R}{r} - \cos 30°\right) + 2F_2\cos 60° - G\cos 60° + \frac{M_1}{r}.$$

После подстановки данных задачи находим дифференциальное уравнение движения центра масс: $\ddot{x}_C = 0{,}6$. Дважды интегрируя его с нулевыми начальными условиями (так как движение началось из состояния покоя), находим закон движения центра масс: $x_C = 0{,}3t^2$ м. Из уравнения следует, что барабан движется в сторону положительного направления оси $x$.

Угловое ускорение барабана $\varepsilon = \ddot{\varphi} = \dfrac{\ddot{x}_C}{r} = 3$ рад/с$^2$.

**Задача 61.** Механизм (рис. 5.21) включает в себя груз 1, каток 2 и ступенчатый барабан 3, соединённых нерастяжимыми нитями. Движение механизма происходит из состояния покоя в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы $\vec{F}$, приложенной в центре масс катка 2, и пары сил с моментом $M$, приложенной к барабану 3. Качение катка 2 по наклонной плоскости с углом наклона к горизонту 30° происходит без проскальзывания.

Каток 2 считать однородным диском радиуса $R_2$. Радиусы ступеней барабана 3: $R_3$, $r_3$, радиус инерции барабана $i_3$.

Найти ускорение груза 1, силы натяжения нитей и динамическую реакцию шарнира барабана 3, если $P_1 = P_2 = 2P$; $P_3 = 3P$, $F = 3P$; $M = Pr$, $R_2 = 2r$; $R_3 = 3r$; $r_3 = r$; $i_3 = r\sqrt{3}$.

*Решение*

Рассмотрим движение каждого тела системы отдельно, предварительно освободив тела от связей и заменив их действие реакциями. На рис. 5.22 изображены силы, действующие на тела системы, после освобождения их от связей и направление движения каждого тела.

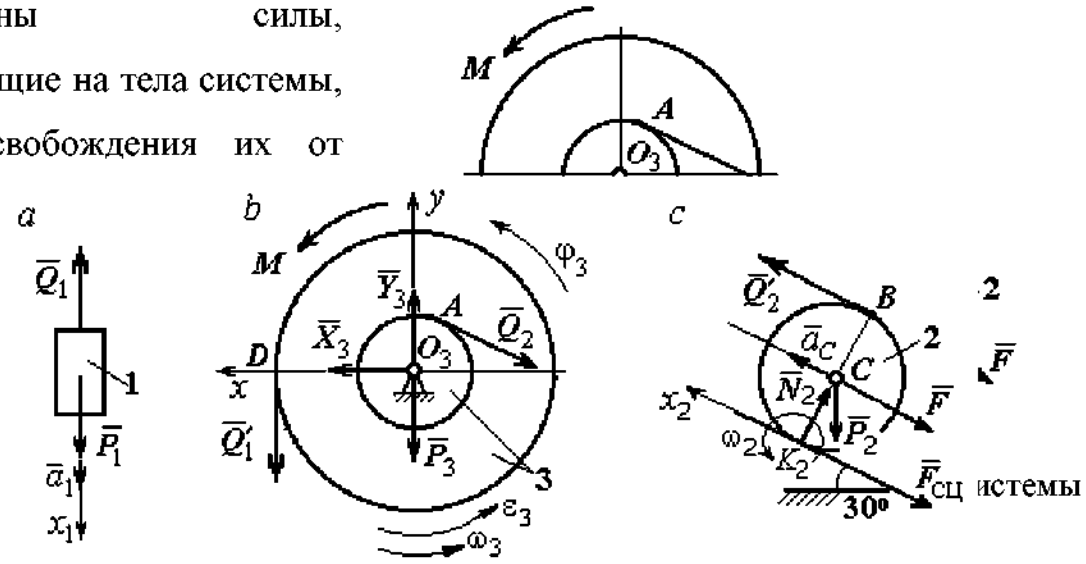



Рис. 5.22. Расчетные схемы для описания движения тел, входящих в систему

Допустим, груз движется вниз со скоростью $V_1$, ускорением $a_1$. К нему приложена сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция нити $\vec{Q}_1$ (рис. 5.22, *а*). Направим ось $x_1$ в сторону движения груза. Уравнение движения груза вдоль оси $x_1$ имеет вид:

$$m_1 a_1 = \sum F_{kx} = P_1 - Q_1 = 2P - Q_1 .$$

Барабан 3 вращается вокруг неподвижной оси $z$, проходящей через центр масс $O_3$. На диск 3 действует сила тяжести $\vec{P}_3$, реакция подшипника $\vec{R}_3$ (на рис. 5.22, *b* показано разложение реакции на составляющие $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$), пара сил с моментом $M$ и реакции нитей $\vec{Q}_1'$ и $\vec{Q}_2$.

При составлении уравнения вращательного движения барабана моменты сил относительно оси считаем положительными, если они создают поворот в сторону вращения барабана. Уравнение вращения барабана 3 имеет вид:

$$J_{zO_3}\varepsilon_3 = \sum M_{zO_3}(F_k) = Q_1' R_3 + M - Q_2 r_3 = Q_1' 3r + Pr - Q_2 r ,$$

Момент инерции барабана относительно оси $z$: $J_{zO_3} = m_3 i_3^2 = \dfrac{9Pr^2}{g}$;

Каток 2 совершает плоскопараллельное движение. К нему приложена сила тяжести $\vec{P}_2$, сила $\vec{F}$, реакция нити $\vec{Q}_2'$, нормальная реакция $\vec{N}_2$ наклонной плоскости и сила $\vec{F}_{\text{сц}}$ сцепления диска с поверхностью (рис. 5.22, *с*).

Выберем ось $x_2$ по направлению движения центра масс катка 2. Плоскопараллельное движение катка описывается уравнениями движения его центра масс в проекции на ось $x_2$ и вращения вокруг оси, походящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска:

$$m_2 a_C = Q_2' - F - F_{\text{сц}} - P_2 \cos 60^\circ = Q_2' - 3P - F_{\text{сц}} - P ;$$

$$J_C \varepsilon_2 = Q_2' R_2 + F_{\text{сц}} R_2 = Q_2' 2r + F_{\text{сц}} 2r , \quad J_C = \frac{m_2 R_2^2}{2} .$$

При составлении второго уравнения момент силы считается положительным, если он создаёт поворот в сторону вращения катка.

К системе четырех уравнений, описывающих движения тел в системе, необходимо добавить уравнения связей между ускорениями точек и угловыми ускорениями тел. Предположим, скорость центра масс катка 2 равна $V_C$ (см. рис. 5.22, *c*). Угловая скорость катка $\omega_2 = \dfrac{V_C}{CK_2} = \dfrac{V_C}{R_2}$, где $CK_2$ – расстояние от центра масс катка 2 до его мгновенного центра скоростей. Продифференцировав по времени последнее равенство, получим: $\varepsilon_2 = \dot{\omega}_2 = \dfrac{\dot{V}_C}{R_2} = \dfrac{a_C}{2r}$.

Скорость точки *B* катка 2 $V_B = \omega_2 \cdot BK_2 = 2V_C$. Приравняв скорость точки *A* к скорости точки *B* (см. рис. 5.21), получим: $2V_C = V_B = V_A = \omega_3 r_3 = \omega_3 r$, откуда $\omega_3 = \dfrac{2V_C}{r}$. После дифференцирования найдём: $\varepsilon_3 = \dfrac{2a_C}{r}$.

Скорость груза 1 связана со скоростью центра масс катка 2 следующим образом: $V_1 = V_D = \omega_3 R_3 = \dfrac{2V_C}{r} 3r = 6V_C$. Тогда ускорение груза 1 $a_1 = 6a_C$.

После подстановки уравнений связи в уравнения движения с учётом равенства модулей сил $\vec{Q}_1'$ и $\vec{Q}_1$, а также $\vec{Q}_2$ и $\vec{Q}_2'$ получим систему:

$$\frac{12P}{g} a_C = 2P - Q_1; \quad \frac{18P}{g} a_C = 3Q_1 + P - Q_2,$$

$$\frac{2P}{g} a_C = Q_2 - 4P - F_{\text{сц}}; \quad \frac{P}{g} a_C = Q_2 + F_{\text{сц}},$$

откуда находим: $a_C = 0{,}09g$, $Q_1 = 0{,}92P$, $Q_2 = 2{,}14P$.

Динамические реакции $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, действующие на ось вращающегося барабана 3 (рис. 5.22, *b*), определяются из уравнений, которые можно получить, формально применив к барабану теорему о движении центра масс. Так как центр масс барабана 3 неподвижен, его ускорение равно нулю, $a_{O_3} = 0$. Тогда уравнения движения его центра масс в проекциях на оси *x*, *y* имеют вид:

$$m_3 a_{O_3 x} = X_3 - Q_2 \cos 30^\circ = 0;$$

$$m_3 a_{O_3 y} = Y_3 - Q_1 - P_3 - Q_2 \cos 60^\circ = 0.$$

Подставляя значения $Q_1 = 0{,}92P$ и $Q_2 = 2{,}14P$, находим составляющие реакции оси барабана 3: $X_3 = Q_2 \cos 30^\circ = 1{,}85P$, $Y_3 = Q_1 + P_3 + Q_2 \cos 60^\circ = 4{,}98P$.

Полная величина реакции оси барабана 3: $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2} = 5{,}31P$.

**Задача 62.** Подъёмное устройство (рис. 5.23) состоит из однородного диска 1 массой $m_1$, радиусом $r_1$, ступенчатого диска 2 массой $m_2 = 3m_1$, радиусом $R_2 = 4r_1$ и радиусом ступеньки $r_2 = r_1$ и груза 3 массой $m_3 = 2m_1$. Система движется из состояния покоя в вертикальной плоскости под действием сил тяжести и пары сил с моментом $M = m_1 g r_1$, приложенной к диску 1. Определить ускорение груза 3 и натяжение нити груза 3, если радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, походящей через центр масс, перпендикулярно плоскости диска 2, $i_{2C} = 2r_1$.

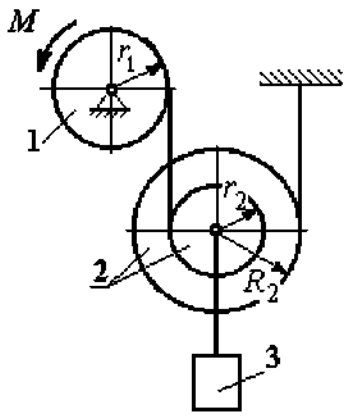


Рис. 5.23. Конструкция подъёмного устройства

Решение задачи осуществить с применением теоремы об изменении кинетической энергии системы и проверить его методом динамического расчёта, составляя уравнения движения тел, входящих в систему.

*Решение*

1. Для неизменяемой системы (состоящей из абсолютно твёрдых тел, соединённых нерастяжимыми нитями), движущейся из состояния покоя, теорема об изменении кинетической энергии на конечном перемещении имеет вид $T = \sum A(\bar{F}_k^e)$. Схема движения механизма в предположении, что груз 3 опускается, показана на рис. 5.24.

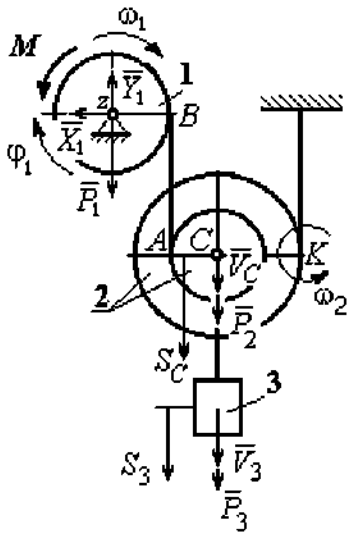


Рис. 5.24. Схема движения механизма

Диск 1 вращается вокруг неподвижной оси $z$. Кинетическая энергия диска 1: $T_1 = \frac{J_{1z}\omega_1^2}{2}$, где момент инерции диска $J_{1z} = \frac{m_1 r_1^2}{2}$.

У диска 2 плоскопараллельное движение. Кинетическая энергия диска 2: $T_2 = \frac{m_2 V_C^2}{2} + \frac{J_{2C}\omega_2^2}{2}$, где $V_C$ – скорость центра масс диска 2. Момент инерции диска 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно движению диска, $J_{2C} = m_2 i_{2C}^2$.

Кинетическая энергия груза 3: $T_3 = \frac{m_3 V_3^2}{2}$.

Энергия механизма равна сумме энергий тел, входящих в систему:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 = \frac{J_{1z}\omega_1^2}{2} + \frac{m_2 V_C^2}{2} + \frac{J_{2C}\omega_2^2}{2} + \frac{m_3 V_3^2}{2}.$$

Выразим угловые скорости дисков 1 и 2 и скорость центра масс диска 2 через скорость груза 3.

Скорость центра масс диска 2 равна скорости груза 3, $V_C = V_3$. Угловая скорость диска 2 $\omega_2 = \frac{V_C}{CK} = \frac{V_3}{R_2}$, где $CK$ – расстояние от центра диска 2 до его мгновенного центра скоростей.

Скорость точки $B$ нити равна скорости точки $A$. Из равенства $\omega_1 r_1 = \omega_2 (R_2 + r_2)$ найдём: $\omega_1 = \dfrac{(r_2 + R_2)}{r_1}\omega_2 = \dfrac{(r_2 + R_2)}{r_1}\dfrac{V_3}{R_2}$.

Подставляя найденные зависимости в выражение энергии системы, получим кинетическую энергию механизма:

$$T = \frac{V_3^2}{2}\left[\frac{m_1}{2}\left(1+\frac{r_2}{R_2}\right)^2 + m_2\left(1+\frac{i_{2C}^2}{R_2^2}\right) + m_3\right] = \frac{209}{64}m_1 V_3^2.$$

Во время движения механизма работу совершают силы тяжести $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и пара сил с моментом $M$. Перемещения $S_C$ и $S_3$ точек приложения сил $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и угол $\varphi_1$ поворота диска 1 показаны на рис. 5.24.

Сумма работ сил $\sum A(\vec{F}_k^e) = P_3 S_3 + P_2 S_C - M\varphi_1$. Работа момента отрицательная, так как заданное направление момента противоположно выбранному направлению вращения колеса 1.

Выразим перемещение центра масс диска 2 и угол поворота диска 1 через перемещение груза 3. Проинтегрировав равенство скоростей $V_3 = V_C$, получим равенство перемещений: $S_3 = S_C$. Аналогично, из равенства $\omega_1 = \dfrac{(r_2 + R_2)}{r_1}\dfrac{V_3}{R_2}$ следует соотношение $\varphi_1 = \dfrac{(r_2 + R_2)}{r_1}\dfrac{S_3}{R_2}$.

В итоге суммарная работа внешних сил в механизме:

$$\sum A(\vec{F}_k^e) = \left[P_3 + P_2 - M\frac{(r_2 + R_2)}{r_1 R_2}\right]S_3 = \frac{15}{4}m_1 g S_3.$$

Составляя уравнение теоремы об изменении кинетической энергии системы, получим равенство:

$$\frac{209}{64}m_1 V_3^2 = \frac{15}{4}m_1 g S_3 \text{ или } V_3^2 = \frac{240}{209}g S_3.$$

Продифференцируем последнее равенство. Получим: $2V_3\dfrac{dV_3}{dt}=\dfrac{240}{209}g\dfrac{dS_3}{dt}$. Так как $\dfrac{dS_3}{dt}=V_3$, а $\dfrac{dV_3}{dt}=a_3$, находим ускорение груза 3: $a_3=\dfrac{120}{209}g$ м/с$^2$.

Для того чтобы найти натяжение нити груза 3, необходимо написать уравнение его движения. Выделим груз 3 из системы, заменив действие нити её реакцией $H_3$. Выберем ось $x$ по направлению движения груза. Применим к описанию движения груза теорему о движении центра масс, написав её проекцию на ось $x$: $m_3a_3=P_3-H_3$, где $H_3$ –реакция нити. При известном ускорении $a_3$ находим реакцию нити $H_3=\dfrac{178}{209}m_1g$. Натяжение нити численно равно реакции, но направлено в противоположную сторону.

**2**. Для решения задачи вторым способом – путём составления уравнений движения тел, входящих в состав механизма, освободим тела от связей и заменим их реакциями. На рис. 5.25 изображены силы и реакции, действующие на каждое тело, после освобождения его от связей, а также направления угловых ускорений тел и ускорения центров масс.

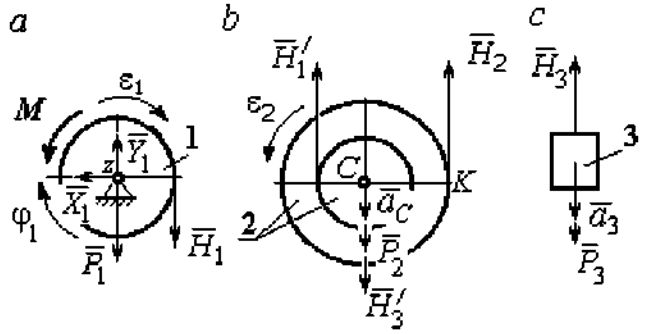


Рис. 5.25. Внешние силы и реакции связей, действующие на тела системы

Диск 1 вращается вокруг неподвижной оси $z$. На диск действует сила тяжести $\vec{P}_1$, реакция подшипника $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$, пара сил с моментом $M$ и реакция нити $\vec{H}_1$. Вращение диска описывается уравнением: $J_{1z}\varepsilon_1=\sum M_z(F_k)=H_1r_1-M$. Момент инерции диска 1 относительно оси $z$, $J_{1z}=\dfrac{m_1r_1^2}{2}$.

Диск 2 (рис. 5.25, *b*) совершает плоскопараллельное движение. К нему приложена сила тяжести $\vec{P}_2$ и реакции нитей $\vec{H}_1'$, $\vec{H}_2$ и $\vec{H}_3'$. Плоскопараллельное движение диска 2 описывается уравнением движения его центра масс в проекции

на вертикальную ось и уравнением вращения диска вокруг оси, походящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска:

$$m_2 a_C = P_2 - H_1' - H_2 + H_3'; \;\; J_{2C}\varepsilon_2 = H_2 R_2 - H_1' r_2 .$$

Момент инерции диска 2 $J_{2C} = m_2 i_{2C}^2$. При составлении уравнения вращательного движения диска 2 момент силы считается положительным, если он создаёт поворот в сторону вращения диска.

Груз 3 совершает поступательное движение. К нему приложены сила тяжести $\vec{P}_3$ и реакция нити $\vec{H}_3$ (рис. 5.25, *с*). Уравнение движения груза 3 в проекции на вертикальную ось, направленную в сторону его движения, имеет вид:

$$m_3 a_3 = P_3 - H_3 ,$$

Выразим угловые ускорения дисков 1 и 2 и ускорение центра масс диска 2 через ускорение груза 3. Для этого нужно продифференцировать соответствующие кинематические соотношения между скоростями. Так, из найденных ранее выражений: $V_3 = V_C$, $\omega_2 = \dfrac{V_3}{R_2}$, $\omega_1 = \dfrac{(r_2 + R_2)}{r_1}\dfrac{V_3}{R_2}$ следует:

$a_3 = a_C$, $\varepsilon_2 = \dfrac{a_3}{R_2}$, $\varepsilon_1 = \dfrac{(r_2 + R_2)}{r_1}\dfrac{a_3}{R_2}$.

Подставляя кинематические соотношения между ускорениями в уравнения движения тел с учётом равенства модулей сил $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_1'$, а также $\vec{H}_3$ и $\vec{H}_3'$, получим систему уравнений, описывающих движение звеньев механизма:

$$\frac{5}{8} m_1 a_3 = H_1 - m_1 g; \;\; 3m_1 a_3 = 3m_1 g - H_1 - H_2 + H_3;$$

$$3m_1 a_3 = 4H_2 - H_1; \;\; 2m_1 a_3 = 2m_1 g - H_3 .$$

Решая систему, найдём $a_3 = \dfrac{120}{209} g$ м/с$^2$, $H_3 = \dfrac{178}{209} m_1 g$. Выражения ускорения $a_3$ груза 3 и натяжения нити $H_3$ совпадают с аналогичными

выражениями, полученными в пункте 1 при решении данной задачи с применением теоремы об изменении кинетической энергии.

## Упражнения

Упражнение 5.5. Система состоит из двух катков 1 и 2, соединённых невесомым стержнем (рис. 5.26). Каток 1 весом $P$, радиуса $r$. Каток 2 весом $2P$, радиуса $3r$ имеет цилиндрический выступ радиуса $r$. Невесомый стержень, параллельный плоскости качения катков, закреплён в центре катка 1 и передаёт движение катка 1 катку 2 в верхней точке вертикального диаметра цилиндрического выступа без проскальзывания. Качение катков без скольжения. К катку 1 приложена пара сил с моментом $M = 4Pr$. В центре масс катка 2 приложена сила $F = 2P$. Радиус инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр катка перпендикулярно плоскости движения, $i_2 = r\sqrt{2}$. Найти ускорение центра масс катка 1 и реакцию стержня.

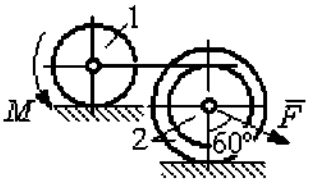


Рис. 5.26. Система катков

Упражнение 5.6. С помощью подъёмного устройства (рис. 5.27) производится подъём груза 1. Нить, закреплённая одним концом на неподвижной поверхности, спускается, охватывает снизу блок 2 массы $m_2 = m$, радиуса $r$, затем поднимается и проходит параллельно горизонтальной плоскости, где к концу её привязан груз 3 массы $m_3 = m$, передвигающийся по плоскости под действием силы $F = 2{,}5mg$. Нити, удерживающие блок 2, вертикальны. Груз 1 массы $m_1 = 3m$ прикреплён к оси блока 2. Найти ускорение груза 1 и натяжения нитей, удерживающих блок 2.

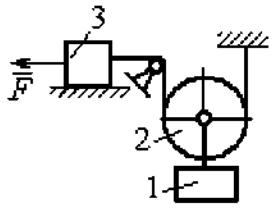


Рис. 5.27. Подъёмное устройство

Упражнение 5.7. Груз 1 массы $m_1 = m$, спускается вниз по наклонной плоскости без трения (рис. 5.28). Нить, прикреплённая к грузу 1, другим своим концом намотана на барабан катка 2 радиуса $R = 2r$ и при движении груза заставляет барабан катиться по горизонтальной поверхности цилиндрическим выступом радиуса $r$. Качение происходит без проскальзывания. К центру катка привязана другая нить, посредством которой каток тащит за собой груз 3 массы $m_3 = 2m$, скользящий по горизонтальной поверхности без трения. Масса катка $m_2 = 3m$, радиус инерции катка относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения $i_2 = r\sqrt{3}$. По касательной к ободу катка 2 приложена сила $F = mg$ (точка приложения силы см. рис. 5.28). Определить ускорение груза 1 и натяжения нитей.

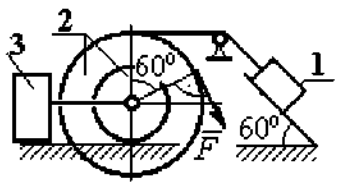


Рис. 5.28. Схема движения механической системы

# 6. ПРИНЦИПЫ МЕХАНИКИ

## 6.1. Принцип Даламбера для системы

**Силой инерции** материальной точки называют векторную величину, модуль которой равен произведению массы точки на модуль её ускорения. Направлен вектор силы инерции точки в сторону, противоположную ускорению $\vec{R}^{\text{и}} = -m\vec{a}$, где $m$ – масса точки; $\vec{a}$ – вектор ускорения точки.

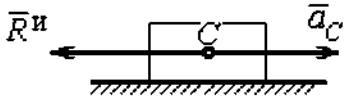


Рис. 6.1. Главный вектор сил инерции при поступательном движении твердого тела

При поступательном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ главный вектор сил инерции $\vec{R}^{\text{и}}$ по модулю $R^{\text{и}} = ma_C$, приложен в центре масс тела и направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$ (рис. 6.1).

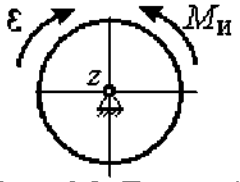


Рис. 6.2. Главный момент сил инерции при вращении тела вокруг оси, проходящей через центр масс

При вращении тела вокруг неподвижной оси $z$, проходящей через центр масс, главный вектор сил инерции обращается в нуль. Главный момент $\vec{M}^{\text{и}}$, сил инерции относительно оси вращения равен по величине $M^{\text{и}} = J_z\varepsilon$, где $J_z$ – момент инерции тела относительно оси $z$; $\varepsilon$ – угловое ускорение тела. Направлен главный момент сил инерции в сторону, противоположную угловому ускорению (рис. 6.2).

При плоскопараллельном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ и угловым ускорением $\varepsilon$ главный вектор сил инерции $\vec{R}^{\text{и}}$ равен по модулю $R^{\text{и}} = ma_C$, приложен в центре масс тела и направлен в сторону, противоположную ускорению центра масс $\vec{a}_C$ (рис. 6.3).

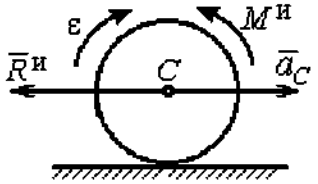


Рис. 6.3. Главный вектор и главный момент сил инерции при плоскопараллельном движении твердого тела

Главный момент сил инерции $\vec{M}^{\text{и}}$ относительно оси, проходящей через центр масс тела перпендикулярно плоскости движения: $M^{\text{и}} = J_C\varepsilon$, где $J_C$ – момент инерции тела относительно оси вращения, и направлен в сторону, противоположную угловому ускорению.

Если в любой момент времени к каждой из точек системы кроме действующих на нее внешних сил присоединить соответствующие силы инерции, то полученная система сил будет уравновешенной.

**Принцип Даламбера** даёт возможность составлять уравнения движения механической системы в виде уравнений равновесия (метод кинетостатики):

$$\sum \vec{F}_k^e + \vec{R}^{\text{и}} = 0,\ \sum \vec{M}_O(\vec{F}_k^e) + \vec{M}_O^{\text{и}} = 0,$$

где $\vec{F}_k^e$ –внешние силы, действующие на систему; $\vec{R}^{\text{и}}$ – главный вектор сил инерции; $\vec{M}_O(\vec{F}_k^e)$, $\vec{M}_O^{\text{и}}$ – моменты внешних сил и главный момент сил инерции относительно произвольного центра $O$.

## Примеры решения задач на применение принципа Даламбера

**Задача 63**. Груз 1 массы $m_1$ = 10 кг спускается вниз по наклонной грани клина, образующей угол 60° с горизонтом, и посредством нити, переброшенной через блок 2, укреплённый в верхней точке клина, приводит в движение груз 3 массы $m_3$ = 5 кг (рис. 6.4). Клин $ABC$ массы $m_4$ = 15 кг стоит гранью $AC$ на горизонтальной гладкой поверхности и упирается в выступ $E$.

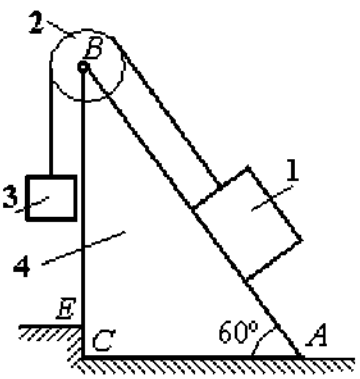


Рис. 6.4. Клин с грузами

Найти давление клина на выступ. Массой блока 2 и нити пренебречь.

*Решение*

Выберем систему, состоящую из клина $ABC$, блока 2, грузов 1 и 3 и нити, соединяющей грузы. Внешние силы, действующие на систему, – силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_3$ и $\vec{P}_4$ грузов 1, 3 и клина 4, горизонтальная реакция $\vec{R}_x$ упора клина в

выступ и вертикальная реакция $\vec{R}_y$ опоры на горизонтальную поверхность. Реакция нити, реакция опоры груза 1 на наклонную поверхность клина и реакция шарнира $B$ блока 2 для данной системы являются внутренними.

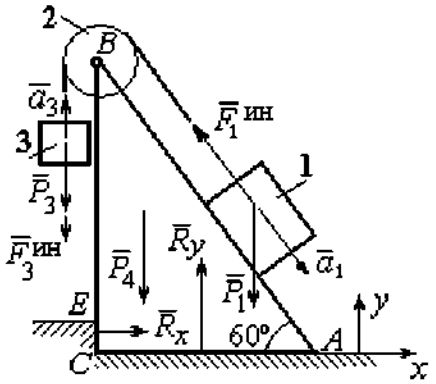


Рис. 6.5. Внешние силы и силы инерции, действующие на систему

Допустим, груз 1 движется вниз, груз 3 – вверх. Приложим силы инерции. Направления ускорений грузов и сил инерции показаны на рис. 6.5.

В соответствии с принципом Даламбера, полученная система сил находится в равновесии. Условие равновесия: $\sum \vec{F}_k^e + \vec{F}_1^{ин} + \vec{F}_3^{ин} = 0$.

Выберем оси $xy$, как показано на рис. 6.5, и спроектируем векторное равенство на ось $x$. Получим: $R_x - F_1^{ин}\cos 60° = 0$, где модуль силы инерции $F_1^{ин} = m_1 a_1$.

Найдём ускорение груза 1. С этой целью рассмотрим отдельно движение грузов 1 и 3 (рис. 6.6 *a*, *b*).

Рассматривая груз 1 как отдельную систему, изобразим внешние силы: силу тяжести $\vec{P}_1$, реакцию нити $\vec{T}'$ и реакцию опоры $\vec{N}$ (см. рис. 6.6, *b*). Присоединим силу инерции $\vec{F}_1^{ин}$ и составим уравнение равновесия полученной системы сил в проекции на ось $x$, расположенную вдоль наклонной грани клина: $P_1 \sin 60° - T' - F_1^{ин} = 0$, где $F_1^{ин} = m_1 a_1$.

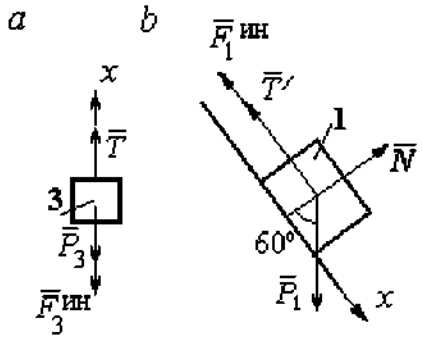


Рис. 6.6. Равновесие грузов

Для груза 3 внешними силами будут сила тяжести $\vec{P}_3$ и реакция нити $\vec{T}$. Присоединим к грузу 3 силу инерции $\vec{F}_3^{ин}$ (см. рис. 6.6, *a*) и составим уравнение

равновесия системы сил в проекции на ось $x$, выбранную по направлению движения груза 3: $T - P_3 - F_3^{\text{ин}} = 0$, где модуль силы инерции $F_3^{\text{ин}} = m_3 a_3$.

Решая полученную систему с учётом, что модули реакций нити и модули ускорений грузов равны: $T = T'$ и $a_1 = a_3$, находим ускорение грузов. Получим: $a_1 = a_3 = \dfrac{(m_1 \sin 60^\circ - m_3)g}{m_1 + m_3}$. Тогда давление клина на уступ:

$$R_x = F_1^{\text{ин}} \cos 60^\circ = m_1 g \frac{(m_1 \sin 60^\circ - m_3)}{(m_1 + m_3)} \cos 60^\circ .$$

Подставляя данные из условия задачи, найдём $R_x$ = 11,97 Н.

**Задача 64.** Для подъёма грузов используется лебёдка со ступенчатым воротом, изображённая на рис. 6.7. Радиусы большой и малой ступенек барабана ворота $r_1$ и $r_2$, радиус инерции барабана относительно оси вращения $i_3$. Лебёдка установлена на горизонтальной балке $AB$, которая закреплена в точке $A$ на неподвижном цилиндрическом шарнире и опирается на каток в точке $B$. Груз 1 поднимается на верёвке, навитой на большую ступеньку ворота. На малой ступеньке барабана ворота закреплена другая верёвка, удерживающая противовес 2. К барабану лебёдки приложен постоянный вращающий момент $M_{\text{вр}}$.

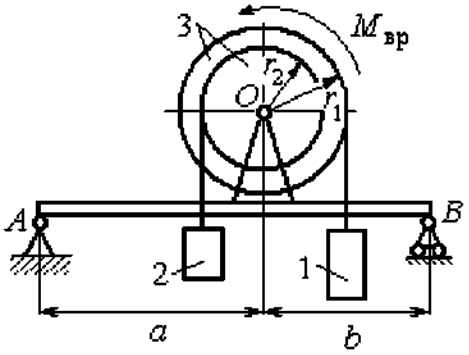


Рис. 6.7. Лебёдка на балке

Найти реакции опор балки во время движения груза, если радиусы ступенек барабана $r_1$ = 0,8 м, $r_2$ = 0,2 м, радиус инерции барабана относительно оси вращения $i_3$ =0,6 м, масса груза 1 $m_1$ = 100 кг, противовеса 2 $m_2$ =30 кг, масса барабана $m_1$ = 50 кг, величина вращающего момента $M_{\text{вр}}$ = 1050 Н·м, расстояния от крайних точек балки $A$ и $B$ до линии вертикального диаметра барабана $a$ = 2 м, $b$ = 1 м.

*Решение*

Выберем систему, включающую только барабан 3, грузы 1 и 2 и нити, связывающие грузы с барабаном (рис. 6.8). Внешние силы, действующие на эту систему, – пара сил, создающая вращающий момент $M_{вр}$, силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ грузов 1, 2 и барабана 3 и реакция $\vec{R}_O$ опоры барабана на шарнир в точке $O$. Натяжения нитей для данной системы являются внутренними и на рис. 6.8 не показаны.

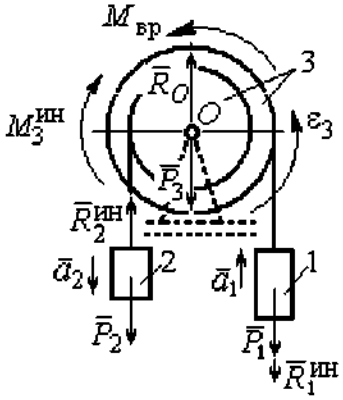



Рис. 6.8. Расчётная схема равновесия барабана

Приложим силы инерции. Направления главных векторов сил инерции $\vec{R}_1^{ин}$, $\vec{R}_2^{ин}$ и момента сил инерции $M_3^{ин}$ показаны на рис. 6.8.

Согласно принципу Даламбера, полученная система внешних сил и сил инерции является уравновешенной. Составим уравнения равновесия:

$$R_O + R_2^{ин} - P_2 - P_3 - P_1 - R_1^{ин} = 0;\ \ M_{вр} - M_3^{ин} - R_2^{ин} r_2 + P_2 r_2 - P_1 r_1 - R_1^{ин} r_1 = 0,$$

где $R_1^{ин} = m_1 a_1$, $R_2^{ин} = m_2 a_2$, $M_3^{ин} = J_{3O}\varepsilon_3$, $J_{3O} = m_3 i_3^2$.

Из второго уравнения с учётом кинематических соотношений: $\varepsilon_3 = \dfrac{a_1}{r_1}$ и $a_2 = \dfrac{r_2}{r_1} a_1$, найдём ускорение груза 1: $a_1 = \dfrac{r_1(M_{вр} + P_2 r_2 - P_1 r_1)}{m_3 i_3^2 + m_2 r_2^2 + m_1 r_1^2}$. Подставляя данные задачи, получим $a_1$ = 3,49 м/с$^2$.

Вычислим модули сил инерции $R_1^{ин} = m_1 a_1$=349 Н; $R_2^{ин} = m_2 a_2$ = 26,17 Н.

Подставляя модули сил инерции в первое уравнение условий равновесия, найдём реакцию опоры барабана на шарнир $O$:

$$R_O = -R_2^{ин} + P_2 + P_3 + P_1 + R_1^{ин} = 2088{,}63 \text{ Н}.$$

Для определения реакций опор балки $AB$ выберем объектом равновесия саму балку (рис. 6.9). На балку действуют сила $\vec{R}'_O$ давления со стороны шарнира $O$, реакция шарнира в точке $A$ (на рис. 6.9 разложенная на составляющие $\vec{R}_{Ax}$, $\vec{R}_{Ay}$) и реакция $\vec{R}_{By}$ опоры балки на шарнир в точке $B$. Составим уравнения равновесия балки:

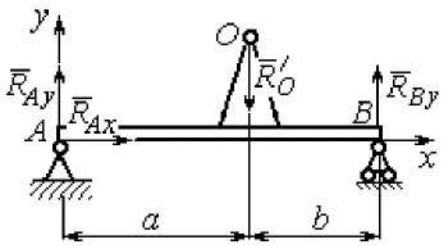


Рис. 6.9. Равновесие балки

$$\sum F_x = R_{Ax} = 0,\ \sum F_y = R_{Ay} - R'_O + R_{By} = 0,$$

$$\sum M_A(F) = R_{By}(a+b) - R'_O a = 0.$$

Решая систему с учётом того, что модули сил $\vec{R}'_O$ и $\vec{R}_O$ равны, найдём реакции опор балки: $R_{By} = R_O \dfrac{a}{a+b} = 1392{,}42$ Н; $R_{Ay} = R_O - R_{By} = 696{,}21$ Н.

Для сравнения реакции опор балки при неподвижном барабане $R_{By} = 1419{,}18$ Н, $R_{Ay} = 346{,}62$ Н.

### Упражнение

Упражнение 6.1. Груз 1 соединён с грузом 2 нерастяжимой нитью, переброшенной через неподвижный блок (рис. 6.10). Опускаясь вниз, груз 2 перемещает груз 1 по горизонтальной поверхности призмы 3 без трения. Призма стоит на горизонтальной гладкой поверхности и упирается левым краем в выступ. Определить силу давления призмы на пол, если массы грузов 1, 2 и призмы 3 одинаковы и равны $m$. Массой нити и блока пренебречь.

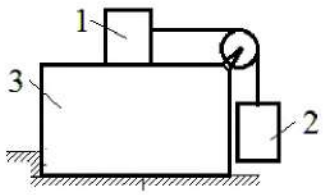


Рис. 6.10. Схема движения грузов в системе

## 6.2. Принцип возможных перемещений

**Возможными перемещениями** механической системы называют любую совокупность элементарных (бесконечно малых) перемещений точек системы из занимаемого в данный момент времени положения, которые допускаются всеми наложенными на систему связями.

**Идеальными связями** в механической системе называют такие связи, для

которых сумма элементарных работ их реакций на любом возможном перемещении равна нулю.

**Принцип возможных перемещений**.

Если все приложенные к точкам системы внешние и внутренние силы разделить на **активные силы** и **реакции связей**, то для равновесия механической системы с идеальными связями необходимо и достаточно, чтобы сумма элементарных работ всех активных сил была равна нулю на любом возможном перемещении системы: $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = 0$.

## Примеры решения задач на применение принципа возможных перемещений

**Задача 65**. В талевом механизме барабан 1 состоит из двух соосных жестко связанных валов (рис. 6.11). При поднятии груза верхний трос барабана 1 наматывается на вал большего радиуса $R_1$, нижний – сматывается с вала меньшего радиуса $r_1$.

Какой вращающий момент $M$, постоянный по величине, нужно приложить к барабану, чтобы уравновесить груз весом $P$, прикреплённый в центре блока 4. Массами блоков и троса пренебречь.

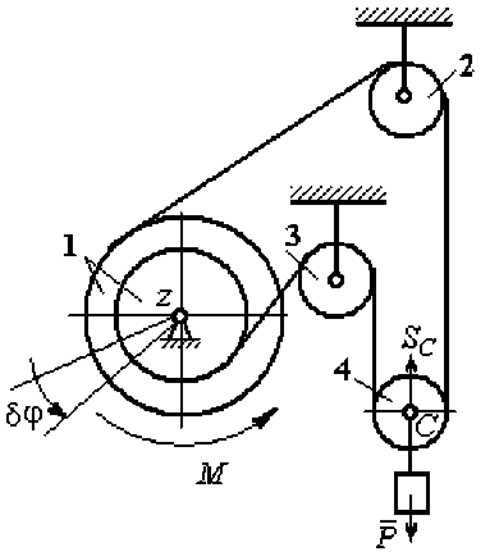



Рис. 6.11. Уравновешивание талевого механизма

*Решение*

Активными силами в системе являются сила тяжести груза $\vec{P}$ и уравновешивающий момент $M$. По принципу возможных перемещений для равновесия системы необходимо и достаточно выполнения условия:

$$\delta A(M) + \delta A(\vec{P}) = 0, \text{ или } M\delta\varphi_1 - P\delta S_C = 0.$$

где $\delta\varphi_1$ и $\delta S_C$ – возможные перемещения барабана и груза.

Найдём связь между перемещениями $\delta\varphi_1$ и $\delta S_C$. Предположим, в механизме осуществляется подъём груза. На рис. 6.12 показано построение мгновенного центра скоростей блока 4 – точки $K$. Здесь скорость точки $A$ блока 4 (рис. 6.12) равна скорости точек обода малого вала барабана 1, а скорость точки $B$ – скорости точек обода большого вала. Составим пропорцию $\frac{V_B}{V_A}=\frac{BK}{AK}=\frac{r_4+CK}{r_4-CK}$, где $r_4$ – радиус блока 4 (см. рис.6.12). Подставляя выражения для скоростей точек $A$ и $B$ $V_A=\omega_1 r_1$, $V_B=\omega_1 R_1$, найдём расстояние: $CK=\frac{(R_1-r_1)r_4}{R_1+r_1}$.

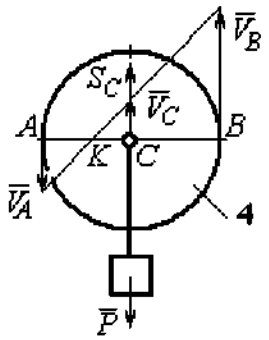


Рис. 6.12. Распределение скоростей точек блока 4

Угловая скорость блока 4 $\omega_4=\frac{V_B}{r_4+CK}=\frac{\omega_1(R_1+r_1)}{2r_4}$. Скорость его центра: $V_C=\omega_4\cdot CK=\frac{\omega_1(R_1-r_1)}{2}$. Выразим соотношение между скоростью точки $C$ и угловой скоростью барабана 1 в дифференциальной форме: $dS_C=d\varphi_1\frac{(R_1-r_1)}{2}$. Поскольку действительное перемещение является одним из возможных (т. е. $ds=\delta s$, $d\varphi=\delta\varphi$), получим связь между возможными перемещениями барабана 1 и груза: $\delta S_C=\frac{\delta\varphi_1(R_1-r_1)}{2}$.

Подставляя найденное соотношение в уравнение принципа возможных перемещений, представим его в окончательном виде: $M\delta\varphi_1-P\frac{\delta\varphi_1(R_1-r_1)}{2}=0$, откуда найдём значение уравновешивающего момента: $M=\frac{P(R_1-r_1)}{2}$.

**Задача 66.** Брус 1 весом $P_1 = P$ лежит на цилиндрическом катке 2 и на блоке 3 одинаковых радиусов $r$, и одинакового веса $P_2 = P_3 = 2P$ (рис. 6.13). Каток 2 катится без проскальзывания по наклонной плоскости с углом наклона 30° к горизонту. Блок 3 вращается вокруг неподвижной оси $z$ и к нему приложена пара сил с моментом $M = =Pr$. Каток и блок расположены так, что брус 1 параллелен наклонной плоскости.

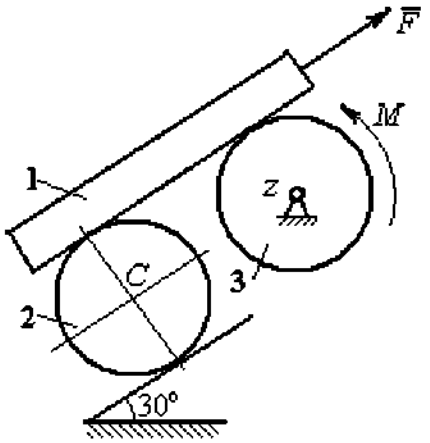


Рис. 6.13. Равновесие механической системы

Какую силу $F$, параллельную наклонной плоскости, нужно приложить к брусу 1, чтобы удержать его в равновесии. Скольжение между брусом и катком, брусом и блоком отсутствует.

*Решение*

Рассмотрим механизм, состоящий из бруса 1, катка 2 и блока 3. Активными силами, действующими на механизм, являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$ и $\vec{P}_3$ бруса, катка и блока, пара сил с моментом $M$, приложенная к блоку 3, и сила $\vec{F}$, приложенная к брусу. Связи в механизме идеальные, так как работа реакции $\vec{N}_2$ опоры катка 2 на плоскость, работа силы $\vec{F}_{сц}$ сцепления катка с плоскостью и работа реакции шарнира блока 3 при любом перемещении системы равны нулю. Направления векторов сил в системе показаны на рис. 6.14.

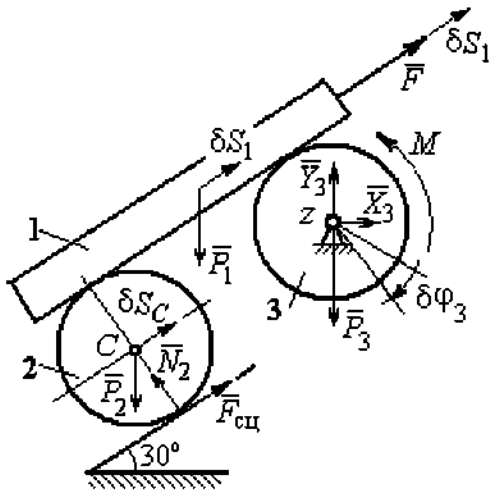


Рис. 6.14. Расчётная схема применения принципа возможных перемещений

Придадим системе возможное перемещение, сдвинув брус 1 на расстояние $\delta S_1$ вдоль линии действия силы $\vec{F}$, вверх по наклонной плоскости. Тогда центр

катка 2 переместится на расстояние $\delta S_C$, а блок 3 повернётся на элементарный угол $\delta\varphi_3$ (см. рис. 6.14).

Для определения условий равновесия применим к системе принцип возможных перемещений. Получим уравнение:

$$-P_1\delta S_1\cos 60^\circ - P_2\delta S_C\cos 60^\circ - M\delta\varphi_3 + F\delta S_1 = 0.$$

Выразим все перемещения через перемещение бруса $\delta S_1$. Допустим, скорость бруса равна $V_1$. Тогда $V_C = \frac{V_1}{2}$, и, следовательно, $\delta S_C = \frac{\delta S_1}{2}$.

Угловая скорость блока 3 $\omega_3 = \frac{V_1}{r}$, отсюда $\delta\varphi_3 = \frac{\delta S_1}{r}$.

Подставляя найденные соотношения в уравнение принципа возможных перемещений с учётом данных задачи, находим $F = 2P$.

**Задача 67.** Уравновешивание роликового катка 3 с противовесом 1 осуществляется с помощью пары сил с моментом $M$, приложенных к блоку 2.

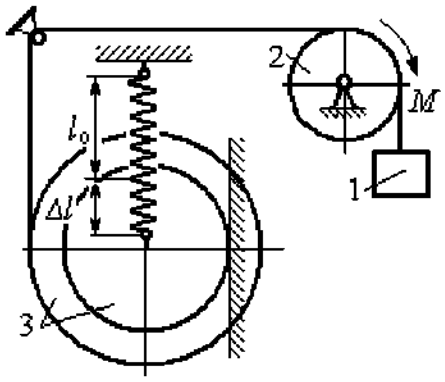



Рис. 6.15. Уравновешивание роликового катка

Каток состоит из двух соосных жестко связанных дисков (рис. 6.15) радиусов $r$ и $R = 2r$ с общей массой $3m$. Масса груза 1 равна $m$. При движении каток катится без скольжения по вертикальной поверхности, касаясь её диском меньшего радиуса. Вертикальная пружина с закреплённым верхним концом своим нижним концом удерживает каток за центр масс. Жесткость пружины $c = mg/r$.

Какой величины уравновешивающий момент $M$ приложен к блоку 2, если при равновесии катка пружина растянулась относительно недеформированного состояния на величину $\Delta l = r$.

*Решение*

Рассмотрим механическую систему, состоящую из груза 1, блока 2 и катка 3. Активными силами, действующими на механизм, являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$ и $\vec{P}_3$ – груза, блока и катка, пара сил с моментом $M$, приложенная к блоку 2, и сила $\vec{F}_{\text{упр}}$ упругости пружины, приложенная к центру катка. Реакциями связей в механизме являются: сила $\vec{F}_{\text{сц}}$ сцепления катка с плоскостью и реакция $\vec{R}_2$ шарнира блока 2.

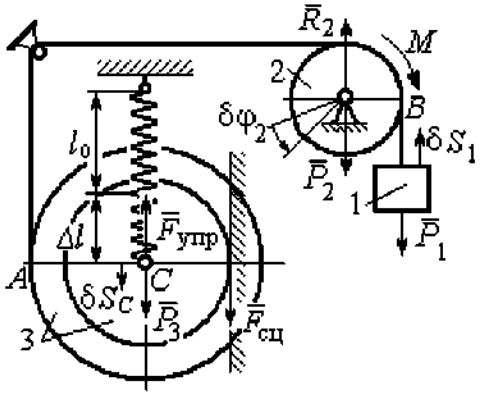


Рис. 6.16. Расчётная схема уравновешивания ролика

Реакция $\vec{N}_2$ опоры катка 2 на вертикальную плоскость равна нулю (на рис. 6.16 не показана).

Допустим, система находится в равновесии. Дадим центру катка возможное перемещение $\delta S_C$, направленное вертикально вниз. При этом блок 2 повернётся на угол $\delta\varphi_2$, а груз 1 получит бесконечно малое перемещение $\delta S_1$. Направления возможных перемещений показаны на рис. 6.16.

Составим уравнение принципа возможных перемещений:

$$P_3\delta S_C - F_{\text{упр}}\delta S_C + M\delta\varphi_2 - P_1\delta S_1 = 0,$$

где сила упругости в положении равновесия системы $F_{\text{упр}} = c\Delta l$.

Выразим перемещения $\delta\varphi_2$, $\delta S_1$ блока 2 и груза 1 через перемещение центра катка $\delta S_C$. Предположим, при возможном перемещении скорость центра масс катка равна $V_C$. Скорость груза 1 равна скорости точки $A$ на ободе большого диска катка: $V_1 = V_A = \dfrac{R+r}{r}V_C$. Здесь учтено, что точка касания катка с вертикальной поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Угловая скорость блока 2 $\omega_2 = \dfrac{V_A}{r} = \dfrac{R+r}{r^2}V_C$.

Представляя кинематические соотношения в дифференциальном виде, получим необходимые связи между возможными перемещениями:

$$\delta S_1 = \frac{R+r}{r}\delta S_C = 3\delta S_C;\ \ \delta\varphi_2 = \frac{R+r}{r^2}\delta S_C = \frac{3\delta S_C}{r}.$$

Окончательно уравнение принципа возможных перемещений выражается в виде: $P_3\delta S_C - c\Delta l\delta S_C + M\frac{3\delta S_C}{r} - P_1 3\delta S_C = 0$. Величина уравновешивающего момента $M = \frac{1}{3}mgr$.

## Упражнения

Упражнение 6.2. Штамповка деталей осуществляется при помощи рычажного пресса (рис. 6.17). Найти соотношение между силой $F$, приложенной к внешнему рычагу, и силой $Q$, сжимающей деталь $A$ вдоль центральной оси.

Длины рычагов $a$, $b$, $c$, $d$ показаны на рис. 6.17.

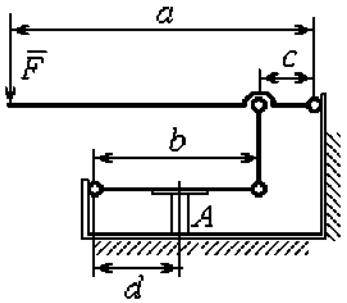


Рис. 6.17. Рычажный пресс

Упражнение 6.3. Конструкция состоит из двух валов, находящихся во внешнем зацеплении, и двух грузов, удерживающихся нитями, намотанными валы (рис. 6.18).

Радиус вала 1 $R_1 = r$. Вал 2 состоит из двух барабанов, жестко скреплённых на одной оси. Радиусы барабанов: $R_2 = 3r$, $r_2 = r$.

Найти величину уравновешивающего момента $M_2$, приложенного к валу 2, если к валу 1 приложена пара сил с моментом $M_1 = 2Pr$, а грузы 3 и 4 одинакового веса $P$.

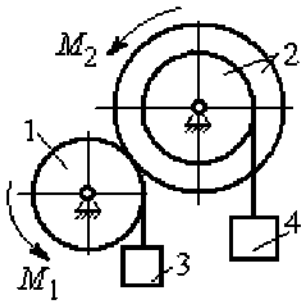


Рис. 6.18. Схема уравновешивания валов

## 6.3. Общее уравнение динамики

При движении механической системы с идеальными связями в каждый момент времени сумма элементарных работ активных сил и сил инерции на любом возможном перемещении равна нулю:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0,$$

где $\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}})$, $\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}})$ – элементарные работы активных сил и сил инерции, приложенных к точкам системы на её возможном перемещении.

При вычислении элементарных работ активных сил и сил инерции используют обычные формулы для вычисления работы сил на элементарном перемещении точек их приложения.

**Примеры решения задач на применение общего уравнения динамики**

**Задача 68.** Механическая система включает груз 1, ступенчатый диск 2 (каток), катящийся ступенькой по неподвижному рельсу, и однородный диск 3 (блок), вращающийся вокруг неподвижной оси, соединённых нерастяжимыми нитями (рис. 6.19). Качение ступенчатого диска происходит без скольжения. К грузу 1 приложена сила $\vec{F}$ под углом 30° к горизонтальному направлению движения груза. К блоку 3 приложена пара сил с моментом $M$. Найти закон движения центра масс катка 2 и реакцию шарнира блока 3 в момент времени $t$ = 1 с, если $P_1$ = 10 Н; $P_2$ = 20 Н; $P_3$ = 15 Н; $F = 5(t+1)$ Н; $M = 3(1+2t)$ Н·м; $R_2$ = 0,8 м; $r_2$ = 0,2 м; $R_3$ = 0,4 м; момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, $i_{2C}$ = 0,6 м.

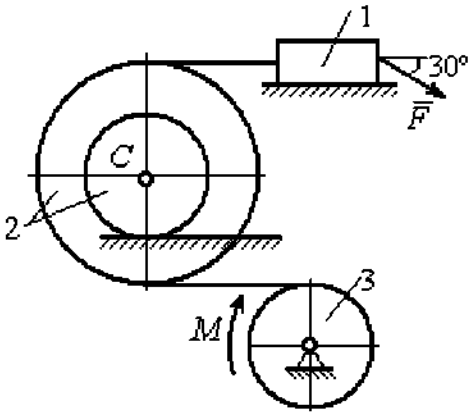


Рис. 6.19. Схема движения механической системы

*Решение*

В рассматриваемой механической системе активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, сила $\vec{F}$ и пара сил с моментом $M$ (рис. 6.20).

Реакциями связей являются нормальные реакции опор: $\vec{N}_1$, $\vec{N}_2$, сила сцепления катка 2 с неподвижной поверхностью $\vec{F}_{сц}$ и реакция шарнира $O$ блока 3 (на рис. 6.20 реакция показана в виде разложения на составляющие $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$). Связи идеальные, так как скольжение груза 1 происходит по гладкой поверхности, качение диска 2 без проскальзывания, а ось вращения блока 3 неподвижна.

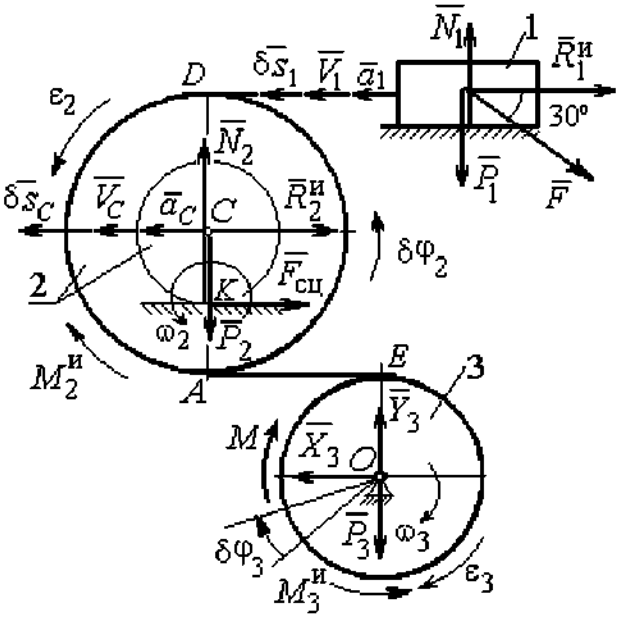



Рис. 6.20. Расчётная схема исследования движения механической системы

Предположим, система движется так, что блок 3 вращается с угловой скоростью $\omega_3$ и угловым ускорением $\varepsilon_3$ в направлении поворота, создаваемого моментом $M$. Соответствующие направления скорости $\vec{V}_C$ и ускорения $\vec{a}_C$ центра масс катка 2, его угловой скорости $\omega_2$ и ускорения $\varepsilon_2$, а также направление скорости $\vec{V}_1$ и ускорения $\vec{a}_1$ груза 1 показаны на рис. 6.20.

Присоединим к телам системы силы инерции. Главные векторы $\vec{R}_1^{и}$, $\vec{R}_2^{и}$ сил инерции груза 1 и катка 2 приложены в центрах масс груза и катка и направлены в сторону, противоположную ускорениям $\vec{a}_1$ и $\vec{a}_C$. Главные моменты $\vec{M}_2^{и}$, $\vec{M}_3^{и}$ сил инерции катка 2 и блока 3 направлены в сторону, противоположную угловым ускорениям $\varepsilon_2$ и $\varepsilon_3$.

Главные векторы и главные моменты сил инерции показаны на рис. 6.20.

Для механической системы с идеальными связями общее уравнение

динамики имеет вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0.$$

Угловая скорость катка 2 $\omega_2 = \dfrac{V_C}{CK} = \dfrac{V_C}{r_2}$. Здесь учтено, что в точке $K$ находится мгновенный центр скоростей катка (см. рис. 6.20). Скорость точки $E$ блока 3 равна скорости точки $A$ катка 2 (см. рис. 6.20):

$$V_E = V_A = \omega_2 \cdot AK = \omega_2 (R_2 - r_2) = V_C \frac{R_2 - r_2}{r_2}.$$

Угловая скорость блока 3 $\omega_3 = \dfrac{V_E}{R_3} = V_C \dfrac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}$.

Скорость груза 1 равна скорости точки $D$ катка 2:

$$V_1 = V_D = \omega_2 \cdot DK = \omega_2 (R_2 + r_2) = V_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}.$$

Соотношения между ускорениями определяются путем дифференцирования установленных кинематических равенств:

$$a_1 = a_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \quad \varepsilon_2 = \frac{a_C}{r_2}, \quad \varepsilon_3 = a_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Если выразить скоростные кинематические соотношения в дифференциальном виде, то, полагая действительное перемещение возможным (т. е. $ds = \delta s$, $d\varphi = \delta\varphi$), получим соотношения между перемещениями:

$$\delta s_1 = \delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \ \delta\varphi_2 = \frac{\delta s_C}{r_2}, \ \delta\varphi_3 = \delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Найдем элементарные работы активных сил.

Работы сил тяжести груза 1 и катка 2 равны нулю, так как перемещения точек приложения сил перпендикулярны векторам сил.

Работа силы тяжести блока 3 также равна нулю, поскольку точка приложения силы тяжести блока 3 не перемещается:

$$\delta A(\vec{P}_1) = P_1 \delta s_1 \cos 90^\circ = 0; \ \ \delta A(\vec{P}_2) = P_2 \delta s_C \cos 90^\circ = 0; \ \delta A(\vec{P}_3) = 0.$$

Работу совершают только пара сил с моментом $M$ и сила $\vec{F}$:

$$\delta A(\vec{M}) = M\delta\varphi_3 = M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2};$$

$$\delta A(\vec{F}) = F\delta s_1 \cos 150^\circ = -F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}\cos 30^\circ.$$

В результате сумма элементарных работ активных сил:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = \delta A(\vec{M}) + \delta A(\vec{F}) =$$

$$= M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2} - F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}\cos 30^\circ = (0{,}85 + 23{,}35t)\delta s_C .$$

Определим модули главных векторов и главных моментов сил инерции:

$$R_1^{\text{и}} = m_1 a_1 = \frac{P_1}{g}\frac{(R_2 + r_2)}{r_2} a_C, \quad R_2^{\text{и}} = m_2 a_C = \frac{P_2 a_C}{g};$$

$$M_2^{\text{и}} = J_{2C}\varepsilon_2 = \frac{P_2}{g} i_{2C}^2 \frac{a_C}{r_2};$$

$$M_3^{\text{и}} = J_{3O}\varepsilon_3 = \frac{P_3 R_3}{2g}\frac{(R_2 - r_2)}{r_2} a_C,$$

где $J_{2C}$ – момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, $J_{2C} = m_2 i_{2C}^2$; $i_{2C}$ – радиус инерции катка; $J_{3O}$ – осевой момент инерции блока 3, $J_{3O} = \frac{m_3 R_3^2}{2}$.

Найдем элементарные работы сил инерции:

$$\delta A(\vec{R}_1^{\text{и}}) = -R_1^{\text{и}}\delta s_1 = -\frac{P_1(R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{R}_2^{\text{и}}) = -R_2^{\text{и}}\delta s_C = -\frac{P_2 a_C}{g}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{M}_2^{\text{и}}) = -M_2^{\text{и}}\delta\varphi_2 = -\frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{M}_3^{\text{и}}) = -M_3^{\text{и}}\delta\varphi_3 = -\frac{P_3(R_2 - r_2)^2 a_C}{2gr_2^2}\delta s_C .$$

Сумма элементарных работ сил инерции:

$$\sum\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = -\frac{P_1(R_2 + r_2)^2 a_C}{gr_2^2}\delta s_C - \frac{P_2 a_C}{g}\delta s_C - \frac{P_2 i_2^2 a_C}{gr_2^2}\delta s_C -$$

$$-\frac{P_3(R_2 - r_2)^2 a_C}{2gr_2^2}\delta s_C = -52{,}75\, a_C\delta s_C, \text{ где } g = 9{,}81 \text{ м/с}^2.$$

С учетом проделанных вычислений общее уравнение динамики принимает вид: $\sum\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = (0{,}85 + 23{,}35t)\delta s_C - 52{,}75\, a_C\delta s_C = 0$, откуда найдём ускорение центра масс катка 2 как функцию времени:

$$a_C(t) = 0{,}02 + 0{,}45t .$$

Представляя ускорение $a_C$ в виде второй производной координаты движения центра масс $a_C = \ddot{s}_C$, получим дифференциальное уравнение $\ddot{s}_C = 0{,}02 + 0{,}45t$. Дважды проинтегрировав это уравнение с нулевыми начальными условиями, найдём закон движения центра масс:

$$s_C = 0{,}01t^2 + 0{,}075t^3 .$$

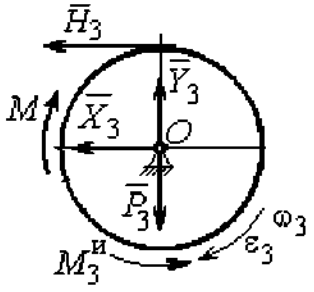


Рис. 6.21. Вращение блока 3

Рассмотрим вращательное движение блока 3, освободив его от связей. На блок действуют сила тяжести $\bar{P}_3$, реакция подшипника, разложенная на составляющие $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, пара сил с моментом $M$ и реакция нити $\vec{H}_3$ (рис. 6.21). Присоединим к блоку 3 силы инерции. При вращательном движении блока вокруг оси, проходящей через центр масс, главный вектор сил инерции равен нулю. Главный момент сил инерции $M_3^{\text{и}}$ направлен в сторону, противоположную угловому ускорению блока 3.

По принципу Даламбера система сил, приложенных к блоку 3, включая силы инерции, находится в равновесии. Составим уравнение равновесия в виде равенства нулю суммарного момента всех сил относительно оси вращения: $M - H_3 R_3 - M_3^{\text{и}} = 0$, откуда найдём реакцию нити: $H_3 = \dfrac{M}{R_3} - \dfrac{M_3^{\text{и}}}{R_3}$. Подставляя в уравнение величину модуля главного момента сил инерции блока 3 $M_3^{\text{и}}(1)$ = 0,7 Н·м и значение момента, приложенного к блоку 3, в момент времени $t$ = 1 с, $M(1)$ = 9 Н·м найдём реакцию нити $H_3(1)$= 20,75 Н.

Уравнения равновесия, составленные в виде проекций сил на вертикальную и горизонтальную оси (см. рис. 6.21), имеют вид:

$$X_3 + H_3 = 0,\ Y_3 - P_3 = 0.$$

Составляющие реакции шарнира блока 3 в момент времени $t$ = 1 с: $X_3$= – 20,75 Н, $Y_3$=15 Н. Полная реакция шарнира $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2}$ = 25,6 Н.

**Задача 69.** Груз 2 весом $P_2$, поднимаемый лебёдкой (рис. 6 22), подвешен в центре подвижного блока 3 весом $P_3$. Нерастяжимая нить одним концом прицеплена к грузу 1 весом $P_1$, лежащему на наклонной плоскости. Другой конец, переброшенный через невесомый блок $B$, охватывает снизу подвижный блок 3 радиуса $r$ и закреплён в вертикальном положении. К грузу 1 приложена сила $\vec{F}$, направленная вдоль наклонной плоскости.

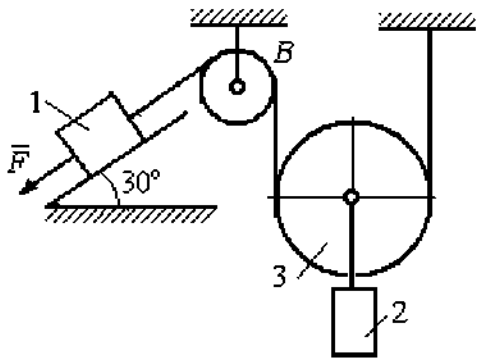


Рис. 6.22. Схема подъёмного устройства

Найти закон движения поднимаемого груза, если $P_1 = P_3 = P$, $P_2 = 3P$, $F = 2P$ и движение началось из состояния покоя.

*Решение*

Применим к решению задачи общее уравнение динамики. В данной механической системе активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и сила $\vec{F}$ (рис. 6.23). Реакциями связей являются реакция шарнира блока $B$ и

реакция опоры груза 1 (на рис. 6.23 не показаны). Связи идеальные, так как работа реакций связей равна нулю.

Предположим, груз 1 спускается вниз по наклонной плоскости с ускорением $a_1$. Приложим к телам системы силы инерции. Главные вектора сил инерции $\vec{R}_1^{\text{ин}}$ и $\vec{R}_2^{\text{ин}}$ грузов 1 и 2, движущихся поступательно, приложены в центрах масс грузов и направлены противоположно векторам ускорений тел. Главный вектор $\vec{R}_3^{\text{ин}}$ сил инерции блока 3 приложен в центре масс блока 3 и направлен противоположно вектору ускорения его центра масс. Главный момент сил инерции $M_3^{\text{ин}}$ относительно оси, проходящей через центр масс блока 3 перпендикулярно плоскости движения, направлен в сторону, противоположную направлению углового ускорения блока 3, совпадающего с направлением углового движения. Направления главных векторов и главного момента сил инерции тел показаны на рис. 6.23.

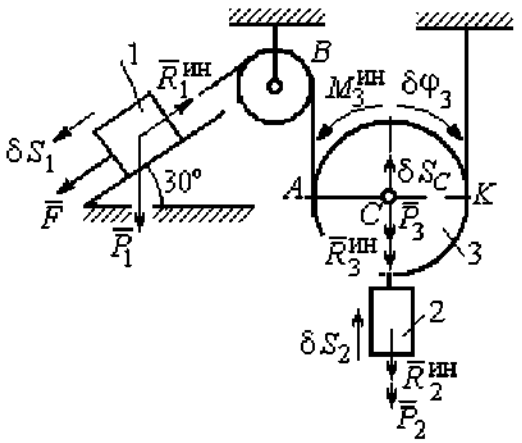



Рис.6.23. Активные силы и силы инерции, приложенные к системе

Дадим системе возможное перемещение, при котором груз 1 спустился вниз по наклонной плоскости на расстояние $\delta S_1$. В соответствии с приложенными в системе связями центр масс подвижного блока 2 и груз 2 переместились вверх на высоту $\delta S_C$, а сам блок повернулся на угол $\delta\varphi_3$ (см. рис. 6.23).

Составим общее уравнение динамики $\sum\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0$. Получим

$$F\delta S_1 + P_1\delta S_1\cos 60° - P_2\delta S_2 - P_3\delta S_C -$$

$$- R_1^{\text{ин}}\delta S_1 - R_2^{\text{ин}}\delta S_C - R_3^{\text{ин}}\delta S_C - M_3^{\text{ин}}\delta\varphi_3 = 0,$$

где модули сил инерции $R_1^{ин} = m_1 a_1$, $R_2^{ин} = m_2 a_2$, $R_3^{ин} = m_3 a_C$, $M_3^{ин} = \frac{m_3 r^2}{2}\varepsilon_3$.

Выразим перемещение $\delta S_2$ и ускорение $a_2$ груза 2, а также поворот $\delta\varphi_3$ и угловое ускорение $\varepsilon_3$ подвижного блока 3 через перемещение $\delta S_1$ и ускорение $a_1$ груза 1.

Угловая скорость блока 3 $\omega_3 = \frac{V_A}{AK} = \frac{V_1}{2r}$. Здесь учтено, что точка $K$ блока 3 является его мгновенным центром скоростей. Тогда, элементарный поворот блока $\delta\varphi_3 = \frac{\delta S_1}{2r}$, а его угловое ускорение $\varepsilon_3 = \frac{a_1}{2r}$.

Скорость центра масс блока 3 и скорость груза 2: $V_2 = V_C = \frac{V_1}{2}$. Из этого равенства следует, что: $\delta S_2 = \delta S_C = \frac{\delta S_1}{2}$, $a_2 = a_C = \frac{a_1}{2}$.

Подставляя найденные соотношения в общее уравнение динамики с учётом данных задачи, окончательно получим уравнение: $\frac{1}{2}P\delta S_1 = \frac{17}{8g}Pa_1\delta S_1$.

Отсюда $a_1 = \frac{4}{17}g = 0{,}23g$. Ускорение груза 2, $a_2 = \frac{a_1}{2} = 0{,}12g$.

Представим ускорение груза 2 в виде второй производной координаты его движения. Получим дифференциальное уравнение: $\ddot{S}_2 = 0{,}12g$. Дважды проинтегрировав его с нулевыми начальными условиями, найдём закон движения груза: $S_2 = 0{,}06gt^2$.

**Задача 70**. Грузы 1 и 2 весом $P_1 = 20$ Н и $P_2 = 30$ Н привязаны к нерастяжимой нити. Нить переброшена через неподвижные блоки $B$ и $D$ и охватывает снизу подвижный блок 3 весом $P_3 = 40$ Н (рис. 6.24). Определить ускорения грузов 1 и 2 и центра масс блока 3. Весом неподвижных блоков $B$ и $D$ пренебречь.

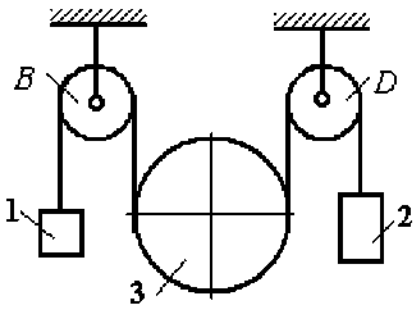


Рис. 6.24. Механическая система с двумя степенями свободы

*Решение*

В данной механической системе активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ (рис. 6.25), а реакциями связей – реакции шарниров блоков $B$ и $D$. Связи идеальные, так как оси вращения блоков $B$ и $D$ неподвижны.

Применим к решению задачи общее уравнение динамики. Система имеет две степени свободы. В этом случае общее уравнение динамики необходимо составлять для каждого из независимых перемещений.

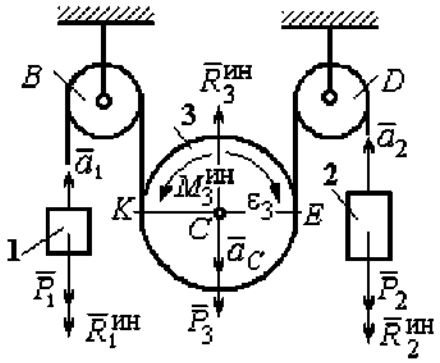


Рис.6.25. Активные силы и силы инерции, приложенные к системе

Предположим, система движется так, что оба груза 1 и 2 равноускоренно перемещаются вверх. Скорости грузов $\vec{V}_1$, $\vec{V}_2$, ускорения – $\vec{a}_1$ и $\vec{a}_2$. Блок 3 опускается вниз с ускорением центра $\vec{a}_C$, вращается и имеет угловое ускорение $\varepsilon_3$, направленное по ходу часовой стрелки (см. рис. 6.25).

Приложим к телам системы силы инерции (см. рис. 6.25). Модули сил инерции: $R_1^{\text{ИН}} = m_1 a_1$, $R_2^{\text{ИН}} = m_2 a_2$, $R_3^{\text{ИН}} = m_3 a_C$. Главный момент сил инерции блока 3 $M_3^{\text{ИН}} = J_{3C}\varepsilon_3$, где осевой момент инерции $J_{3C} = \dfrac{m_3 r^2}{2}$. Направления векторов сил и моментов сил инерции показаны на рис. 6.25.

Для вычисления углового ускорения блока 3 воспользуемся векторным представлением ускорения точки при плоскопараллельном движении тела.

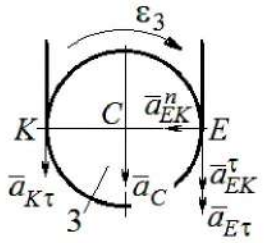


Рис. 6.26. Схема вычисления углового ускорения блока 3

Выберем точку $K$ за полюс. Ускорение точки $E$ определяется равенством $\vec{a}_E = \vec{a}_K + \vec{a}^{\,n}_{EK} + \vec{a}^{\,\tau}_{EK}$, где $\vec{a}_K$ – ускорение полюса $K$; $\vec{a}^{\,n}_{EK}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{EK}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки $E$ при вращении блока 3 вокруг полюса $K$ (рис. 6.26). Спроектируем векторное равенство на вертикальную ось $E\tau$. Получим: $a_{E\tau} = a_{K\tau} + a^{\tau}_{EK}$, где $a_{E\tau}$ и $a_{K\tau}$ – проекции ускорений точек $E$ и $K$ на вертикальную ось.

Поскольку модуль ускорения точки $K$ нити равен модулю ускорения груза 1, то $a_{K\tau} = a_1$. Модуль ускорения точки $E$ нити равен модулю ускорения груза 2 и $a_{E\tau} = a_2$. Так как $a^{\tau}_{EK} = \varepsilon_3 AK = \varepsilon_3 2r$, то $\varepsilon_3 = \dfrac{a_{E\tau} - a_{K\tau}}{2r} = \dfrac{a_2 - a_1}{2r}$.

Составляя такое же векторное уравнение для определения ускорения центра масс блока 3 (точки $C$) и проектируя его на вертикальную ось, найдём:

$$a_C = a_{K\tau} + a^{\tau}_{CK} = a_1 + \varepsilon_3 r = \frac{a_2 + a_1}{2}.$$

Выберем в качестве независимых координат $s_1, s_2$ – положения грузов 1 и 2, отсчитываемые от неподвижных осей вращения блоков $B$ и $D$. Возможные перемещения грузов обозначим $\delta s_1$ и $\delta s_2$.

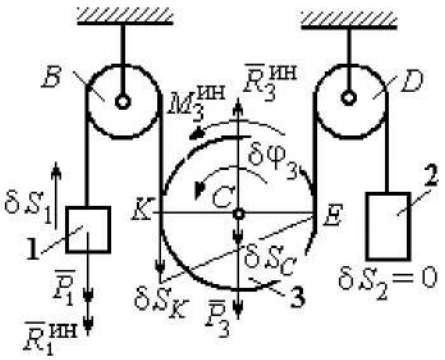


Рис.6.27. Движение системы при перемещении груза 1.

Дадим системе возможное перемещение, при котором груз 1 поднимается вверх на расстояние $\delta s_1$, а груз 2 – неподвижен. При таком движении нить, соединяющая груз 2 с блоком 3, неподвижна вплоть до точки $E$ (рис. 6.27).

Вращение блока 3 происходит против направления хода часовой стрелки. Точка $E$ является мгновенным центром скоростей блока 3, и угловая скорость блока $\omega_3 = \frac{V_K}{2r} = \frac{V_1}{2r}$. Скорость центра масс блока $V_C = \frac{1}{2}V_1$. Тогда элементарный поворот блока 3 $\delta\varphi_3 = \frac{\delta s_1}{2r}$ и элементарное перемещения центра масс $\delta s_C = \frac{1}{2}\delta s_1$

.

На данном возможном перемещении работу совершают как активные силы – силы тяжести $\vec{P}_1$ и $\vec{P}_3$ груза 1 и блока 3, так и силы инерции – $\vec{R}_1^{\text{ин}}$, $\vec{R}_3^{\text{ин}}$ и пара сил инерции с моментом $M_3^{\text{ин}}$.

Составим общее уравнение динамики:

$$\sum \delta A\left(\vec{F}_k^{\text{акт}}\right) + \sum \delta A\left(\vec{R}_k^{\text{ин}}\right) = -P_1\delta s_1 + P_3\delta s_C - R_1^{\text{ин}}\delta s_1 - R_3^{\text{ин}}\delta s_C + M_3^{\text{ин}}\delta\varphi_3 = 0.$$

Здесь работа сил инерции

$$R_1^{\text{ин}}\delta s_1 = m_1 a_1 \delta s_1, \quad R_3^{\text{ин}}\delta s_C = m_3 a_C \delta s_C = \frac{P_3}{g}\left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right)\cdot\frac{1}{2}\delta s_1;$$

$$M_3^{\text{ин}}\delta\varphi_3 = J_{3C}\varepsilon_3\delta\varphi_3 = \frac{P_3 r^2}{2g}\cdot\frac{a_2 - a_1}{2r}\cdot\frac{\delta s_1}{2r}.$$

В результате общее уравнение динамики представляется выражением

$$-P_1\delta s_1 + \frac{1}{2}P_3\delta s_1 - \frac{P_1}{g}a_1\delta s_1 - \frac{P_3}{g}\left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right)\cdot\frac{1}{2}\delta s_1 + \frac{P_3 r^2}{2g}\cdot\frac{a_2 - a_1}{2r}\cdot\frac{\delta s_1}{2r} = 0,$$

которое преобразуется к виду:

$$(3P_3 + 8P_1)a_1 + P_3 a_2 = (4P_3 - 8P_1)g.$$

Дадим системе другое независимое возможное перемещение, при котором груз 2 движется вверх ($\delta s_2 \neq 0$), а груз 1 неподвижен ($\delta s_1 = 0$).

При этом перемещении нить, соединяющая груз 1 и блок 3 неподвижна вплоть до точки $K$ (рис. 6.28). Вращение блока 3 происходит по направлению хода часовой стрелки. Точка $K$ является мгновенным центром скоростей блока 3.

Тогда $\omega_3 = \frac{V_E}{2r} = \frac{V_2}{2r}$ и скорость центра масс блока $V_C = \frac{1}{2}V_2$. Элементарный поворот блока 3 $\delta\varphi_3 = \frac{\delta s_2}{2r}$ и перемещение центра масс $\delta s_C = \delta s_E = \frac{1}{2}\delta s_2$.

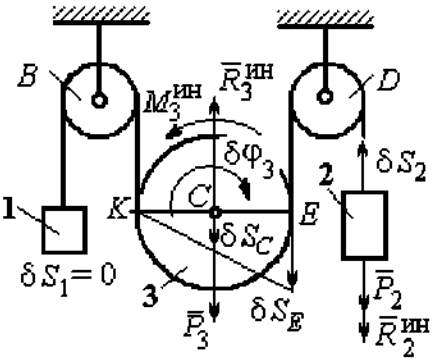



Рис. 6.28. Движение системы при перемещении груза 2

При таком движении работу совершают силы тяжести $\vec{P}_2$ и $\vec{P}_3$, силы инерции $\vec{R}_2^{ин}$, $\vec{R}_3^{ин}$ и пара сил с моментом $M_3^{ин}$.

Составим общее уравнение динамики на возможном перемещении $\delta s_2$ (см. рис. 6.28):

$$-P_2\delta s_2 - R_2^{ин}\delta s_2 + P_3\delta s_C - R_3^{ин}\delta s_C - M_3^{ин}\delta\varphi_3 = 0,$$

которое преобразуется к виду

$$-P_2\delta s_2 - \frac{P_2}{g}a_2\delta s_2 + \frac{1}{2}P_3\delta s_2 - \frac{P_3}{g}\left(\frac{a_1+a_2}{2}\right)\frac{1}{2}\delta s_2 - \frac{P_3 r^2}{2g}\left(\frac{a_2-a_1}{2r}\right)\frac{\delta s_2}{2r} = 0$$

или к виду

$$(8P_2 + 3P_3)a_2 + P_3 a_1 = (4P_3 - 8P_2)g.$$

Подставляя данные задачи в оба уравнения динамики, соответствующие независимым перемещениям $\delta s_1$ и $\delta s_2$, получим систему уравнений:

$$7a_1 + a_2 = 0, \quad 2g + 9a_2 + a_1 = 0.$$

Решение системы: $a_1 = \frac{1}{31}g$, $a_2 = -\frac{7}{31}g$ представляет ускорения грузов 1 и 2.

Ускорение центра масс блока 3 находится по формуле $a_C = \frac{a_1 + a_2}{2} = -\frac{3}{31}g$.

Знаки ускорений определяют направления движений тел: груз 1 движется в выбранном направлении – вверх, груз 2 – вниз, центр блока 3 – вверх.

## Упражнения

Упражнение 6.4. В механической системе (рис. 6.29) блок 1 радиуса $r$ и каток 2 соединены горизонтальным невесомым стержнем. Скольжение между стержнем и катками отсутствует. Каток 2 состоит из двух шкивов радиусов $r$ и $R = 2r$, скреплённых на одной оси. Каток катится, опираясь малым шкивом на горизонтальную поверхность, без проскальзывания. Груз 3 представляет собой поршень, двигающийся по горизонтальной поверхности без трения и прикреплённый к центру масс катка 2. К блоку 1 приложена пара сил с переменным моментом $M_{вр} = mgr\sin\omega t$.

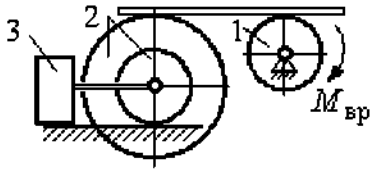


Рис. 6.29. Схема движения механической системы

Найти закон движения поршня 3, если массы грузов $m_1 = m_3 = m$, общая масса катка 2 $m_2 = 2m$, момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, $i_2 = 1{,}5r$. Движение началось из состояния покоя.

Упражнение 6.5. Груз 1, двигаясь горизонтально, приводит в движение ступенчатый барабан 2 посредством нерастяжимой нити, намотанной на его малую ступень (рис. 6.30). К барабану на нитях, намотанных на большую и малую ступеньки, подвешены два груза 3 и 4. На груз 1 действует сила $F = P(t+1)$. Определить закон движения груза 3, если веса грузов одинаковы и равны $P$, вес барабана 2 равен $2P$, радиусы ступенек барабана $r$ и $2r$, радиус инерции барабана $i_2 = r\sqrt{2}$, и движение началось из состояния покоя.

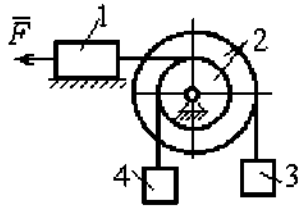


Рис. 6.30. Схема подъёмника

## 6.4. Уравнения Лагранжа II рода

**Обобщенными координатами** называется совокупность любых $s$ независимых параметров $q_1, q_2, \ldots, q_s$, однозначно определяющих положение системы в любой момент времени.

Если системе сообщить возможное перемещение, при котором все обобщенные координаты изменятся на элементарные (бесконечно малые) величины $\delta q_1, \delta q_2, \ldots, \delta q_s$, называемые **вариациями обобщенных координат**, то все действующие активные силы совершат элементарную работу, которая может быть представлена в виде: $\delta A = Q_1 \cdot \delta q_1 + Q_2 \cdot \delta q_2 + \ldots + Q_s \cdot \delta q_s$.

Величина $Q_k$, $k = 1, 2, \ldots, s$, равная коэффициенту при вариации $\delta q_k$ обобщенной координаты, называется **обобщенной силой**, соответствующей

данной обобщенной координате. Расчет обобщенных сил осуществляется путем последовательного придания системе возможных перемещений, при которых варьируется только одна из обобщенных координат, а вариации остальных координат равны нулю.

Для материальной системы с идеальными связями дифференциальные уравнения движения в обобщенных координатах – **уравнения Лагранжа II рода** – имеют вид: $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_k} = Q_k$, $k = 1,2,...,s$, где $s$ – число степеней свободы системы; $T$ – кинетическая энергия системы; $q_1, q_2, ..., q_s$ – обобщенные координаты; $\dot{q}_1, \dot{q}_2, ..., \dot{q}_s$ – обобщенные скорости.

## Примеры решения задач на составление уравнений Лагранжа

**Задача 71**. В механизме домкрата (рис. 6.31) движение зубчатого колеса 1 передаётся шестерне 2, к которой соосно прикреплено зубчатое колесо 3, имеющее зацепление с зубчатой рейкой 4, на которой поднимается груз 5 массы $m_5$ = 50 кг.

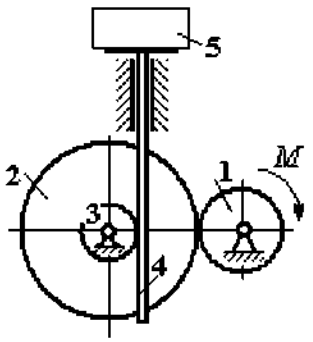


Рис. 6.31. Схема механизма домкрата

Радиусы зубчатых колёс $r_1$ = 5 см, $r_2$ = 12 см, $r_3$ = 6 см. Зубчатые колёса считать сплошными однородными дисками. Массы колёс $m_1$ = 0,8 кг, $m_2$ = 1,6 кг, $m_3$ = 0,6 кг, масса зубчатой рейки $m_4$ = 1 кг.

Какой величины постоянный вращающий момент нужно приложить к колесу 1 для того, чтобы в момент времени $t$ = 2 с груз 5 имел скорость $V_5$ = 1 м/с, если движение системы начинается из состояния покоя.

*Решение*

Домкрат является механической системой с одной степенью свободы. Выберем в качестве обобщённой координаты координату $x$, отмечающую положение груза 5 (рис. 6.32).

Уравнение Лагранжа для обобщённой координаты $x$ имеет вид: $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right)-\frac{\partial T}{\partial x}=Q_x$, где $T$ – кинетическая энергия системы; $\dot{x}$ – обобщённая скорость; $Q_x$ – обобщённая сила.

Кинетическая энергия колеса 1: $T_1=\frac{J_1\omega_1^2}{2}$, где $\omega_1$ – угловая скорость колеса 1; $J_1$ – момент инерции колеса, $J_1=\frac{m_1r_1^2}{2}$.

Кинетические энергии шестерни 2 и зубчатого колеса 3, у которых угловые скорости одинаковы, соответственно: $T_2=\frac{J_2\omega_2^2}{2}$, $T_3=\frac{J_3\omega_2^2}{2}$, где $\omega_2$ – угловая скорость шестерни 2; $J_2$, $J_3$ – моменты инерции шестерни 2 и зубчатого колеса 3 относительно оси, проходящей через общий центр масс, $J_2=\frac{m_2r_2^2}{2}$, $J_3=\frac{m_3r_3^2}{2}$. Скорость груза 5 равна скорости зубчатой линейки $V_5=V_4$. Кинетическая энергия зубчатой линейки 4 и груза 5: $T_4=\frac{m_4V_4^2}{2}$, $T_5=\frac{m_5V_4^2}{2}$.

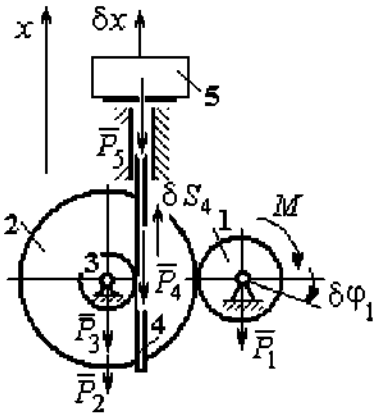


Рис. 6.32. Возможные перемещения звеньев механизма

Выразим угловые скорости колёс через скорость груза (зубчатой линейки).

Имеем: $\omega_2=\omega_3=\frac{V_4}{r_3}$ (см. рис. 6.32). Кроме того, из равенства $\omega_2r_2=\omega_1r_1$ следует $\omega_1=\frac{\omega_2r_2}{r_1}=\frac{V_4r_2}{r_1r_3}$.

Подставляя полученные соотношения в выражения кинетических энергий тел и с учётом данных задачи, получим кинетическую энергию системы:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 =$$

$$= \frac{m_1 r_1^2}{4}\left(\frac{V_4 r_2}{r_1 r_3}\right)^2 + \frac{m_2 r_2^2}{4}\left(\frac{V_4}{r_3}\right)^2 + \frac{m_3 r_3^2}{4}\left(\frac{V_4}{r_3}\right)^2 + \frac{m_4 V_4^2}{2} + \frac{m_5 V_4^2}{2} =$$

$$= \left[\frac{m_1 + m_2}{2}\left(\frac{r_2}{r_3}\right)^2 + \frac{m_3}{2} + m_4 + m_5\right]\frac{V_4^2}{2} = 28{,}05 V_4^2 = 28{,}05\,\dot{x}^2 .$$

Вычислим обобщённую силу.

Дадим возможное перемещение $\delta x$ грузу 5. При этом линейка 4 переместится на расстояние $\delta s_4$, а зубчатое колесо 1 повернётся на угол $\delta\varphi_1$. Найдём сумму работ всех сил, приложенных к системе, на этом возможном перемещении. Получим: $\delta A = -P_5\delta x - P_4\delta s_4 + M\delta\varphi_1$. Работа сил тяжести зубчатых колёс $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$ и $\vec{P}_3$ равна нулю, так как точки приложения этих сил неподвижны.

Из ранее полученных скоростных соотношений следуют равенства перемещений: $\delta s_4 = \delta x$, $\delta\varphi_1 = \frac{r_2}{r_1 r_3}\delta x$. В результате сумма работ сил на возможном перемещении системы выражается в виде $\delta A = \left(-m_5 g - m_4 g + M\frac{r_2}{r_1 r_3}\right)\delta x$. Отсюда обобщённая сила $Q_x$, соответствующая координате $x$: $Q_x = -(m_5 + m_4)g + M\frac{r_2}{r_1 r_3} = -500{,}31 + 40M$.

Составим уравнение Лагранжа.

С учётом, что $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) = 56{,}1\,\ddot{x}$ и $\frac{\partial T}{\partial x} = 0$, дифференциальное уравнение движения имеет вид: $56{,}1\,\ddot{x} = -500{,}31 + 40M$ или $\ddot{x} = -8{,}92 + 0{,}71M$.

Интегрируя это уравнение с нулевыми начальными условиями, получим закон изменения скорости груза 5: $V_5 = \dot{x} = (-8{,}92+0{,}71M)t$.

По условию задачи при $t = 2$ с $V_5 = 1$ м/с. Подставляя эти данные в уравнение, получим: $M$ =13,27 Н·м.

**Задача 72**. Механическая система состоит из ступенчатого блока 2, катка 3, соединённых невесомым брусом 1, и невесомой пружины жесткостью $c$. Радиусы ступеней блока $r$ и $R = 1{,}5r$, радиус катка 3 равен $r$. Брус, лежащий на катке 3 и блоке 2, во время движения остаётся параллельным линии качения катка 3 (рис. 6.33). В центре катка 3 приложена сила $\vec{F}$, направленная вверх параллельно наклонной плоскости, а к блоку 2 – пара сил с моментом $M$. Качение катка по неподвижной поверхности без скольжения. Проскальзывание между брусом 1 и дисками отсутствует. Передача движения пружины блоку 2 производится посредством невесомого жесткого вертикального стержня, прижатого к малой ступеньке блока без скольжения. Радиус инерции блока 2 относительно оси вращения $i_z = r\sqrt{2}$ . Веса тел: $P_3 = P$, $P_2 = 2P$, приложенная сила $F = 2P$, момент $M = Pr$, жесткость пружины $c = P/r$.

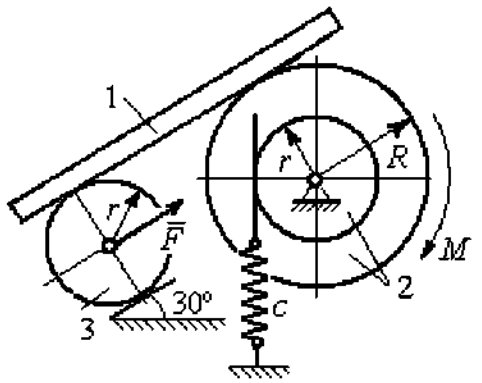


Рис. 6.33. Механическая система с одной степенью свободы

Определить закон угловых колебаний блока 2 при $P$ = 10 Н, $r$ = 0,2 м, если в начальный момент пружина находилась в нерастянутом состоянии, а блоку 2 придали угловую скорость $\omega_0$= 0,5 рад/с в сторону вращения, создаваемого заданным моментом.

*Решение*

Рассматриваемая механическая система (рис. 6.34) имеет одну степень свободы. В качестве обобщённой координаты $q$ выберем перемещение $x$

верхнего края пружины, отсчитываемого от уровня недеформируемой пружины (см. рис. 6.34). Обобщённая скорость $\dot{q} = \dot{x}$.

Уравнение Лагранжа II рода, описывающее движение системы, имеет вид $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) - \frac{\partial T}{\partial x} = Q_x$, где $T$ – кинетическая энергия системы; $Q_x$ – обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате $x$.

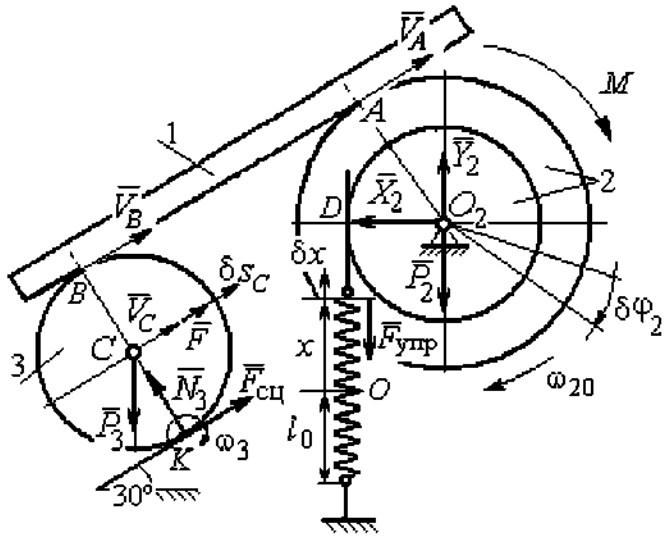



Рис. 6.34 Расчётная схема колебаний механической системы с одной степенью свободы

Вычислим кинетическую энергию системы. Энергия вращательного движения блока 2: $T_2 = \frac{1}{2} J_{2z} \omega_2^2$, где $\omega_2$ – угловая скорость блока; $J_{2z}$ – момент инерции блока 2 относительно оси $z$, $J_{2z} = m_2 i_z^2$. Каток 3 совершает плоскопараллельное движение. Его кинетическая энергия $T_3 = \frac{1}{2} m_3 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_3^2$, где $V_C$, $\omega_3$ – скорость центра масс катка 3 и его угловая скорость; $J_{zC}$ – момент инерции катка относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, $J_{zC} = \frac{1}{2} m_3 r^2$; $r$ – радиус катка.

Выразим угловые скорости $\omega_2$, $\omega_3$, а также скорость $V_C$ через обобщённую скорость $\dot{x}$.

Заметим, что скорость точки $D$ блока 2 равна скорости движения верхнего края пружины: $V_D = \dot{x}$ (см. рис. 6.34). Угловая скорость блока 2: $\omega_2 = \dfrac{V_D}{r} = \dfrac{\dot{x}}{r}$.

Скорость точки $A$ блока 2: $V_A = \omega_2 R = \dfrac{\dot{x}R}{r}$.

Так как брус совершает поступательное движение, то скорости точек $A$ и $B$ равны: $V_B = V_A$. Угловая скорость катка 3 (точка $K$ касания катка 3 с неподвижной поверхностью является его мгновенным центром скоростей): $\omega_3 = \dfrac{V_B}{2r} = \dfrac{V_A}{2r} = \dfrac{\dot{x}R}{2r^2}$. Скорость центра катка 3: $V_C = \dfrac{V_B}{2} = \dfrac{\dot{x}R}{2r}$.

Подставляя найденные кинематические соотношения с учётом исходных данных задачи, получим кинетическую энергию тел системы:

$$T_2 = \frac{1}{2} J_{2z} \omega_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{2P}{g} \left(r\sqrt{2}\right)^2 \left(\frac{\dot{x}}{r}\right)^2 = \frac{2P}{g} \dot{x}^2;$$

$$T_3 = \frac{1}{2} m_3 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_3^2 = \frac{1}{2} \frac{P}{g} \left(\frac{\dot{x}R}{2r}\right)^2 + \frac{1}{2} \frac{Pr^2}{2g} \left(\frac{\dot{x}R}{2r^2}\right)^2 = \frac{3P}{4g} \left(\frac{R}{2r}\right)^2 \dot{x}^2.$$

Полная кинетическая энергия системы:

$$T = T_2 + T_3 = \frac{P}{g} \left(2 + \frac{3}{4} \left(\frac{R}{2r}\right)^2\right) \dot{x}^2.$$

Найдём обобщённую силу. Произвольное положение системы определяется обобщённой координатой $x$, показывающей растяжение пружины. Дадим пружине в произвольном положении возможное (бесконечно малое) перемещение $\delta x$ в положительном направлении оси $x$ (см. рис. 6.34). При этом блок 2 повернётся на угол $\delta\varphi_2 = \dfrac{\delta x}{r}$, центр масс катка 3 сдвинется на расстояние $\delta s_C = \dfrac{R}{2r} \delta x$. На заданном перемещении системы работу совершают сила тяжести катка 3, пара сил с моментом $M$, сила $\vec{F}$ и сила упругости пружины.

Элементарная работа вращающего момента $M$: $\delta A(M) = M\delta\varphi_2 = M\dfrac{\delta x}{r}$.

Работа силы тяжести катка 3: $\delta A(\vec{P}_3) = P_3\delta s_C\cos 120^\circ = -P_3\dfrac{R}{4r}\delta x$.

Работа силы $F$: $\delta A(\vec{F}) = F\delta s_C = F\dfrac{R}{2r}\delta x$.

Модуль силы упругости пружины, растянутой из недеформированного положения на расстояние $x$: $F_{\text{упр}} = cx$. Сила упругости направлена в сторону, противоположную растяжению (см. рис. 6.34). Её работа при перемещении $\delta x$ вычисляется по формуле $\delta A(\vec{F}_{\text{упр}}) = F_{\text{упр}}\delta x\cos 180^\circ = -cx\delta x$.

Сумма работ сил на рассматриваемом возможном перемещении системы с учётом данных задачи:

$$\delta A = M\frac{\delta x}{r} - P_3\frac{R}{4r}\delta x + F\frac{R}{2r}\delta x - cx\delta x = P\left(\frac{17}{8} - \frac{x}{r}\right)\delta x,$$

откуда обобщённая сила $Q_x = P\left(\dfrac{17}{8} - \dfrac{x}{r}\right)$.

Вычислим необходимые производные кинетической энергии: $\dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) = \dfrac{2P}{g}\left(2 + \dfrac{3}{4}\left(\dfrac{R}{2r}\right)^2\right)\ddot{x}$, $\dfrac{\partial T}{\partial x} = 0$ и, подставляя их в общий вид уравнений Лагранжа, получим дифференциальное уравнение колебаний верхнего края пружины:

$$\frac{2P}{g}\left(2 + \frac{3}{4}\left(\frac{R}{2r}\right)^2\right)\ddot{x} = P\left(\frac{17}{8} - \frac{x}{r}\right), \text{ или } \ddot{x} + 10{,}2x = 4{,}34 \text{ (здесь } g = 9{,}81 \text{ м/с}^2\text{).}$$

Решение дифференциального уравнения представляется в виде суммы: $x = x_{\text{одн}} + x_{\text{частн}}$. Общее решение однородного уравнения имеет вид $x_{\text{одн}} = C_1\sin kt + C_2\cos kt$, где $C_1$, $C_2$ – произвольные постоянные; $k$ – круговая частота собственных колебаний пружины, $k = \sqrt{10{,}2}$ = 3,19 рад/с. Частное решение неоднородного уравнения ищется в виде константы $x_{\text{част}} = b$. Подставив

его в уравнение колебаний, получим: $b = 0{,}42$. Таким образом, общее решение неоднородного уравнения имеет вид $x(t) = C_1\sin 3{,}19t + C_2\cos 3{,}19t + 0{,}42$.

Произвольные постоянные $C_1$, $C_2$ находятся из начальных условий. По условию задачи в начальный момент пружина была в нерастянутом состоянии. Тогда начальная координата пружины (её верхнего края) $x(0) = 0$. Подставляя значение начальной координаты в общее решение неоднородного уравнения при $t = 0$, получим $C_2 = -0{,}42$. Скорость верхнего края пружины в начальный момент времени $\dot{x}(0)$ равна начальной скорости $V_D(0)$ точки $D$ блока 2. Поскольку в начальный момент времени блоку 2 сообщили угловую скорость $\omega_{20} = 0{,}5$ рад/с, то при $r = 0{,}2$ м $\dot{x}(0) = V_D(0) = \omega_{20} r = 0{,}1$ м/с.

Вычисляем скорость движения края пружины, взяв производную: $\dot{x}(t) = 3{,}19C_1\cos 3{,}19t - 3{,}19C_2\sin 3{,}19t$. Подставляя начальное значение скорости, получим $C_1 = 0{,}03$.

Окончательно уравнение движения верхнего края пружин: $x(t) = 0{,}03\sin 3{,}19t - 0{,}42\cos 3{,}19t + 0{,}42$ м. Уравнение колебательного движения блока 2: $\varphi_2 = \dfrac{x}{r} = 0{,}15\sin 3{,}19t - 2{,}1\cos 3{,}19t + 2{,}1$ рад.

**Задача 73**. Прямоугольная призма 3 весом $2P$ лежит на катке 1 радиуса $r$ и веса $P$ и опирается на невесомый блок 2 (рис. 6.35). Каток 1 катится по неподвижной горизонтальной поверхности без скольжения. По наклонной поверхности призмы скатывается без скольжения каток 4 весом $P$ и радиуса $r$. Угол наклона поверхности призмы к горизонту составляет 30°. На каток 1 действует пара сил с постоянным моментом $M = 3Pr$, а на призму 3 – горизонтальная сила $\vec{F}$ с модулем $F = P$. Катки считать однородными

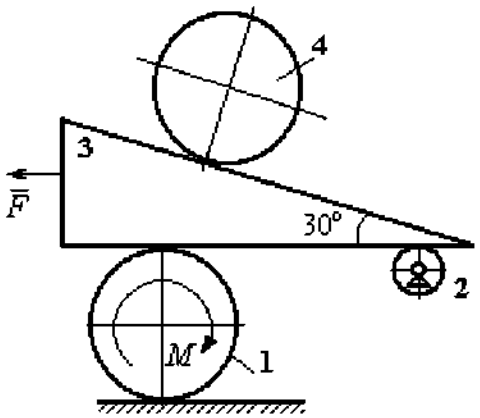


Рис. 6.35. Механическая система с двумя степенями свободы

дисками. Проскальзывание между катками 1, 4 и призмой отсутствует. В начальный момент система находилась в покое.

Определить закон движения призмы 3 и закон движения катка 4 относительно призмы.

*Решение*

Рассматриваемая механическая система – катки и призма имеет две степени свободы, так как перемещение катка 4 относительно призмы 3 не зависит от перемещения самой призмы и катка 1. За обобщенные координаты выберем перемещение $x_4$ центра масс катка 4 относительно края призмы и перемещение $x_3$ края призмы 3 относительно произвольной неподвижной вертикальной плоскости (рис. 6.36). Обобщенные скорости: $\dot{x}_4$, $\dot{x}_3$.

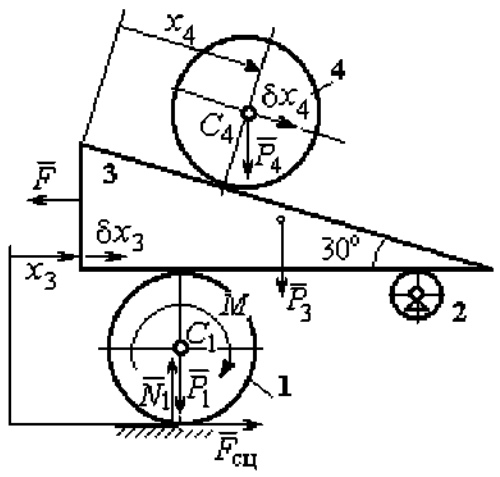



Рис. 6.36. Возможные перемещения механической системы

Уравнения Лагранжа II рода, описывающие движение системы в обобщённых координатах:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_4}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_4}=Q_{x_4};$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_3}=Q_{x_3},$$

где $T$ – кинетическая энергия системы; $Q_{x_4}$, $Q_{x_3}$ – обобщенные силы, соответствующие указанным обобщенным координатам.

Вычислим кинетическую энергию тел в системе.

Каток 1 совершает плоскопараллельное движение. Кинетическая энергия катка $T_1=\frac{1}{2}m_1V_{C_1}^2+\frac{1}{2}J_{C_1}\omega_1^2$, где $V_{C_1}$ – скорость центра масс катка, $V_{C_1}=\frac{1}{2}\dot{x}_3$; $J_{C_1}$ – момент инерции катка относительно оси, проходящей через центр масс

перпендикулярно плоскости движения, $J_{C_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$; $\omega_1$ – угловая скорость катка 1, $\omega_1 = \frac{\dot{x}_3}{2r}$.

Призма 3 совершает поступательное движение со скоростью $V_3 = \dot{x}_3$. Её кинетическая энергия $T_3 = \frac{m_3 V_3^2}{2} = \frac{m_3 \dot{x}_3^2}{2}$.

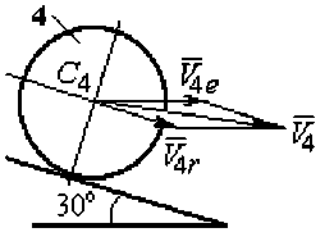


Рис. 6.37. Скорость центра масс катка 4

При расчёте кинетической энергии катка 4 по формуле $T_4 = \frac{1}{2} m_4 V_4^2 + \frac{1}{2} J_{C_4} \omega_4^2$ необходимо учитывать, что каток 4 совершает сложное движение. Здесь относительное движение катка – его качение по наклонной поверхности призмы, переносное – поступательное перемещение вместе с призмой.

Вектор абсолютной скорости центра масс катка 4 $\vec{V}_4$ представляется в виде суммы $\vec{V}_4 = \vec{V}_{4e} + \vec{V}_{4r}$ (рис. 6.37), где $\vec{V}_{4e}$ – вектор переносной скорости катка, равный по модулю скорости призмы: $V_{4e} = \dot{x}_3$; $\vec{V}_{4r}$ – вектор относительной скорости центра масс катка, равный по величине $V_{4r} = \dot{x}_4$. Модуль абсолютной скорости центра масс катка 4 (по теореме косинусов):

$$V_4^2 = V_{4e}^2 + V_{4r}^2 - 2V_{4e}V_{4r}\cos 150^\circ = \dot{x}_3^2 + \dot{x}_4^2 + 2\dot{x}_3\dot{x}_4\cos 30^\circ .$$

Поскольку переносное движение катка 4 поступательное, угловая скорость катка $\omega_4$ равна его угловой скорости в относительном движении $\omega_4 = \frac{V_{4r}}{r} = \frac{\dot{x}_4}{r}$.

В результате выражение кинетической энергии системы, в обобщённых скоростях имеет вид:

$$T = \frac{1}{2} m_1 V_{C_1}^2 + \frac{1}{2} J_{C_1} \omega_1^2 + \frac{1}{2} m_3 V_3^2 + \frac{1}{2} m_4 V_4^2 + \frac{1}{2} J_{C_4} \omega_4^2 =$$

$$= \frac{P}{2g}\left(\frac{27}{8}\dot{x}_3^2 + \frac{3}{2}\dot{x}_4^2 + \dot{x}_3\dot{x}_4\sqrt{3}\right).$$

Дадим системе возможное перемещение по координате $x_3$, оставляя координату $x_4$ без изменения: $\delta x_3 > 0, \delta x_4 = 0$. При таком движении системы каток 4 не скатывается по призме, а движется поступательно вместе с ней. В этом случае работа сил тяжести катков 1, 4 и призмы равна нулю, так как нет вертикального перемещения точек приложения этих сил. Работу на этом перемещении будет производить только сила $\vec{F}$ и пара сил с моментом $M$, приложенная к катку 1. Суммарная элементарная работа

$$\delta A = -F\delta x_3 + M\delta\varphi_1 = \left(-F + \frac{M}{2r}\right)\delta x_3 .$$

Здесь учтено, что элементарный угол поворота катка 1 связан с перемещением призмы соотношением: $\delta\varphi_1 = \dfrac{\delta x_3}{2r}$. Отсюда обобщённая сила, соответствующая координате $x_3$: $Q_{x_3} = -F + \dfrac{M}{2r} = \dfrac{1}{2}P$.

Дадим системе другое независимое перемещение – по координате $x_4$, оставляя координату $x_3$ без изменения: $\delta x_4 > 0, \delta x_3 = 0$. При этом возможном перемещении вся система стоит, кроме катка 4, который скатывается по наклонной поверхности призмы. При таком движении системы работу совершает только сила тяжести катка 4. Выражая элементарную работу $\delta A = P_4\delta x_4 \cos 60^\circ = \dfrac{1}{2}P\delta x_4$, найдём обобщённую силу, соответствующую координате $x_4$: $Q_{x_4} = \dfrac{1}{2}P$.

Составим уравнения Лагранжа. С этой целью вычислим необходимые производные кинетической энергии

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right) = \frac{27P}{8g}\ddot{x}_3 + \frac{P\sqrt{3}}{2g}\ddot{x}_4;\quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_4}\right) = \frac{3P}{2g}\ddot{x}_4 + \frac{P\sqrt{3}}{2g}\ddot{x}_3;\quad \frac{\partial T}{\partial x_3} = 0,\ \frac{\partial T}{\partial x_4} = 0.$$

Подставляя результаты расчётов в общий вид уравнений Лагранжа, получим систему дифференциальных уравнений:

$$\frac{27P}{8g}\ddot{x}_3+\frac{P\sqrt{3}}{2g}\ddot{x}_4=\frac{1}{2}P,\quad \frac{3P}{2g}\ddot{x}_4+\frac{P\sqrt{3}}{2g}\ddot{x}_3=\frac{1}{2}P$$

или

$$6{,}75\ddot{x}_3+1{,}73\ddot{x}_4=g;\ \ 3\ddot{x}_4+1{,}73\ddot{x}_3=g.$$

Решаем данную систему как алгебраическую относительно ускорений $\ddot{x}_3$, $\ddot{x}_4$. Получим: $\ddot{x}_3=0{,}07g,\ \ddot{x}_4=0{,}29g.$

Интегрируя дважды эти уравнения с нулевыми начальными условиями, получим закон движения призмы ($x_3=0{,}035gt^2$) и центра масс катка 4 относительно призмы ($x_4=0{,}145gt^2$). Движение призмы и катка 4 относительно призмы происходит в положительном направлении осей.

**Задача 74**. Механическая система состоит из трёх тел – груза 1, катка 2 и блока 3 (рис. 6.38). Невесомый стержень, соединяющий каток 2 с блоком 3, параллелен горизонтальной плоскости качения катка 2. К центру катка 2 прикреплена горизонтальная пружина, другой конец которой соединён с грузом 1. Коэффициент жесткости пружины $c$. Груз 1 весом $P_1$ движется без трения по горизонтальной поверхности. Каток 2 весом $P_2$ катится по горизонтальной поверхности без скольжения. Радиус катка 2 равен $r$. Блок 3 считать однородным диском весом $P_3$ радиуса $R$. К блоку 3 приложена пара сил с моментом $M$. Движение катка 2 блоку 3 передаётся горизонтальным невесомым стержнем. Скольжение между стержнем и дисками отсутствует. В начальный момент система находилась в покое. При этом груз 1 находился в положении, при котором пружина была растянута относительно своего недеформированного состояния на величину $\Delta l_0$.

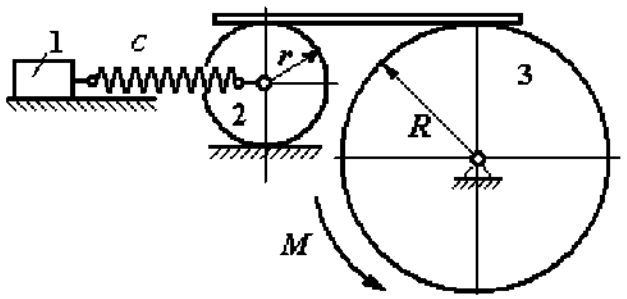


Рис. 6.38. Колебания механической системы с двумя степенями свободы

Найти закон абсолютного движения груза 1, если известно $P_1 = 10$ Н, $P_2 = 20$ Н, $P_3 = 30$ Н, $M = 5$ Н·м, $R = 24$ см, $c = 207$ Н/м, $\Delta l_0 = 5$ см.

*Решение*

Рассматриваемая механическая система имеет две степени свободы. В качестве обобщенных координат выберем удлинение пружины $x_1$ относительно недеформированного состояния и угол $\varphi_3$ поворота блока 3 (рис. 6.39). При этом $x_1$ является относительной координатой движения груза, а $\varphi_3$ – абсолютной координатой вращения блока 3.

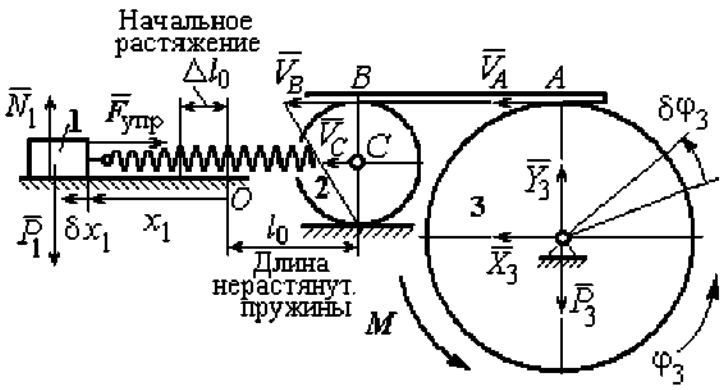



Рис. 6.39. Расчётная схема колебаний механической системы

Рассмотрим сложное движение груза 1. Относительное движение груза – это его движение на пружине в предположении, что точка крепления пружины неподвижна. Относительная скорость $V_{1r} = \dot{x}_1$. Переносное движение – это перемещение груза вместе с фиксированной длиной пружины (иначе, заменяя пружину жестким стержнем). Переносная скорость груза 1 $V_{1e} = V_C$, где $V_C$ – скорость центра масс катка 2.

На рис. 6.39 показано распределение скоростей точек катка 2, откуда следует: $V_C = \frac{1}{2} V_B$. Имеем: $V_B = V_A = \omega_3 R = \dot{\varphi}_3 R$ и $V_C = \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R$.

Для того чтобы найти модуль абсолютной скорости груза 1, спроектируем векторное равенство теоремы сложения скоростей $\vec{V}_1 = \vec{V}_{1r} + \vec{V}_{1e}$ на горизонтальную ось. Полагая, что движение системы происходит в

положительном направлении отсчета обобщённых координат, получим: $V_1 = \dot{x}_1 + \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R$.

Уравнения Лагранжа II рода, описывающие движение системы:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1}\right) - \frac{\partial T}{\partial x_1} = Q_x, \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3}\right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi_3} = Q_\varphi,$$

где $T$ – кинетическая энергия системы; $Q_x$, $Q_\varphi$ – обобщенные силы, соответствующие обобщенным координатам $x_1$ и $\varphi_3$.

Вычислим кинетическую энергию системы и выразим её через обобщённые скорости.

Кинетическая энергия поступательного движения груза 1 определяется выражением $T_1 = \frac{1}{2} m_1 V_1^2$, где $V_1$ следует рассматривать как абсолютную скорость груза. Тогда $T_1 = \frac{1}{2} m_1 \left(\dot{x}_1 + \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R\right)^2$. Каток 2 совершает плоскопараллельное движение. Кинетическая энергия катка $T_2 = \frac{3}{4} m_2 V_C^2$, причём $V_C = \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R$. Тогда $T_2 = \frac{3}{16} m_2 \dot{\varphi}_3^2 R^2$. Кинетическая энергия вращающегося блока 3: $T_3 = \frac{1}{2} J_{3z} \omega_3^2$, где $J_{3z}$ – осевой момент инерции блока 3, $J_{3z} = \frac{m_3 R^2}{2}$. Окончательно $T_3 = \frac{1}{4} m_3 \dot{\varphi}_3^2 R^2$.

Кинетическая энергия системы имеет вид:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 = \frac{1}{2} m_1 (\dot{x}_1 + \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R)^2 + \frac{3}{16} m_2 \dot{\varphi}_3^2 R^2 + \frac{m_3 R^2}{4} \dot{\varphi}_3^2 =$$

$$= \frac{1}{2} m_1 \dot{x}_1^2 + \frac{1}{2} m_1 \dot{x}_1 \dot{\varphi}_3 R + \left(\frac{1}{8} m_1 + \frac{3}{16} m_2 + \frac{1}{4} m_3\right) \dot{\varphi}_3^2 R^2.$$

Дадим системе возможное перемещение, при котором изменяется координата груза $x_1$ ($\delta x_1 > 0$), а другая координата – угол поворота блока 3 $\varphi_3$ остаётся постоянной ($\delta\varphi_3 = 0$). В этом случае груз 1 движется горизонтально, блок 3 и каток 2 – неподвижны. При таком движении работу будет производить только упругая сила пружины.

Модуль силы упругости пружины пропорционален её растяжению и в произвольном положении груза равен: $F_{\text{упр}} = c\Delta\ell = cx_1$. Направление силы упругости противоположно растяжению (см. рис. 6.39).

Сумма элементарных работ сил на заданном перемещении системы $\delta x_1$: $\delta A = -F_{\text{упр}}\delta x_1 = -cx_1\delta x_1$. Отсюда обобщенная сила $Q_x$, соответствующая координате $x_1$: $Q_x = -cx_1 = -207x_1$ Н.

Дадим системе другое возможное перемещение, при котором пружина не растягивается: $\delta x_1 = 0$, а блок 3 повернулся на угол $\delta\varphi_3$: $\delta\varphi_3 > 0$. В этом случае пружина рассматривается как жёсткий стержень, связывающий груз 1 с центром масс катка 2. В результате при повороте блока 3 груз 1 и точка $C$ движутся одинаково в горизонтальном направлении. На этом перемещении системы работу совершает только пара сил с моментом $M$, приложенная к блоку 3. Имеем $\delta A = M\delta\varphi_3$, и, следовательно, обобщённая сила $Q_\varphi = M = 5$ Н·м.

Составим уравнения Лагранжа, для чего вычислим производные от кинетической энергии по обобщенным скоростям и координатам:

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1} = m_1\dot{x}_1 + \frac{1}{2}m_1R\dot{\varphi}_3;\quad \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3} = \frac{1}{2}m_1R\dot{x}_1 + \left(\frac{1}{4}m_1 + \frac{3}{8}m_2 + \frac{1}{2}m_3\right)\dot{\varphi}_3R^2;$$

$$\frac{\partial T}{\partial x_1} = 0,\quad \frac{\partial T}{\partial \varphi_3} = 0.$$

Полные производные по времени:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1}\right) = m_1\ddot{x}_1 + \frac{1}{2}m_1R\ddot{\varphi}_3;\quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3}\right) = \frac{1}{2}m_1R\ddot{x}_1 + \left(\frac{1}{4}m_1 + \frac{3}{8}m_2 + \frac{1}{2}m_3\right)\ddot{\varphi}_3R^2.$$

Приравнивая полные производные обобщённым силам, получим уравнения Лагранжа окончательно в виде системы алгебраических уравнений относительно ускорений $\ddot{x}_1$ и $\ddot{\varphi}_3$:

$$1{,}02\ddot{x}_1 + 0{,}12\ddot{\varphi}_3 = -207x_1;\ \ 0{,}12\ddot{x}_1 + 0{,}15\ddot{\varphi}_3 = 5.$$

Разрешая систему относительно ускорения $\ddot{x}_1$, получим уравнение относительных колебаний груза:

$$\ddot{x}_1 + 225x_1 = -4{,}35.$$

Решение линейного неоднородного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами представляется в виде суммы общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного: $x_1 = x_{\text{одн}} + x_{\text{частн}}$.

Общее решение однородного уравнения $x_{\text{одн}} = C_1 \sin kt + C_2 \cos kt$, где $C_1$, $C_2$ – произвольные постоянные; $k$ – круговая частота собственных колебаний груза 1, $k = \sqrt{225} = 15$ рад/с. Частное решение неоднородного уравнения ищется в виде константы $x_{\text{част}} = b$. Подставив его в уравнение колебаний, получим: $b = -0{,}02$.

Таким образом, общее решение неоднородного уравнения

$$x_1(t) = C_1 \sin 15t + C_2 \cos 15t - 0{,}02.$$

Начальная координата $x_{01}$ груза 1 определяется из условия, что в начальный момент времени при $t = 0$ груз находился в положении, при котором пружина была растянута относительно своего недеформированного состояния на расстояние $\Delta l_0 = 0{,}05$ м. Следовательно, $x_{01} = 0{,}05$. Подставляя значение начальной координаты в общее решение неоднородного уравнения при $t = 0$, получим: $C_2 = 0{,}07$.

Относительная скорость груза 1 в любой момент времени: $\dot{x}_1(t) = C_1 15 \cos 15t - C_2 15 \sin 15t$. По условию задачи начальная скорость груза 1 $\dot{x}_1(0) = 0$. После подстановки начального условия в выражение для скорости груза 1 получим: $C_1 = 0$.

Окончательно уравнение относительного движения груза 1:

$$x_1(t) = 0{,}07\cos 15t - 0{,}02 \text{ м}.$$

Найдём уравнение вращательного движения блока 3. Для этого в дифференциальное уравнение $0{,}12\ddot{x}_1 + 0{,}15\ddot{\varphi}_3 = 5$ подставим значение второй производной решения относительных колебаний груза 1. Получим: $\ddot{\varphi}_3 = 33{,}33 + 12{,}6\cos 15t$. Полагая $\ddot{\varphi}_3 = \dfrac{d\omega_3}{dt}$, получим дифференциальное уравнение первого порядка: $\dfrac{d\omega_3}{dt} = 33{,}33 + 12{,}6\cos 15t$, откуда найдём угловую скорость блока 3: $\omega_3 = 33{,}33t + 0{,}84\sin 15t + C_3$.

Аналогично, положив $\omega_3 = \dfrac{d\varphi_3}{dt}$, найдём закон вращательного движения блока 3: $\varphi_3 = 16{,}665t^2 - 0{,}056\cos 15t + C_3t + C_4$.

Начальные условия движения блока: при $t = 0$, $\varphi_3(0) = 0$, $\omega_3(0) = 0$. Подставляя начальные условия в уравнения движения, получим: $C_4 = 0{,}056$, $C_3 = =0$.

Окончательно уравнение вращательного движения блока 3:

$$\varphi_3 = 16{,}665t^2 - 0{,}056\cos 15t + 0{,}056.$$

Абсолютное движение $s_1$ груза 1 представляется суммой относительного и переносного движений:

$$s_1 = x_1 + S_C = x_1 + \frac{1}{2}R\varphi_3 = 2t^2 - 0{,}06\cos 15t - 0{,}01.$$

**Упражнения**

Упражнение 6.6. Каток весом $P_1 = 2P$, радиуса $r$, движущийся без проскальзывания по вертикальной стене, удерживается вертикальной пружиной жесткостью $C = 4P/r$, прикреплённой одним концом к центру катка, другим – к неподвижной поверхности (рис. 6.40). К нити, намотанной на барабан катка, подвешен груз 2 весом $P_2 = P$. На груз действует сила $F = P$, к катку приложена пара сил с моментом $M = Pr$.

Найти закон движения груза 2 и максимальное растяжение пружины, если движение системы началось из состояния покоя при недеформированной пружине.

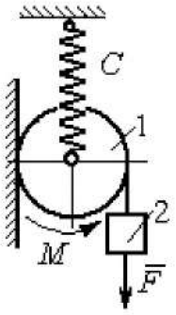


Рис. 6.40. Схема движения катка

Упражнение 6.7. Грузы 1 и 2 весом $P_1 = 20$ Н и $P_2 = 30$ Н привязаны к нерастяжимой нити. Нить переброшена через неподвижные блоки $B$ и $D$ и охватывает снизу подвижный блок 3 весом $P_3 = 40$ Н (рис. 6.41).

Определить ускорения грузов 1 и 2 и центра масс блока 3. Весом нити и неподвижных блоков $B$ и $D$ пренебречь.

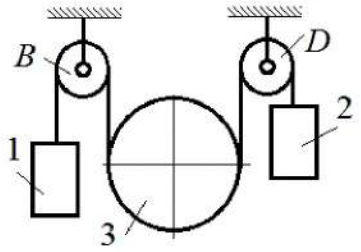


Рис. 6.41. Механическая система с двумя степенями свободы

Упражнение 6.8. Каток 1, радиуса $r$ весом $P$ катится по горизонтальной поверхности. К катку приложена пара сил с моментом $M = 2Pr$. Каток передаёт движение невесомой тележке (см. рис. 6.42). В кузове тележки находится каток 2 такого же радиуса $r$ и веса $P$, который движется по горизонтальной поверхности кузова под действием силы $F = P$, приложенной в центре катка. Найти закон движения центра катка 2 относительно тележки, если движение системы началось из состояния покоя.

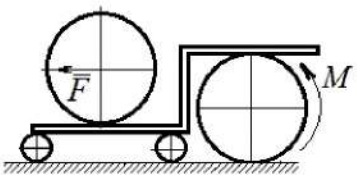


Рис. 6 42. Движение катка в кузове тележки

# 7. ОТВЕТЫ И КРАТКИЕ ПОЯСНЕНИЯ

## 7.1. Ответы к упражнениям главы 1

**1.1**

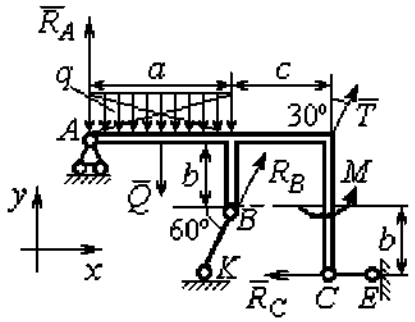



Рис. 7.1. Расчётная схема к упражнению 1.1

$T = 15$ кН, $Q = 15$ кН.

$$R_B\cos 60^\circ + T\cos 60^\circ - R_C = 0;$$

$$R_A - Q + R_B\cos 30^\circ + T\cos 30^\circ = 0;$$

$$-Q\cdot\frac{a}{2} + R_B\cos 30^\circ\cdot a + R_B\cos 60^\circ\cdot b + T\cos 30^\circ\cdot(a+c) + + M - R_C\cdot 2b = 0.$$

$R_B = -3{,}8$ кН, $R_C = 5{,}6$ кН, $R_A = 5{,}3$ кН.

**1.2**

$Q = 9$ кН. $T = 2$ кН.

$$X_A + T\cos 30^\circ + Q\cos 30^\circ = 0;$$

$$Y_A - Q\cos 60^\circ + R_B - T\cos 60^\circ - F = 0;$$

$$-Q\cdot\frac{c}{2} + R_B(b + c\cos 60^\circ) - Fc\cos 60^\circ + M -$$

$$-T\cos 60^\circ(b + c\cos 60^\circ) - T\cos 30^\circ(a + c\sin 60^\circ) = 0.$$

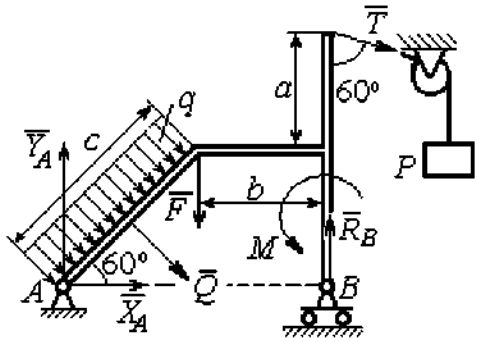



Рис. 7.2. Расчётная схема к упражнению 1.2

$R_B = 10{,}02$ кН, $X_A = -9{,}53$ кН, $Y_A = -0{,}52$ кН.

**1.3**

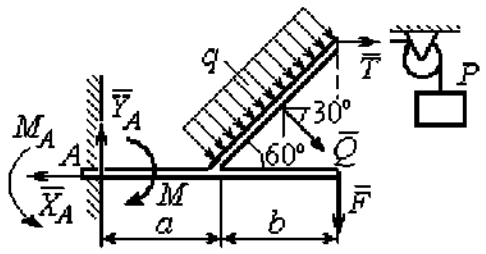



Рис. 7.3. Расчётная схема к упражнению 1.3

$Q = 8$ кН. $T = 3$ кН.

$$-X_A + T + Q\cos 30^\circ = 0;$$

$$Y_A - Q\cos 60^\circ - F = 0;$$

$$-T2b\cos 30^\circ - F(a+b) + M_A - M -$$

$$-Q\cos 60^\circ\left(a + \frac{b}{2}\right) - Q\cos 30^\circ\left(b\cos 30^\circ\right) = 0.$$

$M_A = 18{,}61$ кН·м, $X_A = 9{,}93$ кН, $Y_A = 6$ кН.

**1.4**

$Q = 6{,}93$ кН, $T = 2$ кН.

$$-X_B - T + Q\cos 30^\circ + F\cos 60^\circ = 0;$$

$$R_A - Q\cos 60^\circ + Y_B - F\cos 30^\circ = 0;$$

$$-\frac{Qa}{2\cos 30^\circ} + Y_B\left(b + \frac{a}{2\cos 30^\circ}\right) + Ta - Fa\cos 60^\circ -$$

$$-F\cos 30^\circ\left(b + \frac{a}{2\cos 30^\circ}\right) + M = 0.$$

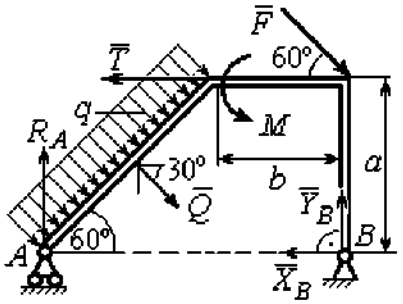



Рис.7.4. Расчётная схема к упражнению 1.4

$R_A = 0{,}72$ кН, $X_B = -5{,}5$ кН, $Y_B = 5{,}34$ кН.

**1.5**

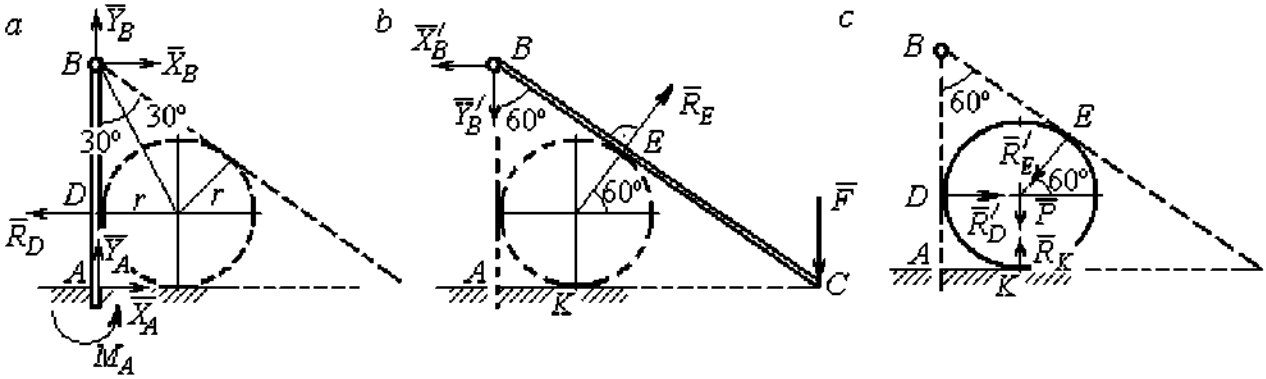



Рис. 7.5. Расчётные схемы к упражнению 1.5:
*a* – равновесие балки *AB*; *b* – равновесие балки *BC*; *c* – равновесие шара

$X_B = X'_B$, $Y_B = Y'_B$, $R_D = R'_D$, $R_E = R'_E$.

Балка $AB$. $AB = r + BD = r + r\operatorname{ctg}30^\circ = 2{,}73$ м.

$$X_A - R_D + X_B = 0,\ Y_A + Y_B = 0,\ M_A + R_D \cdot r - X_B \cdot AB = 0.$$

Балка $BC$. $BE = BD = 1{,}73$ м. $AC = BC\cos 30^\circ = 2AB\cos 30^\circ = 4{,}73$ м.

$$R_E\cos 60^\circ - X'_B = 0,\ RE\sin 60\circ - Y'B - F = 0,\ R_E \cdot BE - F \cdot AC = 0.$$

Шар.

$$R'_D - R'_E\cos 60^\circ = 0,\ R_K - P - R'_E\cos 30^\circ = 0.$$

$R_E = 21{,}87$ кН, $Y_B = 10{,}94$ кН, $X_B = 10{,}94$ кН, $R_D = 10{,}94$ кН;

$R_K = 20{,}94$ кН, $X_A = 0$, $Y_A = -10{,}94$ кН, $M_A = 18{,}93$ кН·м.

**1.6**

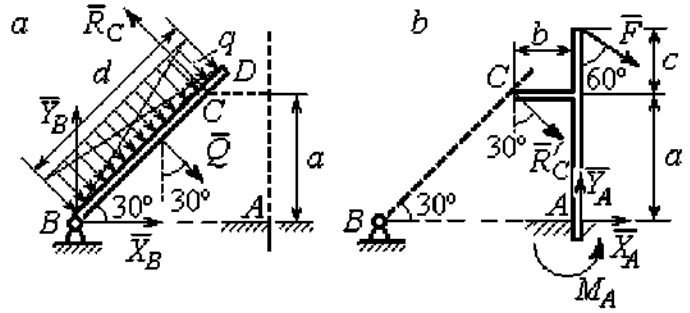



Рис. 7.6. Расчётные схемы к упражнению № 1.6:
*a* – равновесие балки *BD*; *b* – равновесие балки *AC*

Балка $BD$. $Q = 15$ кН.

$$X_B + Q\cos 60^\circ - R_C\cos 30^\circ = 0;$$

$$Y_B - Q\cos 30^\circ + R_C\cos 60^\circ = 0;$$

$$-Q\frac{d}{2} + R_C 2a = 0.$$

Балка $AC$. $R_C = R'_C$.

$$X_A + R'_C\cos 60^\circ + F\cos 30^\circ = 0,\ Y_A - R'_C\cos 30^\circ - F\cos 60^\circ = 0;$$

$$M_A - R'_C\cos 60^\circ \cdot a + R'_C\cos 30^\circ \cdot b - F\cos 30^\circ(a + c) = 0.$$

$X_B = 0{,}61$ кН, $Y_B = 8{,}3$ кН, $R_C = 9{,}37$ кН;

$X_A = -8{,}15$ кН, $Y_A = 10{,}11$ кН, $M_A = 11{,}65$ кН·м.

**1.7**

Балка $AB$. $Q_1 = 6$ кН.

$T = P = 3$ кН.

$$X_A + R_B - T\cos 60^\circ + F = 0;$$

$$Y_A - Q_1 - T\cos 30^\circ = 0;$$

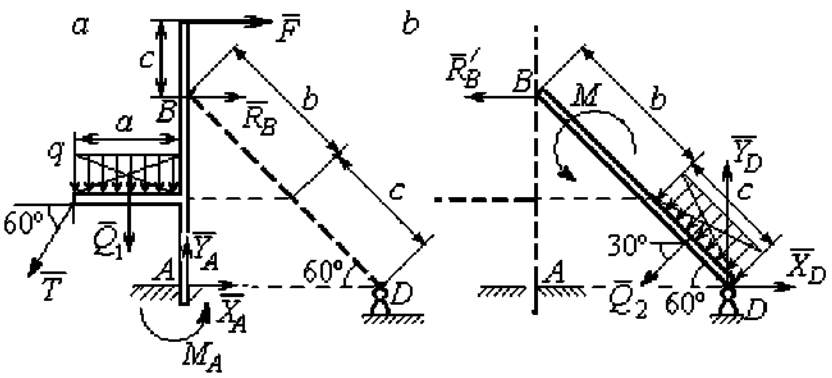



Рис. 7.7. Расчётные схемы к упражнению 1.7:
*a* – равновесие балки *AB*; *b* – равновесие балки *BD*

$$M_A - R_B(b+c)\cos 30^\circ + Q_1\frac{a}{2} +$$

$$+ T\cos 30^\circ a + T\cos 60^\circ c\cos 30^\circ -$$

$$- F\left[c + (b+c)\cos 30^\circ\right] = 0.$$

Балка $DB$. $Q_2 = 3$ кН. $R'_B = R_B$.

$$X_D - R'_B - Q_2\cos 30^\circ = 0,\ Y_D - Q_2\cos 60^\circ = 0,\ M + R'_B(b+c)\cos 30^\circ + Q_2\frac{c}{2} = 0.$$

$X_A = -1{,}49$ кН, $Y_A = 8{,}6$ кН, $M_A = 8{,}86$ кН, $R_B = -1{,}01$ кН;

$X_D = 1{,}59$ кН, $Y_D = 1{,}5$ кН.

**1.8**

Шар.

$$R_B\cos 60^\circ - R_D\cos 60^\circ = 0;$$

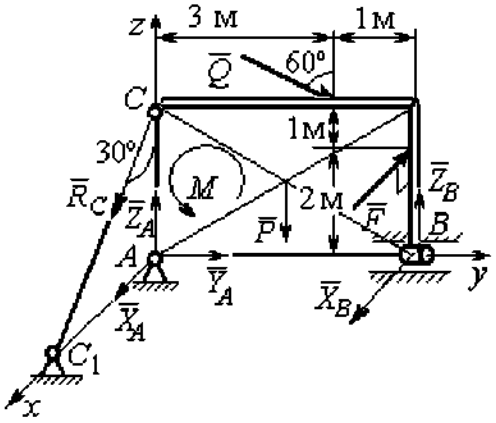



Рис. 7.9. Расчётная схема к упражнению 1.9

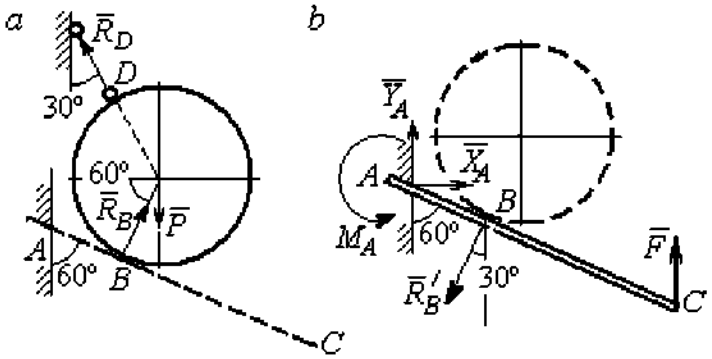



Рис. 7.8. Расчётные схемы к упражнению 1.8: *a* – равновесие шара; *b* – равновесие балки $AC$

$$R_B\cos 30^\circ + R_D\cos 30^\circ - P = 0.$$

Балка $AC$. $R'_B = R_B$.

$$X_A - R'_B\cos 60^\circ = 0;\ Y_A - R'_B\cos 30^\circ + F = 0;$$

$$M_A - R'_B AB + F\cdot AC\cos 30^\circ = 0.$$

$X_A = 2{,}89$ кН, $Y_A = 0$ кН, $M_A = -11{,}55$ кН·м, $R_B = 5{,}77$ кН, $R_D = 5{,}77$ кН.

**1.9**

$$X_A + R_C\cos 60^\circ + X_B - F = 0;\ Y_A + Q\cos 30^\circ = 0;$$

$$Z_A - R_C\cos 30^\circ - Q\cos 60^\circ + Z_B - P = 0;$$

$$M - Q\cos 60^\circ\cdot 3 - Q\cos 30^\circ\cdot 3 + Z_B\cdot 4 - P\cdot 2 = 0;$$

$$R_C\cos60^\circ\cdot3-F\cdot2=0,\ -X_B\cdot4+F\cdot4=0.$$

$$X_A=5{,}34\text{ кН},\ Y_A=2{,}6\text{ кН};$$

$$Z_A=8{,}92\text{ кН},\ R_C=10{,}67\text{ кН};$$

$$X_B=8\text{ кН},\ Z_B=3{,}82\text{ кН}.$$

**1.10**

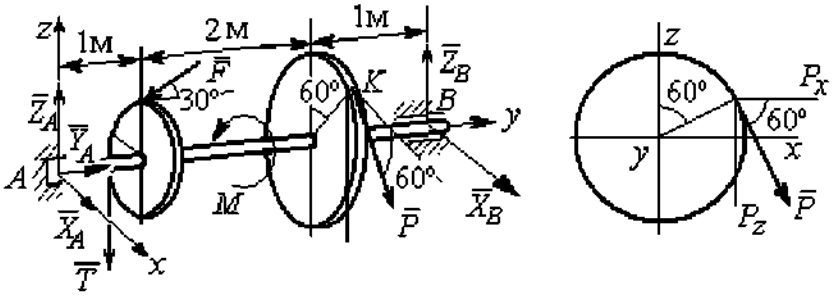



Рис. 7.10. Расчётные схемы к упражнению 1.10

$T=Q=3$ кН.

$$X_A+P\cos60^\circ+X_B=0,\ Y_A-F\cos30^\circ=0;$$

$$Z_A-F\cos60^\circ-P\cos30^\circ-T+Z_B=0.$$

$$-T\cdot1-F\cos60^\circ\cdot1+F\cos30^\circ\cdot r-P\cos30^\circ\cdot3+Z_B\cdot4=0;$$

$$-Tr+PR-M=0,\ -P\cos60^\circ\cdot3+X_B\cdot4=0.$$

$X_A=5{,}6$ кН, $Y_A=3{,}46$ кН, $Z_A=5{,}48$ кН, $P=6{,}4$ кН, $X_B=2{,}4$ кН, $Z_B=5{,}06$ кН.

**1.11**

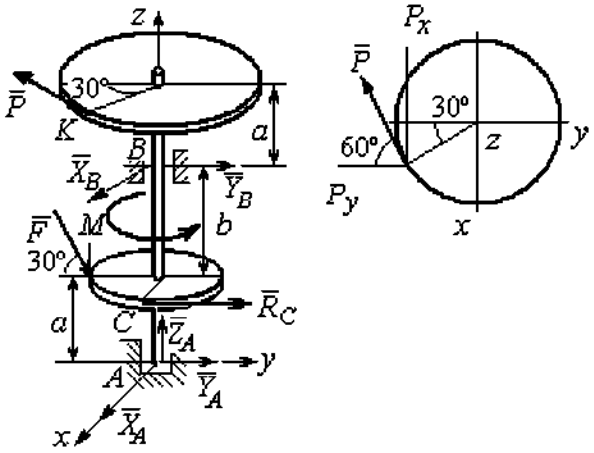



Рис. 7.11. Расчётные схемы к упражнению 1.11

$R_C=Q=3$ кН.

$$X_A+X_B-P\cos30^\circ=0;$$

$$Y_A+Y_B-P\cos60^\circ+R_C+F\cos30^\circ=0;$$

$$Z_A-F\cos60^\circ=0;$$

$$-Y_B(a+b)+P\cos60^\circ(2a+b)-R_Ca--$$

$$F\cos30^\circ\cdot a+F\cos60^\circ\cdot r=0;$$

$$X_B(a+b)-P\cos30^\circ(2a+b)=0;$$

$$-PR + R_C r + M = 0.$$

$X_A = -1{,}85$ кН, $Y_A = -5{,}64$ кН, $Z_A = 2$ кН, $P = 6{,}4$ кН, $X_B = 7{,}39$ кН, $Y_B = 2{,}38$кН.

**1.12**

$$T = Q = 3 \text{ кН}.$$

$$X_A + T + X_D = 0;$$

$$Y_A - F + P\cos 60^\circ = 0,$$

$$Z_A + Z_D + P\cos 30^\circ = 0;$$

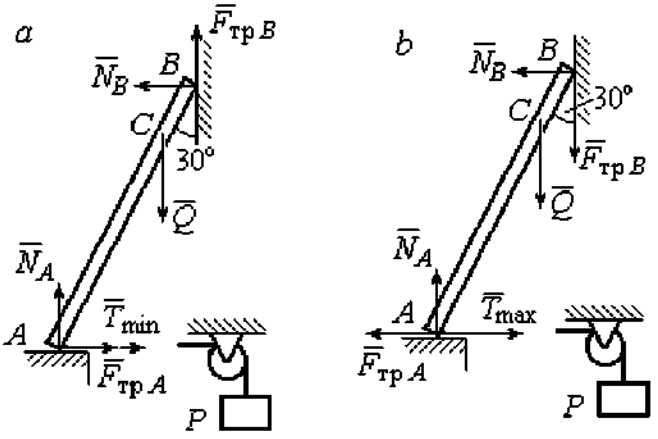



Рис. 7.13. Расчётные схемы к упражнению 1.13:
*a* – расчёт минимального веса груза;
*b* – расчёт максимального веса груза

$$Fa\sin 30^\circ + Z_D(b + 2a) + P(2b + 2a)\cos 30^\circ = 0;$$

$$Ta\sin 30^\circ - Pa\cos 30^\circ + M = 0;$$

$$-Ta - X_D(b + 2a) + Pa\cos 60^\circ + Fa\cos 30^\circ = 0.$$

$X_A = 0{,}8$ кН, $Y_A = 2{,}56$ кН, $Z_A = 1{,}3$ кН;

$P = 2{,}89$ кН, $X_D = 0{,}76$ кН, $Z_D = -3{,}80$ кН.

**1.13**

Минимальный вес груза $P$:

$$T_{\min} + F_{\text{тр}A} - N_B = 0; \quad F_{\text{тр}B} + N_A - Q = 0;$$

$$F_{\text{тр}B} \cdot AB\sin 30^\circ + N_B \cdot AB\cos 30^\circ -$$

$$- Q \cdot AC\sin 30^\circ = 0$$

Максимальный вес груза $P$:

$$T_{\max} - F_{\text{тр}A} - N_B = 0; \quad -F_{\text{тр}B} + N_A - Q = 0;$$

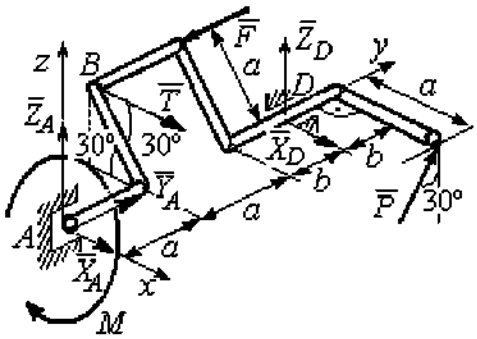



Рис. 7.12. Расчётная схема к упражнению 1.12

$$-F_{\text{тр}B} \cdot AB\sin 30^\circ + N_B \cdot AB\cos 30^\circ - Q \cdot AC\sin 30^\circ = 0;$$

$$F_{\text{тр}A} = f N_A, \quad F_{\text{тр}B} = f N_B.$$

$$T_{\min} = 31.77 \text{ Н} < P < T_{\max} = 130{,}51 \text{ Н}.$$

**1.14**

Шкив. $T = T_1 = Q$.

$$T \cdot R - T_1 r + M - F_{\text{тр}} R = 0.$$

$$F_{\text{тр}} = 266{,}67 \text{ Н};$$

$$N = \frac{F_{\text{тр}}}{f} = 666{,}67 \text{ Н}.$$

Рычаг. $N = N'$. $F_{\text{тр}} = F'_{\text{тр}}$.

$$P(a+b) - N' \cdot b + F'_{\text{тр}} c = 0.$$

$$P = 320 \text{ Н}.$$

$$-X_A - P + N' = 0;$$

$$Y_A - F'_{\text{тр}} = 0.$$

$X_A$=346,67 Н, $Y_A$=266,67 Н.

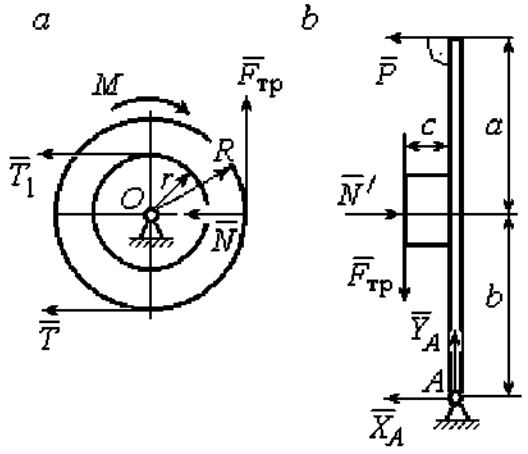



Рис. 7.14. Расчётные схемы к упражнению 1.14: *a* – равновесие шкива; *b* – равновесие рычага

$$\omega_{3z} = \omega_{1z} \frac{R_1}{r_2} \frac{R_2}{R_3} = \left(3 + \pi \cos \frac{\pi t}{2}\right) \frac{4}{3};$$

$$\omega_3(1) = |\omega_{3z}(1)| = 4 \text{ рад/с}.$$

## 7.2. Ответы к упражнениям главы 2

**2.1**

$$\omega_{1z} = \dot{\varphi}_1 = 3 + \pi \cos \frac{\pi t}{2}, \quad \omega_1(1) = |\omega_{1z}(1)| = 3$$

рад/с.

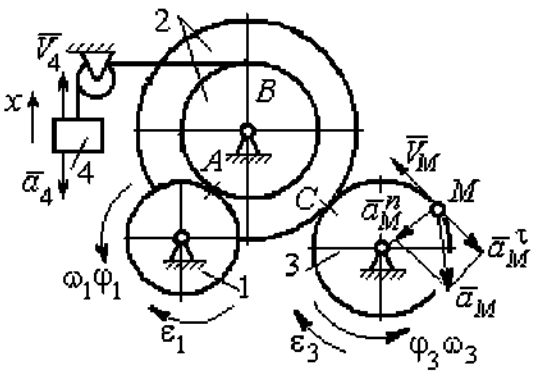



Рис. 7.15. Расчётная схема к упражнению 2.1

$$V_M(1) = \omega_3(1) R_3 = 40 \text{ см/с}.$$

$$\varepsilon_{3z} = \dot{\omega}_{3z} = -\frac{2\pi^2}{3}\sin\frac{\pi t}{2}, \quad \varepsilon_{3z}(1) = -\frac{2\pi^2}{3};$$

$$\varepsilon_3(1) = |\varepsilon_{3z}(1)| = \frac{2\pi^2}{3} = 6{,}58 \text{ рад/с}^2.$$

$\bar{a}_M = \bar{a}_M^n + \bar{a}_M^\tau$, $a_M^n(1) = \omega_3^2(1)R_3 = 160$ см/с$^2$, $a_M^\tau(1) = \varepsilon_3(1)R_3 = 65{,}8$ см/с$^2$.

$$a_M(1) = 173 \text{ см/с}^2.$$

$$V_{4x} = V_A = \omega_{1z}R_1 = \left(3 + \pi\cos\frac{\pi t}{2}\right)8; \quad V_4(1) = |V_{4x}(1)| = 24 \text{ см/с}.$$

$$\dot{V}_{4x} = -4\pi^2\sin\frac{\pi t}{2}, \; \dot{V}_{4x}(1) = -4\pi^2; \; a_4(1) = |\dot{V}_{4x}(1)| = 39{,}48 \text{ см/с}^2.$$

**2.2**

$$V_{4x} = \dot{x}_4 = 1 - \frac{\pi}{3}\cos\frac{\pi t}{3} - \frac{\pi}{3}\sin\frac{\pi t}{3};$$

$$V_{4x}(3) = 2{,}05 \text{ м/с}, \; V_4 = |V_{4x}(3)|$$

$$\omega_{3z} = \frac{V_{4x}}{r_3} = \frac{1}{r_3}\left(1 - \frac{\pi}{3}\cos\frac{\pi t}{3} - \frac{\pi}{3}\sin\frac{\pi t}{3}\right);$$

$$\omega_{3z}(3) = 6{,}83 \text{ рад/с}; \; \omega_3 = |\omega_{3z}(3)|.$$

$$\varepsilon_{3z} = \dot{\omega}_{3z} = \frac{1}{r_3}\left(\frac{\pi^2}{9}\sin\frac{\pi t}{3} - \frac{\pi^2}{9}\cos\frac{\pi t}{3}\right).$$

$$\varepsilon_{3z}(3) = 3{,}65 \text{ рад/с}^2; \; \varepsilon_3 = |\varepsilon_{3z}(3)|.$$

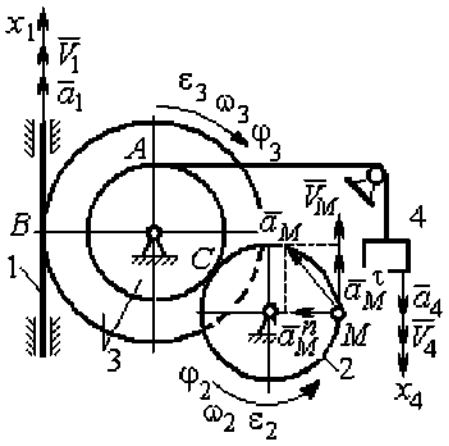



Рис. 7.16. Расчётная схема к упражнению 2.2

$$\frac{\omega_3}{\omega_2} = \frac{R_2}{r_3}; \; \omega_2 = \omega_3\frac{r_3}{R_2} = 10{,}25 \text{ рад/с}; \; V_M = \omega_2 R_2 = 2{,}05 \text{ м/с}.$$

$$\frac{\varepsilon_3}{\varepsilon_2} = \frac{R_2}{r_3}; \; \varepsilon_2 = \varepsilon_3\frac{r_3}{R_2} = 5{,}47 \text{ рад/с}^2.$$

$$a_M^n = \omega_2^2 R_2 = 20{,}4 \text{ м/с}^2; \; a_M^\tau = \varepsilon_2 R_2 = 1{,}09 \text{ м/с}^2.$$

$$a_M = \sqrt{\left(a_M^n\right)^2 + \left(a_M^\tau\right)^2} = 20{,}43 \text{ м/с}^2.$$

$$V_1 = \omega_3 R_3 = 2{,}73 \text{ м/с}; \; a_1 = \dot{V}_1 = \dot{\omega}_3 R_3 = \varepsilon_3 R_3 = 2{,}19 \text{ м/с}^2.$$

**2.3**

$BP_2 = BC\cos 30^\circ = 4{,}33$ см; $CP_2 = 2{,}5$ см.

$$\omega_{BC} = \frac{V_B}{BP_2} = 1{,}15 \text{ рад/с};\quad V_C = \omega_{BC} CP_2 = 2{,}87 \text{ см/с};$$

$$\omega_1 = \frac{V_C}{CP_1} = 0{,}72 \text{ рад/с};\quad EP_1 = 2R_1\cos 30^\circ = 3{,}46 \text{ см};$$

$$V_E = \omega_1 EP_1 = 2{,}49 \text{ см/с};\quad EP_3 = 2AE\cos 30^\circ = 10{,}39 \text{ см};$$

$$\omega_{AE} = \frac{V_E}{EP_3} = 0{,}24 \text{ рад/с};\quad EA = AP_3;$$

$$V_A = \omega_{AE} AP_3 = 1{,}44 \text{ см/с},\quad \omega_{AO} = \frac{V_A}{AO} = 0{,}24 \text{ рад/с}.$$

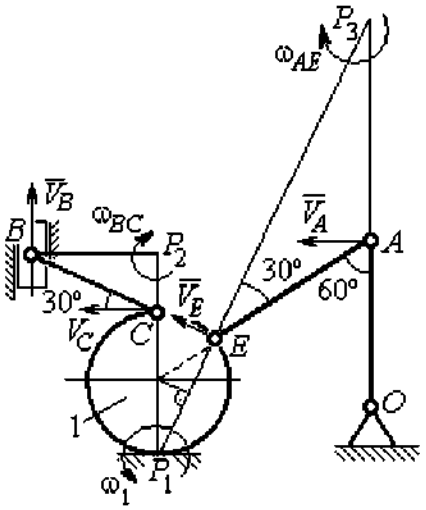



Рис. 7.17. Расчётная схема к упражнению 2.3

**2.4**

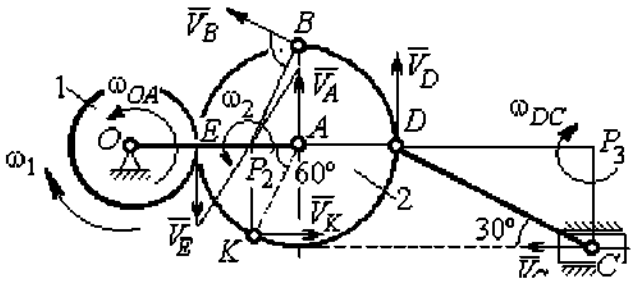



Рис. 7.18. Расчётная схема к упражнению 2.4

$E$ – точка касания дисков.

$$V_E = \omega_1 r_1 = 18 \text{ см/с}.$$

$$V_A = \omega_{OA}(r_1 + r_2) = 18 \text{ см/с}.$$

$$EP_2 = P_2 A = 3 \text{ см},\ \omega_2 = \frac{V_E}{EP_2} = 6 \text{ рад/с}.$$

$$V_K = \omega_2 P_2 K = 31{,}18 \text{ см/с}.$$

$$V_B = \omega_2 P_2 B = 40{,}25 \text{ см/с};\ V_D = \omega_2 P_2 D = 54 \text{ см/с}.$$

$$DC = 2r_2,\ \omega_{DC} = \frac{V_D}{DP_3} = 5{,}197 \text{ рад/с};\ V_C\cos 30^\circ = V_D\cos 60^\circ,\ V_C = 31{,}18 \text{ см/с}.$$

**2.5**

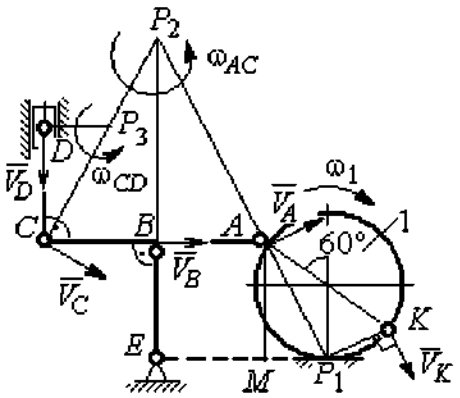



Рис. 7. 19. Расчётная схема к упражнению 2.5.

$$BE = 1{,}5R_1;\ R_1 = 2{,}67 \text{ см}.$$

$$KP_1 = R_1;\ \omega_1 = \frac{V_K}{KP_1} = 0{,}75 \text{ рад/с}.$$

$$AP_1 = \frac{AM}{\cos 30^\circ} = 4{,}62 \text{ см};\ V_A = \omega_1 P_1 A = 3{,}46 \text{ см/с}.$$

$$AP_2 = 2AB = 8 \text{ см};\ \omega_{AC} = \frac{V_A}{AP_2} = 0{,}43 \text{ рад/с}.$$

$$V_B \cos 0^\circ = V_A \cos 30^\circ;\ V_B = 2{,}99 \text{ см/с}.$$

$$\omega_{BE} = \frac{V_B}{BE} = 0{,}75 \text{ рад/с};\ V_C = V_A = 3{,}46 \text{ см/с};\ CP_3 = \frac{DC}{\cos 30^\circ} = 4{,}62 \text{ см};$$

$$\omega_{CD} = \frac{V_C}{CP_3} = 0{,}75 \text{ рад/с};\ V_D \cos 0^\circ = V_C \cos 60^\circ;\ V_D = 1{,}73 \text{ см/с}.$$

**2.6**

$$V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 12 \text{ см/с};\ \omega_{AD} = 0,\ V_D = V_A.$$

$$\omega_{O_1C} = \frac{V_D}{DO_1} = 3 \text{ рад/с};$$

$$V_C = \omega_{O_1C} \cdot O_1C = 48 \text{ см/с}.$$

$$CB = CP = 16 \text{ см};\ \omega_{CB} = \omega_{CL} = \frac{V_C}{CP} = 3 \text{ рад/с}.$$

$$PL = \frac{CP}{\cos 30^\circ} = 18{,}48 \text{ см};\ PB = 2BC\cos 30^\circ.$$

$$V_L = \omega_{CL} \cdot PL = 55{,}44 \text{ см/с};$$

$$V_B = \omega_{CB} \cdot PB = 83{,}13 \text{ см/с}.$$

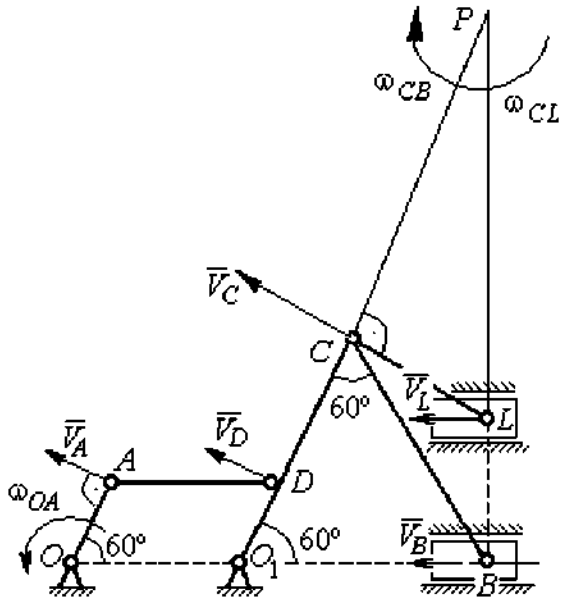



Рис. 7.20. Расчётная схема к упражнению 2.6.

**2.7**

$V_D = \omega_1 R_1 = 30$ см/с; $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 15$ см/с.

$$\omega_2 = \frac{V_A}{AP_2} = 3 \text{ рад/с}.$$

$$V_B = \omega_2 \cdot P_2 B = 21{,}21 \text{ см/с}.$$

$V_C \cos 0^\circ = V_B \cos 45^\circ$; $V_C = 15$ см/с.

$$CP_3 = CB;\ \omega_{BC} = \frac{V_C}{CP_3} = 1{,}87 \text{ рад/с}.$$

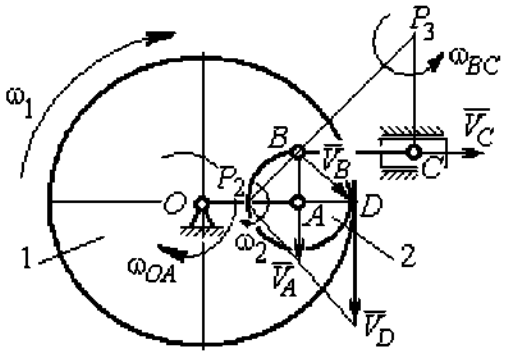



Рис. 7.21. Расчётная схема к упражнению 2.7

**2.8**

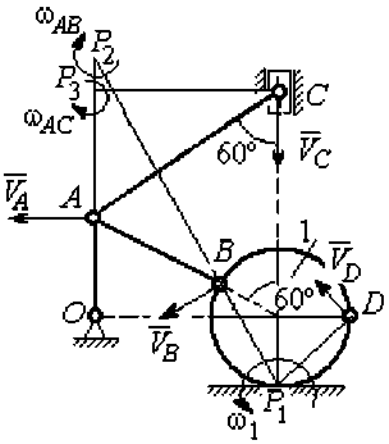



Рис. 7.22. Расчётная схема к упражнению 2.8

$AC = AB + R_1 = 12$ см; $CP_3 = AC \cos 30^\circ = 10{,}39$ см.

$$\omega_{AC} = \frac{V_C}{CP_3} = 0{,}48 \text{ рад/с};\ V_A = \omega_{AC} \cdot AP_3 = 2{,}89 \text{ см/с}.$$

$$AB = AP_2;\ \omega_{AB} = \frac{V_A}{AP_2} = 0{,}29 \text{ рад/с}.$$

$$BP_2 = 2AB \cos 30^\circ = 17{,}32 \text{ см}.$$

$$V_B = \omega_{AB} BP_2 = 5{,}02 \text{ см/с}.$$

$$OA = (AB + R_1)\sin 30^\circ = 6 \text{ см};\ \omega_{OA} = \frac{V_A}{AO} = 0{,}48 \text{ рад/с}.$$

$$BP_1 = 2R_1 \cos 30^\circ = 3{,}46 \text{ см};\ \omega_1 = \frac{V_B}{BP_1} = 1{,}45 \text{ рад/с}.$$

$$DP_1 = R_1\sqrt{2} = 2{,}82 \text{ см};\ V_D = \omega_1 DP_1 = 4{,}09 \text{ см/с}.$$

**2.9**

$$V_A = \omega_{OA} OA = 12 \text{ см/с};\ AP = 2AB = 2BC \cdot \operatorname{tg} 60^\circ = 27{,}71 \text{ см}.$$

$$\omega_{AB} = \frac{V_A}{AP} = 0{,}43 \text{ рад/с};\ V_B \cos 0^\circ = V_A \cos 30^\circ;\ V_B = 10{,}38 \text{ см/с}.$$

$$\omega_{BC} = \frac{V_B}{BC} = 1{,}29 \text{ рад/с}.$$

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^\tau_{BA};\quad \bar{a}_B = \bar{a}_C + \bar{a}^n_{BC} + \bar{a}^\tau_{BC},\ a_C = 0.$$

$$\bar{a}_A = \bar{a}_O + \bar{a}^n_{AO} + \bar{a}^\tau_{AO},\ a_O = 0.$$

$$\bar{a}^n_{BC} + \bar{a}^\tau_{BC} = \bar{a}^n_{AO} + \bar{a}^\tau_{AO} + \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^\tau_{BA}.\ \text{Найти}\ a^\tau_{BC}$$

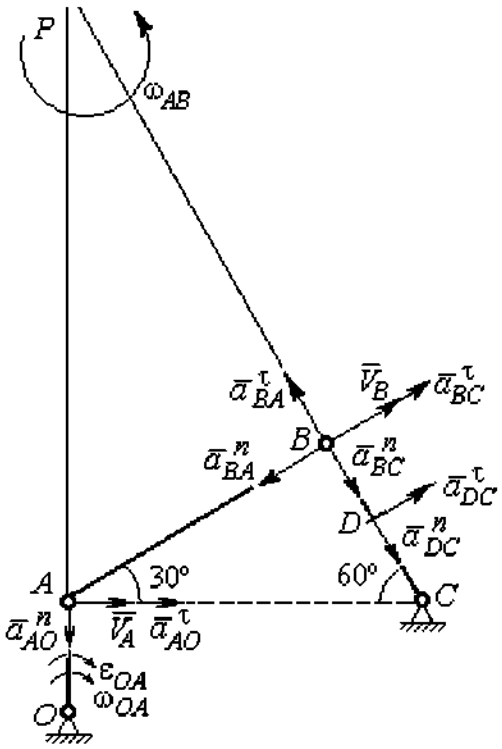



Рис. 7.23. Расчётная схема к упражнению 2.9

$$a^n_{AO} = \omega^2_{AO} \cdot AO = 36\ \text{см/с}^2;$$

$$a^\tau_{AO} = \varepsilon_{AO} \cdot AO = 8\ \text{см/с}^2;$$

$$AB = BC \cdot \text{tg}60^\circ = 13{,}86\ \text{см}.$$

$$a^n_{BA} = \omega^2_{AB} \cdot AB = 2{,}56\ \text{см/с}^2;\ \ a^\tau_{AB} = \varepsilon_{AB} AB.$$

$$a^n_{BC} = \omega^2_{BC} \cdot BC = 13{,}31\ \text{см/с}^2;\ \ a^\tau_{BC} = \varepsilon_{BC} BC.$$

Проекция на $AB$:

$$a^\tau_{BC} = -a^n_{AO}\cos 60^\circ +$$

$$+ a^\tau_{AO}\cos 30^\circ - a^n_{BA} = 13{,}63\ \text{см/с}^2.$$

$$\varepsilon_{BC} = \frac{\left|a^\tau_{BC}\right|}{BC} = 1{,}7\ \text{рад/с}^2.$$

$$\bar{a}_D = \bar{a}^n_{DC} + \bar{a}^\tau_{DC}.$$

$$a^n_{DC} = \omega^2_{BC} \cdot DC = 6{,}65\ \text{см/с}^2;\ \ a^\tau_{DC} = \varepsilon_{BC} \cdot DC = 6{,}8\ \text{см/с}^2.$$

$$a_D = \sqrt{\left(a^n_{DC}\right)^2 + \left(a^\tau_{DC}\right)^2} = 9{,}51\ \text{см/с}^2.$$

**2.10**

$$V_A = \omega_1 r_1 = 12\ \text{см/с};\ P_2A = \frac{1}{2}BC = 5\ \text{см}.$$

$$\omega_{AB} = \frac{V_A}{P_2A} = 2{,}4\ \text{рад/с}.$$

$$V_B\cos 30^\circ = V_A\cos 60^\circ;\ V_B = 6{,}93\ \text{см/с}.$$

$$P_3B = BC\cos 30^\circ = 8{,}66\ \text{см};$$

$$\omega_{BC} = \frac{V_B}{P_3B} = 0{,}8\ \text{рад/с}.$$

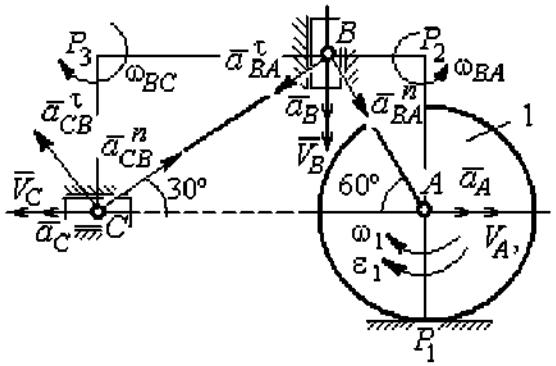



Рис. 7.24. Расчётная схема к упражнению 2.10

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^\tau_{BA}.\ \text{Найти}\ a_B.$$

Проекция на $BA$: $a_B\cos30° = a_A\cos60° + a^n_{BA}$.

$$a_A = a^\tau_A = \varepsilon_1 r_1 = 8 \text{ см/с}^2;\ AB = BC\operatorname{tg}30° = 5{,}77 \text{ см}.$$

$$a^n_{BA} = \omega^2_{BA} \cdot BA = 33{,}23 \text{ см/с}^2;\ a_B = 43{,}03 \text{ см/с}^2.$$

$$\bar{a}_C = \bar{a}_B + \bar{a}^n_{CB} + \bar{a}^\tau_{CB}.$$

Проекция на $BC$: $a_C\cos60° = a_B\cos60° - a^n_{CB}$,

$$a^n_{CB} = \omega^2_{CB} \cdot CB = 6{,}4 \text{ см/с}^2;\ a_C = a_B - 2a^n_{CB} = 30{,}23 \text{ см/с}^2.$$

## 7.3. Ответы к упражнениям главы 3

**3.1**

$$CM_1 = S_r(1) = \frac{40}{3}\sin\frac{\pi}{3} = 11{,}55 \text{ см}.$$

Так как $CM_1\cos30° = 10$ см $= R$, то точка $M_1$ лежит на вертикальном диаметре.

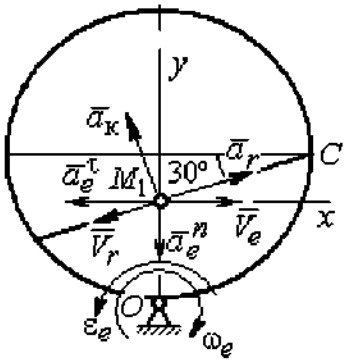


Рис. 7.25. Расчётная схема к упражнению 3.1

$$V_r = \dot{S}_r = \frac{40\pi}{9}\cos\frac{\pi t}{3};\ V_r(1) = 6{,}98 \text{ см/с}.$$

$$\omega_e(1) = 0{,}5 \text{ рад/с};\ OM_1 = R - \frac{1}{2}CM_1 = 4{,}23 \text{ см}.$$

$$V_e = \omega_e OM_1;\ V_e(1) = 2{,}12 \text{ см/с}.$$

$$\bar{V}_M = \bar{V}_e + \bar{V}_r.$$

$$V_{Mx} = V_e - V_r\cos30° = -3{,}93 \text{ м/с};\ V_{My} = -V_r\cos60° = -3{,}49 \text{ м/с};$$

$$V_M = \sqrt{(V_{Mx})^2 + (V_{My})^2} = 5{,}26 \text{ см/с}.$$

$$\bar{a}_M = \bar{a}_e + \bar{a}_r + \bar{a}_к.$$

$$\bar{a}_e = \bar{a}^n_e + \bar{a}^\tau_e,\ a^n_e = \omega^2_e OM_1;\ a^n_e(1) = 1{,}06 \text{ см/с}^2.$$

$$\dot{\omega}_e = -\frac{\pi}{3}\sin\frac{\pi t}{3},\ \dot{\omega}_e(1) = -0{,}91 \text{ рад/с}^2;\ \varepsilon_e = |\dot{\omega}_e(1)| = 0{,}91 \text{ рад/с}^2,$$

$$a^\tau_e(1) = \varepsilon_e \cdot OM_1 = 3{,}85 \text{ см/с}^2.$$

$$\dot{V}_r = -\frac{40\pi^2}{27}\sin\frac{\pi t}{3},\ \dot{V}_r(1) = -12{,}66;\ a_r = \left|\dot{V}_r(1)\right| = 12{,}66\ \text{см/с}^2$$

$$a_{\text{к}} = 2\left|\omega_e\right|\cdot\left|V_r\right|;\ \ a_{\text{к}}(1) = 6{,}98\ \text{см/с}^2.$$

$$\bar{a}_M = \bar{a}_e^n + \bar{a}_e^\tau + \bar{a}_r + \bar{a}_{\text{к}}.$$

$$a_{Mx} = -a_e^\tau + a_r\cos 30° - a_{\text{к}}\cos 60° = 3{,}62\ \text{см/с}^2;$$

$$a_{My} = -a_e^n + a_r\cos 60° + a_{\text{к}}\cos 30° = 11{,}31\ \text{см/с}^2.$$

$$a_M = \sqrt{(a_{Mx})^2 + (a_{My})^2} = 11{,}87\ \text{см/с}^2.$$

**3.2**

Положение $M_1$:

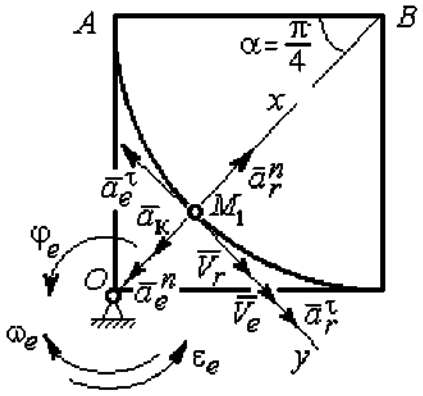



Рис. 7.26. Расчётная схема к упражнению 3.2

$$\alpha = \frac{S_r(1)}{R} = \frac{\pi}{4};\ OM_1 = 8{,}28\ \text{см}.$$

$$\dot{S}_r = 10\pi t;\ V_r = \left|\dot{S}_r(1)\right| = 31{,}42\ \text{см/с}.$$

$$\dot{\varphi}_e = 2t - 5,$$

$$\dot{\varphi}_e(1) = -3\ \text{рад/с},\ \omega_e = \left|\dot{\varphi}_e(1)\right| = 3\ \text{рад/с}.$$

$$V_e = \omega_e\cdot OM_1 = 24{,}6\ \text{см/с}.$$

$$\bar{V}_M = \bar{V}_e + \bar{V}_r\cdot\ V_{Mx} = V_e + V_r = 56{,}02\ \text{см/с};$$

$$V_{My} = 0;\ V_M = 56{,}02\ \text{см/с}.$$

$$\bar{a}_M = \bar{a}_e + \bar{a}_r + \bar{a}_{\text{к}} = \bar{a}_e^n + \bar{a}_e^\tau + \bar{a}_r^n + \bar{a}_r^\tau + \bar{a}_{\text{к}}.$$

$$\bar{a}_e = \bar{a}_e^n + \bar{a}_e^\tau\ \cdot\ a_e^n = \omega_e^2\cdot OM_1 = 74{,}52\ \text{см/с}^2;$$

$$\dot{\omega}_e = 2\ \text{рад/с}^2;\ \varepsilon_e = \left|\dot{\omega}_e\right|;\ \ a_e^\tau(1) = \varepsilon_e OM_1 = 16{,}56\ \text{см/с}^2;$$

$$\bar{a}_r = \bar{a}_r^n + \bar{a}_r^\tau\cdot\dot{V}_r = 10\pi;\ a_r^\tau = \left|\dot{V}_r\right| = 10\pi = 31{,}42\ \text{см/с}^2;$$

$$a_r^n(1) = \frac{V_r^2}{R} = 49{,}36\ \text{см/с}^2;\ \ a_{\text{к}} = 2\left|\omega_e\right|\cdot\left|V_r\right|;\ \ a_{\text{к}}(1) = 62{,}84\ \text{см/с}^2.$$

$$a_{Mx} = -a_e^n + a_r^n - a_{\text{к}} = -88\ \text{см/с}^2;\ a_{My} = -a_e^\tau + a_r^\tau = 14{,}86\ \text{см/с}^2.$$

$$a_M = \sqrt{(a_{Mx})^2 + (a_{My})^2} = 89{,}24\ \text{см/с}^2.$$

## 7.4. Ответы к упражнениям главы 4

**4.1**

$$m\ddot{x} = F - P\cos 60° - F_{\text{тр}},\quad m\ddot{y} = N - P\cos 30° = 0.$$

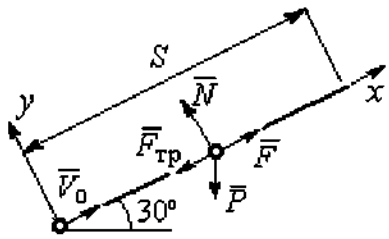



Рис. 7.27. Расчётная схема к упражнению 4.1

$$F_{\text{тр}} = fN = fmg\cos 30°;$$

$$\ddot{x} = \frac{1}{2}kt - 3{,}4,\quad \dot{x} = \frac{1}{4}kt^2 - 3{,}4t + V_0;$$

$$x = \frac{1}{12}kt^3 - 1{,}7t^2 + V_0 t.$$

Конечные условия: $t = 2$ с; $x = S = 2$ м; $V = 2V_0$.

$$V_0 = k - 6{,}8;\quad 1 = \frac{1}{3}k - 3{,}4 + V_0.$$

$$k = 8{,}4;\ V_0 = 1{,}6 \text{ м/с}.$$

**4.2**

Уравнения движения точки:

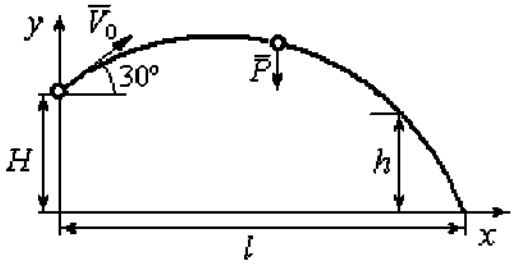



Рис. 7.28. Расчётная схема к упражнению 4.2

$$m\ddot{x} = 0;\ \dot{x} = V_0\cos 30°;\ x = V_0 t\cos 30°.$$

$$m\ddot{y} = -P;\ \dot{y} = -gt + V_0\cos 60°;$$

$$y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_0 t\cos 60° + H.$$

Краевое условие пролёта высоты $h$:

$$t = 1 \text{ с};\ y = h = 7 \text{ м}.$$

Подставляя краевые условия в уравнение движения, находим: $V_0 = 3{,}81$ м/с.

Краевое условие падения точки:

$$t = t_{\text{пад}};\ x = l;\ y = 0.$$

Подстановка в уравнения движения условия приводит к системе:

$$l = V_0 t_{\text{пад}}\cos 30°;\ 0 = -\frac{1}{2}gt_{\text{пад}}^2 + V_0 t_{\text{пад}}\cos 60° + H.$$

Находим: $t_{\text{пад}} = 1{,}64$ с; $l = 5{,}41$ м.

**4.3**

Уравнение движения груза (рис. 7.29, *a*): $m\ddot{S} = -F = -k\dot{S}$.

Начальные условия: $t = 0;\ S = 0;\ \dot{S} = V_0$.

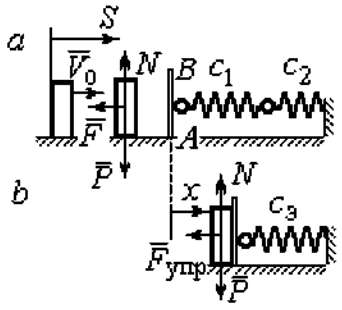



Рис. 7.29. Расчётная схема к упражнению 4.3: *a* – движение груза до начала колебаний; *b* – колебания груза

Решение: $S = \dfrac{mV_0}{k}\left(1 - e^{-\frac{k}{m}t}\right) = 6\left(1 - e^{-t}\right)$ м.

Скорость груза: $\dot{S} = 6e^{-t}$.

Скорость груза в момент соединения с площадкой $AB$: $V_1 = \dot{S}(1) = 0{,}21$ м/с.

Уравнение колебаний груза на эквивалентной пружине (рис. 7.29, *b*):

$$m\ddot{x} = -F_{упр} = -c_э x;\ c_э = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} = 30 \text{ Н/м}.$$

Начальные условия движения: $t = 0;\ x = 0;\ \dot{x} = V_1$.

Общий вид решения: $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t;\ \omega = \sqrt{\dfrac{c_э}{m}} = 7{,}75$ рад/с, где константы: $C_1 = 0;\ C_2 = \dfrac{V_1}{\omega} = 0{,}28$ м. Закон движения груза $x = 0{,}28\sin 7{,}75t$.

Максимальное сжатие 0,28 м.

**4.4**

Жесткость эквивалентной пружины

$$c_э = \frac{c \cdot 2c}{c + 2c} = \frac{2}{3}c.$$

Уравнение колебаний:

$$m\ddot{x} = P - F_{упр} = P - c_э(\lambda_{ст} + x) = -c_э x.$$

Общее решение:

$$x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t;\ \omega = \sqrt{\frac{c_э}{m}} = 10{,}33 \text{ рад/с}.$$

Начальные условия: $t = 0;\ x = 0;\ \dot{x} = -V_0$.

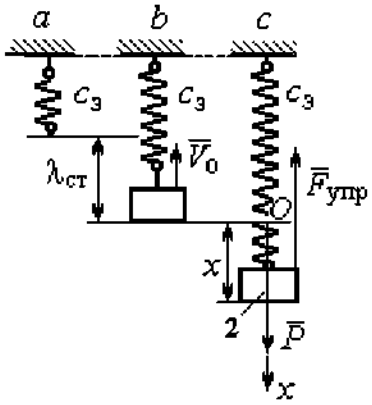



Рис. 7.30. Расчётная схема к упражнению 4.4: *a* – нерастянутая пружина; *b* – положение статического равновесия; *c* – произвольное положение груза

Находим константы интегрирования: $C_1 = 0$; $C_2 = \dfrac{V_0}{\omega} = 0{,}39$ м.

Закон движения груза: $x = 0{,}39\sin 10{,}33t$.

Амплитуда $A = 0{,}39$ м, частота $\omega = 10{,}33$ рад/с.

**4.5**

Скорость человека, находящегося в самолёте, в нижней точке траектории (точка $C$):

$$\frac{mV_C^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = mg\left[l\sin\varphi + r(1-\cos\varphi)\right].$$

Откуда $V_C^2 = V_0^2 + 2g\left[l\sin\varphi + r(1-\cos\varphi)\right]$.

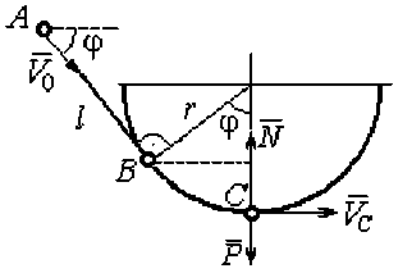


Рис. 7.31. Расчётная схема к упражнению 4.5

Уравнение движения человека, двигающегося вместе с самолётом, в проекции на нормаль в точке $C$: $\dfrac{mV_C^2}{r} = N - P$, где $N$ – реакция корпуса самолёта. Сила давления человека на корпус самолёта по величине равна реакции, но направлена в противоположную сторону.

Из условия $N \le 3P$ следует неравенство: $V_C^2 \le 2gr$, или

$$V_0^2 + 2g\left[l\sin\varphi + r(1-\cos\varphi)\right] \le 2gr. \text{ Откуда } r \ge \frac{V_0^2 + 2gl\sin\varphi}{2g\cos\varphi}.$$

**4.6**

Из уравнения теоремы об изменении кинетической энергии шарика в точке $B$ с учётом, что $V_A = 0$, найдём:

$$\frac{mV_B^2}{2} = \frac{ca^2}{2} + mg\left[R + R\cos 60° - a\cos 30°\right].$$

Составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки на участке $BD$:

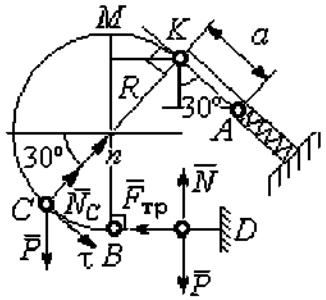


Рис. 7.32. Расчётная схема к упражнению 4.6

$-\frac{mV_B^2}{2} = -fNs$, где $s$ – путь точки до остановки. С учётом данных задачи, получим: $s$ = 5,39 м.

Уравнение движения шарика в проекции на нормальную ось в точке $C$

$$\frac{mV_C^2}{R} = N_C - P\cos 60°.$$

Для вычисления реакции опоры шарика на трубу имеем равенство $N_C = \frac{mV_C^2}{R} + P\cos 60° = \frac{1}{R}\left[mV_B^2 - 2mgR(1-\cos 60°)\right] + mg\cos 60°$, где кинетическая энергия шарика в точке $B$: $mV_B^2 = ca^2 + 2mgR\left[(1+\cos 60°) - \frac{a}{R}\cos 30°\right]$. Получим: $N_C = 18{,}71$ Н. Давление шарика на трубку равно реакции опоры и направлено в противоположную сторону.

## 7.5. Ответы к упражнениям главы 5

**5.1**

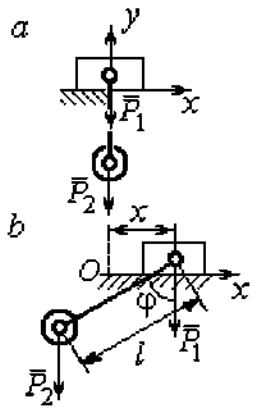



Рис. 7.33. Расчётная схема к упражнению 5.1: *a* – начальное положение системы; *b* – произвольное положение

$x_0$ – координата центра тяжести системы в начальном положении, $x_0$ = 0 (см. рис.7.33); $x$ – текущая координата центра тележки; $x_1$ – координата центра тяжести системы в её произвольном положении: $x_1 = \frac{m_1 x - m_2(l\sin\varphi - x)}{m_1 + m_2}$.

Уравнение закона сохранения движения центра масс системы: $x_1 = x_0$, или

$$m_1 x - m_2(l\sin\varphi - x) = 0.$$

Отсюда зависимость координаты движения тележки от положения груза 2: $x = \frac{m_2 l}{m_1 + m_2}\sin\varphi$.

**5.2**

Теорема об изменении кинетического момента системы относительно оси $z$: $\dfrac{dL_z}{dt} = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$.

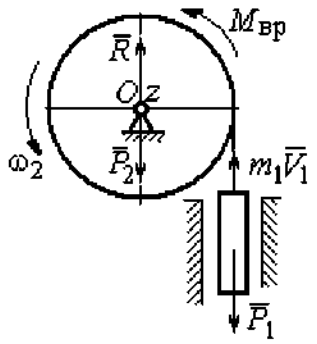


Рис. 7.34. Расчётная схема к упражнению 5.2

Кинетический момент системы:

$$L_z = L_z^{\text{бар}} + L_z^{\text{гр}} = \frac{m_2 r^2}{2}\omega + m_1 V_1 r = \left(m_1 + \frac{m_2}{2}\right)\omega r^2.$$

Суммарный момент внешних сил относительно оси $z$: $\sum M_z(\vec{F}_k^e) = M_{\text{вр}} - P_1 r = kt - m_1 g r$.

Дифференциальное уравнение вращения барабана:

$$\left(m_1 + \frac{m_2}{2}\right) r^2 \frac{d\omega}{dt} = kt - m_1 g r.$$

При нулевых начальных условиях $\omega = \dfrac{kt^2 - 2m_1 g r t}{(2m_1 + m_2) r^2}$.

**5.3**

Уравнение теоремы об изменении кинетической энергии для неизменяемых систем на конечном перемещении: $T - T_0 = \sum A(F_k)$, $T_0 = 0$.

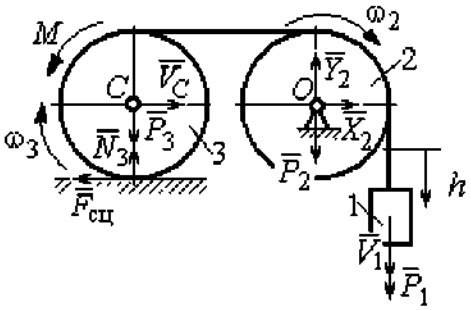


Рис. 7.35. Расчётная схема к упражнению 5.3

Кинетическая энергия груза 1: $T_1 = \dfrac{m_1 V_1^2}{2}$.

Энергия вращательного движения блока 2: $T_2 = \dfrac{1}{2} J_O \omega_2^2$, где осевой момент инерции блока: $J_O = \dfrac{m_2 r^2}{2}$, угловая скорость блока $\omega_2 = \dfrac{V_1}{r}$. Кинетическая энергия катка 3: $T_3 = \dfrac{1}{2} m_3 V_C^2 + \dfrac{1}{2} J_C \omega_3^2$, где момент инерции катка относительно оси, проходящей

через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_C = \frac{m_3 r^2}{2}$, угловая скорость катка и скорость его центра масс $\omega_3 = \frac{V_1}{2r}$, $V_C = \frac{V_1}{2}$.

Энергия системы: $T = T_1 + T_2 + T_3 = (8m_1 + 4m_2 + 3m_3)\frac{V_1^2}{16}$.

Суммарная работа вешних сил на перемещении $h$: $\sum A(F_k) = P_1 h - M\frac{h}{2r}$.

Уравнение теоремы об изменении кинетической энергии:

$$(8m_1 + 4m_2 + 3m_3)\frac{V_1^2}{16} = \left(m_1 g - \frac{M}{2r}\right)h.$$

Скорость груза на высоте $h$: $V_1 = 4\sqrt{\frac{\left(m_1 g - \frac{M}{2r}\right)h}{8m_1 + 4m_2 + 3m_3}}$.

**5.4**

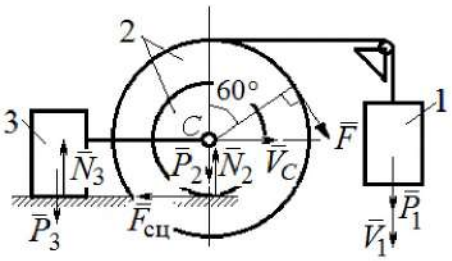



Рис. 7.36. Расчётная схема к упражнению 5.4

Для решения задачи используется теорема об изменении кинетической энергии в дифференциальной форме: $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e)$, где $T$ – энергия системы в её текущем положении; $\sum N(\vec{F}_k^e)$ – суммарная мощность внешних сил.

Допустим, груз 1 движется вниз со скоростью $V_1$. Скорость центра масс катка $V_C$.

Кинетическая энергия катка 2: $T_2 = \frac{1}{2}m_2 V_C^2 + \frac{1}{2}J_{zC}\omega_2^2$. Здесь $m_2 = \frac{2P}{g}$, $J_{zC} = m_2 i_z^2$, $\omega_2 = \frac{V_C}{r}$. В результате кинетическая энергия катка $T_2 = \frac{3P}{g}V_C^2$.

Скорость груза 3 $V_3 = V_C$. Кинетическая энергия груза 3 $T_3 = \frac{P}{g}V_C^2$.

Скорость груза 1 $V_1 = \omega_2 3r = 3V_C$. Кинетическая энергия груза 1: $T_1 = \frac{9P}{2g}V_C^2$.

Суммарная кинетическая энергия (энергия системы): $T = T_1 + T_2 + T_3 = \frac{17P}{2g}V_C^2$. Производная $\frac{dT}{dt} = \frac{17P}{g}V_C\frac{dV_C}{dt} = \frac{17}{g}V_C a_C$.

Мощности сил $\vec{P}_2$, $\vec{N}_2$, $\vec{F}_{сц}$, $\vec{P}_3$, $\vec{N}_3$ равны нулю.

Мощность силы $\vec{F}$, приложенной к колесу, определяется по формуле: $N(\vec{F}) = \vec{F}\cdot\vec{V}_C + \vec{M}_C(\vec{F})\cdot\vec{\omega}_2 = FV_C\cos 60° + FR\omega_2$. Мощность силы $\vec{P}_1$ $N(\vec{P}_1) = P_1V_1$. Суммарная мощность внешних сил: $\sum N(F^e) = 7PV_C$.

Составляем уравнение теоремы об изменении кинетической энергии системы: $\frac{17P}{g}V_C a_C = 7PV_C$, откуда $a_C = \frac{7}{17}g$ м/с$^2$.

**5.5**

Рассмотрим движение катков отдельно, заменив невесомый стержень реакцией. Предположим, катки движутся направо (см. рис. 7.37). Уравнения движения катков:

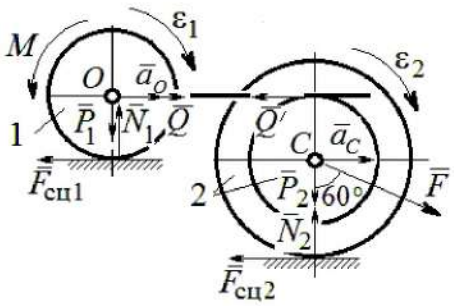


Рис. 7.37. Расчётная схема к упражнению 5.5

$$m_1 a_O = Q - F_{сц1},\ J_{1O}\varepsilon_1 = F_{сц1}r - M;$$

$$m_2 a_C = -Q' - F_{сц2} + F\cos 30°;$$

$$J_{2C}\varepsilon_2 = F_{сц2}3r - Q'r.$$

Здесь $\vec{Q}$ – реакция невесомого стержня, $|\vec{Q}| = |\vec{Q}'|$; $\vec{F}_{сц1}$, $\vec{F}_{сц2}$ – силы сцепления катков с поверхностями качения; моменты инерции катков $J_{1O} = \frac{m_1 r^2}{2}$, $J_{2C} = m_2 i_2^2$. Подставляя кинематические соотношения $\varepsilon_2 = \frac{a_C}{3r}$; $a_O = \frac{4}{3}a_C$; $\varepsilon_1 = \frac{4a_C}{3r}$, с учётом данных задачи, получим систему уравнений:

$$\frac{4P}{3g}a_C = Q - F_{сц1};\ \ \frac{2P}{3g}a_C = F_{сц1} - 4P;$$

$$\frac{2P}{g}a_C = -Q - F_{сц2} + P\sqrt{3};\ \ \frac{4P}{3g}a_C = 3F_{сц2} - Q.$$

Находим ускорение центра катка 2: $a_C = \dfrac{3\left(3\sqrt{3}-16\right)g}{46} \approx -\,0{,}7g$. Каток движется в противоположную сторону. Реакция стержня $Q = 2{,}6P$.

**5.6**

Выделяем звенья механизма, заменяя действия нитей их реакциями. Допустим, направления движений тел в системе соответствуют подъёму груза 1.

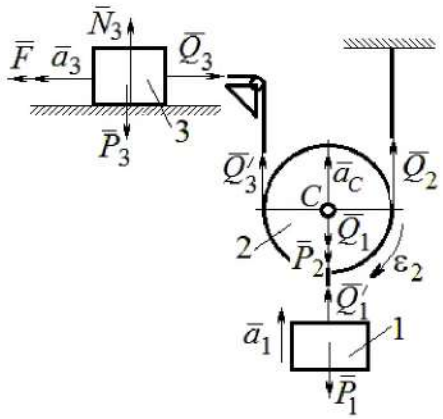



Рис. 7.38. Расчётная схема к упражнению 5.6

Уравнения движения тел:

$$m_3a_3 = F - Q_3,\ m_2a_C = Q'_3 + Q_2 - P_2 - Q_1;$$

$$J_{2C}\varepsilon_2 = Q'_3r - Q_2r,\ m_1a_1 = Q'_1 - P_1.$$

С учётом, что $\left|\vec{Q}_3\right| = \left|\vec{Q}'_3\right|$, $\left|\vec{Q}_1\right| = \left|\vec{Q}'_1\right|$ и

$$a_C = a_1,\quad a_3 = 2a_1,\quad \varepsilon_2 = \frac{a_1}{r},\quad J_{2C} = \frac{m_2r^2}{2},$$

подставляя данные задачи, получим систему уравнений:

$$2ma_1 = 2{,}5mg - Q_3;\ \ ma_1 = Q_3 + Q_2 - mg - Q_1;$$

$$\frac{ma_1}{2} = Q_3 - Q_2;\ m_1a_1 = Q_1 - P_1.$$

Решая систему, находим: $a_1 = \dfrac{2}{17}g \approx 0{,}12g;\ \ Q_3 = 2{,}26mg;\ Q_2 = 2{,}15mg$.

**5.7**

Заменяем действия нитей реакциями. Предположим, груз 1 спускается по наклонной плоскости. Уравнения движения тел:

$$m_1a_1 = P_1\cos 30° - Q_1;\ \ m_3a_3 = Q_3;$$

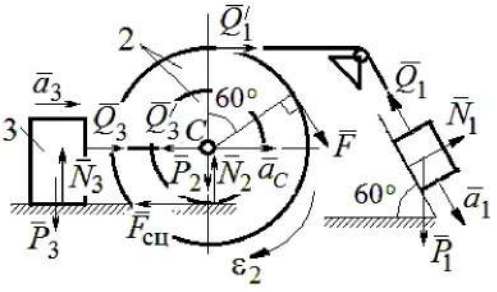



Рис. 7.39. Расчётная схема к упражнению 5.7

$$m_2 a_C = Q_1' - Q_3' - F_{\text{сц}} + F\cos 60^\circ;\ J_{2C}\varepsilon_2 = Q_1' R + FR + F_{\text{сц}} r,\ J_{2C} = m_2 i_2^2.$$

Соотношения ускорений: $\varepsilon_2 = \dfrac{a_1}{R+r}$, $a_C = \dfrac{a_1 r}{R+r}$, $a_3 = a_C$. Подставляя данные задачи, с учётом, что модули сил $Q_1' = Q_1$ и $Q_3' = Q_3$, получим систему уравнений:

$$ma_1 = mg\frac{\sqrt{3}}{2} - Q_1;\ \frac{2}{3}ma_1 = Q_3;$$

$$ma_1 = Q_1 - Q_3 - F_{\text{сц}} + \frac{1}{2}mg;\ 3ma_1 = 2Q_1 + 2mg + F_{\text{сц}}.$$

Находим $a_1 = \dfrac{3}{46}\left(5+3\sqrt{3}\right)g \approx 0{,}44g;\ Q_1 = 0{,}21mg;\ Q_3 = 0{,}44mg$.

## 7.6. Ответы к упражнениям главы 6

**6.1**

Внешние силы, действующие на систему: силы тяжести – $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и реакции опор $\vec{N}_3$, $\vec{R}_3$ Приложим к телам системы, силы инерции $\vec{R}_1^{\text{ин}}$, $\vec{R}_2^{\text{ин}}$ (рис. 7.40, *a*). В соответствии с принципом Даламбера, полученная система сил находится в равновесии. Составляем условие равновесия системы сил в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси:

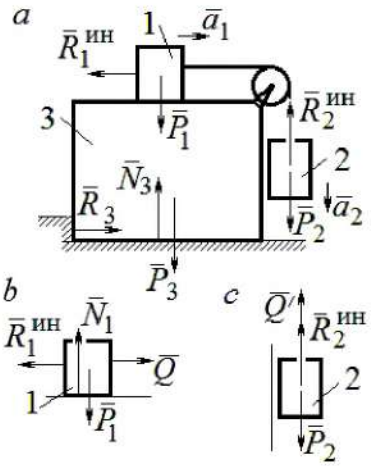



Рис. 7.40. Расчётная схема к упражнению 6.1

$$R_3 - R_1^{\text{ин}} = 0,\ N_3 - P_3 - P_1 - P_2 + R_2^{\text{ин}} = 0.$$

Для вычисления сил инерции рассмотрим отдельно грузы 1 и 2, заменяя действие соединяющей их нити реакцией (рис. 7.40, *b*, *c*). Присоединим к грузам силы инерции и, применив принцип Даламбера, составим уравнения равновесия систем сил - для груза 1 в проекции на горизонтальную ось, для груза 2 – на вертикальную:

$$Q - R_1^{\text{ин}} = 0;\ P_2 - Q' - R_2^{\text{ин}} = 0,$$

где $R_1^{\text{ин}} = m_1 a_1$, $R_2^{\text{ин}} = m_2 a_2$.

Решая полученную систему с учётом равенства модулей сил $Q = Q'$ и ускорений грузов $a_1 = a_2$, находим ускорение грузов: $a_1 = a_2 = 0{,}5g$. Тогда давление призмы на горизонтальную поверхность: $N_3 = 2{,}5mg$.

**6.2**

Активными силами в системе являются силы $\vec{F}$ и $\vec{Q}$. Для равновесия системы необходимо и достаточно выполнения условия: $\delta A(\vec{F}) + \delta A(\vec{Q}) = 0$ или $F\delta s_F - Q\delta s_Q = 0$, где $\delta s_F$ и $\delta s_Q$ – возможные перемещения точек приложения сил $\vec{F}$ и $\vec{Q}$.

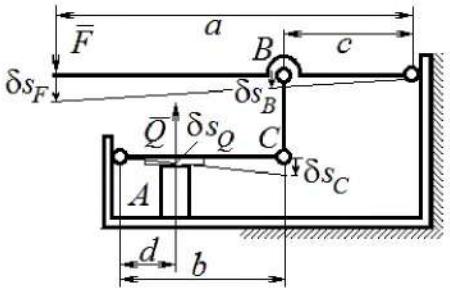


Рис. 7.41. Расчётная схема к упражнению 6.2

Имеем соотношения: $\dfrac{\delta s_F}{\delta s_B} = \dfrac{a}{c}$, $\dfrac{\delta s_C}{\delta s_Q} = \dfrac{b}{d}$, где $\delta s_B$ и $\delta s_C$ – возможные перемещения точек $B$ и $C$, причём $\delta s_B = \delta s_C$. Тогда $\delta s_Q = \dfrac{cd}{ab}\delta s_F$ и сила, сжимающая деталь $A$ под прессом, равна $Q = \dfrac{ab}{cd}F$.

**6.3**

Активными силами, совершающими работу при движении системы, являются силы тяжести $\vec{P}_3$, $\vec{P}_4$ и пары сил с моментами $M_1$ и $M_2$. Связи идеальные.

Для равновесия системы необходимо и достаточно выполнения условия:

$$\delta A(\vec{P}_3) + \delta A(\vec{P}_4) + \delta A(M_1) + \delta A(M_2) = 0 \text{ или}$$

$$P_3\delta s_3 - P_4\delta s_4 + M_1\delta\varphi_1 - M_2\delta\varphi_2 = 0,$$

где $\delta s_3, \delta s_4$ – элементарные перемещения грузов 3, 4; $\delta\varphi_1, \delta\varphi_2$ – элементарные повороты валов 1 и 2. Выразим все перемещения через угол поворота

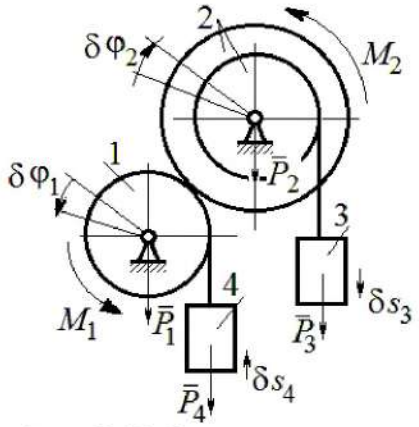


Рис. 7.42. Расчётная схема к упражнению 6.3

вала 2: $\delta s_3 = \delta\varphi_2 r$, $\delta\varphi_1 = 3\delta\varphi_2$, $\delta s_4 = 3r\delta\varphi_2$ и подставим в уравнение равновесия. Получим: $M_2 = 4Pr$.

**6.4**

Система с идеальными связями. Активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и пара сил с моментом $M_{\text{вр}}$ (рис. 7.43).

Направления поворотов дисков и их угловые ускорения показаны на рис. 7.43 дуговыми стрелками $\delta\varphi_1, \varepsilon_1$ и $\delta\varphi_2, \varepsilon_2$. Направления движения центра масс катка 2, груза 3 и их ускорения обозначены: $\delta s_C, a_C$ и $\delta s_3, a_3$.

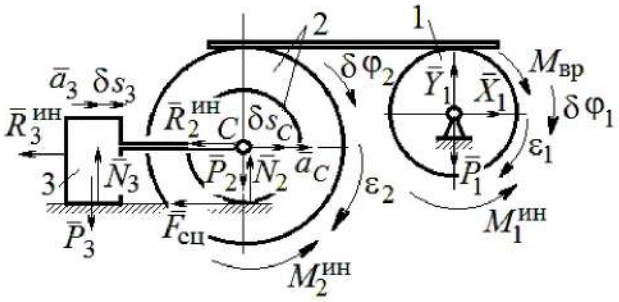



Рис. 7.43. Расчётная схема к упражнению 6.4

Кинематические соотношения между перемещениями и ускорениями: $\delta s_C = \delta s_3$, $a_C = a_3$, $\delta\varphi_2 = \dfrac{\delta s_3}{r}$, $\varepsilon_2 = \dfrac{a_3}{r}$, $\delta\varphi_1 = \dfrac{3\delta s_3}{r}$, $\varepsilon_1 = \dfrac{3a_3}{r}$.

Присоединим к телам системы силы инерции.

Модули главных векторов сил инерции: $R_3^{\text{ин}} = m_3 a_3 = ma_3$; $R_2^{\text{ин}} = m_2 a_C = 2ma_3$; $M_2^{\text{ин}} = m_2 i_2^2 \varepsilon_2 = 4{,}5mra_3$; $M_1^{\text{ин}} = \dfrac{m_1 R_1^2}{2}\varepsilon_1 = 1{,}5mra_3$.

Элементарные работы активных сил:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = M_{\text{вр}}\delta\varphi_1 = (mg\sin\omega t)3\delta s_3 .$$

Элементарные работы сил инерции:

$$\sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{ин}}) = -R_3^{\text{ин}}\delta s_3 - R_2^{\text{ин}}\delta s_C - M_2^{\text{ин}}\delta\varphi_2 - M_1^{\text{ин}}\delta\varphi_1 =$$

$$= -ma_3\delta s_3 - 2ma_3\delta s_3 - 4{,}5ma_3\delta s_3 - 1{,}5ma_3 3\delta s_3 = -12ma_3\delta s_3 .$$

Общее уравнение динамики имеет вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{ин}}) = m(3g\sin\omega t - 12a_3)\delta s_3 = 0 .$$

Ускорение груза 3: $a_3 = 0{,}25g\sin\omega t$, или $\ddot{s}_3 = 0{,}25g\sin\omega t$. Интегрируя дифференциальное уравнение с нулевыми начальными условиями, получим закон движения груза: $s_3 = \dfrac{0{,}25g}{\omega}\left(t - \dfrac{1}{\omega}\sin\omega t\right)$.

**6.5**

Система с идеальными связями. Активные силы и главные вектора сил инерции показаны на рис. 7.44.

Элементарные работы активных сил: $\sum\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = F\delta s_1 + P_3\delta s_3 - P_4\delta s_4$ и сил инерции $\sum\delta A(\vec{R}_k^{\text{ин}}) = -R_1^{\text{ин}}\delta s_1 - R_3^{\text{ин}}\delta s_3 - R_4^{\text{ин}}\delta s_4 - M_2^{\text{ин}}\delta\varphi_2$, где модули сил инерции: $R_1^{\text{ин}} = \dfrac{P_1}{g}a_1$, $R_3^{\text{ин}} = \dfrac{P_3}{g}a_3$, $R_4^{\text{ин}} = \dfrac{P_1}{g}a_4$, $M_2^{\text{ин}} = \dfrac{P_2}{g}i_2^2\varepsilon_2$.

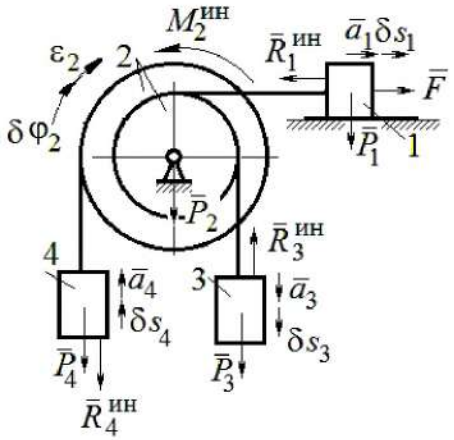


Рис. 7.44. Расчётная схема к упражнению 6.5

Кинематические соотношения: $\delta s_3 = \delta s_1$, $a_3 = a_1$, $\delta s_4 = 2\delta s_1$, $a_4 = 2a_1$, $\delta\varphi_2 = \dfrac{\delta s_1}{r}$, $\varepsilon_2 = \dfrac{a_1}{r}$.

Общее уравнение динамики:

$$\sum\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum\delta A(\vec{R}_k^{\text{ин}}) = P(t+1)\delta s_1 + P\delta s_1 - 2P\delta s_1 -$$

$$-\left(\frac{P}{g}a_1\delta s_1 + \frac{P}{g}a_1\delta s_1 + \frac{2P}{g}2a_1 2\delta s_1 + \frac{2P}{g}2r^2\frac{a_1}{r}\frac{\delta s_1}{r}\right) = P\left(t - \frac{14a_1}{g}\right)\delta s_1 = 0.$$

Находим уравнение движения груза 3: $a_3 = a_1 = \dfrac{1}{14}gt$, или $\ddot{x}_3 = \dfrac{1}{14}gt$.

Проинтегрировав дифференциальное уравнение с нулевыми начальными условиями, получим закон движения груза 3: $x_3 = \dfrac{1}{84}gt^3 \approx 0{,}012gt^3$.

**6.6**

Рассматриваемая механическая система (рис. 7.45) имеет одну степень свободы. Уравнение Лагранжа: $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right)-\frac{\partial T}{\partial x}=Q_x$, где $T$ – кинетическая энергия системы: $Q_x$ – обобщенная сила.

В качестве обобщённой координаты $x$ выберем положение точки $C$ относительно недеформированной пружины, отмеченной на рис. 7.45 величиной $l_0$. Обобщённая скорость $\dot{x}$ .

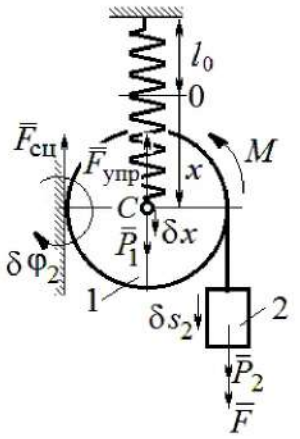


Рис. 7.45. Расчётная схема к упражнению 6.6

Кинетическая энергия катка: $T_1=\frac{1}{2}m_1V_C^2+\frac{1}{2}J_{zC}\omega_1^2$, где $\omega_1$, $V_C$ – угловая скорость катка и скорость его центра масс, $V_C=\dot{x}$, $\omega_1=\frac{V_C}{r}=\frac{\dot{x}}{r}$; момент инерции $J_{zC}=\frac{1}{2}m_1r^2$. Кинетическая энергия груза 2: $T_2=\frac{1}{2}m_2V_2^2$, где $V_2$ – скорость груза 2, $V_2=2V_C=2\dot{x}$. Кинетическая энергия системы, выраженная через обобщённую скорость: $T=T_1+T_2=\frac{7P}{2g}\dot{x}^2$.

В произвольном положении системы, определяемом координатой $x$, дадим центру масс катка возможное перемещение $\delta x$ (см. рис. 7.45). Элементарная работа активных сил $\sum\delta A(F_{\text{к}})=P_1\delta x-F_{\text{упр}}\delta x+(P_2+F)\delta s_2-M\delta\varphi_1$. Полагая перемещения $\delta s_2=2\delta x$, $\delta\varphi_1=\frac{\delta x}{r}$, модуль силы упругости $F_{\text{упр}}=cx$ и с учётом данных задачи, получим $\sum\delta A(F_{\text{к}})=(3P-cx)\delta x$. Обобщённая сила $Q_x=3P-cx$.

Уравнение Лагранжа $\frac{7P}{g}\ddot{x}=3P-cx$, или $\ddot{x}+\frac{4g}{7r}x=\frac{3g}{7}$.

Решение уравнения (с нулевыми начальными условиями): $x = \frac{3}{4} r\left(1 - \cos\omega t\right)$. Закон движения груза: $s_2 = 2x = \frac{3}{2} r\left(1 - \cos\omega t\right)$.

**6.7**

Рассматриваемая система имеет две степени свободы. Обобщённые координаты – расстояния $x_1$, $x_2$ соответственно до грузов 1 и 2, отсчитываемые от неподвижных центров блоков $B$ и $D$ (рис. 7.46, *a*). Обобщённые скорости $\dot{x}_1$, $\dot{x}_2$. Кинетическая энергия грузов и блока 3:

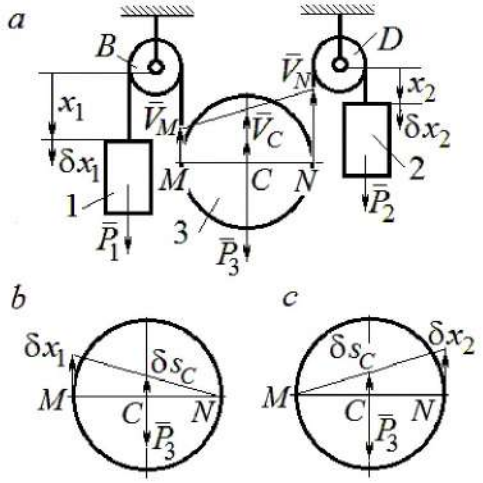



Рис. 7.46. Расчётная схема к упражнению 6.7: *a* – кинематика механизма; *b*, *c* – возможные перемещения блока 3 при вычислении обобщённых сил

$$T_1 = \frac{P_1 \dot{x}_1^2}{2g},\ T_2 = \frac{P_2 \dot{x}_2^2}{2g};$$

$$T_3 = \frac{P_3}{2g}\left(\frac{\dot{x}_1 + \dot{x}_2}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}\frac{P_3 r^2}{2g}\left(\frac{\dot{x}_2 - \dot{x}_1}{2r}\right)^2.$$

Здесь учтено (см. рис. 7.46, *a*): что

$$V_C = \frac{V_N + V_M}{2} = \frac{\dot{x}_2 + \dot{x}_1}{2};$$

$$\omega_2 = \frac{V_N - V_M}{2r} = \frac{\dot{x}_2 - \dot{x}_1}{2r}.$$

Дадим системе возможное перемещение по координате $x_1$, оставляя координату $x_2$ постоянной: $\delta x_1 \neq 0$, $\delta x_2 = 0$. На этом перемещении сумма элементарных работ внешних сил (см. рис. 7.46, *a*, *b*):

$$\sum \delta A(F_к) = P_1 \delta x_1 - P_3 \delta s_C = \left(P_1 - \frac{1}{2} P_3\right)\delta x_1.$$

Обобщённая сила $Q_{x_1} = P_1 - \frac{1}{2} P_3$.

Дадим системе другое независимое возможное перемещение – по координате $x_2$, так, что $\delta x_1 = 0$, $\delta x_2 \neq 0$. При этом перемещении сумма элементарных работ внешних сил (см. рис. 7.46, *a*, *c*):

$$\sum \delta A(F_к) = P_2 \delta x_2 - P_3 \delta s_C = \left(P_2 - \frac{1}{2} P_3\right)\delta x_2.$$

Обобщённая сила $Q_{x_2} = P_2 - \frac{1}{2}P_3$.

Уравнения Лагранжа

$$\left(P_1 + \frac{3}{8}P_3\right)\frac{\ddot{x}_1}{g} + \frac{1}{8}P_3\frac{\ddot{x}_2}{g} = P_1 - \frac{1}{2}P_3,\ \ \frac{1}{8}P_3\frac{\ddot{x}_1}{g} + \left(P_2 + \frac{3}{8}P_3\right)\frac{\ddot{x}_2}{g} = P_2 - \frac{1}{2}P_3 \text{ или}$$

$$7\ddot{x}_1 + \ddot{x}_2 = 0,\ \ddot{x}_1 + 9\ddot{x}_2 = 2g.$$

Ускорения грузов: $\ddot{x}_1 = -\frac{1}{31}g,\ \ddot{x}_2 = \frac{7}{31}g$. Ускорение центра масс блока $\ddot{x}_C = \frac{\ddot{x}_2 + \ddot{x}_1}{2} = \frac{6}{31}g$. Груз 1 и центр блока 3 движутся вверх, груз 2 – вниз. (Сравнить с задачей 70.)

**6.8**

Система с двумя степенями свободы. Обобщённые координаты: $x_1$ – положение центра масс катка 1 (точки $C_1$) относительно неподвижной вертикальной стены; $x_2$ – положение центра масс катка 2 (точки $C_2$) относительно подвижного края платформы.

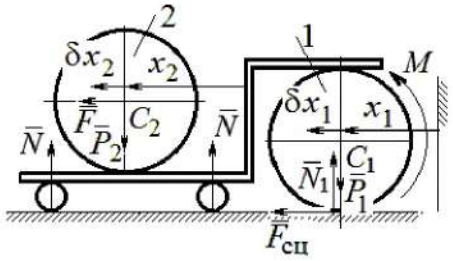


Рис. 7.47. Расчётная схема к упражнению 6.8

Кинетическая энергия системы

$$T = \frac{3}{4}m_1\dot{x}_1^2 + \frac{1}{2}\left[m_2\left(\dot{x}_2 + 2\dot{x}_1\right)^2 + \frac{m_2 r^2}{2}\left(\frac{\dot{x}_2}{r}\right)^2\right] = \frac{P}{g}\left(\frac{11}{4}\dot{x}_1^2 + \dot{x}_2^2 + 2\dot{x}_1\dot{x}_2\right).$$

Дадим системе возможное перемещение по координате $x_1$ $\left(\delta x_1 \neq 0\right)$, оставляя другую координату $x_2$ неизменной $\left(\delta x_2 = 0\right)$. Работу совершают момент $M$ и сила $\overline{F}$. Суммарная работа

$$\sum \delta A(F_к) = M\delta\varphi_1 + F\delta s_{C_2} = M\frac{\delta x_1}{r} + F2\delta x_1 = 4P\delta x_1.$$

Обобщённая сила $Q_{x_1} = 4P$.

При другом независимом возможном перемещении $\delta x_1 = 0$, $\delta x_2 \neq 0$ суммарная работа внешних сил $\sum \delta A(F_к) = F\delta x_2$ и обобщённая сила, соответствующая координате $x_2$, равна $Q_{x_2} = P$.

Уравнения Лагранжа

$$\frac{P}{g}\left(\frac{11}{2}\ddot{x}_1 + 2\ddot{x}_2\right) = 4P,\ \frac{P}{g}\left(2\ddot{x}_2 + 2\ddot{x}_1\right) = P, \text{ или}$$

$$11\ddot{x}_1 + 4\ddot{x}_2 = 8g,\ 2\ddot{x}_2 + 2\ddot{x}_1 = g$$

Ускорение центра катка 1 $\ddot{x}_1 = \frac{6}{7}g$. Тележка катится в направлении оси $x_1$. Ускорение центра катка 2 относительно тележки $\ddot{x}_2 = -\frac{5}{14}g$. Закон относительного движения центра катка 2 при нулевых начальных условиях: $x_2 = -\frac{5}{28}gt^2$. Каток катится к правому борту тележки.

# СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

*Бать М. И., Джанелидзе Г. Ю., Кельзон А. С.* Теоретическая механика в примерах и задачах: Т. 1–2.– СПб.: Лань, 2010.

*Бутенин Н. В., Лунц Я. Л., Меркин Д. Р.* Курс теоретической механики: В 2-х томах.– М.: Наука, 2009.

*Вебер Г. Э., Ляпцев, С. А.* Лекции по теоретической механике. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008.

*Тарг С. М.* Краткий курс теоретической механики: учебник для втузов. – М.: Высшая школа, 2010.

Учебное издание

Валерий Григорьевич Брагин
Евгений Борисович Волков
Юрий Михайлович Казаков

# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебное пособие

Редактор *Л.В. Устьянцева*

*Компьютерная версия*

Подписано в печать 26.10.2018 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 15,625. Уч. изд. л. 10,5. Тираж экз. Заказ №
Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. СТАТИКА..... **Error! Bookmark not defined.**
1.1. Основные понятия статики..... **Error! Bookmark not defined.**
1.2. Система сходящихся сил. Условия равновесия**Error! Bookmark not defined.**
1.3. Произвольная плоская система сил..... **Error! Bookmark not defined.**
1.4. Равновесие систем тел ..... **Error! Bookmark not defined.**
1.5. Произвольная пространственная система сил**Error! Bookmark not defined.**
1.6. Равновесие тел при наличии сил трения..... **Error! Bookmark not defined.**
2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЁРДОГО ТЕЛА..... **Error! Bookmark not defined.**
2.1. Криволинейное движение точки ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.2. Поступательное движение и вращение твердого тела .**Error! Bookmark not defined.**
вокруг неподвижной оси ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.3. Скорости точек при плоскопараллельном движении твёрдого тела....**Error! Bookmark not defined.**
2.4. Ускорения точек при плоскопараллельном движении твёрдого тела..**Error! Bookmark not defined.**
3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.1. Основные понятия и определения сложного движения точки .....**Error! Bookmark not defined.**
4. ДИНАМИКА ТОЧКИ ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.1. Дифференциальные уравнения движения точки.....**Error! Bookmark not defined.**
4.2. Колебания материальной точки ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.3. Теорема об изменении кинетической энергии точки..**Error! Bookmark not defined.**
5. ОБЩИЕ ТЕОРЕМЫ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ..... **Error! Bookmark not defined.**
5.1. Теорема о движении центра масс системы... **Error! Bookmark not defined.**
5.2. Теорема об изменении кинетического момента системы
относительно оси ..... **Error! Bookmark not defined.**
5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы**Error! Bookmark not defined.**
5.4. Применение общих теорем динамики системы к описанию
движений твёрдого тела ..... **Error! Bookmark not defined.**
6. ПРИНЦИПЫ МЕХАНИКИ ..... **Error! Bookmark not defined.**
6.1. Принцип Даламбера для системы ..... **Error! Bookmark not defined.**
6.2. Принцип возможных перемещений ..... **Error! Bookmark not defined.**
6.3. Общее уравнение динамики ..... **Error! Bookmark not defined.**
6.4. Уравнения Лагранжа II рода..... **Error! Bookmark not defined.**
7. ОТВЕТЫ И КРАТКИЕ ПОЯСНЕНИЯ .....**Error! Bookmark not defined.**
7.1. Ответы к упражнениям главы 1 .....**Error! Bookmark not defined.**
7.2. Ответы к упражнениям главы 2 .....**Error! Bookmark not defined.**
7.3. Ответы к упражнениям главы 3 .....**Error! Bookmark not defined.**
7.4. Ответы к упражнениям главы 4 .....**Error! Bookmark not defined.**
7.5. Ответы к упражнениям главы 5 .....**Error! Bookmark not defined.**
7.6. Ответы к упражнениям главы 6 .....**Error! Bookmark not defined.**

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ **Error! Bookmark not defined.**




Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

**В. Г. Брагин, Е. Б. Волков, Ю. М. Казаков**

# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебное пособие

Екатеринбург
2018



**Министерство образования**
**Российской Федерации**

**УРАЛЬСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ**
**ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ**

**В. Н. Бабич, Е. И. Шангина**

# МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ «БЛОК-ДИАГРАММА» ПО ДИСЦИПЛИНЕ «НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ. ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА» ДЛЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ 553200 – «ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»

**ЕКАТЕРИНБУРГ**

**2003**

УРАЛЬСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

**ОДОБРЕНО**
**Методической комиссией**
**инженерно-экономического**
**факультета**
**"8" сентября 2003 г.**
**Председатель комиссии**
**проф. Г.С.Карпов**

Методическое пособие
по выполнению индивидуальной
графической работы «Блок-диаграмма» по дисциплине
«Начертательная геометрия. Инженерная графика»
для студентов направления 553200 –
«Геология и разведка полезных ископаемых»

2-е издание, стереотипное

Издание УГГГА Екатеринбург, 2003

Методическое пособие по выполнению индивидуальной графической работы «Блок-диаграмма» по дисциплине «Начертательная геометрия. Инженерная графика» для студентов направления 553200 – «Геология и разведка полезных ископаемых». /В. Н. Бабич, Е. И. Шангина. - 2-е изд. стереотипное. - Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. – 15 с.

В работе рассмотрены теоретические вопросы по курсу «Проекции с числовыми отметками». Предложена методика решения задач по темам «Топографические поверхности», «Нахождение общих элементов плоскости и топографической поверхности», «Сечение топографической поверхности плоскостью», «Аксонометрические проекции».

Методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры инженерной графики 26.09.2001 года (протокол №6) и рекомендовано для издания в УГГГА.

Рецензент – Ю. И. Самохвалов, доцент УГГГА

© Шангина Е. И., 2001
© Шангина Е. И., 2003
© Уральская государственная горно-геологическая академия, 2001
© Уральская государственная горно-геологическая академия, 2003

## ВВЕДЕНИЕ

Эпюр выполняется на формате Al (594× 841) в масштабе 1:1000 и включает в себя решение следующих задач:

- построение линии выхода пласта на поверхность;
- построение прямого разреза (вкрест простирания);
- построение вертикальных профилей АВ, ВС, СД, ДА, определяемых сторонами заданного плана;
- построение линии среза пласта по горизонту 92,5;
- построение блок-диаграммы (ячеечной), ограниченного вертикальными профилями АВ, ВС, CD, DA и плоскостью нулевого уровня в аксонометрии с линией выхода пласта на поверхность.

Исходные параметры всех вариантов сведены в таблицу №1 и задаются следующим образом:

1. Месторождение ограничено двумя параллельными плоскостями - плоскостью кровли пласта (верхняя плоскость) и плоскостью подошвы (нижняя плоскость). Плоскость кровли пласта задаётся точкой **F**(x,y,z), азимутом падения $\alpha$, интервалом **l** (масштабом падения плоскости), параметры которых представлены в табл. l.

2. Горизонтальная мощность $\mathbf{H_г}$ пласта нужна для построения плоскости, называемой подошвой, которая также задана в табл. 1.

3. Построение блок-диаграммы осуществляется в стандартной аксонометрической проекции, указанной ее номером. В конце таблицы для каждой стандартной аксонометрической проекции этот номер присвоен. Пример выполнения графической работы представлен на рис. 7.

# Построение линии выхода пласта на поверхность

Для нахождения линии пересечения плоскости с топографической поверхностью необходимо найти ряд общих точек, которые одновременно принадлежат плоскости и заданной поверхности. На плане топографическая поверхность задается изогипсами - плоскими линиями, параллельными горизонтальной плоскости проекций, каждая из которых имеет свою высотную отметку. Надо построить горизонтали плоскости кровли, имеющие такие же высотные отметки, что и изогипсы на плане.

Плоскость кровли задана точкой **F**, азимутом падения $\alpha$ и интервалом **l** (см. табл.1). Построив плоскость кровли на плане (задав ее масштабом заложения), находим линию пересечения плоскости кровли с топографической поверхностью. Точки, принадлежащие линии пересечения, получаются в ре –

зультате пересечения соответствующих изогипс и горизонталей плоскости кровли, т. е. имеющих одинаковые высотные отметки, если таковые имеются в пределах плана (рис. 1).

Найденные общие точки соединяют плавной кривой, которая будет являться линией пересечения плоскости и топографической поверхности.

Полученная линия кровли пласта обводится красным цветом.

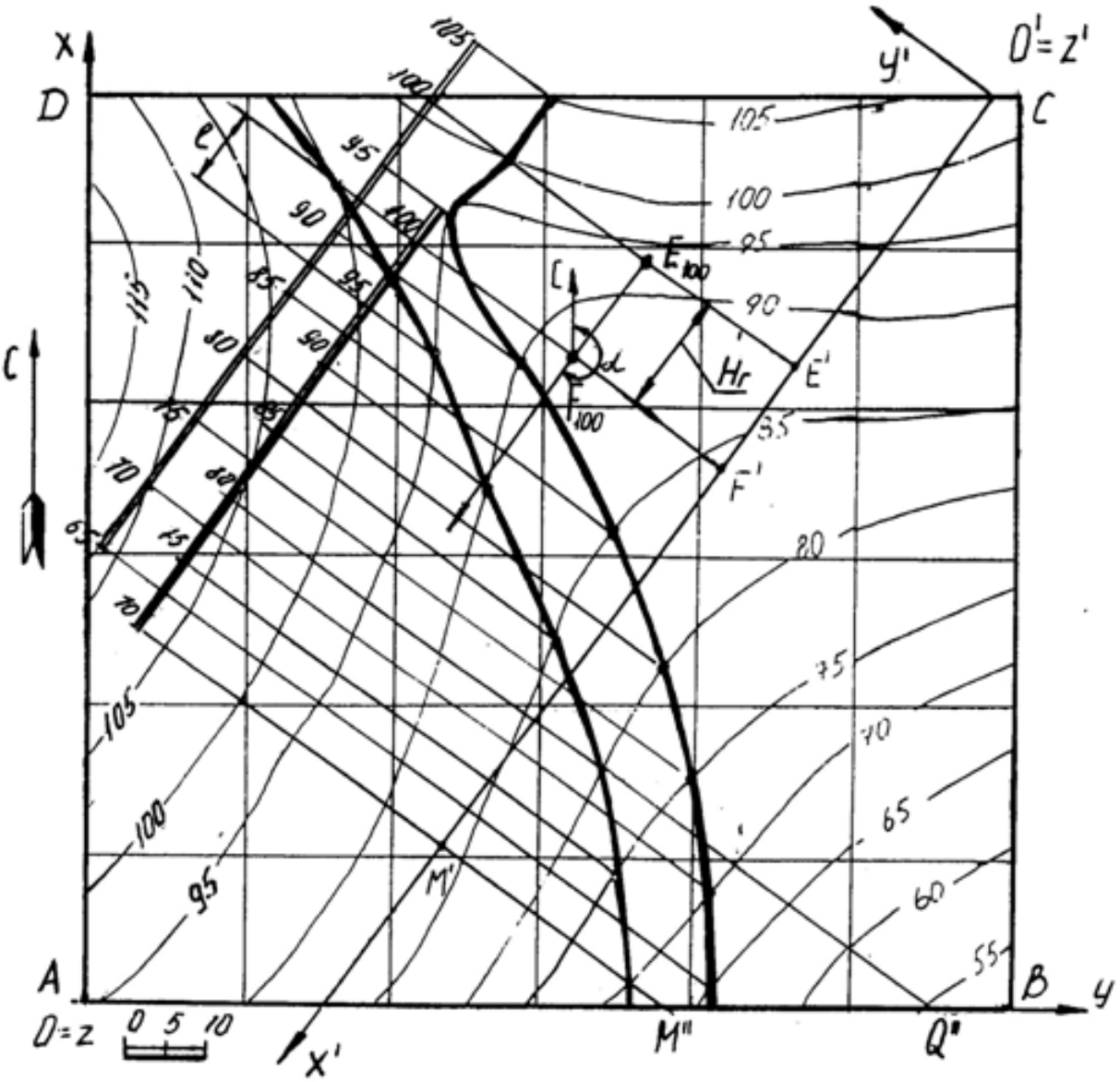



Рис 1

# Пересечение плоскости подошвы пласта и топографической поверхности

Плоскость кровли пласта и плоскость подошвы пласта - две параллельные плоскости. Следовательно, на чертеже горизонтали этих плоскостей будут соответственно параллельны, масштабы заложения равны, направления падения их совпадают.

Горизонтальная мощность пласта определяется расстоянием между плоскостями кровли и подошвы пласта, измеряемое в горизонтальном направлении и в нашем случае равна $\mathbf{H}_г$ (см. табл.1). Следовательно, отложив от точки **F** расстояние, равное $\mathbf{H}_г$ по направлению восстания плоскости пласта (т. к. плоскость подошвы ниже плоскости кровли), получим точку **E** с такой же высотной отметкой, как и у точки **F** (рис.1). Направление и масштаб заложения подошвы пласта будут такими же, как и у кровли пласта. Плоскость подошвы пласта определяется точкой **E**, азимутом падения $\alpha$ и интервалом **l**.

Строят те горизонтали подошвы пласта, высотные отметки которых совпадают с высотными отметками изогипс. Находят общие точки, которые соединяют плавной кривой линией. Полученная линия подошвы пласта обводится синим цветом.

Полное построение линии выхода пласта на поверхность показано на рис.1.

# Построение прямого разреза (вкрест простирания)

На плане выбирают вертикальную плоскость, перпендикулярную к горизонталям пласта (в удобном месте, как показано на рис. 1). Полученный разрез называется прямым или вкрест простирания.

Разрез ограничивается нулевой плоскостью, топографической поверхностью и прямыми пересечения плоскости прямого разреза с ближайшими вертикальными плоскостями, ограниченными прямоугольником ABCD.

Для построения прямого разреза вводят декартову систему координат x'O'y' на плане, где ось O'x' совпадает с плоскостью разреза, ось O'y' перпендикулярна к оси O'x' (по часовой стрелке), ось z' проецируется в точку (рис. 1 ).

Вертикальный прямой разрез будет определяться осью O'x' и осью O'z', где координата z' будет равна числовой отметке соответствующей изогипсы (рис. 2). Таким образом, получают построение вертикального прямого (вкрест простирания) разреза, на котором строят следы пласта.

Для построения следов пласта на разрезе вкрест простирания поступают так. По горизонтали переносят точку **F** на след плоскости вертикального

разреза – ось O'x' и любую из горизонталей (например, 70) – точки F' и M' (рис. 1). На профиле (рис. 2) через полученные точки F' и M' проводят перпендикуляры, на которых откладывают высотные отметки кровли пласта. Затем проводят прямую линию – след кровли пласта.

Подошва пласта отстоит от кровли пласта на расстоянии, равном горизонтальной мощности пласта и строится параллельно плоскости кровли (рис. 2 – профиль ограничен нижней плоскостью с отметкой 40).

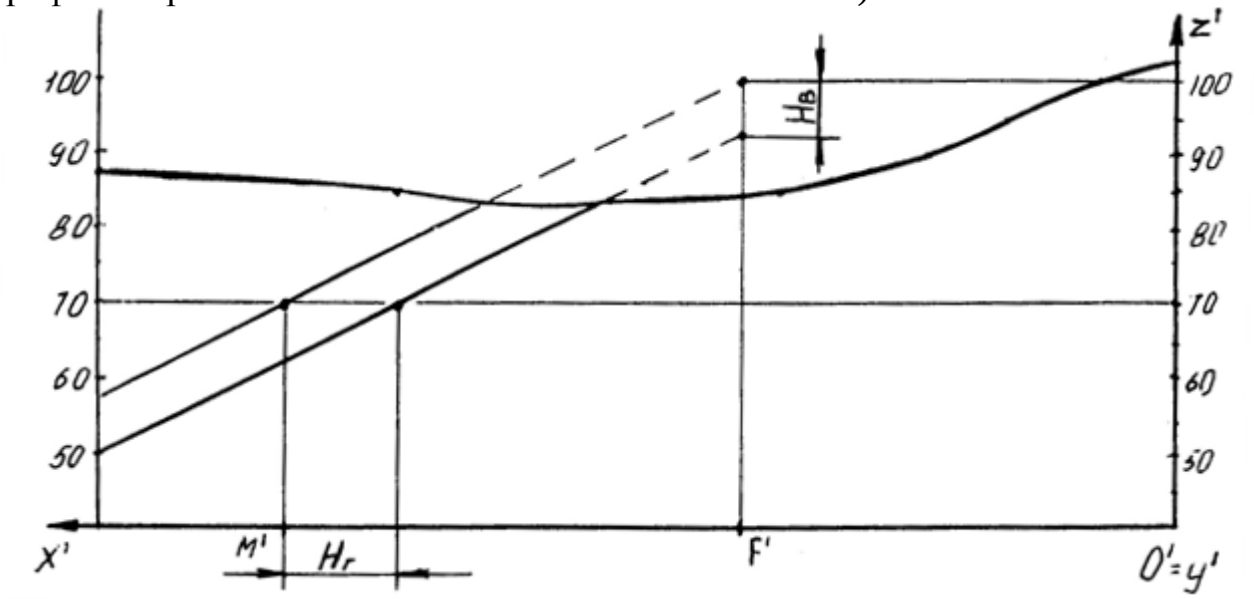



Рис. 2

Построение вертикальных профилей AB, BC, CD, DA выполняется аналогично. Пример построения вертикального профиля AB показан на рис. 3. Для построения подошвы от прямой следа плоскости кровли пласта откладывают вертикальную мощность $\mathbf{H_в}$, взятую с разреза вкрест простирания и проводят прямую, параллельную следу плоскости кровли.

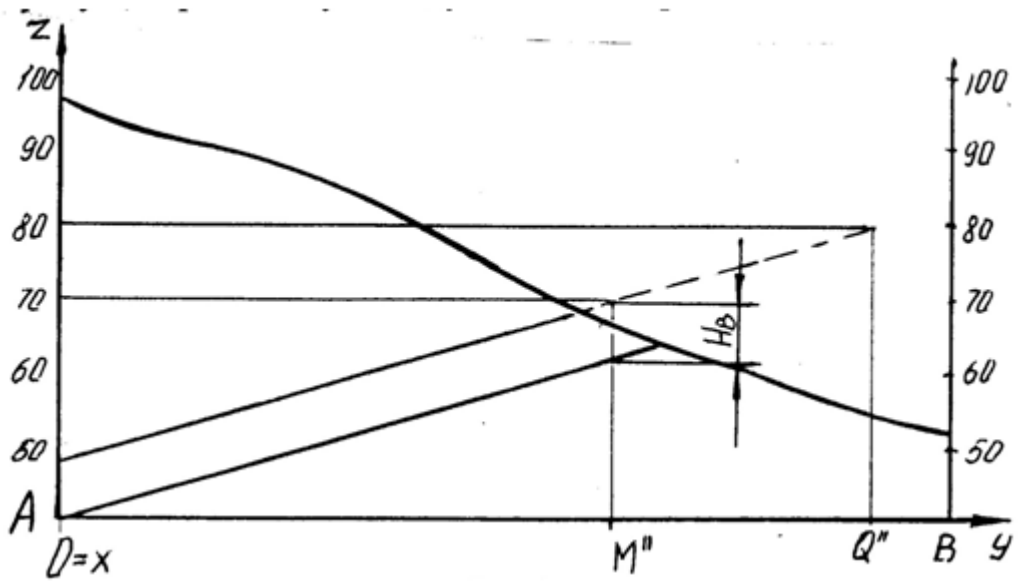



Рис. 3

# Нахождение высотной отметки точки, не лежащей на изогипсе

Для построения высотной отметки точки а (рис. 4), не лежащей на изогипсе, поступают следующим образом:

- через точку А проводят кратчайшую прямую I II между изогипсами 50 и 60;

- из точки пересечения с изогипсой 60 проводят прямую под произвольным углом, на которой откладывают отрезок, равный разности высотных отметок (т. е. 10) в заданном масштабе – точка II';

- соединяют полученную точку II' с точкой II, имеющей отметку 50 и с помощью подобных треугольников переносят точку А на прямую I II', которую называют «высотной шкалой».

Таким образом точка А имеет высотную отметку 57.

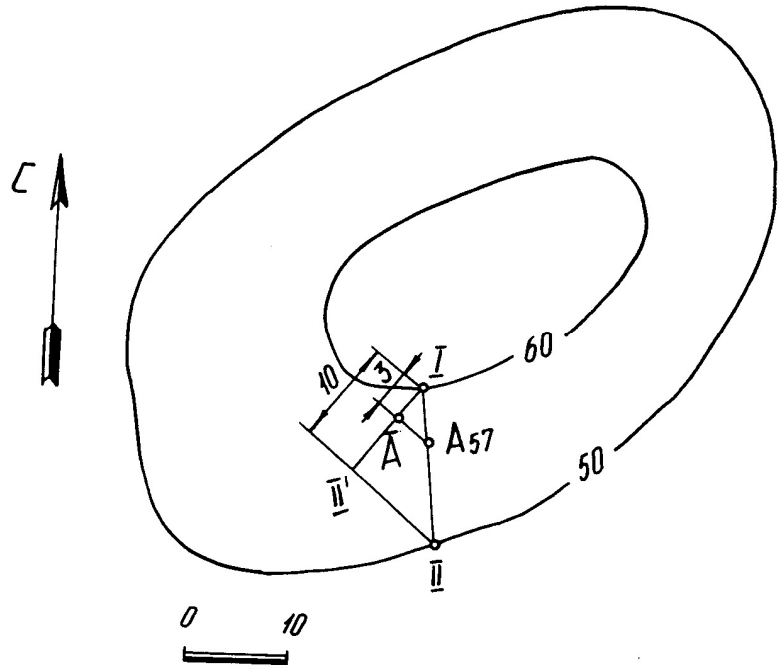
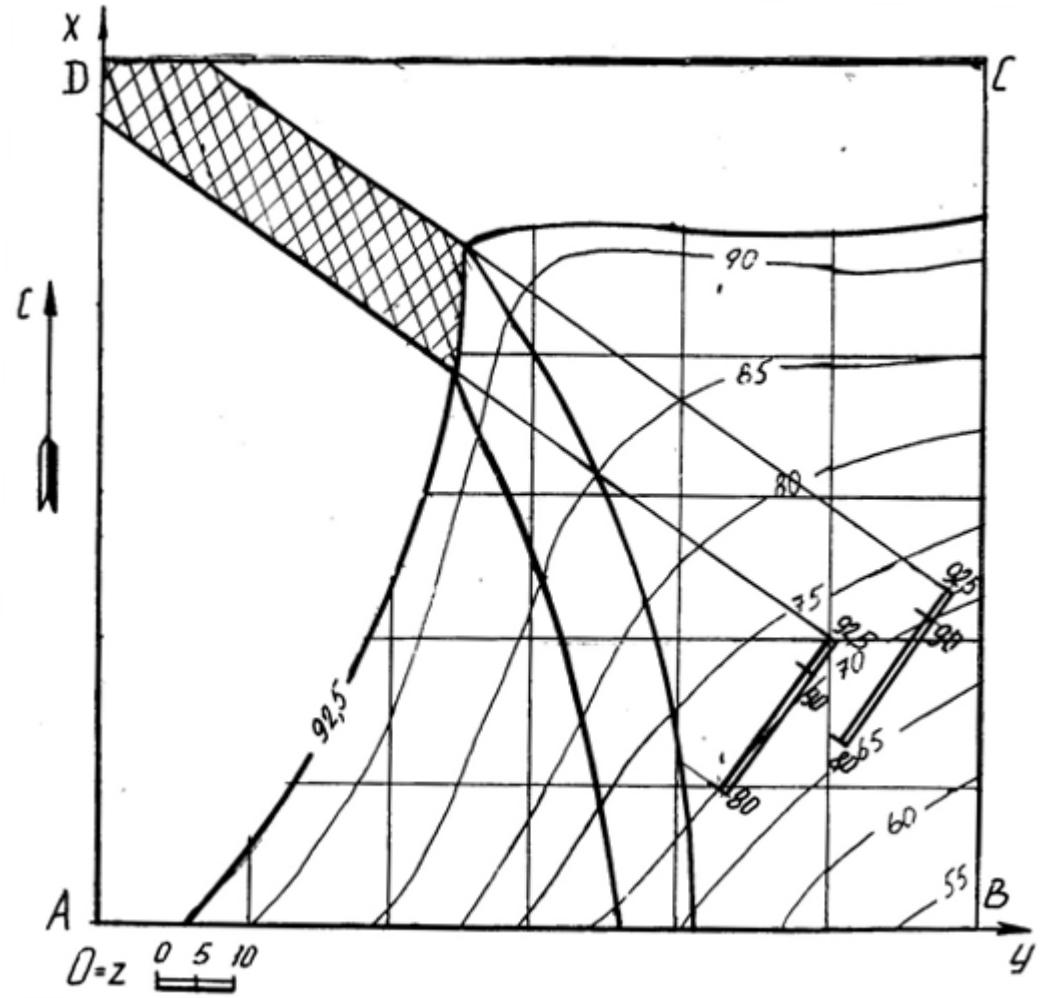



Рис. 4

# Построение плана среза по горизонту 92,5

Для построения плана среза воспользуемся умением находить высотные отметки точек, не лежащих на изогипсах, который был рассмотрен ранее.

Количество точек, необходимых для построения изогипсы 92,5, определяется самостоятельно в зависимости от конфигурации рядом лежащих изогипс. План среза по горизонту 92,5 показан на рис. 5.




# Построение блок диаграммы части месторождения, ограниченного вертикальными профилями AB, BC, CD, DA и плоскостью нулевого уровня в аксонометрии с линией выхода пласта на поверхность

Блок диаграммой будем называть аксонометрическую проекцию части земной коры, ограниченную четырьмя вертикальными плоскостями, горизонтальной плоскостью (например, с отметкой ноль) и топографической поверхностью. Блок диаграмма строится ячеечная, т. е. заданный план разбивается на квадраты, размеры которых 250×250. Затем построения осуществляются по следующему алгоритму.

Алгоритм построения:

- на план наносим декартову систему координат, у которой ось X совпадает с AD, ось Y совпадает с DC, ось Z совпадает с точкой D;

- строим декартову систему координат в указанной аксонометрической проекции (прямоугольная изометрия, прямоугольная диметрия, косоугольная фронтальная диметрия, косоугольная горизонтальная изометрия - военная пер-

спектива, косоугольная фронтальная изометрия – кавальерная проекция) согласно ГОСТ 2.317 – 69;

- построение осуществляется по координатам тех точек, которые имеют точные высотные отметки, с учетом коэффициентов искажения по координатным осям. Пример построения показан на рис. 6.

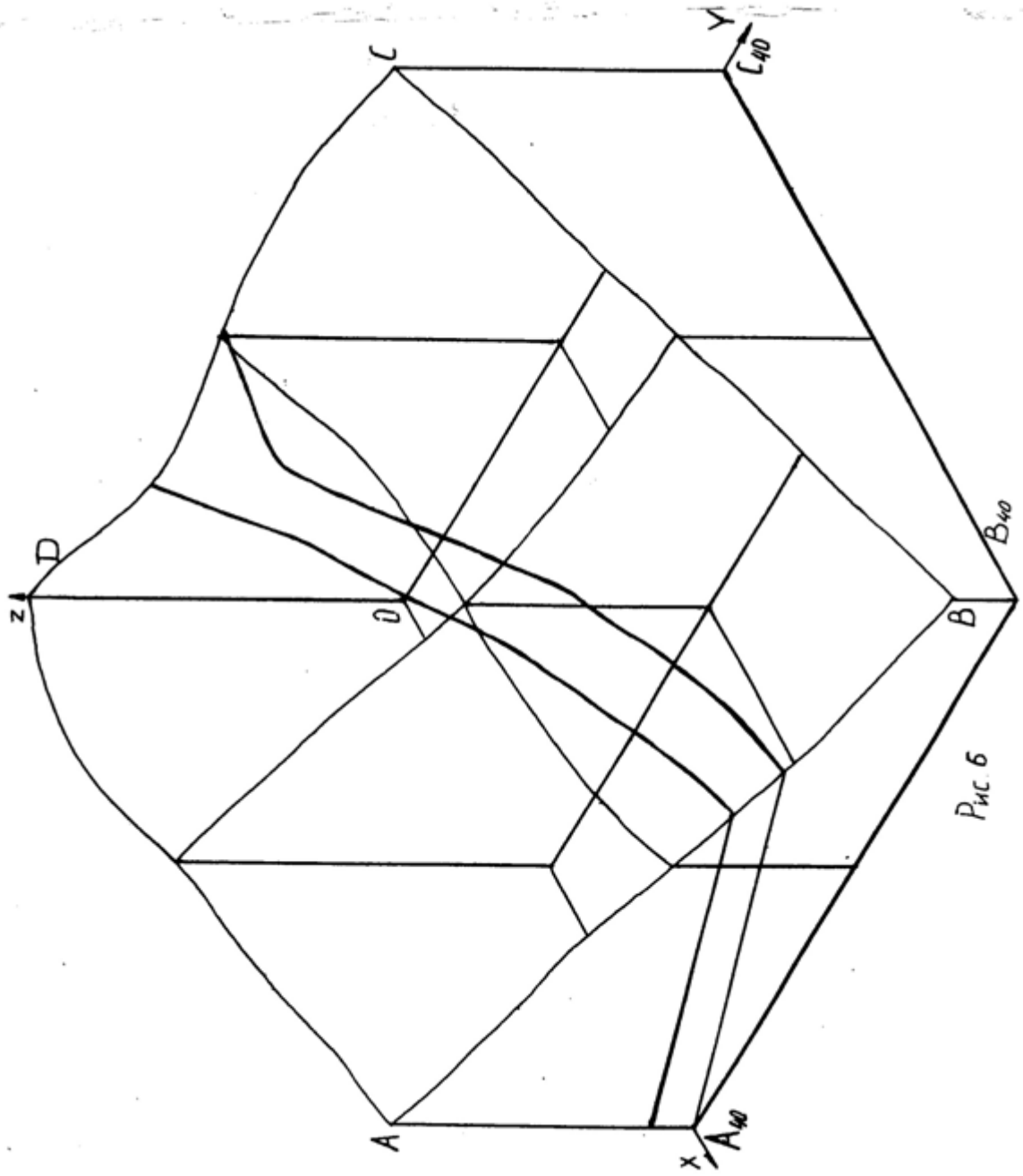



Рис. 6

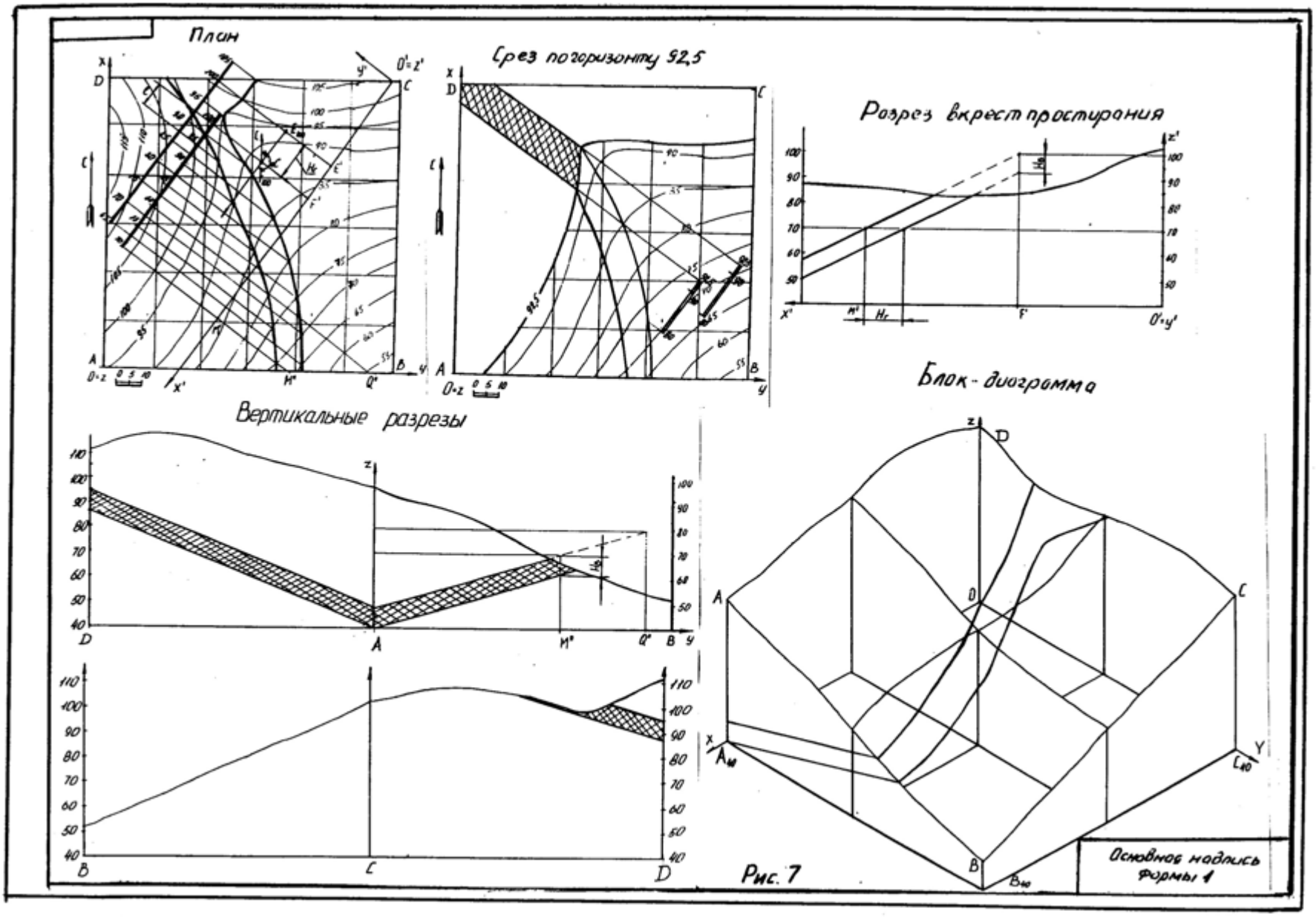

План
Срез погоризонту 92,5
Розрез вкрест простирання
Блок-диаграмма
Вертикальные разрезы
Рис. 7
Основной надпись формы 1

Таблица 1

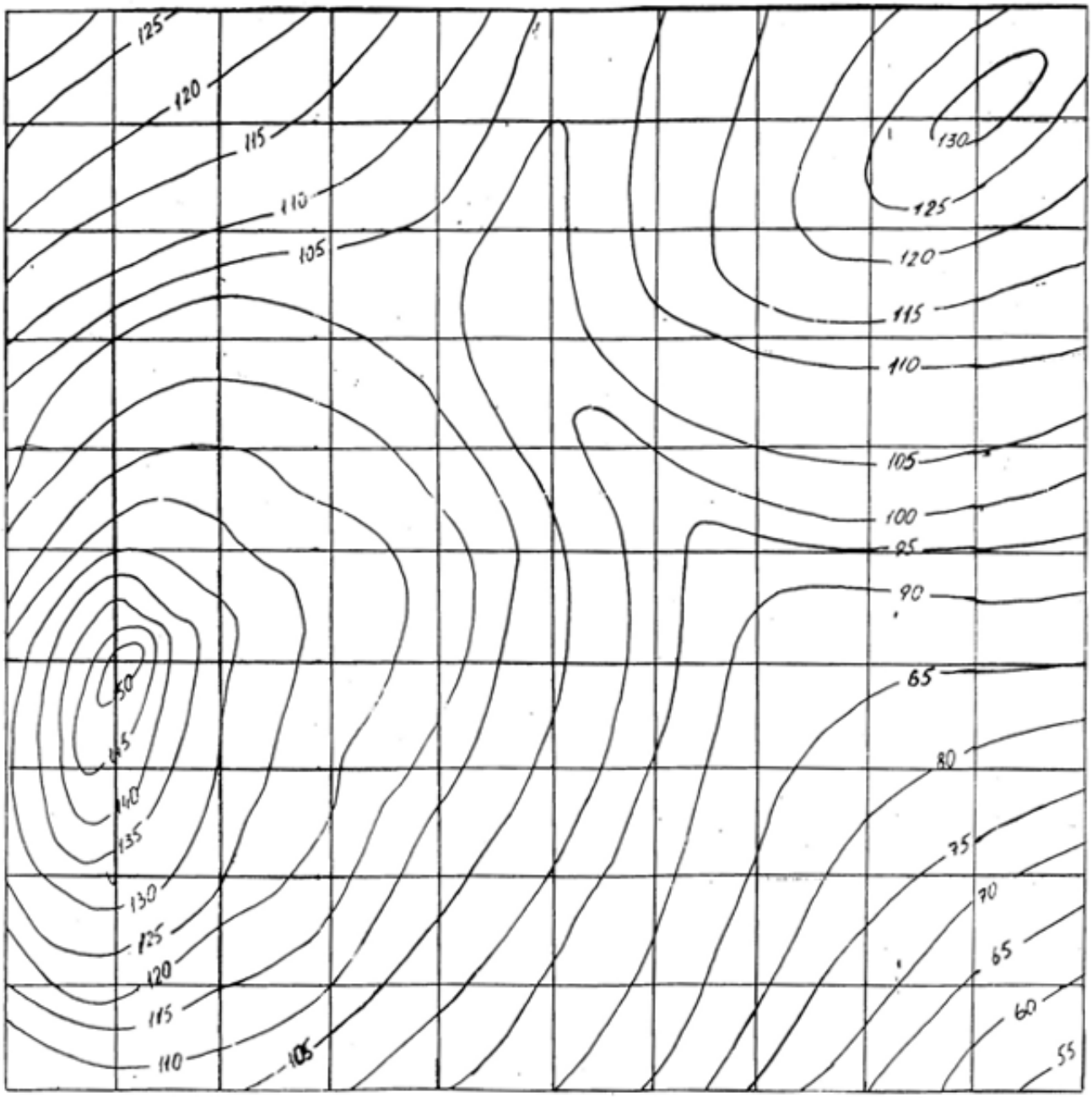
| Номер варианта | Точка **F** | | | Азимут падения α° | Интервал плоскости кровли **l**, мм | Горизонтальная мощность $\mathbf{H}_{г}$, мм | Вид аксонометрии |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **x** | **y** | **z** | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 46 | 10 | 120 | 210 | 20 | 180 | 1 |
| 2 | 20 | 85 | 110 | 170 | 20 | 75 | 2 |
| 3 | 67 | 40 | 100 | 210 | 20 | 30 | 3 |
| 4 | 78 | 25 | 120 | 190 | 20 | 50 | 4 |
| 5 | 98 | 110 | 105 | 80 | 20 | 30 | 5 |
| 6 | 40 | 135 | 105 | 30 | 20 | 15 | 1 |
| 7 | 60 | 60 | 85 | 225 | 20 | 45 | 2 |
| 8 | 38 | 105 | 100 | 135 | 14 | 17 | 3 |
| 9 | 46 | 10 | 120 | 210 | 20 | 155 | 4 |
| 10 | 20 | 85 | 110 | 170 | 20 | 95 | 5 |
| 11 | 67 | 40 | 100 | 210 | 20 | 100 | 1 |
| 12 | 78 | 25 | 120 | 190 | 20 | 85 | 2 |
| 13 | 98 | 100 | 105 | 80 | 20 | 15 | 3 |
| 14 | 40 | 135 | 105 | 30 | 20 | 45 | 4 |
| 15 | 60 | 60 | 85 | 225 | 20 | 65 | 5 |
| 16 | 38 | 105 | 100 | 135 | 14 | 31 | 1 |
| 17 | 55 | 40 | 95 | 190 | 20 | 70 | 2 |
| 18 | 46 | 10 | 120 | 210 | 20 | 135 | 3 |
| 19 | 20 | 85 | 110 | 170 | 20 | 110 | 4 |
| 20 | 67 | 40 | 100 | 210 | 20 | 125 | 5 |
| 21 | 78 | 25 | 120 | 190 | 20 | 105 | 1 |
| 22 | 135 | 20 | 120 | 260 | 20 | 135 | 2 |
| 23 | 20 | 110 | 115 | 30 | 20 | 30 | 3 |
| 24 | 98 | 35 | 80 | 225 | 20 | 45 | 4 |
| 25 | 38 | 105 | 100 | 135 | 14 | 60 | 5 |
| 26 | 46 | 10 | 120 | 210 | 20 | 115 | 1 |
| 27 | 115 | 135 | 130 | 170 | 20 | 20 | 2 |
| 28 | 27 | 42 | 100 | 210 | 20 | 75 | 3 |
| 29 | 115 | 135 | 130 | 170 | 20 | 50 | 4 |
| 30 | 97 | 95 | 115 | 210 | 20 | 70 | 5 |
| 31 | 135 | 20 | 120 | 260 | 20 | 145 | 1 |
| 32 | 58 | 177 | 80 | 135 | 14 | 31 | 2 |
| 33 | 27 | 42 | 100 | 210 | 20 | 95 | 3 |
| 34 | 115 | 135 | 130 | 170 | 20 | 65 | 4 |
| 35 | 97 | 95 | 115 | 210 | 20 | 95 | 5 |

Продолжение табл. 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 36 | 58 | 177 | 80 | 135 | 14 | 42 | 1 |
| 37 | 27 | 42 | 100 | 210 | 20 | 115 | 2 |
| 38 | 98 | 35 | 80 | 225 | 20 | 25 | 3 |
| 39 | 58 | 177 | 80 | 135 | 14 | 68 | 4 |
| 40 | 27 | 42 | 100 | 210 | 20 | 140 | 5 |

1 - прямоугольная изометрия (изометрия)
2 - прямоугольная диметрия (диметрия)
3 – косоугольная фронтальная диметрия (кабинетная проекция)
4 - косоугольная фронтальная изометрия (кавальерная проекция)
5 - косоугольная горизонтальная изометрия (военная перспектива)

# ПЛАН ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ



# СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ


1. Бабич В. Н., Шангина Е. И. Начертательная геометрия в проекциях с числовыми отметками: Учебное пособие.- Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1999. – 152 с.
2. Горная графическая документация. – Издание стандартов, 1983. – 200 с.
3. Ломоносов Г. Г. Инженерная графика. – М.: Недра, 1984. – 287 с.
4. Русскевич Н. Л. Начертательная геометрия. – Киев: «Вища школа», 1978. – 312 с.
5. Тарасов Б. Ф. Методы изображения в транспортном строительстве. – Ленинград: Стройиздат, 1987. – 248 с.

Бабич Владимир Николаевич
Шангина Елена Игоревна

Методическое пособие
по выполнению индивидуальной графической
работы «Блок-диаграмма» по дисциплине
«Начертательная геометрия. Инженерная графика»
для студентов направления 553200 –
«Геология и разведка полезных ископаемых»

2-е издание, стереотипное

Корректура кафедры инженерной графики

Подписано в печать 17.10.2003 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/8
Печ. л. 0,9  Уч. - изд. 0,83. Тираж 100 экз. Заказ №128

Лаборатория педагогики
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральская государственная горно-геологическая академия
Лаборатория множительной техники

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной деятельности
_____ А. Угрюмов

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

# Б1.Б.1.20 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ГРАФИКА

Специальность:
***21.05.02 Прикладная геология***

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания***

форма обучения: очная, заочная

Автор: Фролов А. П. к. т. н.

Одобрены на заседании кафедры

Инженерная графика
*(название кафедры)*

Зав.кафедрой _____
*(подпись)*

Шангина Е. И.
*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 4 от 19.03.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией факультета

Геологии и геофизики
*(название факультета)*

Председатель _____
*(подпись)*

Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ ..... 5
1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ..... 5
2. МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЭПЮРА ..... 5
3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭПЮРА ..... 7
4. ПРИЛОЖЕНИЕ 1 ..... 15
5. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ..... 16

## ВВЕДЕНИЕ

Данное пособие предназначено для оказания помощи студентам при выполнении графической работы «Эпюр №1» по курсу «Начертательная геометрия».

Цель работы - научиться строить линию пересечения заданных плоских фигур, определять видимость этих фигур на проекциях.

Графическая работа «Эпюр №1» является первым самостоятельным заданием студента по дисциплине «Начертательная геометрия». Для выполнения этой работы студент должен изучить следующие разделы начертательной геометрии: «Точка и прямая», «Плоскость», «Взаимное положение прямой и плоскости», «Взаимное положение двух плоскостей».

## 1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Графическая работа «Эпюр №1» выполняется в масштабе 1:1 на формате А3 (297×420 мм). В правом нижнем углу формата А3 студент выполняет основную надпись – форма 1 по ГОСТ 2.104-68. Пример заполнения основной надписи приведен в Приложении I. В левом верхнем углу формата выполняется дополнительная графа 26 (14×70 мм). Пример выполнения графической работы дан в Приложении I.

В соответствии с ГОСТ 2.303-68 задание выполняется следующими типами линий:

- линии видимого контура толщиной S, равной 0,6÷0,8 мм;
- линии построения – сплошные тонкие, толщиной от $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$;
- линии невидимого контура – штриховые, толщиной от $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$;
- следы вспомогательных плоскостей-посредников изображаются разомкнутыми линиями, длиной 8-10 мм, толщиной от 1,5 *S* до 2*S*.

## 2. МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЭПЮРА

Вариант задания включает в себя три различные геометрические плоские фигуры:

- фигура № 1 задана координатами трех точек, фигура № 2 (многоугольник) полностью задана координатами трех точек и оставшимися точками, у которых одна из координат заменяется условием их принадлежности к плоской фигуре № 2;

- фигура № 3 занимает проецирующее положение (фронтально-проецирующее или горизонтально-проецирующее) и задается очерком в виде кольца, серпа, круга или его части.

Выполнение эпюра состоит из графического решения нескольких задач:

1) достроить недостающую проекцию многоугольника;
2) построить проекции линии пересечения треугольника *ABC* и многоугольника;
3) построить проекции линии пересечения: треугольника с плоскостью частного положения; многоугольника с плоскостью частного положения;
4) определить видимость элементов фигур на чертеже, считая фигуры непрозрачными.

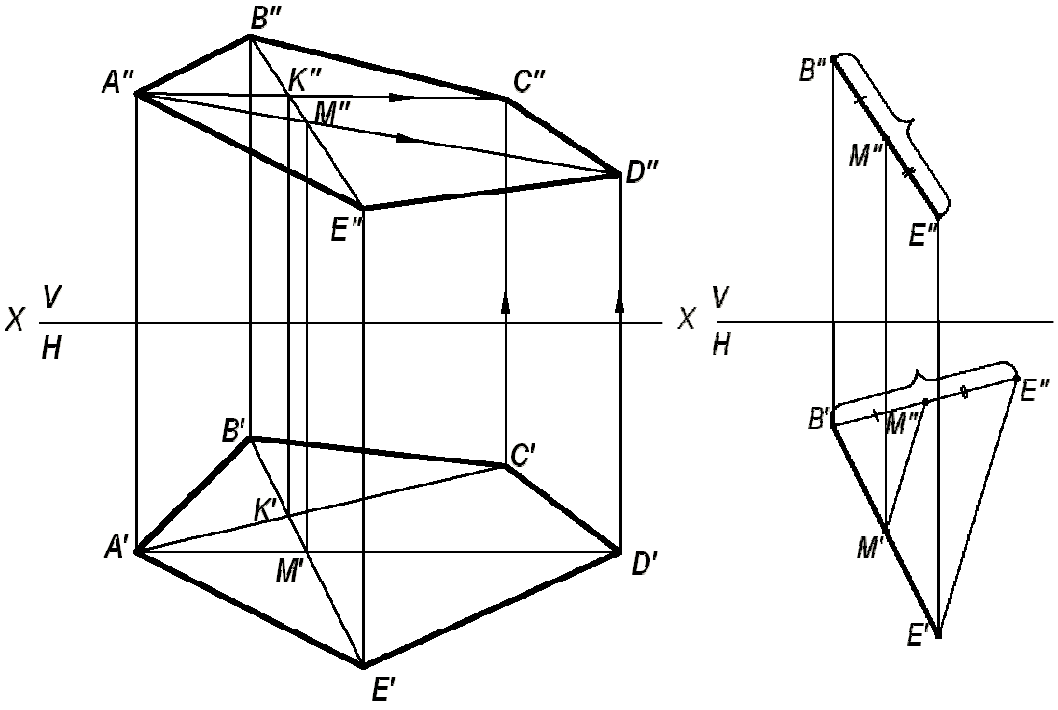
Исходные данные заданы численными значениями координат и сведены в таблицу.

## 3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭПЮРА

Для выполнения графической работы студенту необходимо решить ряд задач.

*Задача 1*. Построение исходного чертежа многоугольника (рис. 1).

Горизонтальная проекция многоугольника *ABCDE* задана полностью, а фронтальная проекция только тремя проекциями точек *A″B″E″*. Необходимо достроить фронтальную проекцию точек *C* , *D*. При построении недостающей проекции заданного многоугольника необходимо соблюдать условие принадлежности точек данной фигуры к плоскости. Чтобы точки *C*, *D* лежали в плоскости, определенной тремя точками *A*, *B* и *E*, необходимо, чтобы они находились на прямых, лежащих в этой плоскости. Этими прямыми являются диагонали *AC*, *AD* и *BE*, горизонтальные проекции которых можно построить (рис. 1*а*).




*а*) *б*)

Рис. 1. Построение исходного чертежа многоугольника:

*а*- построение недостающих проекций вершин многоугольника; *б*- пропорциональное деление отрезка *BE*

На фронтальной проекции пятиугольника проводят проекцию диагонали *B″E″*. В плоскости пятиугольника лежат точки пересечения диагоналей *K* и *M*, горизонтальные проекции которых *K′* и *M′* имеются, а фронтальные проекции получаются в результате пересечения линий проекционной связи, проведенных из *K′* и *M′*, с диагональю *B″E″*. По двум точкам строятся фронтальные проекции других двух диагоналей *A″K″* и *A″M″*, на них должны лежать проекции точек *C″* и *D″*, которые определяются по их горизонтальным проекциям.

В случае, если линия совпадает по направлению с линией проекционной связи или круто наклонена к оси проекций, то недостающая проекция точки строится из условия пропорционального деления отрезка: если точка делит отрезок на пропорциональные части, то проекция этой точки делит проекции этого отрезка в том же отношении. На рис. 1*б* нужно построить горизонтальную проекцию точки *M′*. Из проекции точки *B′* проводят линию под углом меньше 90° к *B′E′* и на ней от проекции точки *B′* откладывают отрезки равные *B″M″* и *B″E″*. Соединяют *E′* и *E″* и параллельно этому направлению проводят от M″ линию до пересечения с *B′E′*. Получают искомую горизонтальную проекцию *M′*.

*Задача 2.* Построить точку пересечения прямой *MN* с плоскостью треугольника *ABC*.

Если прямая линия не параллельна плоскости, то она пересекает эту плоскость в действительной точке (см. рис. 2).

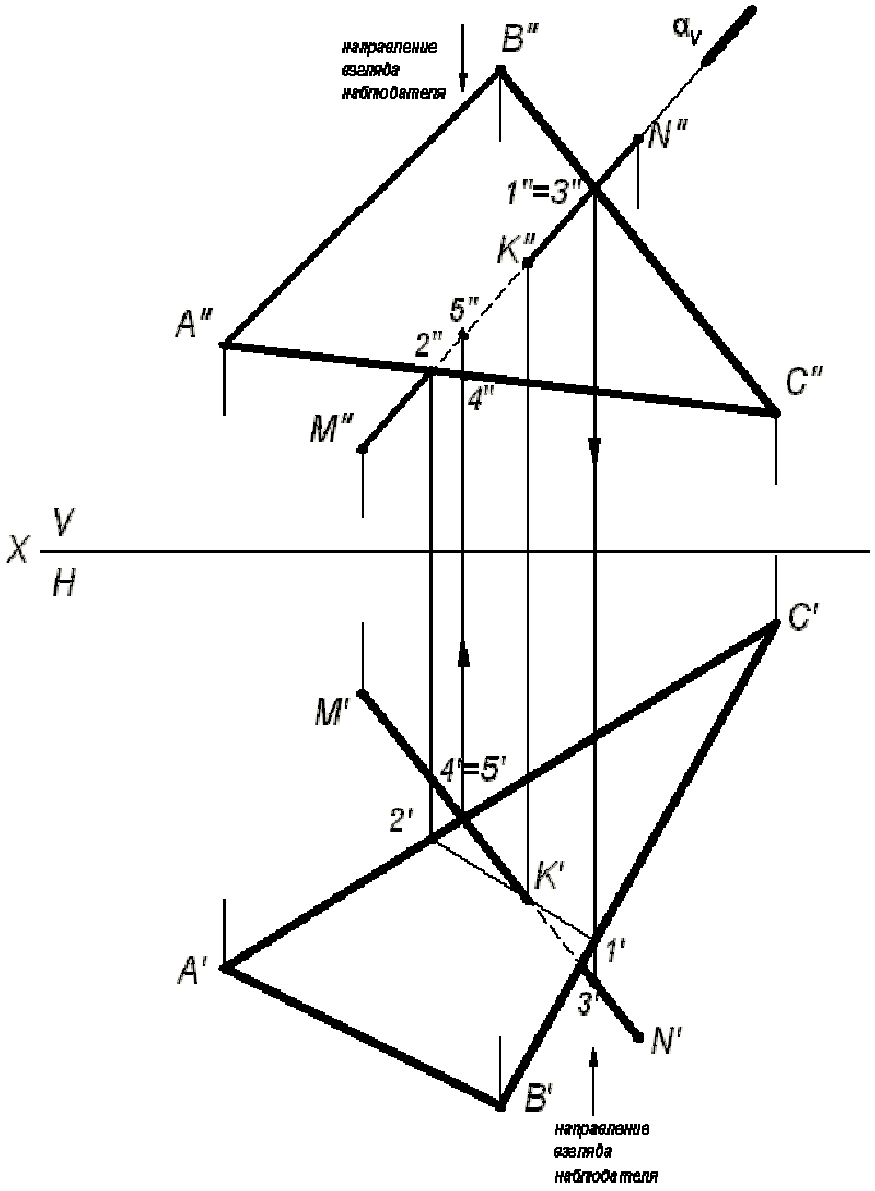



Рис. 2. Построение точки пересечения прямой с плоскостью

Алгоритм решения задачи:

1) Через заданную прямую *MN* проводим вспомогательную плоскость-посредник α, перпендикулярную фронтальной плоскости проекций. Следовательно, на фронтальной плоскости проекций *V* все точки плоскости-посредника α будут проецироваться в прямую линию, совпадающую с фронтальной проекцией прямой *M″N″*.

2) Находим линию пересечения вспомогательной плоскости-посредника α с заданной плоскостью треугольника *ABC*. На чертеже линия (1,2).

3) Находим искомую точку пересечения *K* прямой *MN* с плоскостью треугольника *ABC*. Она определяется как пересечение искомой прямой с найденной линией пересечения вспомогательной плоскости-посредника с плоскостью треугольника *ABC*.

**Определение видимости на чертеже.**

В начертательной геометрии плоскости считаются непрозрачными, поэтому необходимо на проекциях определить видимость.

Для определения видимости на чертеже используем метод конкурирующих точек, сущность которого заключается в выборе двух скрещивающихся прямых.

Для определения видимости на фронтальной плоскости проекций *V* поступают так. Выбираем две скрещивающиеся прямые *B″C″* и *M″N″*, фронтальные проекции которых пересекаются в точках 1 и 3. По горизонтальной проекции определяем, что проекция точки 3′, лежащая на проекции прямой *M′N′*, будет закрывать проекцию точки 1′, лежащую на проекции прямой *B′C′*, т. к она будет ближе к наблюдателю. На чертеже направление взгляда наблюдателя показано стрелкой. Следовательно, на фронтальной плоскости проекций проекция *M″N″* будет закрывать проекцию *B″C″*. Границей видимости является проекция точки пересечения К″.

Для определения видимости на горизонтальной плоскости проекций *H* выбираем две скрещивающиеся прямые *A′C′* и *M′N′*, горизонтальные проекции которых пересекаются в точках 4′ и 5′. По фронтальной проекции определяем, что проекция точки 5″, лежащая на проекции прямой *M″N″*, будет закрывать проекцию точки 4″, лежащую на проекции прямой *A″C″*, т. к. она будет ближе к наблюдателю. На чертеже направление взгляда наблюдателя показано стрелкой. Следовательно, на горизонтальной плоскости проекций проекция *M′N′* будет закрывать проекцию *A′C′*. Границей видимости является проекция точки пересечения *K′*.

*Задача 3.* Построение линии пересечения двух плоскостей, одна из которых занимает частное положение.

Даны две плоскости: плоскость Δ*ABC* – плоскость общего положения, плоскость Δ*DEK* – плоскость частного положения, которая расположена перпендикулярно фронтальной плоскости проекций (рис. 3).

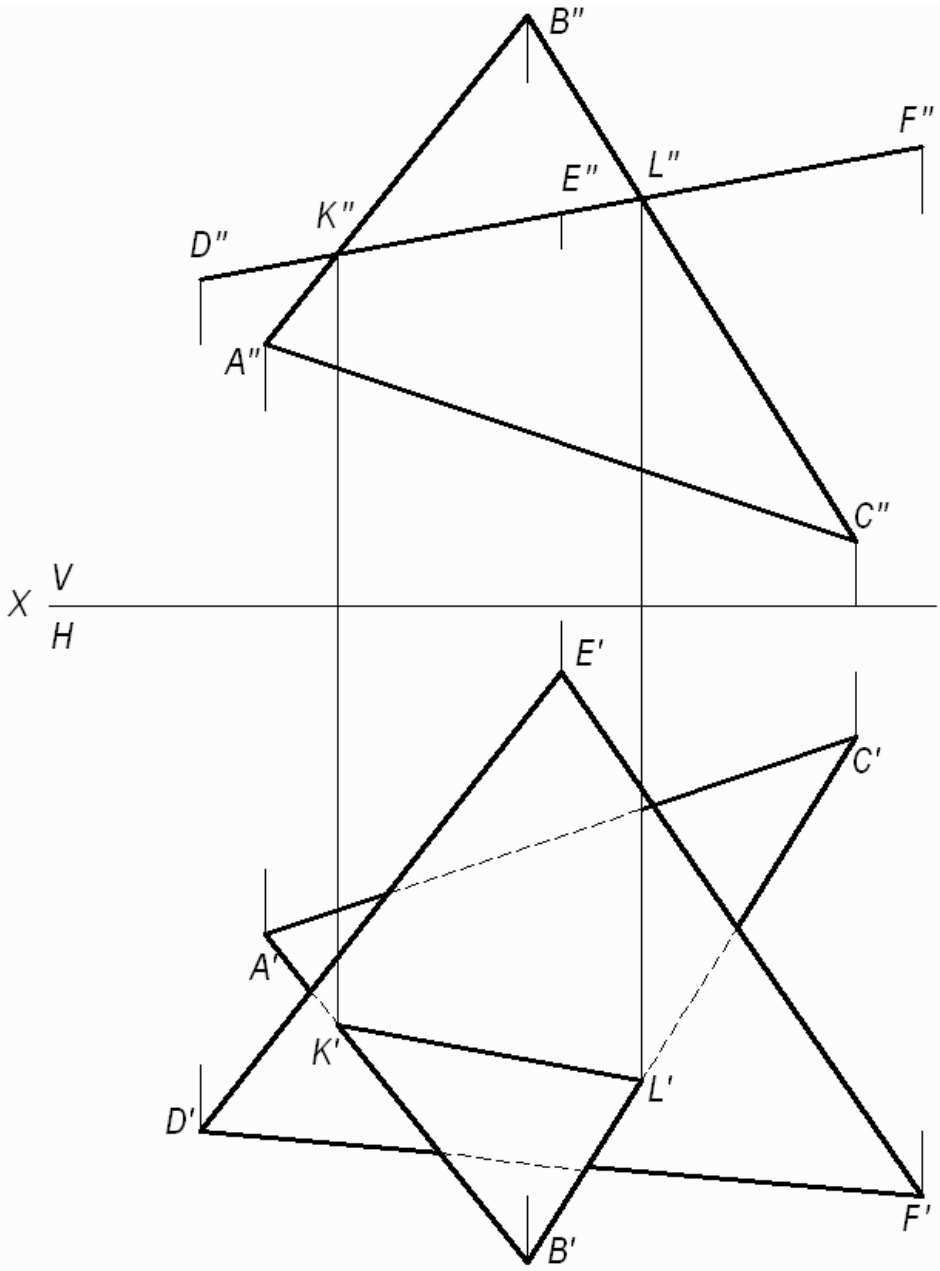



Рис. 3. Построение линии пересечения двух плоскостей, одна из которых занимает частное положение

Фронтальная проекция Δ*DEK* совпадает с фронтальным следом плоскости и фронтальной проекцией линии пересечения треугольников.

(*KL*) - линия пересечения двух треугольников. Проекции этой линии пересечения – фронтальную и горизонтальную строят исходя из свойства принадлежности точек *K* и *L* сторонам (*AB*) и (*BC)*, соответственно. Видимость треугольников на горизонтальной плоскости проекций определяем методом конкурирующих точек, рассмотренном в задаче 2.

*Задача 4.* Построение линии пересечения двух плоскостей общего положения.

Даны две плоскости общего положения, заданные треугольниками *ABC* и *DEK*. Построить линию пересечения двух треугольников, определить видимость треугольников на проекциях.

Прямая линия, получаемая при взаимном пересечении двух плоскостей, определяется двумя точками, каждая из которых одновременно принадлежит обеим плоскостям. Общие точки определяются решением основной позиционной задачи начертательной геометрии – построение точки пересечения прямой с плоскостью (см. рис. 2).

Для решения данной задачи проводят вспомогательные плоскости-посредники частного положения (проецирующие плоскости). Решение задачи приведено на рис. 4.

Алгоритм решения задачи:

1. Определяют первую точку линии пересечения двух треугольников – точку *M*.

1.1. Фронтально-проецирующая плоскость $\alpha$ проведена через сторону *DK* и задана на чертеже фронтальным следом $\alpha_V$.

1.2. Плоскость $\alpha$ пересекает плоскость треугольника *ABC* по прямой (1,2), на чертеже строят две проекции этой прямой.

1.3. Прямая (1,2) пересекает сторону *DK* в точке *M*, строят две проекции точки $M''$ и $M'$.

2. Определяют вторую точку искомой линии пересечения двух треугольников – точку *N*.

2.1. Горизонтально-проецирующая плоскость $\beta$ проведена через сторону *AB* и задана на чертеже горизонтальным следом $\beta_H$.

2.2. Плоскость $\beta$ пересекает плоскость треугольника *DEK* по прямой (3,4), на чертеже строят две проекции этой прямой.

2.3. Прямая (3,4) пересекает *AB* в точке *N*, строят две проекции точки $N''$ и $N'$.

Плоскости треугольников *ABC* и *DEK* пересекаются по прямой *MN*.

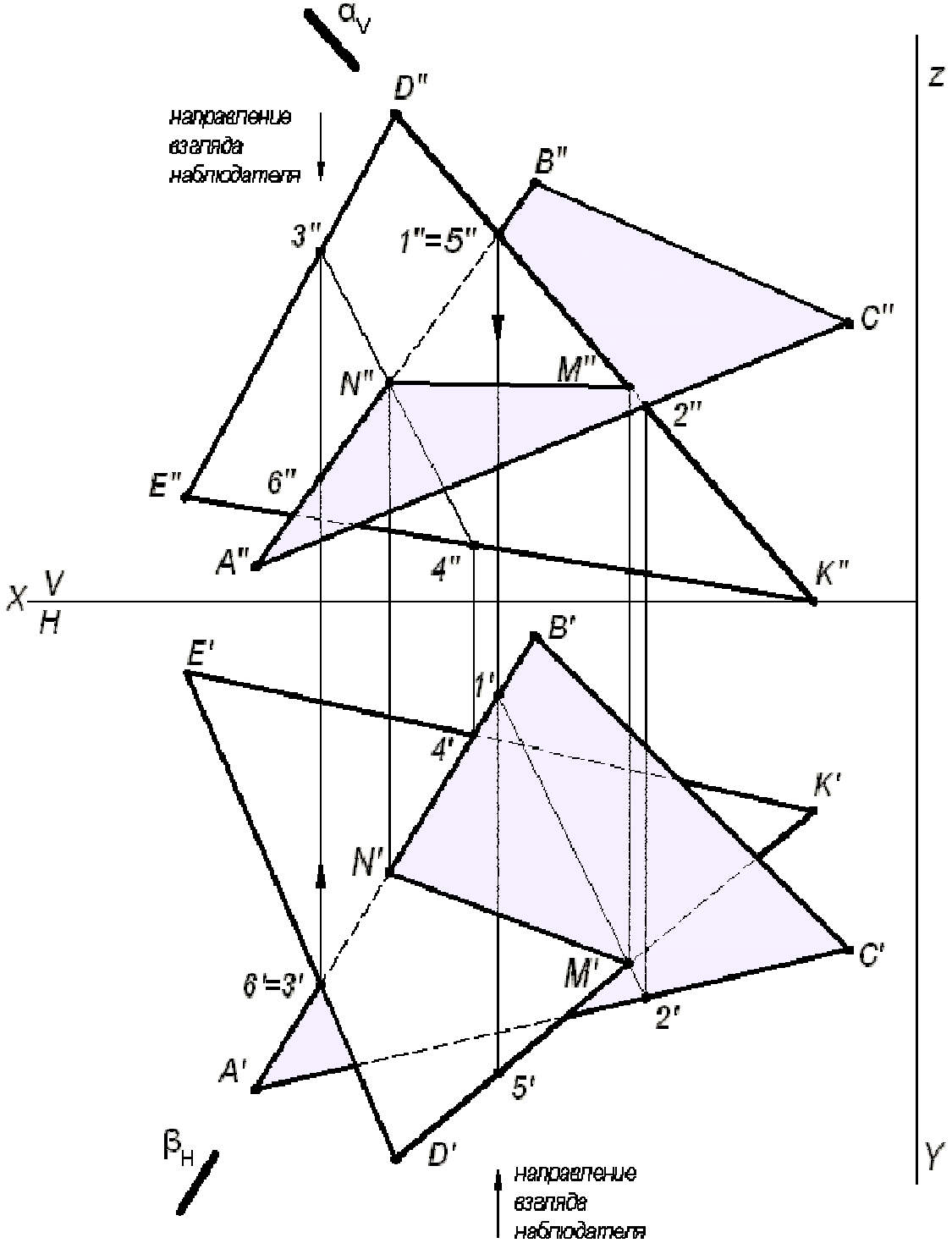



Рис. 4. Построение линии пересечения двух треугольников

3. Видимость плоских фигур на проекциях определяют методом конкурирующих точек.

Для определения видимости на фронтальной плоскости проекций *V* выбираем две скрещивающиеся прямые *D″K″* и *A″B″*, фронтальные проекции которых пересекаются в точках 1″ и 5″. По горизонтальной проекции определяем, что проекция точки 5′, лежащая на проекции прямой *D′K′*, будет закрывать про-

екцию точки 1′, лежащую на проекции прямой $A'B'$, т. к. она будет ближе к наблюдателю. Следовательно, на фронтальной плоскости проекция $D''K''$ будет закрывать проекцию $A''B''$. Границей видимости является проекция линии пересечения $M''N''$.

Для определения видимости на горизонтальной плоскости проекций $H$ выбираем две скрещивающиеся прямые $A'B'$ и $D'E'$, горизонтальные проекции которых пересекаются в точках 3′ и 6′. По фронтальной проекции определяем, что проекция точки 3″, лежащая на проекции прямой $D''E''$, будет закрывать проекцию точки 6″, лежащую на проекции прямой $A''B''$, т.к. она будет ближе к наблюдателю. Следовательно, на горизонтальной плоскости проекция $D'E'$ будет закрывать проекцию $A'B'$. Границей видимости является проекция линии пересечения $N'M'$.

*Задача 5*. Построить две проекции линии пересечения плоскости $\alpha$ - общего положения, заданной следами и плоскости $\beta$ - общего положения, заданной параллельными прямыми $a$ и $b$.

Для решения данной задачи проводят вспомогательные плоскости-посредники частного положения (плоскости уровня), пересекающие заданные плоскости по прямым, недостающие проекции которых легко строятся и пересекаются в пределах чертежа.

Графическое решение задачи приведено на рис. 5.

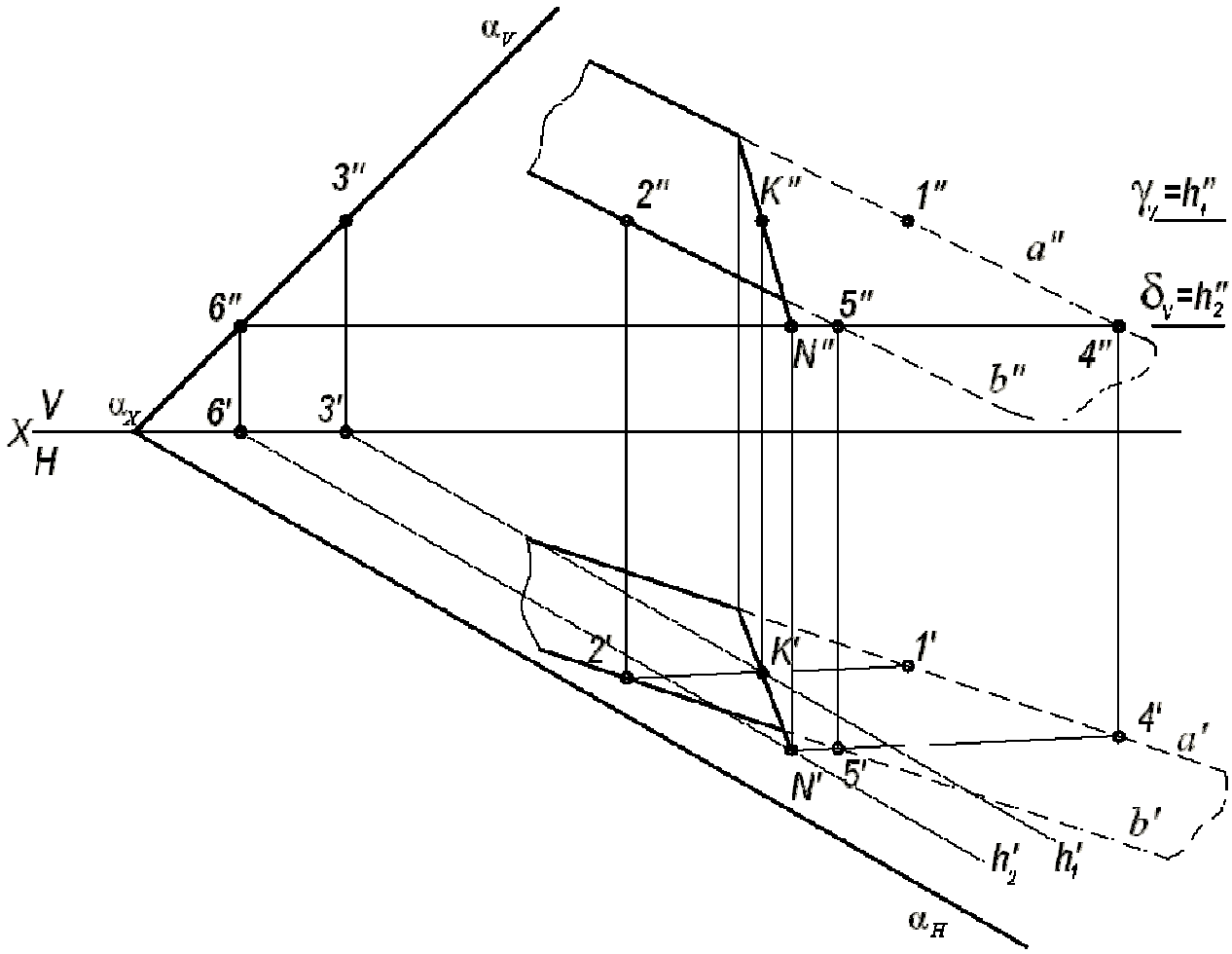
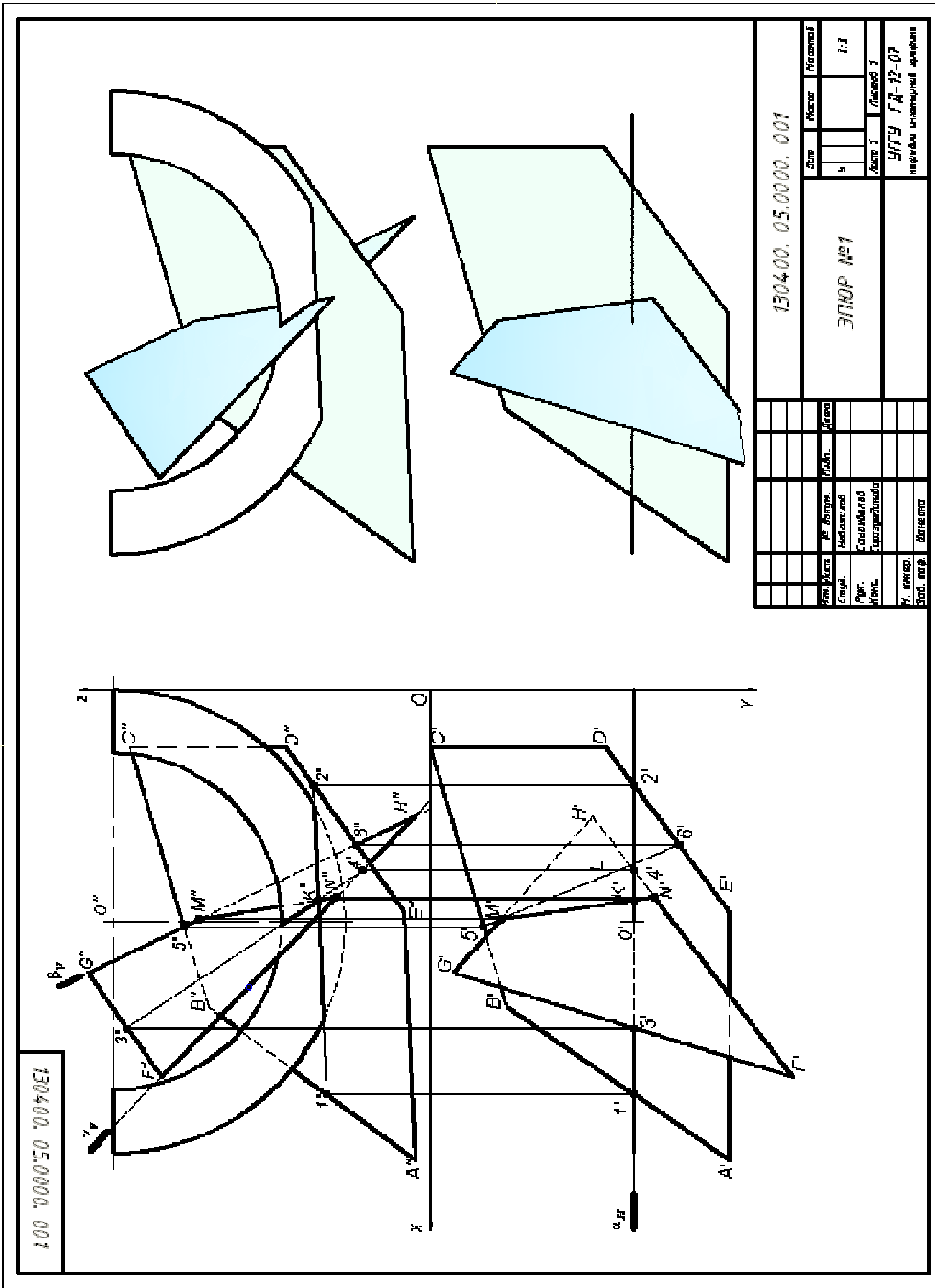



Рис. 5. Построение линии пересечения двух плоскостей

Вспомогательная горизонтальная плоскость-посредник $\gamma$ задана следом $\gamma_V$ и пересекает плоскость $\alpha$ по горизонтали, проходящей через точку 3, а плоскость $\beta$ по горизонтали (1, 2). Горизонтальные проекции этих горизонталей пересекаются в точке *K*. Строят фронтальную проекцию точки *K*, используя свойство принадлежности точки прямой линии. Точка *K* принадлежит обеим плоскостям $\alpha$ и $\beta$. Вторая точка *N*, общая для двух плоскостей $\alpha$ и $\beta$, определяется второй вспомогательной плоскостью-посредником частного положения $\delta$ (на чертеже задана следом $\delta_V$). Искомая прямая (*KN*) является линией пересечения двух плоскостей $\alpha$ и $\beta$.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордон В.О., Семенцов-Огиевский М. А. Курс начертательной геометрии. Учеб. пособие. М.: Высшая школа. 2007.272 с.

2. Самохвалов Ю. И. Начертательная геометрия. Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2011. 121 с.

3. Самохвалов Ю. И., Шангина Е. И. Начертательная геометрия. Инженерная графика. Учебно-методическое пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2011. 96 с.

МИНОБНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»
(ФГБОУ ВО УГГУ)

**И. В. Абатурова**

# Основы инженерной геологии

**Методические указания**
**по организации самостоятельной работы для обучающихся направления подготовки**
**21.05.02 – Прикладная геология**

Специализация № 2 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания»

Квалификация подготовки – горный инженер-геолог

Форма обучения: очная

Екатеринбург
2019

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»
(ФГБОУ ВО «УГГУ»)

**ОДОБРЕНО:**
Зав. кафедрой ГИГГ
_____ С. Н. Тагильцев
«_13_» __апреля__ 2019 г.



**И. В. Абатурова**

# Основы инженерной геологии

**Методические указания**
**по организации самостоятельной работы для обучающихся направления подготовки**
**21.05.02 – Прикладная геология**

Специализация № 2 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания»

Квалификация подготовки – горный инженер-геолог

Форма обучения: очная, заочная

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

## Структура и содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине «Основы инженерной геологии»

Последовательность изучения тем, выписанных на самостоятельную проработку, рекомендуется согласовывать с рабочей программой дисциплины.

Прежде всего студенту следует ознакомиться с содержанием теоретических разделов дисциплины. Приступив к проработке темы необходимо вначале уяснить из методических указаний рабочей программы круг, рассматриваемых вопросов, затем изучить материал темы по рекомендуемой литературе, выделить главные вопросы основные положения законспектировать, дать ответы на вопросы для самопроверки.

Цель самостоятельной работы заключается в том, чтобы студенты стремились к поиску и получению новой информации, необходимой для решения инженерных задач, интеграции знаний применительно к своей области деятельности, к осознанию ответственности за принятия своих профессиональных решений.

Содержание самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа делится на 2 вида:

I. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям, включает в себя 3 части

Первая часть – это работа с литературными источниками, которая проверяется во время тестирования

Вторая часть – построение инженерно-геологических разрезов

Третья часть – создание презентаций в программе Microsoft Power Point в которой приводится деформация зданий и сооружений в результате развития инженерно-геологических процессов.

Часть 1

1. Подготовить краткий конспект о развитии процессов выветривания Урала. Описание должно содержать следующие сведения:

Понятия о процессе основных принципах выветривания, виды выветривания, основные химические реакции, способствующие выветриванию, вертикальная зональность коры выветривания. Особенности выветривания на Урале, изменение физико-механических свойств грунтов в процессе выветривания.

2. Причины и факторы формирования овражной эрозии. Описание должно содержать следующие сведения:

Понятие овражной эрозии, процент территории России, пораженной данным процессом, этапы формирования процесса. Оценку и прочие развитие овражной эрозии, противоэрозионные мероприятия

3. Карстово -суффозионные процессы г. Кунгура Описание должно содержать следующие сведения:

Понятия карстово-суффозионных процессов, причины и факторы их формирования, гидродинамическая зональность, оценка и прогноз формирования противокарстовых мероприятий. Особенность развития карстового процесса г. Кунгура

Для конспекта используется не менее трех источников литературы и инженерный ресурс

Часть 2

Выполнить лабораторные работы 1,2,3 задание

**Задание 1**

**Составление инженерно-геологического разреза по оси плотины на р. Уфа с выделением фильтрационных зон**

1. Составить инженерно-геологический разрез по оси плотины на р. Уфе

2. Выделить в сфере взаимодействия плотины и горных пород фильтрационные зоны по значениям коэффициента фильтрации (Кф) и удельного водопоглощения(q)

3. Составить заключение об устойчивости основания примыканий плотины

4. Отметка НПУ-316,0м; уреза воды в реке – 288,70м; ширина зеркала воды – 60м; расстояние между скважинами60м

5. в таблице указаны глубины подошв слоев в метрах (см. Таблицу в методическом указании)

**Задание 2**

**Составление инженерно-геологического разреза по оси плотины на р. Малая Сатка с выделением фильтрационных зон**

1. Составить инженерно-геологический разрез по оси плотины на р. М.Сатка

2. Выделить в сфере взаимодействия плотины и горных пород фильтрационные зоны по значениям коэффициента фильтрации (Кф) и удельного водопоглащения(q)

3. Составить заключение об устойчивости основания примыканий плотины

4. Отметка НПУ-457,0м; уреза воды в реке – 435,10м; ширина зеркала воды – 20,0м; расстояние между скважинами 70м

5. в таблице указаны глубины подошв слоев в метрах (см. Таблицу в методическом указании)

**Задание 3**

**Составление инженерно-геологического разреза, проведение районирования по степени устойчивости горных пород в горных выработках по оси скоростной дороги(метро) г. Екатеринбург**

1. Составить инженерно-геологический разрез по оси трассы скоростной дороги
2. Составить заключение об инженерно-геологических условиях прохождения скоростной дороги
3. Расстояние между скважинами 60м
4. В таблице указаны глубины подошв слоев в метрах (см. Таблицу в методическом указании)

Часть 3

Подготовить презентацию к семинару «Деформации зданий и сооружений в результате развития инженерно-геологических процессов» Для презентации используется не менее трех источников литературы и инженерный ресурс, а также нормативные документы.

II. Вид – другие виды самостоятельной работы, которые включают в себя

1. Контрольная работа

2. Курсовая работа.

Выполнение курсовой работы

Курсовая работа выполняется в соответствии с методическими указаниями.

В виде реферата и состоит из 2-х основных частей. Первая часть посвящена теории, условиям, причинам, закономерностям развитии какого-либо процесса. Вторая часть – анализу, обобщению конкретной информации по геологическому процессу с решением прогнозной задачи и разработки методов управления

3. Подготовка к экзамену

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебно-методическому комплексу

_____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

# Б1.Б.1.21 МЕТРОЛОГИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ

## КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

ЧАСТЬ 1

«МЕТРОЛОГИЯ»

Специальность:
*21.05.02 Прикладная геология*

Автор: Глушкова Т.А., к.т.н.

Одобрены на заседании кафедры
*Геофизики*
*(название кафедры)*

Зав. кафедрой _____
*(подпись)*
д.г.-м.н., проф. Талалай А.Г.
*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 12 от 05.03.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией
факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*

Председатель _____
*(подпись)*
д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....3
1 Основные понятия… .....4
2 Нормативно-правовые основы метрологи ..... 5
3 Свойства, физические величины. Измерение ФВ…..... 7
4 Системы единиц физических величин. Система SI..... 9
5 Виды и методы измерений..... 13
6 Средства измерений. Метрологические характеристики СИ ..... 14
7 Нормирование и классы точности средств измерений.....17
8 Погрешности измерений.....25
9 Правила округления и записи результата измерений.....27
10 Метрологическое обеспечение, службы и организации.....28
11 Формы государственного регулирования в области обеспечения единства измерений..... 30
12 Государственный метрологический надзор.....31
13 Утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений…33
14 Поверка средств измерений..... 34
15 Калибровка средств измерений .....36
16 Метрологическая экспертиза..... 37
17 Анализ и оценка состояния измерений .....38
ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... 35
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ… .....36
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК…..... 37
ПРИЛОЖЕНИЕ А Сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений..... 43
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Значения коэффициентов Стьюдента $t(P_Д, n)$ 44

# ВВЕДЕНИЕ

Метрология – наука об измерениях. Измерения составляют основу познания человеком окружающего мира во всех исторических периодах. Важность измерений возрастает с развитием производительных сил. Огромную роль играют измерения в современном обществе. Наука, промышленность, экономика, образование, информатика, торговля, банковская система, таможенные операции, медицина, спорт и другие сферы деятельности человека немыслимы без измерений.

Стандартизация, оценка соответствия и метрология как важнейшие составляющие технического регулирования неразрывно связаны между собой. Активная деятельность общества, органов законодательной и исполнительной властей в этих направлениях является важнейшим условием становления рыночной экономики в Российской Федерации, увеличения Внутреннего Валового Продукта, расширения международных научных, технических и торговых связей, интеграции страны в мировую экономическую систему.

Важность метрологической деятельности, обеспечения единства измерений поддержана вниманием со стороны государства.

Правовую основу метрологии составляют:

- основной закон государства - Конституция Российской Федерации;

- Федеральный закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» № 102-ФЗ от 26.06.2008;

- федеральные законы отраслевого характера в части, касающейся единства измерений.

- Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ), представляющая собой комплекс нормативно-технических документов (ГОСТов, методических указаний и т.п.), устанавливающих единую номенклатуру стандартных взаимоувязанных правил и положений, требований и норм, относящихся к организации и методике оценивания и обеспечения точности измерений.

Дальнейшее развитие экономики России, расширение международной торговли и экономического сотрудничества, выражающиеся в увеличении количества и технического совершенства товаров, расширении спектра и повышении качества услуг, потребовали совершенствования правовой базы метрологии и приведения в соответствие метрологической деятельности с уровнем развития экономики страны.

*Метрология* (греч.) – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Различают три раздела метрологии:

- теоретическая (фундаментальная);
- законодательная;
- практическая (прикладная).

*Теоретическая метрология* – раздел метрологии, предметом которого является разработка фундаментальных основ метрологии.

*Законодательная метрология* – раздел метрологии, предметом которого является установление обязательных технических и юридических требований по применению единиц физических величин, эталонов, методов и средств измерений, направленных на обеспечение единства и необходимости точности измерений в интересах общества.

*Практическая метрология* – раздел метрологии, предметом которого являются вопросы практического применения разработок теоретической метрологии и положений законодательной метрологи.

Измерения играют огромную роль в науке, промышленности, экономике и коммуникациях. Практически отсутствуют сферы деятельности, где не применяют результаты измерений, испытаний, контроля.

## 1 Основные понятия

*Аттестация методик (методов) измерений* - исследование и подтверждение соответствия методик (методов) измерений установленным метрологическим требованиям к измерениям;

*Ввод в эксплуатацию средства измерений* - документально оформленная в установленном порядке готовность средства измерений к использованию по назначению;

*Государственный метрологический надзор* - контрольная деятельность в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, осуществляемая уполномоченными федеральными органами исполнительной власти и заключающаяся в систематической проверке соблюдения установленных законодательством Российской Федерации обязательных требований, а также в применении установленных законодательством Российской Федерации мер за нарушения, выявленные во время надзорных действий;

*Государственный первичный эталон единицы величины* - государственный эталон единицы величины, обеспечивающий воспроизведение, хранение и передачу единицы величины с наивысшей в Российской Федерации точностью, утверждаемый в этом качестве в установленном порядке и применяемый в качестве исходного на территории Российской Федерации;

*Государственный эталон единицы величины* - эталон единицы величины, находящийся в федеральной собственности;

*Единица величины* - фиксированное значение величины, которое принято за единицу данной величины и применяется для количественного выражения однородных с ней величин;

*Единство измерений* - состояние измерений, при котором их результаты выражены в допущенных к применению в Российской Федерации единицах величин, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы;

*Измерение* - совокупность операций, выполняемых для определения количественного значения величины;

*Испытания стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа* - работы по определению метрологических и технических характеристик однотипных стандартных образцов или средств измерений.

*Калибровка средств измерений* - совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений.

*Методика (метод) измерений* - совокупность конкретно описанных операций, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с установленными показателями точности.

*Метрологическая служба* - организующие и (или) выполняющие работы по обеспечению единства измерений и (или) оказывающие услуги по обеспечению единства измерений структурное подразделение центрального аппарата федерального органа исполнительной власти и (или) его территориального органа, юридическое лицо или структурное подразделение юридического лица либо объединения юридических лиц, работники юридического лица, индивидуальный предприниматель.

*Метрологическая экспертиза* - анализ и оценка правильности установления и соблюдения метрологических требований применительно к объекту, подвергаемому экспертизе. Метрологическая экспертиза проводится в обязательном (обязательная метрологическая экспертиза) или добровольном порядке.

*Обязательные метрологические требования* - метрологические требования, установленные нормативными правовыми актами Российской Федерации и обязательные для соблюдения на территории Российской Федерации.

*Передача единицы величины* - приведение единицы величины, хранимой средством измерений, к единице величины, воспроизводимой эталоном данной единицы величины или стандартным образцом.

*Поверка средств измерений* - совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям.

*Прослеживаемость* - свойство эталона единицы величины или средства измерений, заключающееся в документально подтвержденном установлении их связи с государственным первичным эталоном соответствующей единицы величины посредством сличения эталонов единиц величин, поверки, калибровки средств измерений.

*Прямое измерение* - измерение, при котором искомое значение величины получают непосредственно от средства измерений.

*Сличение эталонов единиц величин* - совокупность операций, устанавливающих соотношение между единицами величин, воспроизводимых эталонами единиц величин одного уровня точности и в одинаковых условиях.

*Средство измерений* - техническое средство, предназначенное для измерений.

*Стандартный образец* - образец вещества (материала) с установленными по результатам испытаний значениями одной и более величин, характеризующих состав или свойство этого вещества (материала).

*Тип средств измерений* - совокупность средств измерений, предназначенных для измерений одних и тех же величин, выраженных в одних и тех же единицах величин, основанных на одном и том же принципе действия, имеющих одинаковую конструкцию и изготовленных по одной и той же технической документации.

*Тип стандартных образцов* - совокупность стандартных образцов одного и того же назначения, изготавливаемых из одного и того же вещества (материала) по одной и той же технической документации

*Утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений* - документально оформленное в установленном порядке решение о признании соответствия типа стандартных образцов или типа средств измерений метрологическим и техническим требованиям (характеристикам) на основании результатов испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа;

*Фасованные товары в упаковках* - товары, которые упаковываются в отсутствие покупателя, при этом содержимое упаковки не может быть изменено без ее вскрытия или деформирования, а масса, объем, длина, площадь или иные величины, определяющие количество содержащегося в упаковке товара, должны быть обозначены на упаковке;

*Эталон единицы величины* - техническое средство, предназначенное для воспроизведения, хранения и передачи единицы величины.

## 2 Нормативно-правовые основы метрологии

Значимость и высокая ответственность измерений в экономике государства обуславливают необходимость установления в законодательном порядке комплекса правовых актов и положений по метрологии. Россия в числе семнадцати государств подписала Метрическую конвенцию в 1875 г.

Вся метрологическая деятельность в РФ основана на конституционной норме (Конституция РФ, статья 71, пункт «Р»), которая закрепляет централизованное государственное руководство основными вопросами законодательной метрологии. В федеральном ведении находятся стандарты, эталоны, метрическая система и исчисление времени.

В целях реализации конституционной нормы приняты Федеральные законы «Об обеспечении единства измерений», «О техническом регулировании», составляющие правовые основы метрологической деятельности.

Нормативные документы по обеспечению единства измерений:

- постановления Правительства РФ по отдельным вопросам и направлениям метрологической деятельности;

- комплекс нормативно-технических документов (ГОСТов, методических указаний и т.п.) государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ), устанавливающих единую номенклатуру стандартных взаимоувязанных

правил и положений, требований и норм, относящихся к организации и методике оценивания и обеспечения точности измерений;

- рекомендации государственных научных метрологических центров Ростандарта.

Основные *цели* ФЗ «Об обеспечении единства измерений»:

- установление правовых основ обеспечения единства измерений в Российской Федерации;

- защита прав и законных интересов граждан, общества и государства от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений;

- обеспечение потребности граждан, общества и государства в получении объективных, достоверных и сопоставимых результатов измерений, используемых в целях защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружающей среды, животного и растительного мира, обеспечения обороны и безопасности государства, в том числе экономической безопасности;

- содействие развитию экономики Российской Федерации и научно-техническому прогрессу.

Закон закрепляет одно из основных понятий метрологии – единство измерений и другие понятия.

Закон устанавливает, что государственное управление деятельностью по обеспечению единства измерений осуществляет Национальный орган РФ по метрологии – *Росстандарт (*ранее назывался *Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии),* определяет его цели, задачи, компетенцию, ответственность и полномочия.

Положения Закона расширены *Государственной системой обеспечения единства измерений* (ГСИ) - комплексом нормативных документов межрегионального и межотраслевого уровней, устанавливающих правила, нормы, требования, направленные на достижение и поддержание единства измерений в РФ.

Основные *объекты* ГСИ:

- единицы физических величин;

- государственные эталоны, поверочные схемы;

- методы и средства поверки СИ;

- номенклатура и способы нормирования МХ СИ;

- нормы точности измерений;

- способы выражения и формы представления результатов и показателей точности измерений;

- методики выполнения измерений;

- методики оценки достоверности и формы представления данных о свойствах веществ и материалов;

- требования к стандартным образцам свойств веществ и материалов;

- термины и определения в области метрологии;

- организация и порядок проведения государственных испытаний СИ, поверки и метрологической аттестации СИ и испытательного оборудования;

- организация и порядок проведения калибровки СИ, метрологической экспертизы нормативно-технической, проектной, конструкторской и технологической документации, а также экспертизы свойств материалов и веществ.

В дополнение и для реализации положений ФЗ «Об обеспечении единства измерений» Правительство РФ разрабатывает и принимает подзаконные акты – нормативные документы в области метрологии.

## 3 Свойства, физические величины. Измерение ФВ

*Свойство* – философская категория, выражающая такую сторону объекта (явления, процесса), которая обуславливает его различие или общность с другими объектами (явлениями, процессами) и обнаруживается в его отношении к ним. Свойство – категория качественная.

*Величина* – свойство чего-либо, что может быть выделено среди других свойств и оценено тем или иным способом, в том числе и количественно.

Величины подразделяют на два вида:

- идеальные;
- реальные.

*Идеальные* величины – являются обобщением (моделью) конкретных реальных понятий и относятся главным образом к математике.

*Реальные* величины подразделяют на две группы:

- нефизические;
- физические.

*Нефизические* величины свойственны общественным наукам (философия, психология, социология, экономика). Нефизические величины не могут быть измерены, а только оценены.

*Физические* величины свойственны материальным объектам (процессам, явлениям), изучаемым в естественных (физика, химия) и технических (машиноведение, электротехника) науках.

*Физическая величина* (ФВ) – одно из свойств физического объекта, в качественном отношении общее для многих физических объектов, а в количественном - индивидуальное, для каждого из них (твёрдость, плотность, теплопроводность, электропроводность).

По возможности измерения ФВ подразделяют на:

- измеряемые;
- оцениваемые.

*Измеряемые* – величины, которые могут быть выражены количественно в виде определённого числа установленных единиц измерения.

*Оцениваемые* – величины, для которых не может быть введена единица измерения.

По видам явлений ФВ подразделяют на группы:

- *вещественные*;
- *энергетические*;
- *характеризующие протекание процессов во времени*.

*Вещественные* – описывают физические и физико-химические свойства веществ, материалов (масса, плотность, электрическое сопротивление).

*Энергетические* – описывают энергетические характеристики процессов преобразования, передачи, использования энергии (энергия, мощность, сила и напряжение электрического тока).

*Характеризующие протекание процессов во времени* – различного рода спектральные характеристики, корреляционные функции.

По принадлежности к различным физическим процессам ФВ классифицируют на:

- пространственно-временные;
- механические, тепловые, электрические, магнитные;
- акустические, световые;
- физико-химические;
- ионизирующих излучений, атомной и ядерной физики.

По степени зависимости от других величин ФВ подразделяют на:

- основные (условно независимые);
- производные (условно зависимые);
- дополнительные.

*Измерение ФВ* – познавательный процесс, заключающийся в сравнении путём физического эксперимента данной ФВ с её известной величиной, принятой за единицу измерения.

*Основное уравнение измерения* – уравнение вида:

$$Q = q \cdot /Q/. \qquad (1)$$

*Значение ФВ - Q* – оценка её размера в виде некоторого числа принятых для неё единиц.

*Числовое значение ФВ - q* – отвлечённое число, показывающее отношение значения величины к единице измерения данной величины.

*Единица ФВ - /Q/* – величина фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение равное единице измеряемой величины. Единицу ФВ применяют для количественного выражения однородных величин.

В практической деятельности производят измерения различных величин, характеризующих свойства тел, веществ, явлений и процессов. Разнообразные количественные или качественные проявления любого свойства образуют множества, отображения которых образуют шкалы.

*Шкала ФВ* – упорядоченная последовательность значений, принятая по соглашению на основании результатов точных измерений. В соответствии с логической структурой проявления свойств различают шкалы измерений:

- шкала наименований (шкала цветов);
- шкала порядка (шкалы вязкости вещества, силы ветра);
- шкала интервалов (шкалы летоисчисления, температур);
- шкала отношений, (шкалы массы, термодинамической температуры);
- абсолютная шкала (шкалы относительных величин - усиления, ослабления).

Шкалы наименований и порядка называют неметрическими (концептуальными), шкалы интервалов и соотношений - метрическими. Метрические и абсолютные шкалы относят к разряду линейных. Практическая реализация шкал из-

мерений осуществляют стандартизацией шкал, единиц измерений, способов и условий их однозначного воспроизведения.

## 4 Системы единиц физических величин. Система SI

*Система ФВ* – совокупность ФВ, в которой одни величины принимают независимыми, а другие являются их функциями.

Обосновано, но произвольным образом выбирают несколько ФВ и называют *основными*. Остальные выражают через основные на основе известных уравнений связи между ними и называют *производными*.

*Система единиц ФВ* - совокупность основных, производных и дополнительных единиц ФВ, образованная в соответствии с принятыми принципами.

В науке и технике в разное время применяли системы единиц:

- СГС (сантиметр, грамм, секунда);
- МКС (метр, килограмм, секунда);
- МКСГ (метр, килограмм, секунда, градус);
- МКСА (метр, килограмм, секунда, ампер);
- МСС (метр, секунда, свеча) и ряд других.

Единая международная система единиц (SI) принята Генеральной конференцией по мерам и весам в 1960 г. На территории РФ действует в соответствии с ГОСТ 8.417-2002 система единиц SI. Международная система (SI , фр. Le Système International d'Unités) для механических единиц совпадает с системой МКС, а для электромагнитных - с системой МКСА.

Система SI принята для применения в большинстве стран мира, что обусловлено её достоинствами:

- универсальность, применение во всех областях науки и техники;
- унификация всех областей и видов измерений;
- когерентность величин;
- возможность воспроизведения единиц с высокой точностью;
- упрощение записи формул в физике, химии, технических науках;
- уменьшение числа допускаемых единиц измерения;
- единая система образования десятичных кратных и дольных единиц, имеющих собственные наименования;
- облегчение педагогического процесса в средней и высшей школах;
- лучшее взаимопонимание при развитии научно-технических и экономических связей между различными странами.

Международная система физических единиц СИ включает семь основных и две дополнительные единицы.

Основные единицы системы SI:

-*метр* – единица длины – длина пути, которую проходит свет в вакууме за 1/299 792 458 долю секунды;

-*килограмм* – единица массы - масса международного прототипа – цилиндра, изготовленного из сплава платины и иридия;

-*секунда* – единица времени - продолжительность 9 192 631 770 периодов излучения, соответствующих переходу между двумя уровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома цезия $Cs^{133}$;

-*ампер* – единица силы тока - сила тока, которая при прохождении по двум параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 метр один от другого, в вакууме создала бы между этими проводниками силу, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Ньютонов на каждый метр длины;

-*кельвин* – единица температуры - температура, составляющая 1/273,16 часть термодинамической температуры тройной точки воды;

-*моль* – единица количества вещества - количество вещества, содержащее столько же структурных элементов, сколько атомов содержится в нуклиде углерода $C^{12}$ – массой 0,012 кг;

-*кандела* – единица силы света - сила света в заданном направлении от источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540\ 10^{12}$ Гц, энергетическая сила которого составляет 1/683 Вт/ср$^2$.

Дополнительные единицы системы СИ:

*радиан* – единица плоского угла - плоский угол между двумя радиусами окружности, длина дуги которой равна радиусу;

*стерадиан* – единица телесного угла - телесный угол с вершиной в центре сферы, вырезающий на поверхности площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы.

Производные единицы могут быть когерентными и некогерентными.

*Когерентная* единица – производная единица ФВ, связанная с другими единицами системы уравнением, в котором числовой множитель равен единице.

Единицы ФВ подразделяются на системные и внесистемные.

*Системная* – единица ФВ, входящая в одну из принятых систем.

*Внесистемная* – единица ФВ, не входящая ни в одну из принятых систем единиц.

По отношению к единицам системы SI внесистемные единицы подразделяют на:

- допускаемые к применению наравне с единицами системы SI (единица массы – тонна, плоского угла – градус, минута, секунда);
- допускаемые к применению в специальных областях науки (единицы длины в астрономии – астрономическая единица, парсек, световой год);
- временно допускаемые к применению наравне с единицами SI (единица длины в морском деле – миля, массы в ювелирном деле – карат);
- изъятые из употребления (единица давления – миллиметр ртутного столба, мощности – лошадиная сила).

Производные единицы системы SI, имеющие специальные названия, приведены в таблице 1. Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами системы SI, приведены в таблице 2. Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования приведены в таблице 3.

Таблица 1 Производные единицы системы СИ, имеющие специальные названия

| Величина | Единица | |
|---|---|---|
| Наименование | Наименование | Обозначение |
| Частота | герц | Гц |
| Сила, вес | ньютон | Н |
| Давление, механическое напряжение | паскаль | Па |
| Энергия, работа, количество теплоты | джоуль | Дж |
| Мощность | ватт | Вт |
| Количество электричества | кулон | Кл |
| Электрическое напряжение | вольт | В |
| Электрическая ёмкость | фарад | Ф |
| Электрическое сопротивление | Ом | Ом |
| Электрическая проводимость | сименс | См |
| Поток магнитной индукции | вебер | Вб |
| Магнитная индукция | тесла | Тл |
| Индуктивность | генри | Гн |
| Световой поток | люмен | лм |
| Освещённость | люкс | лк |
| Активность радионуклида | беккерель | Бк |
| Поглощённая доза ионизирующего излучения | грей | Гр |
| Эквивалентная доза излучения | зиверт | Зв |

Таблица 2 Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ

| Наименование величины | Единица | | |
|---|---|---|---|
| | Наименование | Обозначение | Соотношение с единицей СИ |
| Масса | тонна | т | $10^3$ кг |
| | атомная единица массы | а. е. м. | $1{,}66 \cdot 10^{-27}$ кг |
| Время | минута | мин | 60 с |
| | час | ч | 3 600 с |
| | сутки | сут | 86 400 с |
| Плоский угол | градус | $^0$ | $1{,}745 \cdot 10^{-2}$ рад |
| | минута | $...^/$ | $2{,}909 \cdot 10^{-4}$ рад |
| | секунда | $...^{//}$ | $4{,}848 \cdot 10^{-6}$ рад |
| Длина | астрономическая единица | а. е. | $1{,}456 \cdot 10^{11}$ м |
| | световой год | св. год | $9{,}461 \cdot 10^{15}$ м |
| | парсек | ПК | $3{,}086 \cdot 10^{16}$ м |
| Оптическая сила | диоптрия | дптр | 1 $м^{-1}$ |
| Площадь | гектар | га | $1 \cdot 10^4$ $м^2$ |
| Энергия | электрон-вольт | эВ | $1{,}602 \cdot 10^{-19}$ Дж |
| Полная мощность | вольт-ампер | ВА | - |
| Реактивная мощность | вар | вар | - |

Таблица 3 Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования

| Множитель | Приставка | Обозначение | | Множитель | Приставка | Обозначение | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | международное | русское | | | международное | русское |
| $10^{18}$ | экса | E | Э | $10^{-1}$ | деци | d | д |
| $10^{15}$ | пета | P | П | $10^{-2}$ | санти | c | с |
| $10^{12}$ | тера | T | Т | $10^{-3}$ | милли | m | м |
| $10^{9}$ | гига | G | Г | $10^{-6}$ | микро | $\mu$ | мк |
| $10^{6}$ | мега | M | М | $10^{-9}$ | нано | n | н |
| $10^{3}$ | кило | k | к | $10^{-12}$ | пико | p | п |
| $10^{2}$ | гекто | h | г | $10^{-15}$ | фемто | f | ф |
| $10^{1}$ | дека | da | да | $10^{-18}$ | атто | a | а |

## 5 Виды, методы измерений

Виды измерений определяются физическим характером измеряемой величины, требуемой точностью измерения, скоростью изменения измеряемой величины, условиями измерений. С развитием науки и техники увеличивается количество видов и совершенствуются методы измерений.

В зависимости от цели различают измерения: контрольные, диагностические и прогностические, лабораторные и технические, эталонные и поверочные, абсолютные и относительные.

Измерения могут быть: контактные и бесконтактные, одно- и многократные, необходимые и избыточные, статические и динамические, с точным и приблизительным оцениванием погрешности.

**По способу получения** результата различают ***виды*** измерений:

- *прямые* – искомое значение величины находят экспериментальным сравнением её с единицей измерения (мерой) или отсчётом показаний прибора, отградуированного в установленных единицах (измерение длины линейкой, измерение температуры термометром). Прямые измерения – основа более сложных;

- *косвенные* – искомое значение величины находят по результатам прямых измерений нескольких величин, связанных с искомой известной зависимостью (измерение плотности тела по измеренным массе и линейным размерам, измерение мощности электрической цепи по измеренным значениям силы тока и напряжения);

- *совокупные* – искомое значение величины находят решением системы уравнений, составленных по результатам производимых одновременно прямых измерений нескольких *одноимённых* величин (измерение температурного коэффициента линейного расширения);

- *совместные* – искомое значение величины находят решением системы уравнений, составленных по результатам производимых одновременно прямых и косвенных измерений нескольких *неодноимённых* величин (измерение электрического сопротивления проводника при различных фиксированных значениях температуры).

*Метод измерения* – прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений.

*Принцип измерения* – физическое явление или эффект, положенное в основу измерений (измерение температуры по расширению тела).

*Стандартные методы* прямых измерений:

- *непосредственной оценки* – метод измерений, при котором значение величины определяют непосредственно по показывающему средству измерений (измерение давления пружинным манометром, силы электрического тока - амперметром);

- *сравнения с мерой* – метод измерений, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой (измерение массы на рычажных весах с помощью гирь);

- *дополнения* – метод сравнения с мерой, в котором значение измеряемой величины дополняется мерой этой же величины с таким расчетом, чтобы на прибор сравнения воздействовала их сумма, равная заранее заданному значению;

- *дифференциальный* – метод измерений, при котором измеряемая величина сравнивается с однородной величиной, имеющей известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины, и при котором измеряется разность между этими двумя величинами;

- *нулевой* – метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и меры на прибор сравнения доводят до нуля;

- *замещения* – метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают мерой с известным значением величины (поочередное помещение измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашу весов).

*Нестандартные методы* измерений:

- *противопоставления* – метод, при котором измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно действуют на прибор сравнения (измерение массы на равноплечих весах с помещением измеряемой массы и уравновешивающих её гирь на двух чашах);

- *совпадения* – метод, при котором разность между сравниваемыми величинами измеряют по совпадению отметок шкал или периодических сигналов (штангенциркуль, стробоскоп).

## 6 Средства измерений. Метрологические характеристики СИ

*Средство измерения* (СИ) – техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу ФВ, размер которой принимается неизменным в пределах установленной погрешности в течение известного интервала времени.

СИ сгруппированы по отдельным классификационным признакам:

- *по способу регистрации сигнала* - показывающие, регистрирующие (печатающие, пишущие), комбинированные (одновременно показывающие и регистрирующие), интегрирующие (суммирующие);

- *по роду выходного сигнала* - аналоговые, цифровые, аналого-цифровые;

- *по физической природе* измеряемой величины - механические, гидравлические, пневматические, тепловые, акустические, электрические, электронные, комбинированные и прочие;

- *по виду шкалы* - с равномерной и неравномерной шкалой, с нулевой отметкой внутри, на краю или вне шкалы;

- *по степени автоматизации* - неавтоматические (с ручной наводкой), автоматизированные, автоматические;

- *по характеру использования* - образцовые, лабораторные, технические (промышленные), полевые.

Основные *виды* СИ:

- *мера* – средство, хранящее или воспроизводящее ФВ заданного размера. Мера может быть однозначной (гиря, калибр) и многозначной (измерительная линейка, магазин электрических сопротивлений). Измерение методом сравнения с мерой выполняют с помощью специальных средств - компараторов (равноплечие весы, электрический измерительный мост). В ряде случаев в качестве компаратора выступает человек - оператор;

- *измерительный преобразователь* – средство, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, обработки, хранения, но не доступной для непосредственного восприятия оператором (термопара, термометр сопротивления, усилитель);

- *измерительный прибор* – средство, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия оператором (амперметр, вольтметр, манометр);

- *измерительная установка* – совокупность функционально объединённых СИ и вспомогательных устройств, расположенных в одном месте (установки для поверки измерительных приборов, испытаний электротехнических материалов);

- *измерительная система* – комплекс СИ и устройств связи (проводная, инфракрасная, радио, телевизионная, оптоволоконная), предназначенный для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для использования в системах автоматического контроля и управления;

- *информационно-вычислительный комплекс* (ИВК) – системы автоматического контроля и управления, технического диагностирования, распознавания образов на базе микропроцессорной и вычислительной техники;

- *измерительные принадлежности* – вспомогательные средства измерений величин (термометр, психрометр для измерения параметров воздуха).

По метрологическому назначению СИ подразделяют на два вида:

- метрологические (эталоны);

- рабочие (лабораторные, производственные, полевые).

*Эталон* – высокоточная мера, предназначенная для воспроизведения, хранения единицы величины с целью передачи её значения другим менее точным СИ. Эталоны классифицируют на первичные (составляют основу государственной системы измерений), вторичные, рабочие (разрядные). Рабочие эталоны воспринимают размер единицы от вторичных эталонов и передают его рабочим СИ.

Эталонная база РФ имеет в своём составе 128 государственных и более 250 вторичных эталонов ФВ.

Перспективное направление развития эталонов – переход на эталоны, основанные на квантовых эффектах. Способность таких эталонов воспроизводить единицы величин не зависит от внешних условий, географического местонахождения, времени.

*Рабочие СИ* – средства измерений, предназначенные для выполнения измерений в лабораторных и производственных условиях.

*Метрологические характеристики* (МХ) – характеристики, которые позволяют судить о пригодности СИ для измерений в известном диапазоне с известной точностью.

*Индикаторы* – приборы и вещества, не имеющие нормированных МХ.

МХ вводят для СИ с целями:

- обеспечения возможности установления точности измерений;
- достижения взаимозаменяемости СИ;
- сравнения и выбора нужных СИ по точности измерений;
- определения погрешности измерительных систем и установок на основе МХ входящих в них СИ;
- оценки технического состояния СИ при поверке.

*Нормальные МХ* устанавливают нормативными документами. Наибольшее распространение на практике получили МХ:

- *диапазон показаний* – область значений шкалы, ограниченная начальным и конечным значениями;
- *диапазон измерений* – область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые пределы погрешности;
- *цена деления шкалы* – разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы. СИ с равномерной шкалой имеют постоянную цену деления, а с неравномерной - переменную;
- *чувствительность S* – отношение изменения сигнала на выходе $\Delta y$ к вызвавшему это изменение изменению $\Delta x$ сигнала на входе:

$$S = \Delta y / \Delta x. \qquad (2)$$

Для стрелочного прибора это отношение перемещения *dl* конца стрелки к вызвавшему его изменению *dx* измеряемой величины:

$$S = dl / dx; \qquad (3)$$

- *постоянная прибора C* – величина обратная чувствительности:

$$C = 1/S; \qquad (4)$$

- *порог чувствительности* – наименьшее значение измеряемой величины, вызывающее заметное изменение показаний прибора;
- *вариация (гистерезис) H* – разность между показаниями в данной точке диапазона измерения при возрастании и убывании измеряемой величины и неизменных внешних условий. Вариация обусловлена наличием зазоров, тепловым или упругим последействием элементов конструкции:

$$H = / x_в – x_у /, \qquad (5)$$

где $x_в$, $x_y$ – соответственно значения измерений образцовым прибором при возрастании и убывании величины $x$;

- *градуировочная характеристика* – зависимость между выходным и входным сигналами СИ, полученная расчётом или экспериментально, представленная аналитически, графически или в виде таблицы. Градуировочная характеристика может изменяться в течение времени под воздействием внутренних и внешних причин.

Основным видом МХ является *погрешность* измерений – разность между показаниями СИ и истинными (действительными) значениями ФВ. Погрешности в зависимости от влияния внешних условий на результат измерений подразделяют на два вида:

- *основная погрешность* – погрешность СИ при нормальных условиях эксплуатации. Нормальные условия: температура 293 $\pm$ 5 К, относительная влажность воздуха 65 $\pm$ 15%, напряжение в сети электропитания 220 В $\pm$ 10% с частотой 50 Гц $\pm$ 1%, атмосферное давление от 97,4 до 104,0 кПа, отсутствие наводок электрических и электромагнитных полей;

- *дополнительная погрешность* – погрешность измерений, возникающая при отклонении влияющих величин за диапазон значений, установленных нормальными условиями.

Существует несколько способов нормирования погрешности. Наибольшее применение в практике измерений аналоговыми СИ получило нормирование *класса точности* по приведённой погрешности $\gamma$, постоянной во всём диапазоне измерений.

## 7 Нормирование и классы точности средств измерений

Точность средств измерений определяется предельно-допустимыми погрешностями, которые могут быть получены при его использовании.

**Нормированием погрешностей средств измерений** называют процедуру назначения допустимых границ основной и дополнительных погрешностей измерений, при использовании этих средств измерений, а также выбор формы указания этих границ в нормативно-технической документации.

Пределы допускаемой основной и дополнительных погрешностей определяются разработчиками для каждого типа средств измерений на стадии подготовки производства. В зависимости от назначения средства измерений и характера изменения погрешности в пределах диапазона измерений нормируется для средств измерений различного типа либо предельно-допустимое значение основной абсолютной погрешности, либо предельно-допустимое значение основной приведенной погрешности, либо предельно-допустимое значение основной относительной погрешности.

Для каждого типа средств измерений характер изменения погрешности в пределах диапазона измерений зависит от принципа действия этого средства измерений и может быть самым разнообразным. Однако, как показала практика, среди этого многообразия часто удается выделить три типовых случая, предопределяющих выбор формы представления пределов допускаемой погрешно-

сти. Типовые варианты отклонения реальных передаточных характеристик средств измерений от номинальной характеристики и соответствующие им графики изменения предельных значений абсолютной и относительной погрешностей в зависимости от измеряемой величины приведены на рисунке 1.

Если реальная передаточная характеристика средства измерений смещена по отношению к номинальной (1-й график на рисунке 1а), абсолютная погрешность, возникающая при этом, (1-й график на рисунке 1б), не зависит от измеряемой величины.

Составляющую погрешности средства измерений, не зависящую от измеряемой величины, называют **аддитивной погрешностью.**

Если угол наклона реальной передаточной характеристики средства измерений отличается от номинального (2-й график на рисунке 1а), то абсолютная погрешность будет линейно зависеть от измеряемой величины (2-й график на рисунке 1б).

Составляющую погрешности средства измерений, линейно зависящую от измеряемой величины, называют **мультипликативной погрешностью.**

Если реальная передаточная характеристика средства измерений смещена по отношению к номинальной и угол ее наклона отличается от номинального (3-й график на рисунке 1а), то в этом случае имеет место как аддитивная, так и мультипликативная погрешность.

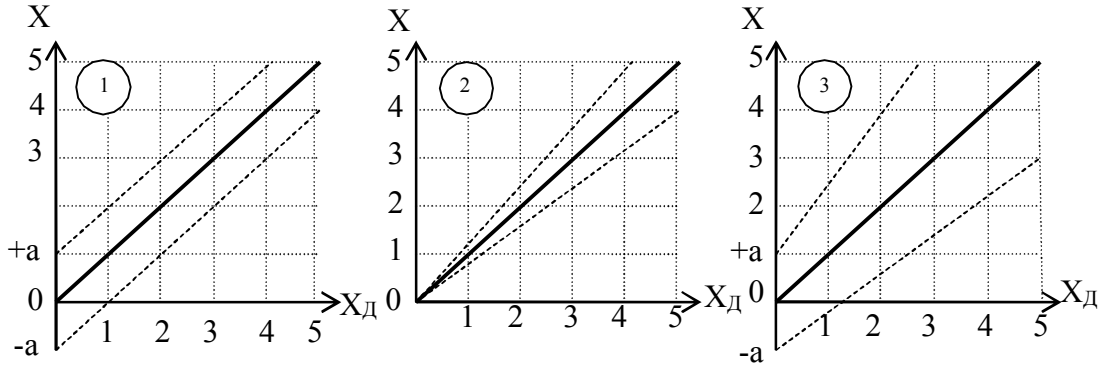
Аддитивная погрешность возникает из-за неточной установки нулевого значения перед началом измерений, ухода нуля в процессе измерений, из-за наличия трений в опорах измерительного механизма, из-за наличия термо-ЭДС в контактных соединениях и т.д.

Мультипликативная погрешность возникает при изменении коэффициентов усиления или ослабления входных сигналов (например, при изменении температуры окружающей среды, или вследствие старения элементов), из-за изменения значений, воспроизводимых мерами, встроенными в измерительные приборы, из-за изменений жесткости пружин, создающих противодействующий момент в электромеханических приборах и т.д.

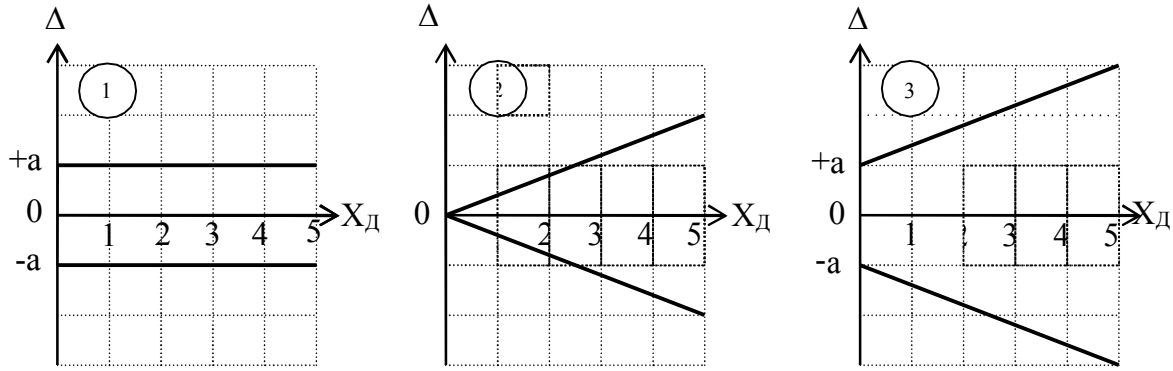
Ширина полосы неопределенности значений абсолютной (рисунке 1б) и относительной (рисунке 1в) погрешностей характеризует разброс и изменение в процессе эксплуатации индивидуальных характеристик множества находящихся в обращении средств измерений определенного типа.

*А) Нормирование пределов допускаемой основной погрешности для средств измерений с преобладающей аддитивной погрешностью.*

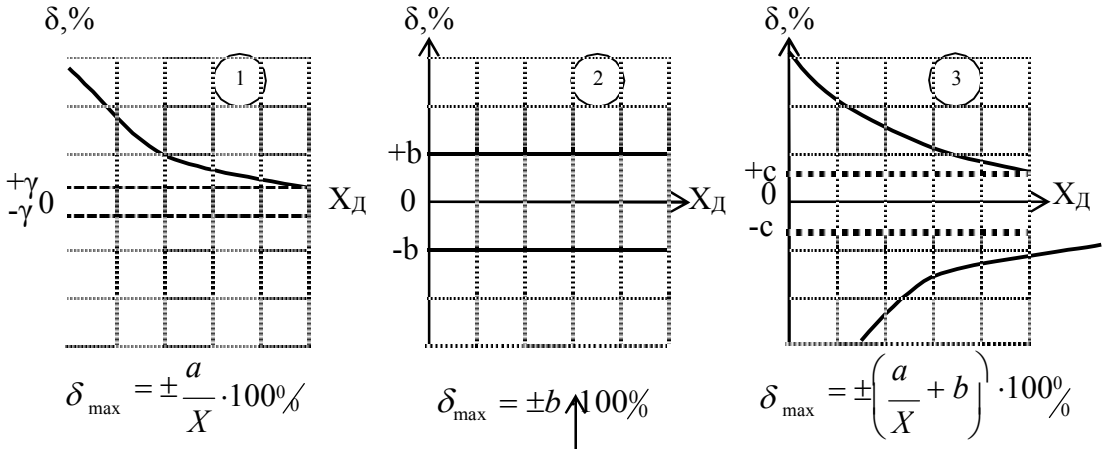
Для средств измерений с преобладающей аддитивной погрешностью (1-й график на рисунке 1) удобно нормировать одним числом предельно-допустимое значение абсолютной погрешности ($\Delta_{max}= \pm a$). В этом случае фактическая абсолютная погрешность $\Delta$ каждого экземпляра средства измерений данного типа на различных участках шкалы может иметь различные значения, но не должна превышать предельно-допустимой величины ($\Delta \leq \pm a$).




а) Типовые варианты отклонения реальных передаточных характеристик средств измерений от номинальной характеристики.




б) Пределы допускаемой абсолютной погрешности.




в) Пределы допускаемой относительной погрешности.

Рисунок 1 Иллюстрации к выбору формы представления пределов допускаемой основной погрешности

В многопредельных измерительных приборах с преобладающей аддитивной погрешностью для каждого предела измерений пришлось бы указывать свое значение предельно допустимой абсолютной погрешности. К сожалению, как видно из 1-го графика на рисунке 1в, нормировать одним числом предел допускаемой относительной погрешности в различных точках шкалы не представляется возможным. По этой причине для средств измерений с преобладающей аддитивной погрешностью часто нормируют одним числом значение так называемой основной **приведенной относительной погрешности**

Ширина полосы неопределенности значений абсолютной (рисунке 1б) и относительной (рисунке 1в) погрешностей характеризует разброс и изменение в процессе эксплуатации индивидуальных характеристик множества находящихся в обращении средств измерений определенного типа.

*А) Нормирование пределов допускаемой основной погрешности для средств измерений с преобладающей аддитивной погрешностью.*

Для средств измерений с преобладающей аддитивной погрешностью (1-й график на рисунке 1) удобно нормировать одним числом предельно-допустимое значение абсолютной погрешности ($\Delta_{max}= \pm a$). В этом случае фактическая абсолютная погрешность $\Delta$ каждого экземпляра средства измерений данного типа на различных участках шкалы может иметь различные значения, но не должна превышать предельно-допустимой величины ($\Delta \le \pm a$). В многопредельных измерительных приборах с преобладающей аддитивной погрешностью для каждого предела измерений пришлось бы указывать свое значение предельно допустимой абсолютной погрешности. К сожалению, как видно из 1-го графика на рисунке 1в, нормировать одним числом предел допускаемой относительной погрешности в различных точках шкалы не представляется возможным. По этой причине для средств измерений с преобладающей аддитивной погрешностью часто нормируют одним числом значение так называемой основной **приведенной относительной погрешности**

$$\gamma = \pm\frac{\Delta_{max}}{X_N}\cdot 100\% = \pm\frac{a}{X_N}\cdot 100\%,$$

где $X_N$ – нормирующее значение.

Таким способом, например, нормируются погрешности большинства электромеханических и электронных приборов со стрелочными индикаторами. В качестве нормирующего значения $X_N$ обычно используется предел измерений ($X_N = X_{max}$), удвоенное значение предела измерений (если нулевая отметка находится в середине шкалы), или длина шкалы (для приборов с неравномерной шкалой). Если $X_N = X_{max}$, то значение приведенной погрешности $\gamma$ равно пределу допускаемой относительной погрешности средства измерений в точке, соответствующей пределу измерений. По заданному значению предела допускаемой основной приведенной погрешности легко определить предел допускаемой основной абсолютной погрешности для каждого предела измерений многопредельного прибора:

$$\Delta_{max} = \pm\frac{\gamma \cdot X_{max}}{100}.$$

После этого для любой отметки шкалы X может быть произведена оценка предельно-допустимой основной относительной погрешности:

$$\delta = \pm \frac{\Delta_{max}}{X} \cdot 100\% = \pm \gamma \frac{X_{max}}{X}.$$

*Б) Нормирование пределов допускаемой основной погрешности для средств измерений с преобладающей мультипликативной погрешностью.*

Как видно из рисунке 1 (2-й график), для средств измерений с преобладающей мультипликативной погрешностью, одним числом удобно нормировать предел допускаемой основной относительной погрешности (рисунке 1в) $\delta_{max} = \pm b \cdot 100\%$. В этом случае, фактическая относительная погрешность каждого экземпляра средства измерений данного типа на различных участках шкалы может иметь различные значения, но не должна превышать предельно допустимой величины ($\delta \leq \pm b \cdot 100\%$). По заданному значению предельно допустимой относительной погрешности $\delta_{max}$ для любой точки шкалы может быть произведена оценка предельно-допустимой абсолютной погрешности:

$$\Delta \leq \pm \frac{\delta_{max} \cdot X}{100\%} = \pm b \cdot X.$$

К числу средств измерений с преобладающей мультипликативной погрешностью относится большинство многозначных мер, счетчики электрической энергии, счетчики воды, расходомеры и др. Следует отметить, что для реальных средств измерений с преобладающей мультипликативной погрешностью не удается полностью устранить аддитивную погрешность. По этой причине в технической документации всегда указывается наименьшее значение измеряемой величины, для которого предел допускаемой основной относительной погрешности ещё не превышает заданного значения $\delta_{max}$. Ниже этого наименьшего значения измеряемой величины погрешность измерений не нормируется и является неопределенной.

*В) Нормирование пределов допускаемой основной погрешности для средств измерений с соизмеримой аддитивной и мультипликативной погрешностью.*

Если аддитивная и мультипликативная составляющая погрешности средства измерений соизмеримы (3-й график на рисунке 1), то задание предельно-допустимой погрешности одним числом не представляется возможным. В этом случае либо нормируется предел допускаемой абсолютной основной погрешности (указываются предельно-допустимые значения a и b), либо (чаще всего) нормируется предел допускаемой относительной основной погрешности. В последнем случае численные значения предельно-допустимых относительных погрешностей в различных точках шкалы оцениваются по формуле:

$$\delta_{max} = \pm \left[ c + d \left( \frac{X_{max}}{X} - 1 \right) \right],$$

где $X_{max}$ – предел измерений;

X - измеренное значение;

$d = \frac{a}{X_{max}} \cdot 100\%$ - значение приведенной к пределу измерений аддитивной составляющей основной погрешности;

$c = \left(b + \frac{a}{X_{max}}\right) \cdot 100\%$ - значение результирующей относительной основной погрешности в точке, соответствующей пределу измерений.

Рассмотренным выше способом (указанием численных значений c и d) нормируются, в частности, предельно-допустимые значения относительной основной погрешности цифровых измерительных приборов. В этом случае относительные погрешности каждого экземпляра средств измерений определенного типа не должны превышать установленных для этого типа средств измерений значений предельно-допустимой погрешности:

$$\delta \le \delta_{max} = \pm \left[ c + d \left( \frac{X_{max}}{X} - 1 \right) \right].$$

При этом абсолютная основная погрешность определяется по формуле

$$\Delta \le \Delta_{max} = \pm \frac{\delta_{max} \cdot X}{100}.$$

*Г) Нормирование дополнительных погрешностей.*

Наиболее часто пределы допускаемых дополнительных погрешностей указывают в технической документации либо одним значением для всей рабочей области величины, влияющей на точность средства измерений (иногда несколькими значениями для поддиапазонов рабочей области влияющей величины), либо отношением предела допускаемой дополнительной погрешности к интервалу значений влияющей величины. Пределы допускаемых дополнительных погрешностей указываются на каждой, влияющей на точность средства измерений величине. При этом, как правило, значения дополнительных погрешностей устанавливают в виде дольного или кратного значения предела допускаемой основной погрешности. Например, в документации может быть указано, что при температуре окружающей среды за пределами нормальной области температур, предел допускаемой дополнительной погрешности, возникающей по этой причине, не должен превышать ± 0,2% на $10^{o}$ C.

**Класс точности средства измерений –** это его характеристика, отражающая точностные возможности средств измерений данного типа.

Допускается буквенное или числовое обозначение классов точности. Средствам измерений, предназначенным для измерения двух и более физических величин, допускается присваивать различные классы точности для каждой измеряемой величины. Средствам измерений с двумя или более переключаемыми диапазонами измерений также допускается присваивать два или более класса точности.

Если нормируется предел допускаемой абсолютной основной погрешности, или в различных поддиапазонах измерений установлены разные значения пределов допускаемой относительной основной погрешности, то , как правило, применяется буквенное обозначение классов. Так, например платиновые термометры сопротивления изготовляют с классом допуска **A** или классом допуска **B.**

При этом для класса **A** установлен предел допускаемой абсолютной основной погрешности

$$\Delta_{\max} = (0{,}15 + 0{,}001 \cdot t_x),$$

а для класса **B**

$$\Delta_{\max} = \pm(0{,}3 + 0{,}005 \cdot t_x),$$

где $t_x$ – температура измеряемой среды.

Если для средств измерений того или иного типа нормируется одно значение предельно-допустимой приведенной основной погрешности, или одно значение предельно-допустимой относительной основной погрешности, или указываются значения **c** и **d**, то для обозначения классов точности используются десятичные числа. В соответствии с ГОСТом 8.401-80 для обозначения классов точности допускается применение следующих чисел:

$1 \cdot 10^n$; $1{,}5 \cdot 10^n$; $2 \cdot 10^n$; $2{,}5 \cdot 10^n$; $4 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$; $6 \cdot 10^n$, где n = 0, -1, -2, и т.д.

Для средств измерений с преобладающей аддитивной погрешностью численное значение класса точности выбирается из указанного ряда равным предельно-допустимому значению приведенной основной погрешности, выраженной в процентах. Для средств измерений с преобладающей мультипликативной погрешностью численное значение класса точности соответствует пределу допускаемой относительной основной погрешности также выраженной в процентах. Для средств измерений с соизмеримыми аддитивными и мультипликативными погрешностями числа **c** и **d** также выбираются из указанного выше ряда. При этом класс точности средства измерений обозначается двумя числами, разделенными косой чертой, например, 0,05/0,02. В этом случае **c** = 0,05% ; **d** = 0,02%. Примеры обозначений классов точности в документации и на средствах измерений, а также расчетные формулы для оценки пределов допускаемой основной погрешности приведены в таблице 4.

Примеры обозначений классов точности средств измерений и расчетные формулы для оценки пределов допустимой основной погрешности

| Форма представления нормируемой основной погрешности | Примеры обозначения класса точности | | Расчетные формулы для оценки пределов допускаемой основной погрешности | Примечания |
|---|---|---|---|---|
| | В документации | На средствах измерений | | |
| Нормируется предел допускаемой абсолютной основной погрешности | Варианты:<br>- класс **B**;<br>- класс допуска **B;**<br>- класс точности **B.** | **B** | $\Delta_{max} = \pm a$ или $\Delta_{max} = \pm(a + bx)$<br>$\delta_{max} = \pm \frac{a}{x} \cdot 100\%$ или $\delta_{max} = \pm\left(\frac{a}{x} + b\right) \cdot 100\%$ | Значения **a** и **b** приводятся в документации на средство измерений. |
| Нормируется предел допускаемой приведенной основной погрешности | Варианты:<br>- класс точности 1,5<br>- не обозначается. | **1,5** | $\Delta_{max} = \pm \frac{\gamma \cdot x_{max}}{100}, \quad \gamma = 1{,}5\%$<br>$\delta_{max} = \pm\gamma \cdot \frac{x_{max}}{x}$, где $x_{max}$ – предел измерений. | Для приборов с равномерной шкалой и нулевой отметкой в начале шкалы |
| | Варианты:<br>- класс точности 2,5;<br>- не обозначается |  | $\Delta l_{max} = \pm \frac{\gamma \cdot L}{100}, \quad \gamma = 2{,}5\%$<br>$\Delta l_{max}$ - предел допускаемой абсолютной погрешности в мм.<br>$L$ - длина всей шкалы. | Для приборов с неравномерной шкалой. Длина шкалы указывается в документации. |
| Нормируется предел допускаемой относительной основной погрешности | Класс точности 0,5. |  | $\delta_{max} = \pm b \cdot 100\% = \pm 0{,}5\%$<br>$\Delta_{max} = \pm \frac{\delta_{max} \cdot x}{100}$ | Для средств измерений с преобладающей мультипликативной погрешностью. |
| | Варианты:<br>- класс точности 0,02/0,01;<br>-не обозначается. | **0,02/0,01** | $\delta_{max} = \pm\left[0{,}02 + 0{,}0\left(\frac{x_{max}}{x} - 1\right)\right]\%$<br>$\Delta_{max} = \pm \frac{\delta_{max} \cdot x}{100}$ | Для средств измерений с соизмеримыми аддитивной и мультипликативной погрешностью |

## 8 Погрешности измерений

При выполнении практических измерений важно оценить их точность. Термин «точность измерений» не имеет строго определения и используется для качественного сравнения измерительных операций. Для количественной оценки применяют термин «погрешность результата измерений». Оценка погрешности измерений одна из важнейших задач обеспечения единства измерений.

Для практических целей рассматривают систематические и случайные погрешности, выраженные в абсолютной, относительной или приведённой форме.

*Абсолютная погрешность* $\Delta$ – отклонение результата измерения $x$ от действительного $x_д$ значения измеряемой величины, выраженное в единицах измерения (абсолютная погрешность может быть положительной или отрицательной):

$$\Delta = x - x_д . \qquad (6)$$

*Относительная погрешность* $\delta$ – отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины, выраженное в процентах:

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{x_д} \cdot 100, \% . \qquad (7)$$

*Приведённая погрешность* $\gamma$ – отношение абсолютной погрешности к нормирующему $x_N$ значению, выраженное в процентах:

$$\gamma = \pm \frac{\Delta}{x_N} \cdot 100, \%. \qquad (8)$$

*Нормирующее значение* выбирают в зависимости от вида и характера шкалы прибора и принимают равным:

- конечному значению рабочей части шкалы, если нулевая отметка на краю или вне рабочей части шкалы;
- сумме конечных значений шкалы (без учёта знаков), если нулевая отметка внутри шкалы;
- номинальному значению, если прибор предназначен для измерения отклонения величины от номинального значения.

В практике измерений для определения действительного значения к показанию прибора вводят *поправку c*, которая численно равна абсолютной погрешности, взятой с обратным знаком:

$$\pm c = \mp \Delta . \qquad (9)$$

Поправку алгебраически складывают с результатом измерений:

$$x_д = x + (\pm c). \qquad (10)$$

В качестве действительного значения величины при многократных повторных измерениях принимают среднее арифметическое значение:

$$x_д = \bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i . \qquad (11)$$

Для оценки отклонения отдельных результатов измерения относительно среднего определяют средне квадратичное отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} . \qquad (12)$$

**Доверительным интервалом** $\pm\Delta_Г$ называют интервал, который с заданной вероятностью, называемой **доверительной вероятностью** $P_Д$ накрывает истинное значение измеряемой величины.

При определении доверительных интервалов необходимо, прежде всего, учитывать, что закон распределения погрешностей, получаемых при проведении многократных измерений, при числе измерений в серии меньше 30, описывается не нормальным законом распределения, а так называемым законом распределения Стьюдента. И, в этих случаях, величину доверительного интервала обычно оценивают по формуле:

$$\Delta_Г = t(P_Д, n)\cdot\sigma_{\bar{x}} , \qquad (13)$$

где $t(P_Д, n)$ - так называемый коэффициент Стьюдента.

В таблице Приложения Б приведены значения коэффициентов Стьюдента $t(P_Д, n)$ в зависимости от заданной доверительной вероятности и числа проведенных наблюдений $n$ . При выполнении измерений обычно задаются доверительной вероятностью 0,95 или 0,99.

В зависимости от характера проявления, причин возникновения, и возможностей устранения различают разновидности погрешности:

- *систематическая* – остаётся постоянной или изменяется закономерно при повторных измерениях одного и того же параметра;

- *случайная* – изменяется случайным образом при повторных измерениях одного и того же параметра. Значение случайной погрешности заранее не известно, возникает из-за множества не уточнённых факторов, может быть уменьшено обработкой результатов измерений;

- *грубая (промах)* – возникает из-за ошибок оператора, неисправности СИ, резких изменений условий измерений. Грубые погрешности выявляют и устраняют в результате обработки результатов измерений.

Систематическая погрешность имеет составляющие:

- *субъективная* – составляющая систематической погрешности измерений, обусловленная индивидуальными особенностями оператора;

- *методическая* –составляющая систематической погрешности измерений, обусловленная несовершенством принятого метода измерений;

- *инструментальная* – составляющая погрешности измерения, обусловленная погрешностью применяемого средства измерений.

Систематическая погрешность может быть исключена или уменьшена за счёт устранения источников погрешности до начала измерений различными приемами (рандомизация, внесение известных поправок).

В ряде случаев определяют общую погрешность $\Delta_\Sigma$ как сумму систематической $\Delta_c$ и случайной $\Delta_0$ погрешностей:

$$\Delta_\Sigma = \Delta_c + \Delta_0. \qquad (14)$$

В зависимости от изменения её величины погрешность измерения может быть:

- *аддитивная* – не изменяется во всём диапазоне измерения;

- *мультипликативная* – изменяется пропорционально измеряемой величине.

В большинстве случаев аддитивная и мультипликативная составляющие действуют одновременно.

В процессе эксплуатации СИ метрологические характеристики и параметры СИ претерпевают изменения. Эти изменения носят случайный монотонный или флуктуирующий характер и приводят к отказам. Важнейший параметр – *надёжность* - характеризует поведение СИ с течением времени и включает понятия:

- *стабильность* – способность сохранять МХ неизменными;

- *безотказность* – свойство непрерывно сохранять работоспособное состояния в течение некоторого времени;

- *долговечность* – возможность сохранения работоспособности до наступления предельного состояния;

- *ремонтопригодность* – приспособленность к поддержанию работоспособного состояния посредством технического обслуживания и ремонта;

- *сохраняемость* – свойство поддерживать показатели надёжности в течение и после хранения, транспортировки.

## 9 Правила округления и записи результата измерений

Нормирование пределов допустимых погрешностей средств измерений производится указанием значения погрешностей с одной или двумя значащими цифрами. По этой причине при расчете значений погрешностей измерений также должны быть оставлены только первые одна или две значащие цифры. Для округления используются следующие правила:

1. Погрешность результата измерения указывается двумя значащими цифрами, если первая из них более 2, и одной значащей цифрой, если первая из них 3 или более.

2. Показание прибора округляется до того же десятичного разряда, которым заканчивается округленное значение абсолютной погрешности.

3. Округление производится в окончательном ответе, промежуточные вычисления выполняют с одной-двумя избыточными цифрами.

Пример 1

- показание прибора 5,361 В;
- вычисленное значение абсолютной погрешности ± 0,284 В;
- округленное значение абсолютной погрешности ± 0,26 В;
- результат измерения (5,36 ± 0,26) В.

Пример 2

- показание прибора 35,67 мА;
- вычисленное значение абсолютной погрешности ± 0,541 мА;
- округленное значение абсолютной погрешности ± 0,5 мА;
- результат измерения (35,7 ± 0,5) мА.

Пример 3

- вычисленное значение относительной погрешности ± 1,268 %;
- округленное значение относительной погрешности ± 1,3 %.

Пример 4

- вычисленное значение относительной погрешности ± 0,367 %;
- округленное значение относительной погрешности ± 0,4 %.

## 10 Метрологическое обеспечение, службы и организации

*Метрологическое обеспечение* (МО) – установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил, норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений. Основная тенденция развития МО – переход от обеспечения единства и требований точности измерений к принципиально новой задаче обеспечения качества измерений.

*Качество измерений* – совокупность свойств СИ, обеспечивающих получение в установленный срок результатов измерения с требуемой точностью, достоверностью, правильностью, сходимостью и воспроизводимостью.

*Точность измерения* – степень близости результата измерения к истинному значению измеряемой величины.

*Правильность измерения* – степень близости систематической погрешности измерения к нулю.

*Достоверность измерения* – степень близости случайной погрешности к нулю.

*Сходимость результатов измерения* – близость результатов двух испытаний, полученных одним методом, на идентичных установках, в одной лаборатории.

*Воспроизводимость результатов измерения* – близость результатов двух испытаний, полученных в разных лабораториях.

МО имеет научную, организационную, нормативную и техническую составляющие. Разработка и проведение мероприятий МО возложено на МС.

Функции МО - обеспечение измерений, испытаний, контроля в целом а также параметров:

- технологических процессов, производств, организаций;
- продукции на всех стадиях её жизненного цикла.

Основные *задачи* МО:

- установление рациональной номенклатуры измеряемых параметров и оптимальных норм точности измерений при контроле качества продукции;
- технико-экономическое обоснование выбора СИ, установление их рациональной номенклатуры;
- стандартизация, унификация и агрегатирование применяемой контрольно-измерительной техники;
- поверка, метрологическая аттестация и калибровка контрольно-измерительного и испытательного оборудования;
- проведение метрологической экспертизы проектов нормативной, конструкторской и технологической документации;
- подготовка работников соответствующих служб предприятий к выполнению контрольно-измерительных операций.

Государственное управление деятельности по обеспечению единства измерений в России осуществляет Федеральное агентство РФ по техническому регулированию и метрологии, в ведении которой находятся организации:

- *Государственная метрологическая служба* (ГМС);
- *Государственная служба времени и частоты и определения параметров вращения земли* (ГСВЧ);
- *Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов* (ГССО);
- *Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов* (ГСССД).

Основные задачи Федерального агентства РФ по техническому регулированию и метрологии в области метрологии:

- реализация государственной политики в сфере метрологии, установление и использование стандартов, эталонов, единиц величин;
- осуществление мер по защите прав потребителей и интересов государства в области контроля за соблюдением безопасности товаров (услуг);
- организация функционирования систем обеспечения единства измерений, аккредитации, сбора и анализа научно-технической информации;
- проведение государственного метрологического контроля;

Росстандарт сотрудничает с международными организациями по метрологии:

- *Международное бюро мер и весов* (МБМВ);
- *Генеральная конференция мер и весов* (ГКМВ);
- *Международный комитет мер и весов* (МКМВ);
- *Международная организация законодательной метрологии* (МОЗМ);
- *Международная конференция по измерительной технике и приборостроению* (ИМЕКО);

- *Международная организация по стандартизации* (ИСО) в составе технического комитета «Величины, единицы, обозначения и переводные множители»;

- *Международная электротехническая комиссия* (МЭК).

Проблемы метрологии в рамках СНГ решает Межгосударственный совет, созданный в соответствии с межправительственным документом «Соглашение о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации».

*Государственная метрологическая служба* (ГМС) – служба, которая несёт ответственность за метрологическое обеспечение измерений в стране на межотраслевом уровне и осуществляет государственный контроль и надзор. ГМС находится в подчинении Федерального агентства РФ по техническому регулированию и метрологии и имеет в своём составе:

- государственные научно-метрологические центры (ГНМЦ);
- территориальные органы ГМС.

Основные функции ГНМЦ:

- создание совершенствование, хранение, применение государственных эталонов единиц величин, сличение с международными эталонами;
- выполнение фундаментальных и прикладных научно - исследовательских и опытно-конструкторских работ в области метрологии;
- разработка и совершенствование научных, нормативных, организационных и экономических основ деятельности по метрологии;
- проведение государственных испытаний СИ;
- взаимодействие с метрологическими службами (МС) федеральных органов исполнительной власти, предприятий, организаций;
- информационное обеспечение предприятий и организаций по вопросам метрологии, подготовка и переподготовка.

*Метрологические службы государственных органов управления РФ и юридических лиц* – службы, создаваемые в соответствие с законом «Об обеспечении единства измерений» в органах государственного управления, на предприятиях и в организациях для реализации МО.

Создание МС обязательно в сферах государственного регулирования единства измерений перечисленных в приложении А.

МС юридических лиц - самостоятельные структурные подразделения, во главе с представителем администрации, аккредитованные органами Федеральной агентства РФ по техническому регулированию и метрологии. В состав МС входят калибровочные, поверочные лаборатории, подразделения по обслуживанию и ремонту СИ.

## 11 Формы государственного регулирования в области обеспечения единства измерений

Государственное регулирование в области обеспечения единства измерений осуществляется в следующих формах:

1) утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений;

2) поверка средств измерений;

3) метрологическая экспертиза;

4) государственный метрологический надзор;

5) аттестация методик (методов) измерений;

6) аккредитация юридических лиц и индивидуальных предпринимателей на выполнение работ и (или) оказание услуг в области обеспечения единства измерений.

## 12 Государственный метрологический надзор

Государственный метрологический надзор - контрольная деятельность в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, осуществляемая уполномоченными федеральными органами исполнительной власти и заключающаяся в систематической проверке соблюдения установленных законодательством Российской Федерации обязательных требований, а также в применении установленных законодательством Российской Федерации мер за нарушения, выявленные во время надзорных действий.

Государственный метрологический надзор осуществляется за:

- соблюдением обязательных требований в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений к измерениям, единицам величин, а также к эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений при их выпуске из производства, ввозе на территорию Российской Федерации, продаже и применении на территории Российской Федерации;

- наличием и соблюдением аттестованных методик (методов) измерений;

- соблюдением обязательных требований к отклонениям количества фасованных товаров в упаковках от заявленного значения.

Государственный метрологический надзор распространяется на деятельность юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих:

- измерения, относящиеся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений;

- выпуск из производства предназначенных для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений эталонов единиц величин, стандартных образцов и средств измерений, а также их ввоз на территорию Российской Федерации, продажу и применение на территории Российской Федерации;

- расфасовку товаров.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие выпуск из производства предназначенных для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений эталонов единиц величин, стандартных образцов и средств измерений, а также их ввоз на территорию Российской Федерации и продажу, обязаны уведомлять о данной деятельности федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по государственному метрологическому надзору, не позднее трех месяцев со дня ее осуществления. Порядок уведомления устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государствен-

ной политики и нормативно-правовому регулированию в области обеспечения единства измерений.

Обязательные требования к отклонениям количества фасованных товаров в упаковках от заявленного значения при их расфасовке устанавливаются техническими регламентами. В технических регламентах также могут содержаться обязательные требования к оборудованию, используемому для расфасовки и контроля расфасовки, правила оценки соответствия отклонения количества фасованных товаров в упаковках от заявленного значения, обязательные требования к упаковке, маркировке или этикеткам фасованных товаров и правилам их нанесения.

Обязанность проведения проверок при осуществлении государственного метрологического надзора возлагается на должностных лиц федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих государственный метрологический надзор, и их территориальных органов.

Должностные лица, проводящие проверку, при предъявлении служебного удостоверения и распоряжения федерального органа исполнительной власти, осуществляющего государственный метрологический надзор, о проведении проверки вправе:

- посещать объекты (территории и помещения) юридических лиц и индивидуальных предпринимателей в целях осуществления государственного метрологического надзора во время исполнения служебных обязанностей;

- получать документы и сведения, необходимые для проведения проверки.

Должностные лица, осуществляющие государственный метрологический надзор, обязаны:

- проверять соответствие используемых единиц величин единицам величин, допущенным к применению в Российской Федерации;

-проверять состояние и применение эталонов единиц величин, стандартных образцов и средств измерений в целях установления их соответствия обязательным требованиям;

-проверять наличие и соблюдение аттестованных методик (методов) измерений;

-проверять соблюдение обязательных требований к измерениям и обязательных требований к отклонениям количества фасованных товаров в упаковках от заявленного значения;

-проверять соблюдение установленного порядка уведомления о своей деятельности юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями;

- соблюдать государственную, коммерческую, служебную и иную охраняемую законом тайну.

При выявлении нарушений должностное лицо, осуществляющее государственный метрологический надзор, обязано:

- запрещать выпуск из производства, ввоз на территорию Российской Федерации и продажу предназначенных для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений стандартных образцов и средств измерений неутвержденных типов или предназначенных для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений стандартных

образцов и средств измерений, не соответствующих обязательным требованиям (за исключением выпуска из производства и ввоза на территорию Российской Федерации стандартных образцов или средств измерений, предназначенных для проведения испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа);

- запрещать применение стандартных образцов и средств измерений неутвержденных типов или стандартных образцов и средств измерений, не соответствующих обязательным требованиям, а также неповеренных средств измерений при выполнении измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений;

- наносить на средства измерений знак непригодности в случаях, когда средство измерений не соответствует обязательным требованиям;

- давать обязательные к исполнению предписания и устанавливать сроки устранения нарушений установленных законодательством Российской Федерации обязательных требований;

- в случаях, предусмотренных законодательством Российской Федерации, направлять материалы о нарушениях требований законодательства Российской Федерации об обеспечении единства измерений в судебные и следственные органы, а также в федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий аккредитацию в области обеспечения единства измерений;

- применять иные меры в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Форма знака непригодности средств измерений и порядок его нанесения устанавливаются федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области обеспечения единства измерений.

Руководитель проверенного предприятия на основе акта проверки обязан утвердить сроки и план организационно-технических мероприятий по устранению выявленных нарушений.

## 13 Утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений

Утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений - документально оформленное в установленном порядке решение о признании соответствия типа стандартных образцов или типа средств измерений метрологическим и техническим требованиям (характеристикам) на основании результатов испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа;

Тип стандартных образцов или тип средств измерений, применяемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, подлежит обязательному утверждению. При утверждении типа средств измерений устанавливаются показатели точности, интервал между поверками средств измерений, а также методика поверки данного типа средств измерений.

*Государственные испытания СИ* – обязательные испытания СИ в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора с последующим утверждением их типа.

Решение об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений принимается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в области обеспечения единства измерений, на основании положительных результатов испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа.

Утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений удостоверяется свидетельством об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, выдаваемым федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в области обеспечения единства измерений. В течение срока действия свидетельства об утверждении типа средств измерений интервал между поверками средств измерений может быть изменен только федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в области обеспечения единства измерений.

На каждый экземпляр средств измерений утвержденного типа, сопроводительные документы к указанным средствам измерений и на сопроводительные документы к стандартным образцам утвержденного типа наносится знак утверждения их типа. Конструкция средства измерений должна обеспечивать возможность нанесения этого знака в месте, доступном для просмотра. Если особенности конструкции средства измерений не позволяют нанести этот знак непосредственно на средство измерений, он наносится на сопроводительные документы.

Испытания стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа проводятся юридическими лицами, аккредитованными в установленном порядке в области обеспечения единства измерений.

Сведения об утвержденных типах стандартных образцов и типах средств измерений вносятся в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие разработку, выпуск из производства, ввоз на территорию Российской Федерации, продажу и использование на территории Российской Федерации не предназначенных для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений стандартных образцов и средств измерений, могут в добровольном порядке представлять их на утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений.

## 14 Поверка средств измерений

*Поверка средств измерений* (далее также - поверка) - совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям.

Поверку проводят в соответствии с методиками поверки, требованиями, изложенными в соответствующих метрологических инструкциях. Основной МХ, определяемой при поверке, является погрешность, величина которой не должна превышать допустимое значение. При поверке чаще всего используют методы:

- непосредственного сравнения измеряемых величин и величин, воспроизводимых рабочими эталонами;

- непосредственного сличения показаний поверяемого и эталонного приборов при одновременном измерении одной и той же величины.

Поверка бывает первичная, периодическая, внеочередная, экспертная.

*Первичная поверка* – проводится при выпуске прибора.

*Периодическая поверка* – выполняется через определённые промежутки времени в процессе эксплуатации или хранения прибора.

*Внеочередная проверка* – проходит до наступления срока периодической после длительного хранения, повторной настройки, ударного воздействия.

*Экспертная поверка* – организуется органом ГМС при возникновении спорных ситуаций по МХ, исправности, пригодности СИ к применению.

Средства измерений, предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта подлежат первичной поверке, а в процессе эксплуатации - периодической поверке.

Требования к организации и проведению поверки СИ устанавливают правила ПР 50.2.006-94.

Применяющие средства измерений в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели обязаны своевременно представлять эти средства измерений на поверку.

Поверку средств измерений осуществляют аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

Правительством Российской Федерации устанавливается перечень средств измерений, поверка которых осуществляется только аккредитованными в установленном порядке в области обеспечения единства измерений государственными региональными центрами метрологии.

Результаты поверки средств измерений удостоверяются знаком поверки и (или) свидетельством о поверке. Конструкция средства измерений должна обеспечивать возможность нанесения знака поверки в месте, доступном для просмотра. Если особенности конструкции или условия эксплуатации средства измерений не позволяют нанести знак поверки непосредственно на средство измерений, он наносится на свидетельство о поверке.

Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке устанавливаются федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области обеспечения единства измерений.

Сведения о результатах поверки средств измерений, предназначенных для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений проводящими поверку средств измерений юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

Средства измерений, не предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, могут подвергаться поверке в добровольном порядке.

Правила ПР 50.2.011-94 устанавливают порядок ведения в РФ *Государственного реестра СИ*, который предназначен для:

- учёта выданных сертификатов об утверждении типа СИ;
- создания централизованного информационного фонда о СИ, допущенных к производству, выпуску в обращение и применению в РФ;
- учёта типовых программ испытаний СИ;
- организации информационного обслуживания заинтересованных лиц.

## 15 Калибровка средств измерений

*Калибровка (калибровочные работы)* – совокупность операций, выполняемых с целью определения и подтверждения действительных значений МХ и пригодности к применению СИ, не подлежащего государственному надзору.

Для проведения калибровки создана *Российская система калибровки* (РСК) – совокупность субъектов деятельности и калибровочных работ, направленных на обеспечение единства измерений в сферах, не подлежащих государственному регулированию обеспечения единства измерений. Такие СИ могут в добровольном порядке подвергаться калибровке.

Основные направления деятельности РСК:

- регистрация органов, осуществляющих аккредитацию МС юридических лиц на право проведения калибровочных работ;
- установление основных принципов и правил РСК;
- аккредитация МС юридических лиц на право проведения калибровки;
- проведение калибровочных работ;
- установление основных принципов и правил РСК;
- организационное, методическое и информационное обеспечение РСК;
- инспекционный контроль за проведением калибровочных работ.

Калибровка средств измерений выполняется с использованием эталонов единиц величин, прослеживаемых к государственным первичным эталонам соответствующих единиц величин, а при отсутствии соответствующих государственных первичных эталонов единиц величин - к национальным эталонам единиц величин иностранных государств.

Выполняющие калибровку средств измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели в добровольном порядке могут быть аккредитованы в области обеспечения единства измерений.

Результаты калибровки средств измерений, выполненной аккредитованными в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юри-

дическими лицами или индивидуальными предпринимателями, могут быть использованы при поверке средств измерений в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области обеспечения единства измерений.

Организации, проводящие калибровочные работы, должны иметь:

- поверенные средства калибровки – эталоны, установки, другие СИ, применяемые для передачи размера единиц калибруемым СИ;
- документы, регламентирующие организацию и проведение калибровочных работ;
- квалифицированный персонал, помещение, удовлетворяющее нормативным требованиям.

Результаты калибровки удостоверяют калибровочным знаком, наносимым на СИ, свидетельством о калибровке, записью в эксплуатационных документах.

## 16 Метрологическая экспертиза

*Метрологическая экспертиза* - анализ и оценка правильности установления и соблюдения метрологических требований применительно к объекту, подвергаемому экспертизе. Метрологическая экспертиза проводится в обязательном (обязательная метрологическая экспертиза) или добровольном порядке.

Содержащиеся в проектах нормативных правовых актов Российской Федерации требования к измерениям, стандартным образцам и средствам измерений подлежат обязательной метрологической экспертизе. Заключения обязательной метрологической экспертизы в отношении указанных требований рассматриваются принимающими эти акты федеральными органами исполнительной власти. Обязательная метрологическая экспертиза содержащихся в проектах нормативных правовых актов Российской Федерации требований к измерениям, стандартным образцам и средствам измерений проводится государственными научными метрологическими институтами.

Обязательная метрологическая экспертиза стандартов, продукции, проектной, конструкторской, технологической документации и других объектов проводится также в порядке и случаях, предусмотренных законодательством Российской Федерации. Указанную экспертизу проводят аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

Порядок проведения обязательной метрологической экспертизы содержащихся в проектах нормативных правовых актов Российской Федерации требований к измерениям, стандартным образцам и средствам измерений устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области обеспечения единства измерений.

В добровольном порядке может проводиться метрологическая экспертиза продукции, проектной, конструкторской, технологической документации и дру-

гих объектов, в отношении которых законодательством Российской Федерации не предусмотрена обязательная метрологическая экспертиза.

## 17 Анализ и оценка состояния измерений

*Анализ состояния измерений* – анализ состояния измерений, испытаний и контроля на предприятии с целью установления соответствия достигнутого уровня МО определённым требованиям и разработка на этой основе предложений по его улучшению.

В процессе анализа устанавливают:

- влияние состояния измерений, контроля и испытаний на основные технико-экономические показатели деятельности предприятия;
- наличие и потребность в необходимых нормативных документах;
- оснащённость предприятия современным КИО и потребность в нём;
- состояние организационной структуры и деятельности МС, потребность в специалистах-метрологах;
- техническое и метрологическое состояние КИО, обеспеченность ремонтом, поверкой, калибровкой.

Работу по анализу состояния измерений на предприятии проводят под руководством МС федерального органа исполнительной власти, юридического лица. На предприятии анализ осуществляют добровольно с периодичностью раз в два года или в обязательном порядке при аттестации производства, сертификации систем качества, аккредитации испытательных и метрологических лабораторий. Результаты оформляют актом.

В случае необходимости установления соответствия условий выполнения измерений требованиям Российского законодательства в области обеспечения единства измерений проводят оценку состояния измерений по МИ 2427-97.

Эту оценку состояния измерений осуществляют для:

- установления соответствия достигнутого уровня метрологического обеспечения измерений современным требованиям;
- официального удостоверения наличия в лаборатории условий, необходимых для выполнения измерений (например, для получения лицензии на вид деятельности и т.п.).

При фиксировании в акте оценки наличия условий для выполнения измерений в закрепленной за лабораторией области деятельности, ответственные за проведение оценки, оформляет свидетельство о состоянии измерений на предприятии со сроком действия до 5 лет.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практически во всех сферах деятельности человека интенсивно применяют результаты измерений, испытаний, исследований. Важность метрологической деятельности в стране подтверждена тем, что Федеральный закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений», принят в пакете с законами «О защите прав потребителей». ФЗ «Об обеспечении единства измерений» устанавливает правовые основы обеспечения единства измерений в стране, регламентирует отношения государственных органов управления с юридическими и физическими лицами по вопросам, связанным с измерениями.

В экономически развитых странах расходы на операции, связанные с измерениями, достигают 15% затрат общественного труда. Перспективные направления развития метрологии составляют разработка принципиально новых средств измерений, улучшение метрологических характеристик и методик выполнения измерений, совершенствование эталонной базы. Широкое применение получают цифровые методы обработки результатов измерений. Намечен переход к эталонам единиц физических величин, основанным на квантовых эффектах. Такие эталоны не подвержены влиянию атмосферных условий, времени, географической широты местности.

Метрологические организации и службы Российской Федерации под руководством Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии ведут активную работу по совершенствованию законодательной базы метрологии.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Нормативно-правовые основы метрологии.
2. Физические свойства, величины. Измерение ФВ.
3. Системы единиц физических величин. Система SI.
4. Виды, методы измерений.
5. Средства измерений.
6. Метрологические характеристики СИ.
7. Погрешности измерений.
8. Метрологическое обеспечение, службы и организации.
9. Международные организации по метрологии.
10. Поверка, калибровка СИ.
11. Государственный метрологический надзор.
12. Государственные испытания, утверждение типа СИ.
13. Метрологическая экспертиза.
14. Анализ и оценка состояния измерений.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.

1. Сергеев А.Г., Латышев М.В., Терегеря В.В. Метрология, стандартизация, сертификация: Учебное пособие. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Логос, 2010. – 560 с.: ил.

2. Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и сертификация: Учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт-Издат, 2009. – 335 с.

3. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация. Учебник для вузов. 3-е изд. – СПб.: Питер, 2010. - 464 с.: ил.

4. Яблонский О.П., Иванова В.А. Основы стандартизации, метрологии, сертификации: Учебник. – Ростов на/Д: Феникс, 2010. – 448 с.

5. Радкевич Я.М., Лактионов Б.И., Схиртладзе А.Г Метрология, стандартизация и сертификация: Учеб. для вузов - 2-е изд., доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 791 с.

6. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 711 с.

7. Никифоров А.Д., Бакиев Т.А. Метрология, стандартизация и сертификация: Учеб. пособие. – М.: Высш. Школа, 2002. – 422 с. : ил.

8. Басаков М.И. Сертификации продукции и услуг с основами стандартизации и метрологии: Учебное пособие. Издание 2-е, испр. и доп. – Ростов на /Д: издательский центр «МарТ», 2002. – 256 с.

9. Ранеев Г.Г., Тарасенко А.П. Методы и средства измерений: Учебник для вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 336 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

*(справочное)*

**Сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений**

Сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений распространяется на измерения, на которые установлены обязательные требования и которые выполняются при:

1) осуществлении деятельности в области здравоохранения;

2) осуществлении ветеринарной деятельности;

3) осуществлении деятельности в области охраны окружающей среды;

4) осуществлении деятельности по обеспечению безопасности при чрезвычайных ситуациях;

5) выполнении работ по обеспечению безопасных условий и охраны труда;

6) осуществлении производственного контроля за соблюдением установленных законодательством Российской Федерации требований промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта;

7) осуществлении торговли и товарообменных операций, выполнении работ по расфасовке товаров;

8) выполнении государственных учетных операций;

9) оказании услуг почтовой связи и учете объема оказанных услуг электросвязи операторами связи;

10) осуществлении деятельности в области обороны и безопасности государства;

11) осуществлении геодезической и картографической деятельности;

12) осуществлении деятельности в области гидрометеорологии;

13) проведении банковских, налоговых и таможенных операций;

14) выполнении работ по оценке соответствия промышленной продукции и продукции других видов, а также иных объектов установленным законодательством Российской Федерации обязательным требованиям;

15) проведении официальных спортивных соревнований, обеспечении подготовки спортсменов высокого класса;

16) выполнении поручений суда, органов прокуратуры, государственных органов исполнительной власти;

17) осуществлении мероприятий государственного контроля (надзора).

К сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений относятся также измерения, предусмотренные законодательством Российской Федерации о техническом регулировании.

Сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений распространяется также на единицы величин, эталоны единиц величин, стандартные образцы и средства измерений, к которым установлены обязательные требования.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
*(справочное)*
Значения коэффициентов Стьюдента $t(P_Д, n)$.

Таблица А.1 - Значения коэффициентов Стьюдента $t(P_Д,n)$

| n | $P_Д$ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,95 | 0,98 | 0,99 |
| 2 | 1,00 | 1,38 | 1,96 | 3,08 | 6,31 | 12,71 | 31,82 | 63,66 |
| 3 | 0,82 | 1,06 | 1,34 | 1,89 | 2,92 | 4,30 | 6,97 | 9,93 |
| 4 | 0,77 | 0,98 | 1,25 | 1,64 | 2,35 | 3,18 | 4,54 | 5,84 |
| 5 | 0,74 | 0,94 | 1,19 | 1,53 | 2,13 | 2,78 | 3,75 | 4,60 |
| 6 | 0,73 | 0,92 | 1,16 | 1,48 | 2,02 | 2,62 | 3,37 | 4,03 |
| 7 | 0,72 | 0,91 | 1,13 | 1,44 | 1,94 | 2,45 | 3,14 | 3,71 |
| 8 | 0,71 | 0,90 | 1,12 | 1,42 | 1,90 | 2,37 | 3,00 | 3,50 |
| 9 | 0,71 | 0,89 | 1,11 | 1,40 | 1,86 | 2,31 | 2,90 | 3,36 |
| 10 | 0,70 | 0,88 | 1,10 | 1,38 | 1,83 | 2,26 | 2,82 | 3,25 |
| 16 | 0,69 | 0,87 | 1,07 | 1,34 | 1,75 | 2,13 | 2,60 | 2,95 |
| 25 | 0,69 | 0,86 | 1,06 | 1,32 | 1,71 | 2,06 | 2,49 | 2,80 |

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

# Б1.Б.1.21 МЕТРОЛОГИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ

## КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

ЧАСТЬ 2

«СТАНДАРТИЗАЦИЯ»

Специальность:
*21.05.02 Прикладная геология*

Автор: Глушкова Т.А., к.т.н.

Одобрены на заседании кафедры
*Геофизики*
*(название кафедры)*
Зав. кафедрой _____
*(подпись)*
д.г.-м.н., проф. Талалай А.Г.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 12 от 05.03.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией
факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....4
1 Правовые основы стандартизации.....5
2 Основные понятия… .....5
3 Цели, задачи стандартизации.....7
4 Принципы стандартизации .....8
5 Национальный орган Российской Федерации по стандартизации .....9
6 Государственный контроль (надзор) за соблюдением требований технических регламентов..... 11
7 Национальная система стандартизации ..... 13
8 Международные, региональные организации по стандартизации .....19
9 Информационное обеспечение стандартизации .....23
10 Работы по стандартизации .....24
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....29
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ… .....29
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК….....29
Приложение А Перечень систем стандартов. .....30
Приложение Б Нормативные документы по стандартизации.....31
Приложение В Общероссийские классификаторы..... 33

# ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития мирового сообщества характерен:

- высокими темпами интенсификации производства;
- применением широкого спектра машин, аппаратов, приборов, технологиче- ской оснастки, оборудования и инструмента;
- использованием широкой номенклатуры новых веществ, новейших материа- лов и современных технологий;
- применением локальных и глобальных информационных систем.
- расширением международных экономических и торговых связей.

В этих условиях в экономически развитых странах уделяют огромное внимание стандартизации как важнейшему направлению совершенствования технического уровня и качества продукции на всех стадиях её жизненного цикла - научные разработки, проектирование, производство, упаковка и маркировка, хранение, транспортировка, реализация, эксплуатация, утилизация.

Стандартизация охватывает разработку и применение норм, правил, которые отражают действие объективных технико-экономических законов и оказывают в государственном и мировом масштабах существенное позитивное влияние:

- развитие всех отраслей экономики;
- совершенствование управления экономикой и предприятиями;
- увеличение промышленного производства и рост ВВП;
- управление качеством продукции, квалификацией персонала;
- улучшение использования основных фондов, природных богатств;
- разработку и внедрение энергосберегающих, ресурсосберегающих, малоотходных технологий;
- состояние окружающей среды;
- расширение международных экономических связей и торговли.

Законодательную основу стандартизации в Российской Федерации составляют федеральные законы:

- «О защите прав потребителей» от 07.02.92;
- «Об обеспечении единства измерений» № 102-ФЗ от 26.06.2008;
- «О техническом регулировании» от 27.12.02;
- отраслевого характера в части, касающейся стандартизации.

Дальнейшее развитие экономики России связано с развитием промышленного производства, расширением международной торговли и экономического сотрудничества, увеличением количества и технического совершенства товаров, расширением спектра и повышением качества услуг на базе широкого применения международных и национальных стандартов.

*Стандартизация* - деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг.

**1 Правовые основы стандартизации**

Отношения в области стандартизации регулируют и обеспечивают законодательные, нормативные и другие акты РФ:

- Федеральный закон «О техническом регулировании»;
- закон РФ «О защите прав потребителей»;
- Федеральный закон РФ «Об обеспечении единства измерений»;
- федеральные законы отраслевого характера;
- указы Президента РФ;
- нормативные акты (постановления, распоряжения) Правительства РФ;
- подзаконные акты, направленные на решение социально - экономических задач, предусматривающих использование стандартизации;
- приказы национального органа РФ по стандартизации.

В целях усиления роли стандартизации в научно-техническом прогрессе, повышения качества продукции, экономии материально - энергетических ресурсов в РФ действует *система* Стандартизации в Российской Федерации.

Система – комплекс взаимоувязанных правил и положений, определяющих:

- цели и задачи стандартизации;
- структуру органов, подразделений по стандартизации, их права и обязанности;
- организацию и методику проведения работ по стандартизации во всех отраслях;
- порядок разработки, оформления, издания, внедрения стандартов и другой нормативно-технической документации, формы контроля их соблюдения.

ГОСТ Р 1.0-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения.

ГОСТ Р 1.2-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила разработки, утверждения, обновления и отмены.

ГОСТ Р 1.4 -2004 Стандарты организаций. Общие положения.

ГОСТ Р 1.5 -2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.

ГОСТ Р 1.8 -2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты межгосударственные. Правила проведения в Российской Федерации работ по разработке, применению, обновлению и прекращению применения

ГОСТ Р 1.10 -2004 Стандартизация в Российской Федерации. Правила стандартизации и рекомендации по стандартизации. Порядок разработки, утверждения, изменения, пересмотра и отмены.

ГОСТ Р 1.12-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Термины и определения.

## 2 Основные понятия

*Гармонизация стандарта* – приведение его содержания в соответствие с другим стандартом (региональным, международным).

*Государственный стандарт* (ГОСТ Р) – национальный стандарт, принятый федеральным органом исполнительной власти РФ по стандартизации или строительству.

*Классификатор* – документ, содержащий систематизированный перечень кодов и наименований объектов классификации и классифицированных группировок, разработанный и утверждённый в установленном порядке, обязательный для применения на различных уровнях.

*Международный стандарт* – стандарт, принятый международной организацией по стандартизации.

*Методические инструкции* (МИ) – нормативные документы методического содержания, разработанные организациями, подведомственными национальному органу по стандартизации.

*Национальный стандарт* – стандарт, утверждённый национальным органом по стандартизации.

*Нормативный документ* – документ, устанавливающий правила, общие принципы или характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результатов, подзаконный акт, принятый Правительством РФ.

*Область стандартизации* – совокупность объектов стандартизации.

*Объект стандартизации* – продукция, работа, процесс или услуга, для которой разрабатывают требования, характеристики, параметры или правила.

*Правила* (ПР) – нормативный документ, устанавливающий обязательные для применения организационные или общетехнические положения, порядки, методы выполнения работ, в том числе межгосударственные (ПМГ).

*Проект стандарта* – предлагаемый разработчиком проект нормативного документа, предназначенный для широкого обсуждения, голосования и принятия в качестве стандарта.

*Региональный стандарт* – стандарт, принятый региональной организацией по стандартизации и доступный широкому кругу пользователей.

*Регламент* – документ, содержащий обязательные правовые нормы, принятый органом исполнительной власти.

*Рекомендации* (Р) – нормативный документ, содержащий добровольные для применения организационные или общетехнические положения, порядки, методы выполнения работ, в том числе межгосударственные (РМГ).

*Руководящие документы* (РД) – нормативные документы методического содержания, разработанные организациями, подведомственными национальному органу по стандартизации.

*Стандарт* - документ, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации продукции, условия выполнения работ или оказания услуг. Стандарт может со-

держать требования к терминологии, маркировке, этикеткам и правилам их нанесения.

*Стандарт научно-технических, инженерных обществ* (СТО) - стандарт, разработанный общественным объединением.

*Технические условия* (ТУ) - нормативный документ, устанавливающий технические требования, которым должна удовлетворять продукция, процесс или услуга.

*Технический регламент* (ТР) – документ, содержащий технические требования непосредственно или путём ссылки на стандарт, технические условия, либо путём включения содержания этих документов.

## 3 Цели, принципы, задачи стандартизации

Стандартизация как деятельность по установлению правил и характеристик в сферах производства и обращения продукции имеет общие и конкретные цели.

Стандартизация осуществляется *в целях:*

- повышение уровня безопасности жизни и здоровья граждан, имущества физических и юридических лиц, государственного и муниципального имущества, объектов с учетом риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, повышение уровня экологической безопасности, безопасности жизни и здоровья животных и растений;
- обеспечение конкурентоспособности и качества продукции (работ, услуг), единства измерений, рационального использования ресурсов, взаимозаменяемости технических средств (машин и оборудования, их составных частей, комплектующих изделий и материалов), технической и информационной совместимости, сопоставимости результатов исследований (испытаний) и измерений, технических и экономико-статистических данных, проведения анализа характеристик продукции (работ, услуг), исполнения государственных заказов, добровольного подтверждения соответствия продукции (работ, услуг);
- содействие соблюдению требований технических регламентов;
- создание систем классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации, систем каталогизации продукции (работ, услуг), систем обеспечения качества продукции (работ, услуг), систем поиска и передачи данных, содействие проведению работ по унификации.

*Конкретные цели стандартизации* относят к:

- определённой области материальной, нематериальной деятельности;
- отрасли производства продукции, оказания услуг;
- предприятию, фирме;
- виду продукции.

## 4 Принципы стандартизации

Стандартизацию осуществляют в соответствии с *принципами*:

- добровольного применения стандартов;
- максимального учёта при разработке стандартов законных интересов заинтересованных лиц;

- применения международного стандарта как основы разработки национального стандарта, за исключением случаев, когда это невозможно вследствие несоответствия требований международных стандартов климатическим и географическим особенностям РФ, техническим и (или) технологическим особенностям или по иным основаниям, либо РФ выступала против принятия международного стандарта или отдельного его положения;

- недопустимости создания препятствий производству и обращению продукции, выполнению работ и оказанию услуг в большей степени, чем это минимально необходимо для выполнения целей стандартизации;

- недопустимости установления таких стандартов, которые противоречат требованиям ТР;

- обеспечения условий для единообразного применения стандартов.

## 5Документы в области стандартизации

К *документам по стандартизации*, используемым в РФ, относят:

- национальные стандарты;
- правила стандартизации;
- нормы и рекомендации в области стандартизации;
- применяемые в установленном порядке классификации, общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации;
- стандарты организаций;
-своды правил.

*Объектами* национальных стандартов могут быть:

- характеристики продукции;
- правила выполнения технических документов;
- правила осуществления процессов постановки на производство, хранения, перевозок, реализации, утилизации;
- правила оказания услуг, выполнения работ;
- терминология в различных областях деятельности;
- требования к маркировке продукции и тары, способам упаковки;
- принципы, нормы, правила в области организации деятельности предприятий.

Объектами стандартов организаций могут быть:

- характеристики продукции;
- принципы, нормы, правила в области различных сторон деятельности предприятия, организации.

Важнейшие, перспективные задачи стандартизации:

- обеспечение взаимопонимания между разработчиком, изготовителем, продавцом и заказчиком, покупателем, потребителем;
- установление оптимальных требований к номенклатуре, качеству продукции в интересах потребителя, государства;
- определение требований по совместимости (конструктивной, электрической, электромагнитной, программной, информационной) и взаимозаменяемости продукции;

- унификация на основе применения параметрических и типоразмерных рядов, базовых конструкций, конструктивно-унифицированных узлов, блочно-модульных составных частей изделий;

- нормативное обеспечение межгосударственных и национальных социально - экономических и научно - технических проектов, инфраструктурных комплексов (транспорт, связь, информационные системы, оборона страны, охрана окружающей среды, безопасность населения);

- определение метрологических норм, правил, положений, требований;

- установление требований к современным ресурсосберегающим и малоотходным технологиям;

- создание и ведение систем классификации, кодирования;

- разработка, внедрение и ведение систем каталогизации для обеспечения потребителей информацией о номенклатуре и технических характеристиках товаров, услуг, процессов;

- содействие выполнению законодательства РФ средствами технического регулирования.

В зависимости от того, участники какого географического, экономического, политического региона мира принимают стандарт, различают уровни стандартизации:

- *международный*;
- *региональный*;
- *национальный*;
- *административно-территориальный*.

В мировом сообществе имеет место тенденция гармонизации национальных стандартов с международными стандартами, которая отвечает интересам экономически развитых и развивающихся стран.

## 5 Национальный орган Российской Федерации по стандартизации

Национальный орган по стандартизации – *Росстандарт (ранее Федеральное агентство Российской Федерации по техническому регулированию и метрологии, а до 2004 г. Госстандарт РФ)*, входящее в состав Министерства промышленности и энергетики РФ, - является органом государственной исполнительной власти по техническому регулированию, осуществляющим межотраслевую координацию и функциональное регулирование в области технического регулирования, стандартизации, оценки соответствия, метрологии.

В структуру *Росстандарта* входят управления:

- метрологии и надзора;
- технического регулирования и стандартизации;
- развития, информационного обеспечения и аккредитации;
- экономики, бюджетного планирования и госсобственности;
- международного и регионального сотрудничества.

Основные направления деятельности национального органа по стандартизации:

- научно-техническое;

- организационное;
- представительское.

Координацию работ по техническому регулированию, стандартизации, оценке соответствия в области строительства, архитектуры, производства строительных материалов и в жилищно-коммунальном хозяйстве осуществляет *Федеральное агентство Российской федерации по строительству и ЖКХ* (до 2004 г. Госстрой РФ).

Основные функции национального органа по стандартизации:
- утверждение национальных стандартов;
- принятие программ разработки национальных стандартов;
- обеспечение соответствия национальной системы стандартизации интересам экономики, состоянию материально-технической базы;
- содействие научно-техническому прогрессу;
- осуществление учёта национальных стандартов, правил стандартизации, норм и рекомендаций, обеспечение их доступности заинтересованным лицам;
- создание технических комитетов (ТК) по стандартизации и координация их деятельности;
- организация опубликования национальных стандартов, их распространение;
- участие в работе, представление прав и защита интересов РФ в международных организациях при создании международных стандартов;
- утверждение знака соответствия национальным стандартам.

Национальному органу по стандартизации предоставлены права:
- координации деятельности государственных органов управления, касающейся технического регулирования, стандартизации, оценки соответствия, метрологии;
- проведения государственного контроля (надзора) за соблюдением требований ТР;
- принятия мер по запрещению выпуска и реализации продукции, изготовленной с нарушением требований ТР;
- организации профессиональной подготовки и переподготовки кадров в области технического регулирования;
- издания научно-технических журналов, справочников и другой литературы по вопросам технического регулирования и управления качеством.

ТК - постоянный рабочий орган *Росстандарта* в области стандартизации, специализированный по объектам. В ТК на паритетных началах и добровольной основе входят представители:
- федеральных органов исполнительной власти;
- научных организаций, проектно-конструкторских учреждений;
- производственных предприятий, фирм;
- инженерных и научных обществ;
- объединений предпринимателей и обществ по защите прав потребителей.

Основные функции ТК:
- определение концепций развития стандартизации;
- составление проектов новых стандартов и обновление действующих;

- оказание научно-методической помощи организациям, разрабатывающим стандарты и применяющим нормативные документы;

- привлечение к деятельности по стандартизации союзов предпринимателей и обществ потребителей;

- проведение гармонизации отечественных стандартов с международными стандартами;

- подготовка обоснованных позиций РФ для голосования по проектам стандартов в международных организациях;

- проведение и участие в работе заседаний международных организаций по стандартизации.

Заседания ТК по стандартизации являются открытыми.

Материалы заседаний подлежат опубликованию в аналоговой форме (специальные печатные издания, средства массовой информации) и электронно-цифровой форме (цифровые информационные системы общего пользования), доступны для заинтересованных лиц.

## 6 Государственный контроль (надзор) за соблюдением требований технических регламентов

Государственный контроль (надзор) за соблюдением ТР осуществляют:

- федеральные органы исполнительной власти;

- органы исполнительной власти субъектов РФ;

- государственные учреждения, уполномоченные в соответствии с законодательством РФ;

- должностные лица органов государственного контроля (надзора);

- государственные инспекторы. Главный государственный инспектор – руководитель *Росстандарта*.

Государственный контроль (надзор) должностные лица осуществляют путём проведения плановых и внеплановых проверок. При составлении планов учитывают:

- целевые задания и приоритетные направления проверок;

- информацию потребителей, наличие рекламаций;

- сведения реестров о продукции, прошедшей сертификацию.

Объекты государственного контроля (надзора):

- продукция;

- процессы производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации.

Проведение проверок органы государственного контроля (надзора) осуществляют с применением правил и методов исследований (испытаний) и измерений, разработанных в соответствующих ТР.

Органы государственного контроля (надзора) имеют право:

- требовать от изготовителя (продавца) предъявления декларации о соответствии или сертификата соответствия требованиям ТР, если применение таких документов предусмотрено соответствующим ТР;

- осуществлять мероприятия государственного контроля (надзора) за соблюдением требований ТР в порядке, установленном законодательством;

- принимать мотивированное решение о запрете передачи продукции на реализацию, полном или частичном (в зависимости от характера обнаруженных нарушений) приостановлении процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, утилизации, если иными мерами невозможно устранить нарушения требований ТР;

- приостановить или прекратить действие декларации о соответствии или сертификата соответствия;

- привлекать изготовителя (исполнителя, продавца) к ответственности, предусмотренной законодательством РФ (если нарушения привели к причинению вреда здоровью человека, то к виновным может быть применено уголовное наказание, предусмотренное статьёй 238 УК РФ);

- принимать иные предусмотренные законодательством РФ меры в целях недопущения вреда.

Органы государственного контроля (надзора) обязаны:

- проводить в ходе мероприятий по государственному контролю (надзору) разъяснительную работу о техническом регулировании, информировать изготовителя (продавца) о существующих ТР;

- соблюдать коммерческую или иную охраняемую законом тайну;

- соблюдать порядок осуществления мероприятий по государственному контролю (надзору) и оформления результатов проверок;

- принимать на основании результатов проверок меры по устранению последствий нарушений требований ТР;

- направлять информацию о несоответствии продукции требованиям ТР изготовителю (продавцу), покупателю (потребителю).

Таким образом, в зависимости от характера нарушений изготовителем (продавцом) требований ТР орган государственного контроля (надзора) принимает решение:

- выдать предписания об устранении нарушения;

- запретить полностью или частично передачу продукции в обращение;

- приостановить или прекратить действие декларации о соответствии или сертификата соответствия.

За нарушение требований ТР, неисполнение предписаний органа государственного контроля (надзора) изготовитель (исполнитель, продавец) несёт ответственность в соответствии с законодательством РФ.

Если в результате несоответствия продукции требованиям ТР причинён вред жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений или возникла угроза причинения такого вреда, то виновный обязан возместить причинённый вред и принять меры в целях недопущения такого вреда. Обязанность возместить причинённый вред не может быть ограничена договором или заявлением одной из сторон.

Изготовитель (исполнитель, продавец), которому стало известно о несоответствии выпущенной в обращение продукции требованиям ТР, обязан сообщить об

этом в орган государственного контроля (надзора) в течение десяти дней с момента получения такой информации.

Лица, которые не имеют отношения к изготовлению и реализации продукции (приобретатель, потребитель), вправе направлять информацию о несоответствии продукции требованиям ТР в орган государственного контроля (надзора) лично или письменно (индивидуально или коллективно).

Изготовитель (продавец) в течение десяти дней с момента получения информации о несоответствии продукции требованиям ТР обязан провести проверку достоверности полученной информации. При подтверждении достоверности полученной информации изготовитель (продавец) обязан:

- разработать программу мероприятий по предотвращению причинения вреда. Программа должна включать в себя мероприятия по информированию приобретателя о наличии угрозы причинения вреда;
- устранить недостатки, при необходимости объявить отзыв продукции. Устранение недостатков, отзыв продукции, доставка продукции к месту устранения недостатков и обратно осуществляет изготовитель (продавец);
- незамедлительно приостановить производство и реализацию продукции, отозвать продукцию и возместить приобретателю (потребителю) убытки в случае невозможности устранить причины причинения вреда.

В случае невыполнения изготовителем (продавцом) программы мероприятий по предотвращению причинения вреда орган государственного контроля (надзора), а также иные лица вправе обратиться в суд с иском о *принудительном отзыве продукции с рынка.* При удовлетворении иска суд обязывает ответчика совершить определённые действия по отзыву продукции с рынка и довести решение суда не позднее одного месяца со дня его вступления в силу до сведения приобретателя через средства массовой информации или иным способом.

В случае если ответчик (изготовитель, продавец) не исполнит решение суда в установленный срок, истец (приобретатель, потребитель) вправе совершить эти действия за счёт ответчика с взысканием с него расходов.

Орган по сертификации, аккредитованная испытательная лаборатория (центр), должностные лица, эксперты несут ответственность за выпуск в обращение продукции, не соответствующей требованиям ТР, в соответствии с законодательством РФ и договором о проведении сертификации.

## 7 Национальная система стандартизации

Основу национальной системы стандартизации РФ составляют:

- национальные стандарты;
- общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации, правила их разработки и применения.

*Национальные стандарты:*

- разрабатываются в порядке, установленном законодательством РФ;
- утверждаются национальным органом по стандартизации в соответствии с правилами, нормами, рекомендациями в области стандартизации;
- применяются на добровольной основе.

Национальные стандарты применяются равным образом и в равной мере независимо от:

- страны и места происхождения продукции, осуществления процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ и оказания услуг;
- видов или особенностей сделок и лиц, являющихся изготовителями, исполнителями, продавцами, приобретателями.

Применение национального стандарта подтверждается знаком соответствия национальному стандарту.

*Общероссийские классификаторы:*

- разрабатываются, принимаются, вводятся в действие, ведутся и применяются в порядке, установленном Правительством РФ;
- содержат технико-экономическую и социальную информацию, в том числе в области прогнозирования, статистического учёта, банковской деятельности, налогообложения;
- включают информацию в области межведомственного информационного обмена, создания информационных систем и ресурсов.

Национальный орган по стандартизации разрабатывает и утверждает программу разработки национальных стандартов, обеспечивает доступность программы заинтересованным лицам.

*Порядок разработки и утверждения национальных стандартов* установлен законодательством РФ.

Разработчиком национального стандарта может быть любое лицо.

Уведомление о разработке национального стандарта направляется в национальный орган по стандартизации и публикуется в печатном издании федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию и в информационной системе общего пользования в электронно-цифровой форме. Уведомление должно содержать информацию о имеющихся в проекте национального стандарта положениях, отличающихся от положений соответствующих международных стандартов.

Разработчик дорабатывает проект национального стандарта с учётом полученных в письменной форме замечаний, проводит публичное обсуждение проекта, составляет перечень замечаний и результатов их обсуждения, публикует уведомление о завершении обсуждения. Срок публичного обсуждения проекта национального стандарта не может быть менее двух месяцев.

Проект национального стандарта одновременно с перечнем замечаний представляется разработчиком в технический комитет по стандартизации, который организует проведение экспертизы проекта, готовит мотивированное предложение об утверждении или отклонении проекта, предаёт перечень замечаний и результаты экспертизы в национальный орган по стандартизации.

Национальный орган по стандартизации на основании документов, представленных техническим комитетом, принимает решение об утверждении или отклонении национального стандарта. Уведомление об утверждении национального стандарта подлежит опубликованию в печатном издании национального органа по стан-

дартизации и информационной системе общего пользования в электронно-цифровой форме в течение одного месяца.

Работы по национальной стандартизации под руководством *Росстандарта* ведут:

- научно-исследовательские институты (НИИ);
- конструкторские бюро, опытно-экспериментальные базы НИИ;
- федеральные, региональные, областные центры по стандартизации и метрологии (ЦМС), по сертификации (РОСТЕСТ, г. Москва, УРАЛТЕСТ, г. Екатеринбург);
- конструкторско-технологические, научно-исследовательские подразделения (отделы, бюро, лаборатории, группы) по стандартизации на предприятиях.

НИИ национального органа РФ по стандартизации:

*ВНИИКИ* – Всероссийский НИИ классификации, терминологии и информации по стандартизации и качеству, г. Москва;

*ВНИИ Стандарт* – Всероссийский НИИ стандартизации, г. Москва;

*ВНИИС* – Всероссийский НИИ сертификации, г. Москва;

*ВНИИНМАШ* – Всероссийский НИИ стандартизации и сертификации в машиностроении, г. Москва;

*ВНИИМС* – Всероссийский НИИ метрологической службы, г. Москва;

*ВНИЦСМВ* – Всероссийский научно-исследовательский центр стандартизации, информации, сертификации сырья, материалов, веществ, г. Москва;

*ВНИИМ им. Д.И.Менделеева* – Всероссийский НИИ метрологии, г. Санкт-Петербург;

*УНИИМ* – Уральский НИИ метрологии, г. Екатеринбург.

В структуру национального органа РФ по стандартизации входят опытные заводы, издательство, типографии, магазины, учебные заведения. На базе территориальных представительств Национального органа РФ по стандартизации работают органы по оценке соответствия продукции и услуг, испытательные лаборатории, поверочные и калибровочные центры.

Подразделения по стандартизации на предприятиях осуществляют следующие функции:

- составляют годовые и перспективные планы работ по государственной и отраслевой стандартизации, передают их в головную организацию по стандартизации;
- проводят работы по стандартизации, унификации продукции и технологической оснастки;
- определяют технико-экономическую эффективность внедрения стандартов в проектирование и производство;
- осуществляют систематический контроль внедрения и соблюдения стандартов, технических условий при проектировании и производстве продукции;
- пересматривают устаревшие, разрабатывают новые стандарты предприятий и технические условия.

Другие субъекты хозяйственной деятельности (научно-технические общества, инженерные общества) создают в своей структуре специальные подразделения, занимающиеся разработкой нормативно-технической документации по стандартизации и управлению качеством.

Совершенствование стандартизации на предприятиях позволяет:

- улучшить организацию и культуру производства;
- увеличить производительность оборудования и производительность труда персонала;
- улучшить качество конструкторской документации;
- повысить качество, снизить себестоимость продукции;
- сократить номенклатуру материалов, полуфабрикатов, комплектующих.

В зависимости от того, участники какого субъекта деятельности разрабатывают и принимают стандарт, различают *категории* стандартов:

- *стандарты международные* (ИСО);
- *стандарты государственные* (ГОСТ Р);
- *технические условия* (ТУ);
- *стандарты общественных объединений, научно-технических и инженерных обществ* (СТО).

*Международный стандарт* – стандарт, который разрабатывает и выпускает международная организация по стандартизации с целью содействия взаимному сотрудничеству в интеллектуальной, научно-технической, экономической деятельности, в области охраны окружающей среды и в торговле. Например, основополагающий стандарт ИСО 14001 «Системы управления в области охраны окружающей среды. Руководство по применению». Стандарты ИСО имеют рекомендательный характер. Национальный орган РФ по стандартизации допускает применение стандартов ИСО:

- в качестве ГОСТ Р без изменений в тексте;
- с дополнениями, учитывающими российские требования, например, государственный стандарт ГОСТ Р/ИСО 14001 «Системы управления качеством окружающей среды. Общие требования и рекомендации по использованию».

*Национальный стандарт* – стандарт разрабатываемый для всех предприятий, организаций, учреждений страны независимо от форм собственности и подчинения, граждан занимающихся индивидуальной трудовой деятельностью, министерств (ведомств), органов местного и государственного управления РФ. Разработку ГОСТ Р ведут ТК по стандартизации в составе *Росстандарта*. После утверждения *Росстандарта* присваивают индекс, в котором указан номер и год утверждения или пересмотра - четыре последние цифры (например, государственный стандарт ГОСТ Р 51685-2000 на геометрические размеры железнодорожных рельсов).

*Объектами* ГОСТ Р являются:

- организационно-методические и общетехнические объекты;
- совместимые программные и технические средства информационных технологий;
- справочные материалы, классификация и кодирование информации;
- составляющие элементы крупных народно-хозяйственных комплексов (транспорт, энергосистема, связь, оборона, охрана окружающей среды);
- содержание государственных научно-технических и социально-экономических целевых программ и проектов;
- продукция для удовлетворения внутренних потребностей населения и поставок на экспорт;

- достижения науки и техники, позволяющие предприятию, государству обеспечить конкурентоспособность продукции;

- система конструкторской и технологической документации, документация в области управления и организации производства.

*Технические условия* – нормативный документ, который содержит технические требования, определяющие показатели качества продукции в соответствии с условиями её эксплуатации, обслуживания, ремонта. ТУ разрабатывают и применяют субъекты хозяйственной деятельности независимо от форм собственности и подчинения, когда ГОСТ и ОСТ создавать нецелесообразно, или необходимо дополнить или ужесточить установленные ими требования (например, нормативный документ ТУ 14-2Р-351-2001 на технические требования в отношении стальных колец для автомобильных, башенных кранов и других машин). Объектом ТУ может быть продукция разовой поставки, выпускаемая малыми партиями, а также произведения художественных промыслов. В случае, когда на ТУ нет ссылок в контрактах или договорах, ТУ считается не нормативным, а техническим документом.

*Стандарты общественных объединений, научно-технических и инженерных обществ* – нормативные документы, которые содержат требования к принципиально новым видам продукции, методам измерений, нетрадиционным технологиям и принципам управления производством. СТО разрабатывают и утверждают общественные объединения с целью распространения перспективных результатов научно-технических исследований (например, стандарт СТО АСЧМ 20-93 Ассоциации «Черметстандарт» на сортамент профилей двутавровых широкополочных балок с параллельными гранями полок).

В зависимости от характера объектов стандартизации различают *виды* стандартов:

- *стандарты основополагающие*;

- *стандарты на продукцию, услуги*;

- *стандарты на процессы*;

- *стандарты на методы контроля (испытаний, измерений, анализа)*.

*Основополагающие стандарты* – стандарты, которые устанавливают организационные принципы, положения, требования, правила и нормы, имеющие общий характер, с целью содействия взаимопониманию, взаимодействию и техническому единству в различных областях науки, техники и производства. Основополагающие стандарты объединяют взаимосвязанные стандарты, имеющие общую целевую направленность, имеют комплексный характер (ЕСКД, ЕСТД).

*Стандарты на продукцию, услуги* – стандарты, которые устанавливают требования к группам однородной продукции, услуг или конкретной продукции, услугам (стандарты общих технических требований, параметров и размеров, типов конструкции, сортамента, правил приёмки).

*Стандарты на работы (процессы)* – стандарты, которые устанавливают требования к конкретным видам работ (процессов), осуществляемым на разных стадиях жизненного цикла продукции: разработка, проектирование, производство, эксплуатация, потребление, хранение, транспортирование, обслуживание, ремонт, утилизация.

Особое место занимают экологические требования, которые включают: условия применения потенциально опасных для окружающей среды материалов, параметры очистного оборудования, правила выбросов в атмосферу и сточные воды.

*Стандарты на методы контроля (испытаний, измерений, анализа)* - стандарты, которые устанавливают порядок отбора проб (образцов) для испытаний, методы контроля (испытаний, измерений, анализа) характеристик определённой группы продукции с целью обеспечить единство оценки показателей качества. Критерии объективности метода контроля – сходимость и воспроизводимость результатов. Стандартизации подлежат: средства контроля, порядок подготовки и проведения контроля, правила обработки результатов, допустимая погрешность метода. В стандартах предусмотрены различные виды испытаний: повседневные, типовые, периодические.

## 8 Международные, региональные организации по стандартизации

Главная международная организация по стандартизации ИСО создана в 1946г. СССР был одним из основателей организации, является постоянным членом руководящих органов. РФ входит в ИСО как правоприемник СССР.

Цель деятельности ИСО:

- содействие развитию стандартизации в мировом масштабе для облегчения международного товарообмена и взаимопомощи, расширение сотрудничества в области интеллектуальной, научной, технической и экономической деятельности.

Практическая деятельность ИСО направлена на:

- облегчение координации и унификации национальных стандартов;
- подготовку рекомендаций национальным организациям по стандартизации;
- разработку стандартов ИСО;
- организацию обмена информацией в области стандартизации;
- сотрудничество с другими международными организациями по стандартизации и смежным проблемам (сертификация, метрология).

Объекты стандартизации ИСО:

- основополагающие стандарты;
- машиностроение, химия;
- неметаллические материалы, руды, металлы;
- информационная техника;
- сельское хозяйство;
- строительство, специальная техника;
- охрана здоровья, медицина;
- окружающая среда;
- упаковка и транспортировка товаров.

Организационно в ИСО входят руководящие и рабочие органы.

Руководящие органы - Генеральная ассамблея, Совет, комитеты Совета, Технические бюро.

Рабочие органы - технические комитеты, подкомитеты, технические консультативные группы.

Совет руководит работой ИСО в перерывах между сессиями Генеральной ассамблеи. Решение принимается большинством голосов членов Совета. Совету ИСО подчиняются комитеты:

- *ПЛАКО* – техническое бюро по планированию и организации работы;
- *СТАКО* – комитет по изучению научных принципов стандартизации;
- *КАСКО* – комитет по оценке соответствия продукции, услуг;
- *ИНФКО* – комитет по научно-технической информации, в рамках которого функционирует информационная система *ИСОНЕТ* о документах в области стандартизации - стандартах, справочниках, учебной литературе;
- *ДЕВКО* – комитет по оказанию помощи развивающимся странам;
- *КОПОЛКО* – комитет по защите интересов потребителей;
- *РЕМКО* – комитет по стандартным образцам (эталонам).

По своему содержанию только 20% стандартов ИСО относятся к конкретной продукции. Остальные нормативные документы касаются требований безопасности, взаимозаменяемости, технической и информационной совместимости, методов испытаний, других общих и методических вопросов.

Международные стандарты ИСО, которых разработано более 10 тыс., не имеют статуса обязательных. Каждая страна – участница вправе решать вопрос о применении международных стандартов в зависимости от степени участия страны в международном разделении труда, состояния экономики и внешней торговли. В РФ принято около половины стандартов ИСО.

Главная международная организация по стандартизации и сертификации в области электротехники Международная электротехническая комиссия МЭК создана в 1906 г. Россия участвует в работе МЭК с 1921 г. Организационная структура МЭК во многом аналогична структуре ИСО.

Основная цель деятельности МЭК:

– содействие международному сотрудничеству по стандартизации и смежным с ней проблемами (испытания, оценка соответствия) в области электротехники, радиотехники, производства электротехнических материалов путём разработки международных стандартов и других документов.

Объекты стандартизации МЭК:

- материалы для электротехнической промышленности;
- электротехническое, электроэнергетическое оборудование;
- изделия электронной промышленности, электроинструмент;
- оборудование для спутников связи;
- терминология.

МЭК разработано более 2 тыс. стандартов. В РФ принято более половины стандартов МЭК

Международные стандарты МЭК можно разделить на два вида:

- общетехнические, носящие общеотраслевой характер, - нормативные документы на терминологию, стандартные напряжения и частоты, виды и методы испытаний, требования по безопасности;
- на конкретные виды продукции от бытовых электроприборов до спутников связи

Некоторые виды работ по международной стандартизации и сертификации ведут совместно ИСО и МЭК, а директивы имеют индекс ИСО/МЭК, например, Руководство 2 ИСО/МЭК «Общие термины и определения в области стандартизации и смежных видов деятельности».

Важнейшей целью при разработке стандартов ИСО/МЭК является разработка стандартов в области безопасности, разработка стандартов, содержащих наряду с техническими требованиями, требования по безопасности. Нормы безопасности зависят от уровня социально-экономического развития и образованности общества.

В сферу деятельности МЭК входит поиск методов защиты от различных видов опасностей:

- травмоопасность, опасность поражения электрическим током;
- техническая опасность, пожаро- и взрывоопасность;
- химическая и биологическая опасность;
- опасность излучений (звуковые, инфракрасные, радиочастотные, ультрафиолетовые, ионизирующие, радиационные).

Особый статус имеет Международный специальный комитет по радиопомехам (СИСПР), который занимается стандартизацией методов измерения радиопомех, излучаемых электронными и электротехническими приборами.

Организационно-методическую и практическую работу по стандартизации и оценке соответствия во взаимодействии с ИСО, МЭК в своих географических районах и областях деятельности ведут:

- Европейская экономическая комиссия ООН (ЕЭК ООН);
- Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО);
- Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ);
- «Кодекс Алиментариус» - комиссия по разработке стандартов на продовольствие;
- Европейский комитет по стандартизации (СЕН);
- Европейский комитет по стандартизации в электротехнике (СЕНЭЛЕК);
- Европейский институт по стандартизации в области электросвязи (ЕТСИ);
- Межскандинавская организация по стандартизации (ИНСТА);
- Международная ассоциация стран Юго-Восточной Азии (АСЕАН);
- Панамериканский комитет стандартов (КОПАНТ).

Стандартизация, сертификация и метрология в рамках СНГ осуществляется в соответствии с межправительственным соглашением «Соглашение о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации» от 1992 г. Перспективная приоритетная задача Межгосударственного Совета СНГ - развитие сотрудничества с ИСО, МЭК, СЕН.

Активное участие в работе международных и региональных организаций по стандартизации принимают национальные организации экономически развитых государств.

Национальная организация по стандартизации и смежным с ней проблемам в США – Национальный институт стандартов и технологии (NIST) – неправительственная некоммерческая организация, утверждающая национальные стандарты, координирующая работы по разработке и применению стандартов в государственном и частном секторах экономики.

Федеральные стандарты в США разрабатывают:

- Американское общество по испытаниям и материалам (ASTM);
- Американское общество по контролю качества (ASQC);
- Американское общество инженеров – механиков (ASME);
- Общество инженеров – автомобилестроителей (SAE);
- Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE) и другие организации и фирмы.

Основные задачи разработки и внедрения национальных стандартов в США - экономия энергоресурсов, защита окружающей среды, обеспечение безопасности людей и условий производства.

Национальная организация по стандартизации и смежным с ней проблемам в Британии – Британский институт стандартов (BSI) – независимая организация, координирующая деятельность по стандартизации, управлению качеством и сертификации, информационному обслуживанию и маркетингу, созданная для удовлетворения потребностей обществ инженеров-механиков, инженеров-судостроителей, инженеров-электриков и инженеров-металлургов. Приоритетные направления деятельности BSI – стандартизация в электротехнике, автоматизации, информационной технике, строительстве, химии, здравоохранении, машиностроении. Современное направление - обеспечение безопасности инвалидов, техническая помощь британским фирмам – экспортёрам.

Национальная организация по стандартизации во Франции – Французская ассоциация по стандартизации (ANFOR) – организация, координирующая деятельность по стандартизации, сертификации, метрологии, управлению качеством. Приоритетные направления деятельности в международной стандартизации – информационные технологии, в европейской стандартизации - транспорт и телекоммуникации, в национальной стандартизации – экология, безопасность, агропромышленное производство, а также сфера услуг.

Национальная организация по стандартизации в Германии – Немецкий институт стандартов (DIN). Деятельность DIN финансируется на основе договоров с заинтересованными сторонами – заказчиками нормативных документов и дотациями со стороны государства. Особое внимание уделяется стандартизации в области обеспечения безопасности товаров и услуг, защиты окружающей среды, созданию основополагающих стандартов. Кроме стандартизации DIN занимается проблемами оценки соответствия и информационного обеспечения стандартизации и сертификации.

Национальная организация по стандартизации в Японии – Японский комитет промышленных стандартов (JISC) - консультативный орган при Министерстве внешней торговли и промышленности. Деятельность JISC финансирует правительство Японии. На основании Закона о промышленной стандартизации в Японии производится сертификация промышленной продукции на соответствие национальному стандарту. Разрешение на выдачу сертификата и право маркировки знаком соответствия стандарту даёт министр отрасли по результатам инспекционного контроля качества данной продукции и аттестации предприятия.

Приоритетные направления стандартизации в Японии – учёт интересов зарубежных партнёров, придание открытого характера информации о стандартизации,

гармонизация японских национальных стандартов с международными стандартами, упрощение процедур сертификации, распространение стандартизации на продукцию предприятий частного сектора. Большое внимание уделяется стандартам, направленным на защиту окружающей среды, решение социальных проблем, создание условий для справедливой конкуренции, сохранение лидерства в области стандартизации в Азиатско-Тихоокеанском регионе.

## 9 Информационное обеспечение стандартизации

Национальному органу по стандартизации – *Росстандарту* - предоставлено исключительное право опубликования официальной информации:

- реестра продукции и услуг, сертифицированных и маркированных знаками соответствия и обращения на рынке;
- российских, международных, региональных, национальных нормативных документов.

Национальный орган РФ по стандартизации ведёт *Федеральный фонд стандартов* – совокупность нормативных документов по стандартизации, метрологии, оценке соответствия. В фонд входят:

- нормативные акты РФ по стандартизации, сертификации, метрологии;
- государственные реестры;
- государственные стандарты, их проекты;
- правила, рекомендации в области стандартизации;
- стандарты отраслей, предприятий, научно-технических и инженерных обществ, общественных организаций;
- общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации;
- международные договоры, нормативные документы, принятые международными, региональными, национальными организациями зарубежных стран.

Головная организация по информационному обеспечению стандартизации - ВНИИКИ - Всероссийский НИИ классификации, терминологии и информации по стандартизации и качеству. ВНИИКИ совместно с другими НИИ и ЦМС ведёт автоматизированный банк отечественных, международных, региональных, зарубежных стандартов и нормативных документов по управлению качеством.

ВНИИКИ исполняет функцию национального центра международной информационной сети по стандартизации ИСОНЕТ, руководство деятельностью которой осуществляет Комитет по информационным системам и услугам ИНФКО, входящий в Совет ИСО.

Развитие информационных технологий повысило актуальность классификаций и кодирования информации. В РФ создана *Единая система классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации* (ЕСКК), объектами которой выступают:

- статистическая информация;
- макроэкономическая, финансовая, правоохранительная деятельность;
- банковское дело, бухгалтерский учёт;
- стандартизация, оценка соответствия;

- производство продукции, предоставление услуг;
- торговля, таможенное дело;
- внешнеэкономическая деятельность.

Составляющие ЕСКК:

- общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации, средства их ведения;
- нормативные, методические документы по их разработке, ведению и применению.

Национальный орган РФ по стандартизации принял более 20, в стадии внедрения находятся более 25 общероссийских классификаторов, гармонизированных с международными стандартами и классификациями.

Действующие общероссийские классификаторы:

- *ОКПО* – предприятий и организаций;
- *ОКОГУ* – органов государственной власти и управления;
- *ОКЭР* – экономических районов;
- *ОКДП* – видов экономической деятельности, продукции и услуг;
- *ОКСО* – специальностей по образованию;
- *ОКЗ* – занятий;
- *ОКУД* – управленческой документации;
- *ОКП* – продукции;
- *ОКС* – стандартов;
- *ОКПДТР* – профессий рабочих, должностей служащих, тарифных разрядов;
- *ОКОФ* – основных фондов;
- *ЕСКД* – изделий и конструкторских документов в машиностроении;
- *ОКЕИ* – единиц измерения;
- *ОКСВНК* – специальностей высшей научной квалификации.

Национальные стандарты, общероссийские классификаторы и информация об их разработке должна быть доступна заинтересованным лицам. Издательство национального органа РФ по стандартизации выпускает широкий спектр наименований печатной продукции – стандарты, нормативные документы, справочники, журналы с приложениями, учебная литература.

## 10 Работы по стандартизации

Работы, выполняемые при стандартизации, в условиях современного производства способствуют:

- совершенствованию организации и управления производством;
- повышению производительности оборудования и персонала;
- улучшению проектирования и изготовления продукции, особенно при крупносерийном, массовом производстве;
- ускорению разработки наукоёмких, малоотходных технологий;
- повышению стабильности качества товаров, работ и услуг;
- экономии ресурсов всех видов – материальных, энергетических, временных, людских;
- развитию безотходных технологий и защите окружающей среды.

Основные работы (методы стандартизации), выполняемые при стандартизации:

- систематизация объектов, явлений или понятий;
- кодирование и классификация технико-экономической информации;
- унификация и симплификация деталей, сборочных единиц, узлов, агрегатов, машин, приборов;
- типизация конструкций изделий и технологических процессов;
- агрегатирование машин и других изделий.

*Систематизация объектов, явлений или понятий* – расположение объектов в определённом порядке и последовательности, образующей чёткую систему, удобную для пользования. Простейшие формы систематизации – расположение объектов в алфавитном или хронологическом порядках.

*Кодирование* – присвоение по определённым правилам объекту кода, в виде сочетания цифр и букв. Коды обеспечивают идентификация объектов с помощью минимального количества знаков. Автоматизированные системы управления отраслями промышленности с применение вычислительной техники позволяют обрабатывать большой объём информации, закодированной в десятичных цифровых кодах.

*Классификация* – разделение множества объектов на классификационные группировки по сходству или различию на основе определённых признаков в соответствии с принятыми правилами.

Наибольшее применение получил *иерархический* метод классификации, в котором исходное множество объектов последовательно разделяется на подмножества (классы, группы, виды) по принципу от общего к частному. Основная сложность при построении классификации – выбор системы признаков, определение порядка их следования. Иерархическая классификация логична, проста, но плохо поддаётся автоматизированной обработке.

*Фасетный* метод классификации подразделяет объекты на независимые подмножества, обладающие определёнными признаками, необходимыми для решения конкретных задач. Принцип построения фасетной классификации – от частного к общему. Такая классификация хорошо поддаётся автоматизированной обработке.

Порядок проведения работ по классификации и кодированию информации регламентирован Единой системой классификации и кодирования технико-экономической информации *ЕСКК ТЭИ*. На основе Единой системы разрабатывают классификаторы (общероссийский, отраслевой, предприятия). Классификатор по статусу приравнен стандарту соответствующего уровня.

*Унификация* – приведение объектов одинакового функционального назначения к единообразию по установленному признаку и рациональное сокращение числа этих объектов. Унификация (заводская, отраслевая, межотраслевая) устанавливает минимально необходимое но достаточное число типов, видов, типоразмеров, изделий, сборочных единиц и деталей, обладающих высоким качеством и полной взаимозаменяемостью.

*Симплификация* – форма стандартизации, при которой уменьшают количество типов изделий до величины, достаточной для удовлетворения существующих в данное время потребностей.

*Типизация конструкций изделий* – разработка и установление типовых конструкций, содержащих конструктивные параметры общие для изделий, сборочных единиц, деталей.

*Типизация технологических процессов* – разработка и установление технологического процесса, для производства однотипных деталей или сборки однотипных составных частей или изделий.

*Агрегатирование* – создание машин, оборудования, приборов и других изделий из унифицированных стандартных агрегатов (автономных сборочных единиц), устанавливаемых в изделии в различном числе и комбинациях. Из минимального числа типоразмеров автономных агрегатов стремятся создать максимальное число компоновок оборудования.

*Принципы*, определяющие современную научно-техническую организацию работ по стандартизации:

- *системности;*
- *обеспечения функциональной взаимозаменяемости стандартизируемых изделий;*
- *научно-исследовательский;*
- *предпочтительности;*
- *прогрессивности и оптимизации стандартов;*
- *взаимоувязки стандартов;*
- *минимального удельного расхода материалов.*

*Принцип системности* - применение совокупности взаимосвязанных элементов, функционирование которых приводит к выполнению поставленной цели с максимальной эффективностью и наименьшими затратами. Научно-технический прогресс вызвал необходимость системного подхода к процессу производства, включающего труд людей, средства (оборудование, оснастка, инструмент, средства контроля) и предметы труда (продукция на стадиях её создания и использования).

*Принцип обеспечения функциональной взаимозаменяемости стандартизируемых изделий* – обеспечение взаимозаменяемости по эксплуатационным показателям. Принцип является главным при комплексной и опережающей стандартизации изделий.

*Научно-исследовательский принцип разработки стандартов* – проведение специальных теоретических, экспериментальных и опытно-конструкторских работ для подготовки проектов стандартов.

*Принцип предпочтительности* – установление нескольких рядов значений стандартизируемых параметров, чтобы при их выборе первый ряд предпочесть второму, второй – третьему. Широкое применение получили ряды предпочтительных чисел, построенные по принципу геометрической прогрессии. Принцип является теоретической базой современной стандартизации, позволяет повысить уровень взаимозаменяемости, уменьшить номенклатуру типоразмеров заготовок, деталей, изделий, создаёт условия эффективной специализации и кооперирования в промышленности.

*Принцип прогрессивности и оптимизации стандартов* – соответствие показателей, норм, характеристик и требований в стандартах мировому уровню науки, техники, производства, учёт прогрессивных тенденций развития стандартизируе-

мых объектов. Принципа позволяет получать в производстве максимальный экономический эффект при минимальных затратах.

*Принцип взаимоувязки стандартов* – учёт всех основных элементов (факторов), влияющих на конечный объект стандартизации. При стандартизации рассматривают систему характеристик и требований к комплексу взаимосвязанных материальных и нематериальных элементов. Второстепенные элементы, незначительно влияющие на объект, не учитывают.

*Принцип минимального удельного расхода материалов* – минимизациия удельного расхода материалов, полуфабрикатов, стоимость которых в машиностроении составляет 40…80% от конечной себестоимости продукции. Стандартизация заготовок, изделий позволяет получить экономию материалов за счёт рациональных схем и компоновок машин, совершенства методов расчёта деталей на прочность, применения экономичных профилей, сварных конструкций, литых заготовок, пластмасс, композиционных материалов.

*Методы стандартизации:*

*- прогрессивная стандартизация;*

*- комплексная стандартизация;*

*- опережающая стандартизация.*

*Прогрессивная стандартизация* (ПС) – стандартизация, которая основана на использовании технических прогнозов, патентов, изобретений, передовых научно-технических и опытно-конструкторских разработок.

*Комплексная стандартизация* (КС) – стандартизация, при которой осуществляют целенаправленное и планомерное установление и применение системы взаимоувязанных требований как к объекту в целом и его элементам, так и к материальным и нематериальным факторам, влияющим на объект, с целью обеспечения оптимального решения конкретной проблемы. Сущность КС - систематизация, оптимизация и увязка всех взаимодействующих факторов (в процессе проектирования, производства, эксплуатации), обеспечивающих экономически оптимальный уровень качества продукции в требуемые сроки.

*Опережающая стандартизация* (ОС) – установление повышенных по отношению к достигнутому на практике уровню норм, требований к объектам стандартизации, которые, согласно техническим прогнозам, будут оптимальными в последующее планируемое время. ОС относят к изделию, показателям его качества, средствам производства, методам испытания, контроля. ОС – основа проектирования новой, более совершенной техники.

В качестве примера комплексной стандартизации можно привести *Межотраслевую систему общетехнических стандартов*, направленную на решение крупных народно-хозяйственных задач, обеспечение эффективности производства высококачественной продукции.

В числе прочих в межотраслевую систему входят:

*- ЕСКД* – единая система конструкторской документации;

*- ЕСТД* – единая система технологической документации;

*- СПКП* – система показателей качества продукции;

*- УСД* – унифицированные системы документации;

*-СИБИД* - система информационно-библиографической документации*;*

- *ГСИ* – государственная система обеспечения единства измерений;

- *ЕСЗКС* – единая система защиты от коррозии и старения материалов и изделий;

- *стандарты на товары, поставляемые на экспорт;*

- *ССБТ* – система стандартов безопасности труда;

- *ЕСТПП* – единая система технологической подготовки производства;

- *разработка и постановка продукции на производство;*

- *система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов;*

- *ЕСПД* – единая система программной документации;

- *ЕСГУКП* – единая система государственного управления качеством продукции;

- *СПДС* – система проектной документации для строительства;

- *ЕССП* – единая система стандартов приборостроения.

ЕСКД – система, устанавливающая для всех организаций и предприятий единый порядок организации проектирования, единые правила выполнения и оформления чертежей и ведения чертёжного хозяйства. Этим стандартам присвоен класс 2, например ГОСТ 2.001-93.

Основные задачи ЕСКД:

- повышение производительности труда конструкторов;

- улучшение качества чертёжной документации;

- облегчение взаимообмена конструкторской документацией между организациями;

- углубление унификации при разработке проектов изделий;

- упрощение форм конструкторских документов, графических изображений, внесения в них изменений;

- механизация и автоматизация обработки технических документов;

-эффективное хранение, учёт документов, сокращение их объёмов;

- ускорение оборота документов.

Главные перспективные направления развития ЕСКД:

- полное документальное обеспечение систем автоматизации проектно- конструкторских работ;

- документальное обеспечение автоматизированных систем управления на государственном, отраслевом уровнях и на предприятиях;

- создание общегосударственной сети вычислительных центров на базе ЭВМ четвёртого (сверхминиатюрные ЭВМ на больших интегральных схемах) и пятого (на основе световых и оптических явлений) поколений.

Система ЕСКД широко использована в современных условиях при:

- разработке автоматических систем управления производством;

- создании и применении машинных носителей информации в качестве юридически предусмотренных форм представления документации;

- применении действующих классификаторов и систем документации;

- внедрении стандартных программ сбора, хранения, передачи и обработки информации в общегосударственной автоматизированной системе.

ЕСТД – система, устанавливающая для всех организаций и предприятий единые взаимосвязанные правила, нормы и положения выполнения, оформления, комплектации и обращения, унификации и стандартизации технологической документации. Этим стандартам присвоен класс 3, например ГОСТ 3.1103-84.

ЕСТД решает информационные и организационные задачи:

- широкого внедрения типовых технологических процессов, основанных на технологическом классификаторе деталей машиностроения и приборов;
- сокращения объёма, упорядочения номенклатуры, установления правил составления технологической документации;
- разработки систем нормативов основного производства и учёта;
- повышения в конечном итоге производительности труда технологов.

ЕССП – система, призванная унифицировать и согласовывать по принципу агрегатирования параметры и характеристики приборов и устройств, входящих в систему автоматического контроля, регулирования и управления сложными технологическими процессами. Одновременно система обеспечивает функциональную, информационную, конструктивную, эксплуатационную совместимости указанных приборов и технических средств.

Совместимость технических средств – обеспечение согласованной совместной работы этих средств в предусмотренном сочетании, в рекомендуемом диапазоне нормируемых параметров (энергоносители, присоединительные и габаритно-установочные размеры, эргономические требования).

Повышение требований потребителя к техническому уровню и качеству продукции, необходимость дальнейшего совершенствования качества определяют уровень и сложность работ по стандартизации, поиск совершенствование новых эффективных форм разработки стандартов на продукцию и услуги с учётом международного разделения труда, кооперирования и особенностей товарообмена в стране и за рубежом.

*Система управления качеством* – совокупность организационной структуры и процедур, процессов, ресурсов, ответственности работников, направленная на повышение качества продукции (работ, услуг). На основании мирового опыта по управлению качеством в РФ приняты стандарты ГОСТ Р ИСО серии 9000. В основе этих, а также вновь разрабатываемых международных стандартов, положены принципы управления качеством:

- ориентация на запросы и требования потребителя;
- повышение роли руководителя в организации управления качеством;
- вовлечение инициативы и ответственности персонала;
- разработка процесса достижения желаемого результата;
- применение системного анализа для повышения эффективности функционирования системы взаимосвязанных процессов;
- формирование потребности у персонала постоянного улучшения продукции, процессов и системы в целом;
- принятие решений на основе сбора и анализа данных и информации;
- постановка взаимовыгодных отношений с поставщиками.

Наличие сертификата системы качества является необходимым, хотя и не достаточным, условием выхода продукции на международный рынок.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Промышленность Российской Федерации конца восьмидесятых годов прошлого столетия обслуживали 80…100 тыс. стандартов, в то время как необходимое и достаточное количество стандартов составляло 1…2 тыс. Избыточная стандартизация усложняла разработку новых видов продукции и современных ресурсосберегающих, малоотходных, экологически чистых технологий. Существующая в стране система стандартизации в условиях становления рыночных отношений превратилась в препятствие развития производства новых видов товаров. Закон Российской Федерации «О стандартизации» совместно с законом «О защите прав потребителей» более 10 лет являлся законодательной основой стандартизации. В начале двадцать первого века в стране назрела необходимость совершенствования основ государственной стандартизации.

Федеральный закон «О техническом регулировании» признал утратившим силу закон о «Стандартизации» и предоставил новые возможности по дальнейшему совершенствованию стандартизации и оценки соответствия товаров и услуг обязательным требованиям стандартов. Закон «О техническом регулировании» определил приоритетные цели стандартизации – повышение уровня безопасности граждан и имущества, экологической безопасности, безопасности животных, растений, а также обеспечение научно-технического прогресса и повышение конкурентоспособности продукции, работ, услуг.

Дальнейшее развитие стандартизации, широкое применение прогрессивной, комплексной и опережающей стандартизации являются необходимыми и определяющими условиями роста национального валового продукта, роста благосостояния граждан, успешной интеграции экономики России в мировую экономическую систему, расширения международного экономического и научно-технического сотрудничества, роста объёма и совершенствования структуры международного товарообмена в интересах населения и государства.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Правовые основы стандартизации
2. Цели стандартизации.
3. Задачи стандартизации.
4. Принципы стандартизации.
5. Документы в области стандартизации.
6. Национальный орган РФ по стандартизации. Функции, права.
7. Государственный контроль (надзор) за соблюдением требований технических регламентов.
8. Национальная система стандартизации.
9. Порядок разработки и утверждения национальных стандартов.
10. Категории стандартов.
11. Объекты стандартизации.
12. Виды стандартов.
13. Международные, региональные организации по стандартизации.
14. Информационное обеспечение стандартизации.
15. Общероссийские классификаторы технико-экономической информации.
16. Работы, выполняемые при стандартизации.
17. Принципы организации работ по стандартизации.
18. Методы стандартизации.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.


1. Сергеев А.Г., Латышев М.В., Терегеря В.В. Метрология, стандартизация, сертификация: Учебное пособие. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Логос, 2010. – 560 с.: ил.

2. Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и сертификация: Учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт-Издат, 2009. – 335 с.

3. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация. Учебник для вузов. 3-е изд. – СПб.: Питер, 2010. - 464 с.: ил.

4. Яблонский О.П., Иванова В.А. Основы стандартизации, метрологии, сертификации: Учебник. – Ростов на/Д: Феникс, 2010. – 448 с.

5. Радкевич Я.М., Лактионов Б.И., Схиртладзе А.Г Метрология, стандартизация и сертификация: Учеб. для вузов - 2-е изд., доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 791 с.

6. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 711 с.

7. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. N 184-ФЗ «О техническом регулировании».

8. Закон Российской Федерации от 7 февраля 1992 г. N 2300-I «О защите прав потребителей».

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

Таблица 1 - Перечень систем межгосударственных и государственных стандартов

| Наименование систем | Аббревиатура в обозначении стандарта | Шифр в обозначении | Категория стандартов |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Государственная система стандартизации РФ | ГСС | 1. | ГОСТ Р |
| Единая система конструкторской документации | ЕСКД | 2. | ГОСТ |
| Единая система технологической документации | ЕСТД | 3. | ГОСТ |
| Система показателей качества продукции | СПКП | 4. | ГОСТ |
| Унифицированная система документации | УСД | 6. | ГОСТ<br>ГОСТ Р |
| Система информационно-библиографической документации | СИБИД | 7. | ГОСТ |
| Государственная система обеспечения единства измерений | ГСИ | 8. | ГОСТ<br>ГОСТ Р |
| Единая система защиты от коррозии и старения | ЕСЗКС | 9. | ГОСТ |
| Система стандартов безопасности труда | ССБТ | 12. | ГОСТ<br>ГОСТ Р |
| Репрография | - | 13. | ГОСТ<br>ГОСТ Р |
| Единая система технологической подготовки производства | ЕСТПП | 14. | ГОСТ |
| Система разработки и постановки продукции на производство | СРПП | 15. | ГОСТ<br>ГОСТ Р |
| Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов | - | 17. | ГОСТ<br>ГОСТ Р |
| Единая система программных документов | ЕСПД | 19. | ГОСТ |
| Система проектной документации по строительству | СПДС | 21. | ГОСТ Р |
| Безопасность в чрезвычайных ситуациях | - | 22. | ГОСТ Р |
| Расчеты и испытания на прочность | - | 25. | ГОСТ |
| Надежность в технике | - | 27. | ГОСТ |
| Система стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения | - | 29. | ГОСТ |
| Информационная технология | - | 34. | ГОСТ Р |
| Система сертификации ГОСТ Р | - | 40. | ГОСТ Р |
| Система аккредитации в РФ | - | 51. | ГОСТ Р |

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 - Нормативные документы по стандартизации

| Наименование документа | Определение | Обозначение | Сфера действия |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Национальный стандарт РФ | Стандарт, принятый ФА Ростехрегулирования | ГОСТ Р | Российская Федерация |
| Региональный стандарт | Стандарт, принятый региональной организацией по стандартизации | ГОСТ, СТ СЭВ | Страны — члены региона |
| Межгосударственный стандарт (является стандартом регионального типа) | Стандарт, принятый Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации или Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве | ГОСТ | Страны — члены Межгосударственного совета (МГС) и (или) Межгосударственной научно-технической комиссии (МНТКС) |
| Международный стандарт | Стандарт, принятый международной организацией по стандартизации | ИСО, МЭК, ИСО/МЭК | Страны — члены и члены-корреспонденты ИСО и МЭК |
| Общероссийский классификатор технико-экономической информации | Документ, принятый Госстандартом России или Госстроем России | ОК | Российская Федерация |
| Стандарт отрасли | Стандарт, принятый государственным органом управления в пределах его компетенции применительно к продукции, работам и услугам отраслевого значения | ОСТ | В одной или нескольких отраслях |
| Стандарт предприятия | Стандарт, принятый предприятием применительно к внутренним продукции, работам и услугам. | СТП | На данном предприятии |
| Стандарт научно-технического, инженерного общества | Стандарт, принятый научно-техническим, инженерным обществом или другим общественным объединением | СТО | На принципиально новые виды продукции, процессы, услуги, методы испытаний |
| Правила | Документ в области стандартизации, метрологии, сертификации, аккредитации, устанавливающий обязательные для применения организационно- технические и (или) общетехнические положения, порядки (правила процедуры), методы (способы, приемы) выполнения работ соответствующих направлений, а также обязательные требования к оформлению результатов этих работ | ПР | Российская Федерация |

Продолжение таблицы Б.2 Нормативные документы по стандартизации

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| Технические условия | Документ, разработанный на конкретную продукцию (изделие, материал, вещество) | ТУ | На конкретное изделие, материал, вещество |
| Рекомендации | Документ в области стандартизации, метрологии, сертификации, аккредитации, содержащий добровольные для применения организационно-технические и (или) общетехнические положения, порядки (правила процедуры), методы (способы, приемы) выполнения работ соответствующих направлений, а также рекомендуемые правила оформления результатов этих работ | Р | Российская Федерация |
| Правила по межгосударственной стандартизации | См. «Правила» | ПМГ | Страны — члены МГС и (или) МНКТС |
| Рекомендации по межгосударственной стандартизации | См. «Рекомендации» | РМГ | Страны — члены МГС и (или) МНКТС |
| Регламент | Документ, содержащий обязательные правовые нормы и принятый органами власти | | Сфера действия регламента |

Все действующие в Российской Федерации государственные, межгосударственные, региональные, национальные стандарты других стран вносятся в ежегодно переиздаваемый указатель «Национальные стандарты».

Национальные стандарты (ГОСТ Р) разрабатываются на продукцию, работы и услуги, имеющие межотраслевое значение, и не должны противоречить законодательству Российской Федерации.

Национальные стандарты должны содержать:

- требования к продукции, работам и услугам по их безопасности для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества, требования техники безопасности и производственной санитарии;
- требования по технической и информационной совместимости, а также взаимозаменяемости продукции;
- основные потребительские (эксплуатационные) характеристики продукции, методы их контроля, требования к упаковке, маркировке, транспортированию, хранению, применению и утилизации продукции;
- правила и нормы, обеспечивающие техническое и информационное единство при разработке, производстве, использовании (эксплуатации) продукции, выполнении работ и оказании услуг, в том числе правила оформления технической документации, допуски и посадки, общие правила обеспечения качества продукции, работ и услуг, сохранения и рационального использования всех видов ресурсов, термины и их определения, условные обозначения, метрологические и другие общетехнические и организационно-технические правила и нормы. В государственных стандартах содержатся как обязательные для выполнения требования к объекту стандартизации, так и рекомендательные.

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 ОБЩЕРОССИЙСКИЕ КЛАССИФИКАТОРЫ

| Код | Наименование ОК | Аббревиатура ОК | Год принятия ОК | Дата введения ОК |
|---|---|---|---|---|
| 001 | Общероссийский классификатор стандартов | ОКС | 1993 | 01.01.95 |
| 002 | Общероссийский классификатор услуг населению | ОКУН | 1993 | 01.01.94 |
| 003 | Общероссийский классификатор органов государственной власти и управления | ОКОГУ | 1993 | 01.01.96 |
| 004 | Общероссийский классификатор видов экономической деятельности, продукции и услуг | ОКДП | 1993 | 01.01.94 |
| 005 | Общероссийский классификатор продукции | ОКП | 1993 | 01.07.94 |
| 006 | Общероссийский классификатор информации по социальной защите населения | ОКИСЗН | 1993 | 01.01.94 |
| 007 | Общероссийский классификатор предприятий и организаций | ОКПО | 1993 | 01.07.94 |
| 009 | Общероссийский классификатор специальностей по образованию | ОКСО | 1993 | 01.07.94 |
| 010 | Общероссийский классификатор занятий | ОКЗ | 1993 | 01.01.95 |
| 011 | Общероссийский классификатор управленческой документации | ОКУД | 1993 | 01.07.94 |
| 012 | Общероссийский классификатор изделий и конструкторских документов | Классификатор ЕСКД | 1993 | 01.07.94 |
| 013 | Общероссийский классификатор основных фондов | ОКОФ | 1994 | 01.01.96 |
| 014 | Общероссийский классификатор валют | ОКВ | 1994 | 01.07.95 |
| 015 | Общероссийский классификатор единиц измерения | ОКЕИ | 1994 | 01.01.96 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 016 | Общероссийский классификатор профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов | ОКПДТР | 1994 | 01.01.96 |
| 017 | Общероссийский классификатор специальностей высшей научной квалификации | ОКСВНК | 1994 | 01.07.95 |
| 018 | Общероссийский классификатор информации о населении | ОКИН | 1995 | 01.07.96 |
| 019 | Общероссийский классификатор объектов административно-территориального деления | ОКАТО | 1995 | 01.01.97 |
| 020 | Общероссийский классификатор деталей, изготавливаемых сваркой, пайкой, склеиванием и термической резкой | ОКД | 1995 | 01.07.96 |
| 021 | Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения | ТКД | 1995 | 01.01.96 |
| 022 | Общероссийский технологический классификатор сборочных единиц машиностроения и приборостроения | ОТКСЕ | 1995 | 01.01.97 |
| 023 | Общероссийский классификатор начального профессионального образования | ОКНПО | 1995 | 01.07.96 |
| 024 | Общероссийский классификатор экономических регионов | ОКЭР | 1995 | 01.01.97 |
| 025 | Общероссийский классификатор стран мира | ОКСМ | 1995 | 01.07.96 |
| 026 | Общероссийский классификатор информации об общероссийских классификаторах | ОКОК | 1995 | 01.07.96 |
| 027 | Общероссийский классификатор форм собственности | ОКФС | 1999 | 01.01.2000 |
| 028 | Общероссийский классификатор организационно-правовых форм | ОКОПФ | 1999 | 01.01.2000 |
| 029 | Общероссийский классификатор видов экономической деятельности | ОКВЭД | 2001 | 01.01.2003 |

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

# Б1.Б.1.22 КУЛЬТУРОЛОГИЯ

Специальность:
*21.05.02 Прикладная геология*

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания***

Автор: Гладкова И.В., к.ф.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры
*Философии и культурологии*
*(название кафедры)*
Зав. кафедрой _____
*(подпись)*
к.ф.н., доц. Беляев В.П.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 6 от 28.02.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией
факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

Методические рекомендации к дисциплине «КУЛЬТУРОЛОГИЯ» согласованы с выпускающей кафедрой Геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых

Заведующий кафедрой _____ В.А.Душин

**СОДЕРЖАНИЕ**


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1 | Методические рекомендации по работе с текстом лекций | 5 |
| 2 | Методические рекомендации по подготовке к опросу | 8 |
| 3 | Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации) | 9 |
| 4 | Методические рекомендации по написанию эссе | 11 |
| 5 | Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям | 14 |
| 6 | Методические рекомендации по подготовке к дискуссии | 15 |
| 7 | Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов | 17 |
| | Заключение | 20 |
| | Список использованных источников | 21 |

## ВВЕДЕНИЕ

Инициативная самостоятельная работа студента есть неотъемлемая составная часть учебы в вузе. В современном формате высшего образования значительно возрастает роль самостоятельной работы студента. Правильно спланированная и организованная самостоятельная работа обеспечивает достижение высоких результатов в учебе.

**Самостоятельная работа студента (СРС)** - это планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, при сохранении ведущей роли студентов.

Целью СРС является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками по профилю будущей специальности, опытом творческой, исследовательской деятельности, развитие самостоятельности. Ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней. Самостоятельная работа студента – важнейшая составная часть учебного процесса, обязательная для каждого студента, объем которой определяется учебным планом. Методологическую основу СРС составляет деятельностный подход, при котором цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, т. е. на реальные ситуации, в которых студентам надо проявить знание конкретной дисциплины. Предметно и содержательно СРС определяется государственным образовательным стандартом, действующими учебными планами и образовательными программами различных форм обучения, рабочими программами учебных дисциплин, средствами обеспечения СРС: учебниками, учебными пособиями и методическими руководствами, учебно-программными комплексами и т.д.

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

***Самостоятельная работа студента*** - это особым образом организованная деятельность, включающая в свою структуру такие компоненты, как:

- уяснение цели и поставленной учебной задачи;
- четкое и системное планирование самостоятельной работы;
- поиск необходимой учебной и научной информации;
- освоение информации и ее логическая переработка;

- использование методов исследовательской, научно-исследовательской работы для решения поставленных задач;
- выработка собственной позиции по поводу полученной задачи;
- представление, обоснование и защита полученного решения;
- проведение самоанализа и самоконтроля.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная.

*Аудиторная самостоятельная работа* по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию: текущие консультации, коллоквиум, прием и разбор домашних заданий и другие.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия: подготовка презентаций, составление глоссария, подготовка к практическим занятиям, подготовка рецензий, аннотаций на статью, подготовка к дискуссиям, круглым столам.

СРС может включать следующие формы работ:

- изучение лекционного материала;
- работа с источниками литературы: поиск, подбор и обзор литературы и электронных источников информации по заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий, выдаваемых на практических занятиях: тестов, докладов, контрольных работ и других форм текущего контроля;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельное изучение; подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к контрольной работе или коллоквиуму;
- подготовка к зачету, экзамену, другим аттестациям;
- написание реферата, эссе по заданной проблем;
- выполнение расчетно-графической работы;
- выполнение выполнение курсовой работы или проекта;
- анализ научной публикации по определенной преподавателем теме, ее реферирование;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения. Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Подготовка к самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

.

## 1. Методические рекомендации по работе с текстом лекций

На лекционных занятиях необходимо конспектировать учебный материал. Обращать внимание на формулировки, определения, раскрывающие содержание тех или иных понятий, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском мастерстве. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента, и помогает усвоить учебный материал.

Желательно оставлять в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений, фиксировать вопросы, вызывающие личный интерес, варианты ответов на них, сомнения, проблемы, спорные положения. Рекомендуется вести записи на одной стороне листа, оставляя вторую сторону для размышлений, разборов, вопросов, ответов на них, для фиксирования деталей темы или связанных с ней фактов, которые припоминаются самим студентом в ходе слушания.

Слушание лекций - сложный вид интеллектуальной деятельности, успех которой обусловлен *умением слушать*, и стремлением воспринимать материал, нужное записывая в тетрадь. Запись лекции помогает сосредоточить внимание на главном, в ходе самой лекции продумать и осмыслить услышанное, осознать план и логику изложения материала преподавателем.

Такая работа нередко вызывает трудности у студентов: некоторые стремятся записывать все дословно, другие пишут отрывочно, хаотично. Чтобы избежать этих ошибок, целесообразно придерживаться ряда правил.

1. После записи ориентирующих и направляющих внимание данных (тема, цель, план лекции, рекомендованная литература) важно попытаться проследить, как они раскрываются в содержании, подкрепляются формулировками, доказательствами, а затем и выводами.

2. Записывать следует основные положения и доказывающие их аргументы, наиболее яркие примеры и факты, поставленные преподавателем вопросы для самостоятельной проработки.

3. Стремиться к четкости записи, ее последовательности, выделяя темы, подтемы, вопросы и подвопросы, используя цифровую и буквенную нумерацию (римские и арабские цифры, большие и малые буквы), красные строки, выделение абзацев, подчеркивание главного и т.д.

Форма записи материала может быть различной - в зависимости от специфики изучаемого предмета. Это может быть стиль учебной программы (назывные предложения), уместны и свои краткие пояснения к записям.

Студентам не следует подробно записывать на лекции «все подряд», но обязательно фиксировать то, что преподаватели диктуют – это базовый конспект, содержащий основные положения лекции: определения, выводы, параметры, критерии, аксиомы, постулаты, парадигмы, концепции, ситуации, а также мысли-маяки (ими часто являются афоризмы, цитаты, остроумные изречения). Запись лекции лучше вести в сжатой форме, короткими и четкими фразами. Каждому студенту полезно выработать свою систему сокращений, в которой он мог бы разобраться легко и безошибочно.

Даже отлично записанная лекция предполагает дальнейшую самостоятельную работу над ней (осмысление ее содержания, логической структуры, выводов). С целью доработки конспекта лекции необходимо в первую очередь прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить описки, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополняя и исправляя свои записи. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект. Доработанный конспект и

рекомендуемая литература используется при подготовке к практическому занятию. Знание лекционного материала при подготовке к практическому занятию обязательно.

Особенно важно в процессе самостоятельной работы над лекцией выделить новый понятийный аппарат, уяснить суть новых понятий, при необходимости обратиться к словарям и другим источникам, заодно устранив неточности в записях. Главное - вести конспект аккуратно и регулярно, только в этом случае он сможет стать подспорьем в изучении дисциплины.

Работа над лекцией стимулирует самостоятельный поиск ответов на самые различные вопросы: над какими понятиями следует поработать, какие обобщения сделать, какой дополнительный материал привлечь.

Важным средством, направляющим самообразование, является выполнение различных заданий по тексту лекции, например, составление ее развернутого плана или тезисов; ответы на вопросы проблемного характера, (скажем, об основных тенденциях развития той или иной проблемы); составление проверочных тесты по проблеме, написание по ней реферата, составление графических схем.

По своим задачам лекции могут быть разных жанров: *установочная лекция* вводит в изучение курса, предмета, проблем (что и как изучать), а *обобщающая лекция* позволяет подвести итог (зачем изучать), выделить главное, усвоить законы развития знания, преемственности, новаторства, чтобы применить обобщенный позитивный опыт к решению современных практических задач. Обобщающая лекция ориентирует в истории и современном состоянии научной проблемы.

В процессе освоения материалов обобщающих лекций студенты могут выполнять задания разного уровня. Например: задания *репродуктивного* уровня (составить развернутый план обобщающей лекции, составить тезисы по материалам лекции); задания *продуктивного* уровня (ответить на вопросы проблемного характера, составить опорный конспект по схеме, выявить основные тенденции развития проблемы); задания *творческого* уровня (составить проверочные тесты по теме, защитить реферат и графические темы по данной проблеме). Обращение к ранее изученному материалу не только помогает восстановить в памяти известные положения, выводы, но и приводит разрозненные знания в систему, углубляет и расширяет их. Каждый возврат к старому материалу позволяет найти в нем что-то новое, переосмыслить его с иных позиций, определить для него наиболее подходящее место в уже имеющейся системе знаний.

.

## 2. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

***Письменный опрос***

Письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента. При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

***Устный опрос***

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии [1].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).
8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[2].

---

[1] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

[2] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. Объем временина на подготовку к устному опросу зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

## 3.Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)

Доклад – публичное сообщение по заданной теме, представляющее собой развернутое изложение на определенную тему, вид самостоятельной работы, который используется в учебных и внеаудиторных занятиях и способствует формированию навыков исследовательской работы, освоению методов научного познания, приобретению навыков публичного выступления, расширяет познавательные интересы, приучает критически мыслить.

При подготовке доклада используется дополнительная литература, систематизируется материал. Работа над докладом не только позволяет учащемуся приобрести новые знания, но и способствует формированию важных научно-исследовательских навыков самостоятельной работы с научной литературой, что повышает познавательный интерес к научному познанию.

Приветствуется использование мультимедийных технологий, подготовка докладов-презентаций.

*Доклад должен соответствовать следующим требованиям*:

- тема доклада должна быть согласованна с преподавателем и соответствовать теме занятия;

- иллюстрации (слайды в презентации) должны быть достаточными, но не чрезмерными;

- материалы, которыми пользуется студент при подготовке доклада-презентации, должны тсоответствовать научно-методическим требованиям ВУЗа и быть указаны в докладе;

- необходимо соблюдать регламент: 7-10 минут выступления.

Преподаватель может дать тему сразу нескольким студентам одной группы, по принципу: докладчик и оппонент. Студенты могут подготовить два выступления с противоположными точками зрения и устроить дискуссию по проблемной теме. Докладчики и содокладчики во многом определяют содержание, стиль, активность данного занятия, для этого необходимо:

- использовать технические средства;
- знать и хорошо ориентироваться в теме всей презентации (семинара);
- уметь дискутировать и быстро отвечать на вопросы;
- четко выполнять установленный регламент: докладчик - 7-10 мин.; содокладчик - 5 мин.; дискуссия - 10 мин;
- иметь представление о композиционной структуре доклада.

После выступления докладчик и содокладчик, должны ответить на вопросы слушателей.

В подготовке доклада выделяют следующие этапы:

1. Определение цели доклада: информировать, объяснить, обсудить что-то (проблему, решение, ситуацию и т. п.)

2. Подбор литературы, иллюстративных примеров.

3. Составление плана доклада, систематизация материала, композиционное оформление доклада в виде печатного /рукописного текста и электронной презентации.

***Общая структура доклада***

Построение доклада включает три части: вступление, основную часть и заключение.

***Вступление.***

Вступление должно содержать:

- название презентации (доклада);
- сообщение основной идеи;
- обоснование актуальности обсуждаемого вопроса;

- современную оценку предмета изложения;
- краткое перечисление рассматриваемых вопросов;
- живую интересную форму изложения;
- акцентирование оригинальности подхода.

***Основная часть.***

Основная часть состоит из нескольких разделов, постепенно раскрывающих тему. Возможно использование иллюстрации (графики, диаграммы, фотографии, карты, рисунки) Если необходимо, для обоснования темы используется ссылка на источники с доказательствами, взятыми из литературы (цитирование авторов, указание цифр, фактов, определений). Изложение материала должно быть связным, последовательным, доказательным.

Задача основной части - представить достаточно данных для того, чтобы слушатели и заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

***Заключение.***

Заключение - это ясное четкое обобщение, в котором подводятся итоги, формулируются главные выводы, подчеркивается значение рассмотренной проблемы, предлагаются самые важные практические рекомендации. Требования к оформлению доклада. Объем машинописного текста доклада должен быть рассчитан на произнесение доклада в течение 7 -10 минут (3-5 машинописных листа текста с докладом).

Доклад оценивается по следующим критериям:

| *Критерии оценки доклада, сообщения* | *Количество баллов* |
|---|---|
| Содержательность, информационная насыщенность доклада | 1 |
| Наличие аргументов | 1 |
| Наличие выводов | 1 |
| Наличие презентации доклада | 1 |
| Владение профессиональной лексикой | 1 |
| Итого: | 5 |

Электронные презентации выполняются в программе MS PowerPoint в виде слайдов в следующем порядке: • титульный лист с заголовком темы и автором исполнения презентации; • план презентации (5-6 пунктов - это максимум); • основная часть (не более 10 слайдов); • заключение (вывод). Общие требования к стилевому оформлению презентации: • дизайн должен быть простым и лаконичным; • основная цель - читаемость, а не субъективная красота; цветовая гамма должна состоять не более чем из двух-трех цветов; ● всегда должно быть два типа слайдов: для титульных и для основного текста; ● размер шрифта должен быть: 24–54 пункта (заголовок), 18–36 пунктов (обычный текст); ● текст должен быть свернут до ключевых слов и фраз. Полные развернутые предложения на слайдах таких презентаций используются только при цитировании; каждый слайд должен иметь заголовок; ● все слайды должны быть выдержаны в одном стиле; ● на каждом слайде должно быть не более трех иллюстраций; ● слайды должны быть пронумерованы с указанием общего количества слайдов

## 4. Методические рекомендации по написанию эссе

***Эссе*** - это самостоятельная письменная работа на тему, предложенную преподавателем. Цель эссе состоит в развитии навыков самостоятельного творческого мышления и письменного изложения собственных мыслей. Писать эссе чрезвычайно полезно, поскольку это позволяет автору научиться четко и грамотно формулировать мысли, структурировать информацию, использовать основные категории анализа, выделять причинно-следственные связи, иллюстрировать понятия соответствующими примерами, аргументировать свои выводы; овладеть научным стилем речи.

Эссе должно содержать: четкое изложение сути поставленной проблемы, включать самостоятельно проведенный анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария, рассматриваемого в рамках дисциплины, выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме. В зависимости от специфики дисциплины формы эссе могут значительно дифференцироваться. В некоторых случаях это может быть анализ имеющихся статистических данных по изучаемой проблеме, анализ материалов из средств массовой информации и использованием изучаемых моделей, подробный разбор предложенной задачи с развернутыми мнениями, подбор и детальный анализ примеров, иллюстрирующих проблему и т.д.

Построение эссе - это ответ на вопрос или раскрытие темы, которое основано на классической системе доказательств.

*Структура эссе*

1. *Титульный лист* (заполняется по единой форме);

2. *Введение* - суть и обоснование выбора данной темы, состоит из ряда компонентов, связанных логически и стилистически.

На этом этапе очень важно правильно *сформулировать вопрос, на который вы собираетесь найти ответ в ходе своего исследования.*

3. *Основная часть* - теоретические основы выбранной проблемы и изложение основного вопроса.

Данная часть предполагает развитие аргументации и анализа, а также обоснование их, исходя из имеющихся данных, других аргументов и позиций по этому вопросу. В этом заключается основное содержание эссе и это представляет собой главную трудность. Поэтому важное значение имеют подзаголовки, на основе которых осуществляется структурирование аргументации; именно здесь необходимо обосновать (логически, используя данные или строгие рассуждения) предлагаемую аргументацию/анализ. Там, где это необходимо, в качестве аналитического инструмента можно использовать графики, диаграммы и таблицы.

В зависимости от поставленного вопроса анализ проводится на основе следующих категорий:

Причина - следствие, общее - особенное, форма - содержание, часть - целое, постоянство - изменчивость.

В процессе построения эссе необходимо помнить, что один параграф должен содержать только одно утверждение и соответствующее доказательство, подкрепленное графическим и иллюстративным материалом. Следовательно, наполняя содержанием разделы аргументацией (соответствующей подзаголовкам), необходимо в пределах параграфа ограничить себя рассмотрением одной главной мысли.

Хорошо проверенный (и для большинства — совершено необходимый) способ построения любого эссе - использование подзаголовков для обозначения ключевых моментов аргументированного изложения: это помогает посмотреть на то, что предполагается сделать (и ответить на вопрос, хорош ли замысел). Такой подход поможет следовать точно определенной цели в данном исследовании. Эффективное использование подзаголовков - не только обозначение основных пунктов, которые необходимо осветить.

Их последовательность может также свидетельствовать о наличии или отсутствии логичности в освещении темы.

4. *Заключение* - обобщения и аргументированные выводы по теме с указанием области ее применения и т.д. Подытоживает эссе или еще раз вносит пояснения, подкрепляет смысл и значение изложенного в основной части. Методы, рекомендуемые для составления заключения: повторение, иллюстрация, цитата, впечатляющее утверждение. Заключение может содержать такой очень важный, дополняющий эссе элемент, как указание на применение (импликацию) исследования, не исключая взаимосвязи с другими проблемами.

***Структура аппарата доказательств, необходимых для написания эссе***

Доказательство - это совокупность логических приемов обоснования истинности какого-либо суждения с помощью других истинных и связанных с ним суждений. Оно связано с убеждением, но не тождественно ему: аргументация или доказательство должны основываться на данных науки и общественно-исторической практики, убеждения же могут быть основаны на предрассудках, неосведомленности людей в вопросах экономики и политики, видимости доказательности. Другими словами, доказательство или аргументация - это рассуждение, использующее факты, истинные суждения, научные данные и убеждающее нас в истинности того, о чем идет речь.

Структура любого доказательства включает в себя три составляющие: тезис, аргументы и выводы или оценочные суждения.

*Тезис* - это положение (суждение), которое требуется доказать. *Аргументы* - это категории, которыми пользуются при доказательстве истинности тезиса. *Вывод* - это мнение, основанное на анализе фактов. *Оценочные суждения* - это мнения, основанные на наших убеждениях, верованиях или взглядах. *Аргументы* обычно делятся на следующие группы:

1. *Удостоверенные факты* — фактический материал (или статистические данные).
2. *Определения* в процессе аргументации используются как описание понятий, связанных с тезисом.
3. *Законы* науки и ранее доказанные теоремы тоже могут использоваться как аргументы доказательства.

***Требования к фактическим данным и другим источникам***

При написании эссе чрезвычайно важно то, как используются эмпирические данные и другие источники (особенно качество чтения). Все (фактические) данные соотносятся с конкретным временем и местом, поэтому прежде, чем их использовать, необходимо убедится в том, что они соответствуют необходимому для исследований времени и месту. Соответствующая спецификация данных по времени и месту — один из способов, который может предотвратить чрезмерное обобщение, результатом которого может, например, стать предположение о том, что все страны по некоторым важным аспектам одинаковы (если вы так полагаете, тогда это должно быть доказано, а не быть голословным утверждением).

Всегда можно избежать чрезмерного обобщения, если помнить, что в рамках эссе используемые данные являются иллюстративным материалом, а не заключительным актом, т.е. они подтверждают аргументы и рассуждения и свидетельствуют о том, что автор умеет использовать данные должным образом. Нельзя забывать также, что данные, касающиеся спорных вопросов, всегда подвергаются сомнению. От автора не ждут определенного или окончательного ответа. Необходимо понять сущность фактического материала, связанного с этим вопросом (соответствующие индикаторы? насколько надежны данные для построения таких индикаторов? к какому заключению можно прийти на основании имеющихся данных и индикаторов относительно причин и следствий? и т.д.), и продемонстрировать это в эссе. Нельзя ссылаться на работы, которые автор эссе не читал сам.

### *Как подготовить и написать эссе*

Качество любого эссе зависит от трех взаимосвязанных составляющих, таких как:

1. Исходный материал, который будет использован (конспекты прочитанной литературы, лекций, записи результатов дискуссий, собственные соображения и накопленный опыт по данной проблеме).

2. Качество обработки имеющегося исходного материала (его организация, аргументация и доводы).

3. Аргументация (насколько точно она соотносится с поднятыми в эссе проблемами).

Процесс написания эссе можно разбить на несколько стадий: обдумывание - планирование - написание - проверка - правка.

*Планирование* - определение цели, основных идей, источников информации, сроков окончания и представления работы.

*Цель* должна определять действия.

*Идеи*, как и цели, могут быть конкретными и общими, более абстрактными. Мысли, чувства, взгляды и представления могут быть выражены в форме аналогий, ассоциации, предположений, рассуждений, суждений, аргументов, доводов и т.д.

*Аналогии* - выявление идеи и создание представлений, связь элементов значений.

*Ассоциации* - отражение взаимосвязей предметов и явлений действительности в форме закономерной связи между нервно - психическими явлениями (в ответ на тот или иной словесный стимул выдать «первую пришедшую в голову» реакцию).

*Предположения* - утверждение, не подтвержденное никакими доказательствами.

*Рассуждения* - формулировка и доказательство мнений.

*Аргументация* - ряд связанных между собой суждений, которые высказываются для того, чтобы убедить читателя (слушателя) в верности (истинности) тезиса, точки зрения, позиции.

*Суждение* - фраза или предложение, для которого имеет смысл вопрос: истинно или ложно?

*Доводы* - обоснование того, что заключение верно абсолютно или с какой-либо долей вероятности. В качестве доводов используются факты, ссылки на авторитеты, заведомо истинные суждения (законы, аксиомы и т.п.), доказательства (прямые, косвенные, «от противного», «методом исключения») и т.д.

Перечень, который получится в результате перечисления идей, поможет определить, какие из них нуждаются в особенной аргументации.

*Источники***.** Тема эссе подскажет, где искать нужный материал. Обычно пользуются библиотекой, Интернет-ресурсами, словарями, справочниками. Пересмотр означает редактирование текста с ориентацией на качество и эффективность.

*Качество текста* складывается из четырех основных компонентов: ясности мысли, внятности, грамотности и корректности.

*Мысль* - это содержание написанного. Необходимо четко и ясно формулировать идеи, которые хотите выразить, в противном случае вам не удастся донести эти идеи и сведения до окружающих.

*Внятность* - это доступность текста для понимания. Легче всего ее можно достичь, пользуясь логично и последовательно тщательно выбранными словами, фразами и взаимосвязанными абзацами, раскрывающими тему.

*Грамотность* отражает соблюдение норм грамматики и правописания. Если в чем-то сомневаетесь, загляните в учебник, справьтесь в словаре или руководстве по стилистике или дайте прочитать написанное человеку, чья манера писать вам нравится.

*Корректность* — это стиль написанного. Стиль определятся жанром, структурой работы, целями, которые ставит перед собой пишущий, читателями, к которым он обращается.

## 5. Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой *дискуссию* в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие подведением итогоа обсуждения, заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия, демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Готовясь к конкретной теме занятия следует ознакомиться с новыми официальными документами, статьями в периодических журналах, вновь вышедшими монографиями.

## 6. Методические рекомендации по подготовке к дискуссии

Современная практика предлагает широкий круг типов семинарских занятий. Среди них особое место занимает *семинар-дискуссия,* где в диалоге хорошо усваивается новая информация, видны убеждения студента, обсуждаются противоречия (явные и скрытые) и недостатки. Для обсуждения берутся конкретные актуальные вопросы, с которыми студенты предварительно ознакомлены. Дискуссия является одной из наиболее эффективных технологий группового взаимодействия, обладающей особыми возможностями в обучении, развитии и воспитании будущего специалиста.

***Дискуссия*** (от лат. discussio - рассмотрение, исследование) - способ организации совместной деятельности с целью интенсификации процесса принятия решений в группе посредством обсуждения какого-либо вопроса или проблемы.

*Дискуссия* обеспечивает активное включение студентов в поиск истины; создает условия для открытого выражения ими своих мыслей, позиций, отношений к обсуждаемой теме и обладает особой возможностью воздействия на установки ее участников в процессе группового взаимодействия. Дискуссию можно рассматривать как *метод интерактивного обучения* и как особую технологию, включающую в себя другие методы и приемы обучения: «мозговой штурм», «анализ ситуаций» и т.д.

Обучающий эффект дискуссии определяется предоставляемой участнику возможностью получить разнообразную информацию от собеседников, продемонстрировать и повысить свою компетентность, проверить и уточнить свои представления и взгляды на обсуждаемую проблему, применить имеющиеся знания в процессе совместного решения учебных и профессиональных задач.

Развивающая функция дискуссии связана со стимулированием творчества обучающихся, развитием их способности к анализу информации и аргументированному, логически выстроенному доказательству своих идей и взглядов, с повышением коммуникативной активности студентов, их эмоциональной включенности в учебный процесс.

Влияние дискуссии на личностное становление студента обусловливается ее целостно - ориентирующей направленностью, созданием благоприятных условий для проявления индивидуальности, самоопределения в существующих точках зрения на определенную проблему, выбора своей позиции; для формирования умения взаимодействовать с другими, слушать и слышать окружающих, уважать чужие убеждения, принимать оппонента, находить точки соприкосновения, соотносить и согласовывать свою позицию с позициями других участников обсуждения.

Безусловно, наличие оппонентов, противоположных точек зрения всегда обостряет дискуссию, повышает ее продуктивность, позволяет создавать с их помощью конструктивный конфликт для более эффективного решения обсуждаемых проблем.

Существует несколько видов дискуссий, использование того или иного типа дискуссии зависит от характера обсуждаемой проблемы и целей дискуссии.

*Дискуссия- диалог* чаще всего применяется для совместного обсуждения учебных и производственных проблем, решение которых может быть достигнуто путем взаимодополнения, группового взаимодействия по принципу «индивидуальных вкладов» или на основе согласования различных точек зрения, достижения консенсуса.

*Дискуссия - спор* используется для всестороннего рассмотрения сложных проблем, не имеющих однозначного решения даже в науке, социальной, политической жизни, производственной практике и т.д. Она построена на принципе «позиционного противостояния» и ее цель - не столько решить проблему, сколько побудить участников дискуссии задуматься над проблемой, уточнить и определить свою позицию; научить аргументировано отстаивать свою точку зрения и в то же время осознать право других иметь свой взгляд на эту проблему, быть индивидуальностью.

Условия эффективного проведения дискуссии:

- информированность и подготовленность студентов к дискуссии,

- свободное владение материалом, привлечение различных источников для аргументации отстаиваемых положений;

- правильное употребление понятий, используемых в дискуссии, их единообразное понимание;

- корректность поведения, недопустимость высказываний, задевающих личность оппонента; установление регламента выступления участников;

- полная включенность группы в дискуссию, участие каждого студента в ней.

**Подготовка студентов к дискуссии:** если тема объявлена заранее, то следует ознакомиться с указанной литературой, необходимыми справочными материалами, продумать свою позицию, четко сформулировать аргументацию, выписать цитаты, мнения специалистов.

**В проведении** дискуссии выделяется несколько этапов.

*Этап 1-й, введение в дискуссию***:** формулирование проблемы и целей дискуссии;

определение значимости проблемы, совместная выработка правил дискуссии; выяснение однозначности понимания темы дискуссии, используемых в ней терминов, понятий.

*Этап 2-й, обсуждение проблемы***:** обмен участниками мнениями по каждому вопросу. Цель этапа - собрать максимум мнений, идей, предложений, соотнося их друг с другом.

*Этап 3-й, подведение итогов обсуждения***:** выработка студентами согласованного мнения и принятие группового решения.

Далее подводятся итоги дискуссии, заслушиваются и защищаются проектные задания. После этого проводится "мозговой штурм" по нерешенным проблемам дискуссии, а также выявляются прикладные аспекты, которые можно рекомендовать для включения в курсовые и дипломные работы или в апробацию на практике.

Семинары-дискуссии проводятся с целью выявления мнения студентов по актуальным и проблемным вопросам.

## 7. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

***Экзамен*** - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь

на то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины. Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На

консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон, иначе в день экзамена не будет чувства бодрости и уверенности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестное выполнение заданий;

3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;

6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;

7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально - ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

2. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

3. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
## ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
## Б1.Б.2.01 «ГРУНТОВЕДЕНИЕ» ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ
## 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод***
***и инженерно-геологические изыскания***

Автор: Абатурова И. В., д.г-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии
*(название кафедры)*
Зав.кафедрой _____
*(подпись)*
Тагильцев С. Н.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 19 от 12.02.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией
Факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

## Структура и содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине «Грунтоведение»

Последовательность изучения тем, выписанных на самостоятельную проработку, рекомендуется согласовывать с рабочей программой дисциплины.

Прежде всего студенту следует ознакомиться с содержанием теоретических разделов дисциплины. Приступив к проработке темы необходимо вначале уяснить из методических указаний рабочей программы круг, рассматриваемых вопросов, затем изучить материал темы по рекомендуемой литературе, выделить главные вопросы основные положения законспектировать, дать ответы на вопросы для самопроверки.

Цель самостоятельной работы заключается в том, чтобы студенты стремились к поиску и получению новой информации, необходимой для решения инженерных задач, интеграции знаний применительно к своей области деятельности, к осознанию ответственности за принятия своих профессиональных решений.

Содержание самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа делится на 2 вида:

I. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям, включает в себя 1 части

Первая часть – это работа с литературными источниками, которая проверяется во время тестирования

Вторая часть – подготовка к лабораторным работам

Задание к 1 части. Подготовить краткий конспект о формировании различных генетических типов грунтов и их инженерно-геологических

особенностях. Описание должно содержать: условия образования грунтов, их структурно-текстурные особенности, физико-механические свойства, которые для них характерны.

Подготовить краткий конспект об условиях формирования массивов грунтов. Описание должно содержать: какие типы массивов существуют, с какими факторами связана неоднородность и анизотропия массивов, как влияет «масштабный» эффект на изучение свойств массива пород

Для конспекта использовать не мене трех источников литературы и инженерные ресурсы

Часть 2. Подготовка к лабораторным работам

При подготовке к каждой лабораторной работе необходимо составить: план выполнения работы и каталог определений, формул, единиц измерения.

План выполнения работы должен содержать вступительную часть (цели и задачи) далее ход работы и ее результат

Общая трудоемкость самостоятельной работы составляет 153 часа(очная) и 267(заочная)

II. Другие виды самостоятельной работы

Контрольная работа: построение паспорта прочности по результатам выполненных работ

**Министерство образования и науки РФ**
**ФГБОУ ВО**
**«Уральский государственный горный университет»**

# ОПЫТНО-ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ РАБОТЫ

## Часть 1

## Практикум по динамике подземных вод для студентов специализации «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания» направления 21.05.02 – «Прикладная геология»

**Екатеринбург**
**2018**

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»
МИНОБРНАУКИ

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
факультета геологии
и геофизики УГГУ
13 апреля 2017 г.
Председатель комиссии
проф. В. И. Бондарев

# ОПЫТНО-ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ РАБОТЫ

## Часть 1

Практикум по динамике подземных вод для студентов специализации «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания» направления 21.05.02– «Прикладная геология»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

О 62

Р е ц е н з е н т – Савинцев И. А., к. г. м. н., доцент кафедры ГИГГ УГГУ

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры ГИГГ 22 июня 2016 г. (протокол № 58) и рекомендованы к изданию в УГГУ.

Опытно-фильтрационные работы: практикум для студентов специализации О62 "Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания" направления 21.05.02 - "Прикладная геология" / С. Н. Тагильцев, Т. Н. Кибанова, В. С. Тагильцев, А. Е. Рубцова. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. 53 с.

В практикуме изложена программа по проведению опытно-фильтрационных работ (ОФР) и содержание учебных задач. Достаточно подробно представлены основные исходные теоретические и методические положения, которые необходимы для осознанного выполнения задач. В пособии изложены необходимые рекомендации по выполнению основных видов ОФР, уделено значительное внимание чисто практическим аспектам выполнения всех видов работ.

© Тагильцев С. Н., Кибанова Т. Н.,
Тагильцев В. С., Рубцова А. Е., 2018
© Уральский государственный
горный университет, 2018

**Оглавление**

**ВВЕДЕНИЕ** ..... **5**

**1. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЫТНО-ФИЛЬТРАЦИОННЫХ РАБОТ** ..... **6**

***1.1. Основные понятия*** ..... ***6***

***1.2. Методика проведения опытно-фильтрационных работ*** ..... ***9***

1.2.1. Выполнение экспресс-налива ..... 10

1.2.2. Кустовые откачки ..... 10

**2. СХЕМАТИЗАЦИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ** ..... **12**

***2.1. Особенности интерпретации данных фильтрационных исследований*** ..... ***12***

***2.2. Схематизация гидрогеологических условий*** ..... ***13***

2.2.1. Схематизация режима фильтрации ..... 13

2.2.2. Схематизация структуры и формы потока ..... 15

2.2.3. Схематизация гидравлического состояния потока ..... 16

2.2.4. Схематизация основных источников питания пласта ..... 19

2.2.5. Схематизация фильтрационной неоднородности ..... 20

2.2.6. Схематизация граничных условий ..... 20

2.2.7. Вывод по схематизации ..... 21

**3. ОБРАБОТКА ДАННЫХ ОПЫТНО-ФИЛЬТРАЦИОННЫХ РАБОТ** ..... **22**

***3.1. Откачки в безграничных пластах*** ..... ***22***

***3.2. Метод эталонной кривой*** ..... ***23***

***3.3. Откачки в двухслойных пластах*** ..... ***25***

***3.4. Обработка данных восстановления уровней*** ..... ***28***

***3.5. Особенности интерпретации данных одиночных опробований*** ..... ***33***

***3.6. Влияние емкости ствола скважин на результаты опробования*** ..... ***36***

**4. УЧЕБНЫЕ ЗАДАЧИ** ..... **40**

***4.1. Обработка опытной откачки в палеогеновом водоносном горизонте (изотропный пласт)*** ..... ***40***

*4.2. Обработка опытной откачки в палеогеновом водоносном горизонте (анизотропный пласт)* ..... *41*
*4.3. Обработка опытной откачки в хазарском водоносном горизонте* .... *43*
*4.4. Наливы и откачки с постоянным дебитом в одиночных скважинах*
*Налив с постоянным дебитом в скважину 2а* ..... *45*
**5. ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ УЧЕБНОЙ ЗАДАЧИ** ..... **47**
**ЛИТЕРАТУРА** ..... **50**

# ВВЕДЕНИЕ

Опытно-фильтрационные работы (ОФР) являются важнейшим видом исследований, проводимых при решении различных гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических задач. Умение правильно ставить, проводить и интерпретировать результаты ОФР в значительной степени определяет уровень квалификации инженера-гидрогеолога, так как эти работы составляют основу гидрогеологической специализации.

В динамике подземных вод непрерывно происходят значительные изменения, которые определяются актуальными гидрогеологическими задачами, возникающими при решении вопросов мелиоративной гидрогеологии, водоснабжения, разработки месторождений полезных ископаемых, загрязнения подземных вод и ряда других направлений. При этом усиливается роль гидродинамического изучения и прогноза все более тонких и сложных гидрогеологических процессов.

Гидродинамические методы развиваются в основном по пути все большего отражения природной (геологической и гидрогеологической) обстановки, учета физико-химических процессов, широкого привлечения аппарата математической физики с использованием математического моделирования как инструмента для решения конкретных задач. Эти преобразования должны, естественно, найти свое отражение в учебных программах и пособиях по курсу «Динамика подземных вод».

В пособии изложены необходимые рекомендации по основным видам учебных ОФР, уделено значительное внимание чисто практическим аспектам выполнения тех или иных видов работ: ведению документации, методике проведения опытов, первичной интерпретации полученных результатов.

# 1. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЫТНО-ФИЛЬТРАЦИОННЫХ РАБОТ

## *1.1. Основные понятия*

Опытно-фильтрационные работы проводятся для решения следующих задач:

1. Определение гидрогеологических параметров водоносных горизонтов - коэффициентов фильтрации, водопроводимости, пьезо- и уровнепроводности, водоотдачи, перетекания, сопротивления подрусловых отложений, действующих гидродинамических радиусов опытных скважин.
2. Изучение характера взаимосвязи подземных и поверхностных вод, а также взаимодействие водоносных горизонтов между собой.
3. Получение зависимости между дебитом скважины и понижением уровня в ней (при установившемся режиме откачки).
4. Оценка характера связи уровня воды в скважине и в водоносном пласте (оценка инерционности пьезометров – наблюдательных скважин).

Опытно-фильтрационные работы нередко определяют как фильтрационные опробования [3]. Фильтрационные опробования выполняются откачками из скважин, а также наливами и нагнетаниями в скважины. Нагнетание отличается от налива тем, что при нагнетании над устьем скважины создаётся дополнительный напор с помощью специальных технических средств.

Фильтрационные опробования скважин подразделяют на одиночные и кустовые. Одиночное опробование характеризуется тем, что фильтрационный опыт (откачка, налив, нагнетание) производится в отдельной (одиночной) скважине. В этой же скважине выполняются наблюдения за изменениями (возмущениями) уровня подземных вод в ходе фильтрационного опыта. При кустовых откачках (наливах), кроме опытной (центральной) скважины, наблюдения за изменениями уровня подземных вод производятся в других

(наблюдательных) скважинах [1]. Количество наблюдательных скважин может быть любым.

Принято считать, что с помощью одиночных откачек можно получить лишь самые общие сведения о гидрогеологических параметрах водоносных горизонтов, а кустовые откачки дают возможность решать значительно больший круг задач и с более высокой степенью точности. Эти представления являются не совсем верными. Тщательное проведение и квалифицированная интерпретация данных одиночных опробований позволяют получить почти полный набор гидрогеологических параметров водоносного пласта. Кроме того, данные кустовых откачек не позволяют достоверно оценить фильтрационную неоднородность водоносного горизонта. Поэтому правильнее считать, что одиночные и кустовые опробования очень часто решают самостоятельные задачи и во многих случаях должны применяться в комплексе.

При производстве фильтрационных опробований следует ориентироваться на режим постоянного (заданного) дебита. Объясняется это тем, что при режиме постоянного дебита упрощается методика интерпретации откачек и повышается надежность определения гидрогеологических параметров.

При выборе дебита откачки следует исходить из возможностей имеющегося водоподъемного оборудования и фильтрационных свойств водоносного горизонта. Необходимо стремиться к тому, чтобы понижение в дальней скважине куста составляло не менее 0,2 м, т. е. на порядок превышало уровень погрешности измерительных средств (уровнемеров, хлопушек). Очень важно, чтобы наблюдаемые возмущения уровней при фильтрационных опытах всегда существенно превышали значения колебаний уровня подземных вод за счет естественных или техногенных факторов [2].

Основные буквенные обозначения и понятия, которые применяются при проведении ОФР (рис. 1.1), можно условно разделить на четыре группы:

1. Абсолютные отметки точек и уровней, обозначаются «АО».

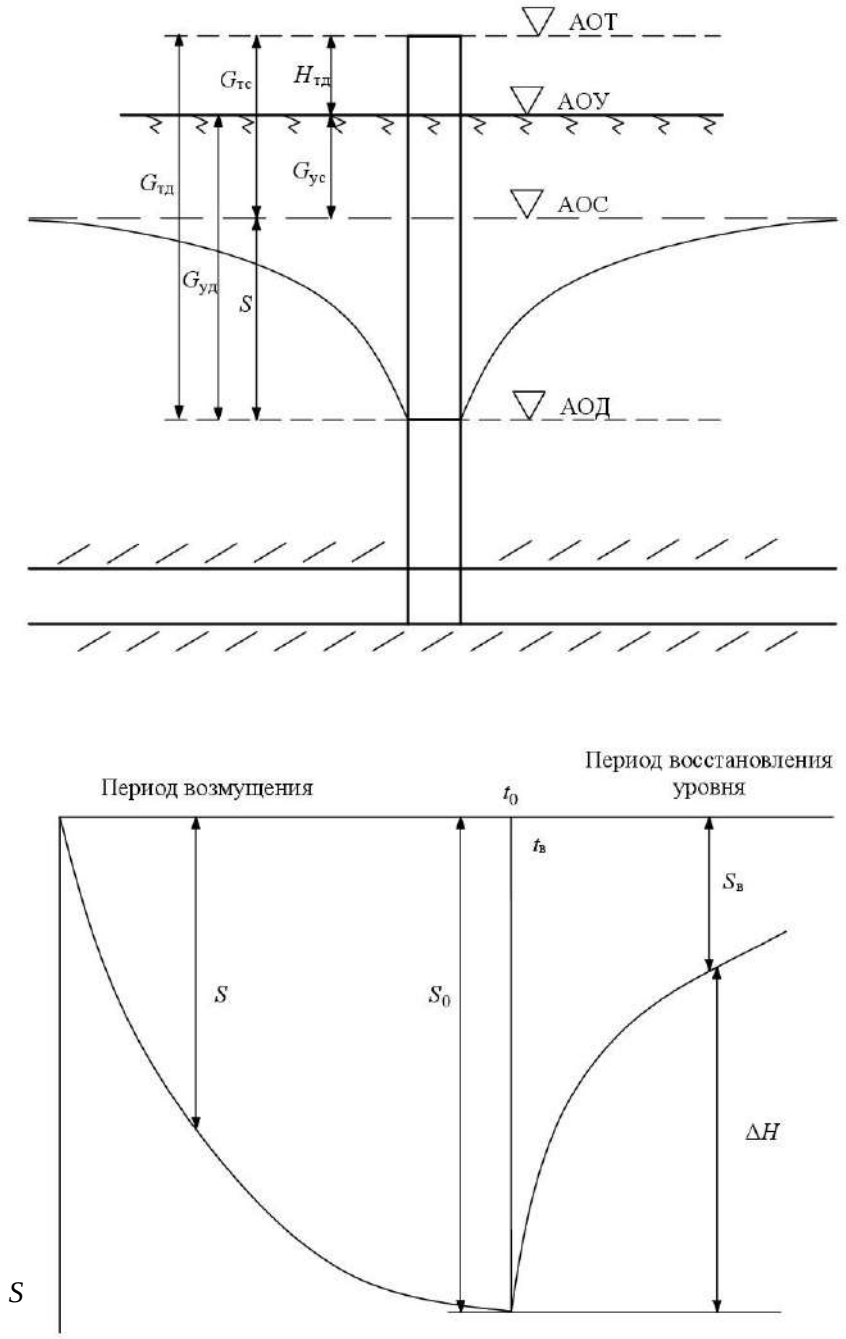



Рис. 1.1. Основные обозначения показателей положения и динамики уровней при опробовании скважин: АОТ, АОУ, АОС, АОД – абсолютные отметки края трубы, устья скважины, статического уровня подземных вод, динамического уровня подземных вод соответственно; $G_{тс}$, $G_{ус}$, $G_{уд}$, $G_{тд}$ – глубины от края трубы до статического уровня воды, от устья скважины до статического уровня воды, от устья скважины до динамического уровня воды, от края трубы до динамического уровня воды; $H_т$ – высота обсадной трубы над уровнем земли (над устьем); $S$, $S_о$, $S_в$ – понижение (возмущение) текущее, максимальное на конец возмущения, в период восстановления уровня; $t_о$- продолжительность опыта (возмущения); $t_в$ – текущие время от начала восстановления уровня; $\Delta H$ – восстановление уровня.

2. Возмущения уровня - разница между статическим и динамическим уровнями при выполнении опробований, обозначается «$S$».
3. Высоты и напоры отсчитываются вверх, обозначаются «$H$».
4. Глубины отсчитываются вниз, обозначаются «$G$».

Продолжительность откачки в общем случае не может быть строго определена. Для обоснования выбора момента прекращения откачек следует использовать «индикаторные» графики зависимости возмущения уровня ($S$) от логарифма времени проведения опытов ($\lg t$), которые должны строиться непосредственно в процессе проведения опыта.

### *1.2. Методика проведения опытно-фильтрационных работ*

Проведение опытов включает в себя ряд подготовительных операций и собственно сам эксперимент. В период подготовки необходимо подготовить журнал наблюдений, составить схему расположения скважины (скважин), подготовить измерительные средства, измерить положение естественного уровня подземных вод по каждой скважине и заполнить соответствующую таблицу, ознакомиться с устройством для проведения откачки или налива, включая порядок включения и выключения устройства.

Для каждой задачи специально оговариваются элементы техники безопасности в данной ситуации. При проведении кустовой откачки четко оговаривается время начала и конца опыта, специальные сигналы (звуковые, визуальные), которые позволяют точно фиксировать необходимые моменты опыта.

В связи с логарифмическим характером графиков, с помощью которых производится обработка данных, частота измерений регулируется логарифмическим масштабом. Рекомендуемые моменты времени приведены в специальной таблице (табл. 1.1). Если наблюдатель по каким-то причинам не может придерживаться рекомендуемых значений времени, следует стараться

измерять уровни через 10 секунд в первую минуту, через 1 минуту - первые 10 минут и через 2-5 минут - первые полчаса откачки.

Таблица 1.1

Рекомендуемые моменты времени для наблюдений уровней в скважинах при откачках

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *t*, мин | 1,0 | 1,26 (~1′15′) | 1,59 (~1′40′) | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 8,0 |
| lg *t* | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,301 | 0,398 | 0,477 | 0,602 | 0,699 | 0,778 | 0,903 |
| *t*, мин | 10 | 12,5 | 16 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 |
| lg *t* | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 |
| *t*, мин | 100 | 120 (2 ч) | 160 (2ч40мин) | 300 (3ч20мин) | 240* (4 ч) | 300 (5 ч) | 400 (6ч40мин) | 500 (8ч20мин) | 600 (10 ч) | 800 (13ч20мин) |
| lg *t* | 2,0 | 2,08 | 2,2 | 2,3 | 2,38 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 |

* В первую минуту откачки следует стараться измерять уровень через 10 секунд, после 4-5 часов откачки -- через 1-2 часа.

### 1.2.1. Выполнение экспресс-налива

После проведения предварительных измерений в скважину выливается определенный объем воды (10-30 литров). Следует стараться выполнить налив за короткое время. Момент начала опыта отсчитывается от момента середины процесса налива. Длительность проведения опыта лимитируется подъемом уровня воды в скважине до устья. Обычная продолжительность опыта составляет 30 минут.

Измерение дебита выполняется перед началом опыта, через каждые 5 минут - в процессе выполнения налива и в конце опыта. Окончание периода возмущения уровня определяется прекращением подачи воды в скважину. Сразу после окончания налива начинаются измерения динамического уровня. Эти измерения продолжаются до полного восстановления уровня (до статического положения).

### 1.2.2. Кустовые откачки

При кустовой откачке идет откачка воды из центральной скважины и наблюдение за уровнем в наблюдательных скважинах. До начала откачки

измеряется уровень подземных вод в наблюдательных скважинах. Перед началом откачки оговариваются сигналы, точное время начала и окончания откачки. Выполняется подготовка насоса и приведение его в рабочее состояние. Вода из насоса поступает в емкости известного объема (вёдра). Расход рассчитывается по общему объему выкачанной воды и продолжительности откачки. В процессе проведения откачки следует поддерживать примерно постоянный дебит. Уровень подземных вод измеряется в процессе откачки и при восстановлении уровня.

Обычная продолжительность откачки составляет 1 сутки. Примерно такой же период времени занимает восстановление уровня.

# 2. СХЕМАТИЗАЦИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

## *2.1. Особенности интерпретации данных фильтрационных исследований*

Районы работ обычно имеют сложное гидрогеологическое строение, затрудняющее обоснование однозначной гидрогеологической схемы для участков проведения фильтрационных опробований. Геологическая неоднородность в плане и разрезе определяет существенную изменчивость фильтрационных показателей. Разнообразный литологический состав пород, широкое развитие тектонических нарушений, практически повсеместное распространение глинистой коры выветривания, наличие естественных и технических водоемов осложняет диагностику граничных условий опробуемых горизонтов.

Относительно низкие фильтрационные показатели определяют ряд специфических особенностей проведения и обработки ОФР. Большое влияние на индикаторные графики оказывает также осушение стволов скважины (влияние емкости скважины). Данное явление может существенно осложнять интерпретацию временных графиков. Применение скважин большого диаметра значительно увеличивает временной диапазон действия этого фактора. В сложных гидрогеологических условиях становится проблематичной полная идентичность данных понижения и восстановления уровней.

Таким образом, можно указать ряд факторов, осложняющих интерпретацию данных фильтрационных опробований и требующих специального анализа:

1. Сложные и неодинаковые гидродинамические схемы для различных фильтрационных опытов.
2. Сложная форма графиков временного прослеживания.
3. Влияние осушения ствола скважины (влияние ёмкости скважины).

В рассматриваемых условиях значительно повышаются требования к уровню интерпретации данных одиночных и кустовых опробований. При этом

следует помнить, что надежность интерпретации данных ОФР определяется тщательной гидродинамической схематизацией гидрогеологических условий.

Таким образом, прежде чем обрабатывать данные фильтрационных опытов, необходимо выполнить анализ гидрогеологических условий с целью обоснования наиболее вероятных гидродинамических схем.

## *2.2. Схематизация гидрогеологических условий*

Схематизация ведется поэтапно и основывается на неразрывном сочетании качественного анализа гидрогеологических условий и количественных результатов фильтрационных исследований. Схематизация проводится в определенной последовательности. На первом этапе схематизации количественные результаты откачек используются в минимальном объеме, оцениваются режим фильтрации, структура и форма потока, гидравлическое состояние водоносного горизонта. Далее рассматривается фильтрационная неоднородность, источники питания и граничные условия.

### 2.2.1. Схематизация режима фильтрации

Первоначальный этап при проведении фильтрационных опробований всегда является нестационарным. При обработке данных ОФР с помощью графиков в координатах $S \div \lg t$ четко выявляется изменение $S$ во времени. В центральных скважинах практически мгновенно устанавливается квазистационарный режим, для которого характерна прямолинейная форма графиков (рис. 2.1). Опыт обработки данных по наблюдательным скважинам показывает, что продолжительность нестационарного этапа варьирует в очень широких пределах (от 10 минут до нескольких суток).

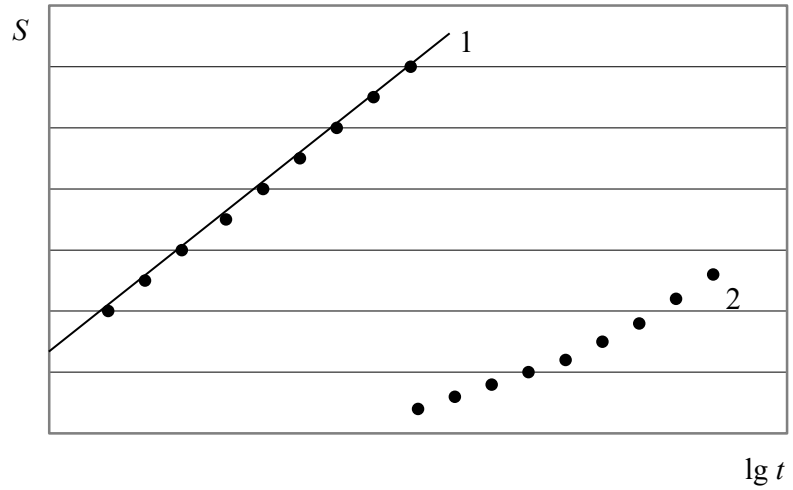



Рис. 2.1. Нестационарный режим при проведении ОФР: 1 – квазистационарный режим (линейная зависимость); 2 – неквазистационарный режим

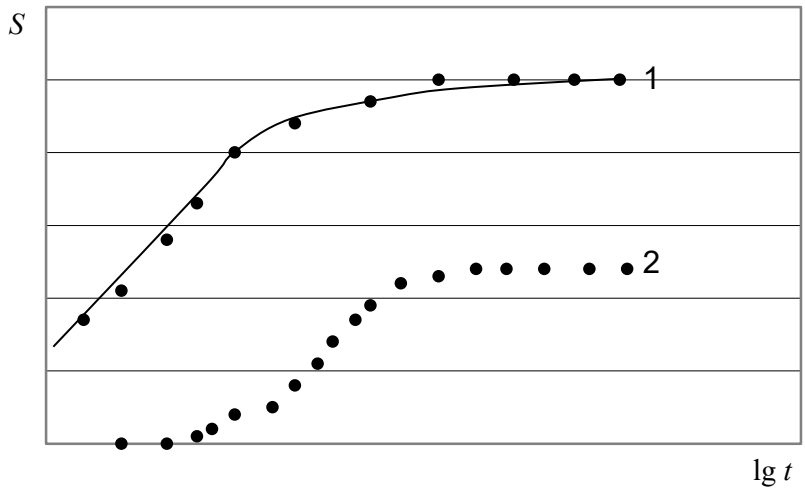



Рис. 2.2. Стабилизация уровней при проведении ОФР: 1 – стационарный режим в центральной скважине; 2 – стационарный режим в наблюдательной скважине

Очень часто наблюдается ложная или истинная стабилизация уровней (рис. 2.2). Стабилизация имеет различную продолжительность. При кратковременных откачках не всегда удается надежно отличить истинную стабилизацию от ложной. Иногда наблюдается несколько (до трех) этапов стабилизации.

### 2.2.2. Схематизация структуры и формы потока

В водоносном горизонте региональной трещиноватости поток при проведении фильтрационных опробований имеет обычно планово-радиальный характер, но очень часто депрессионная воронка отличается от формы окружности. Это показывает, что планово-радиальный характер потока осложняется плановой фильтрационной неоднородностью различного происхождения.

Сложное строение водоносный горизонт имеет по вертикали. Различные данные показывают, что относительно однородное строение трещинной среды встречается редко. Обычно в разрезе палеозойских пород наблюдается несколько водоносных горизонтов (слоёв), которые связаны с субгоризонтальными зонами повышенной трещиноватости. Хорошая взаимосвязь водоносных трещинных систем наблюдается только в верхней части палеозойских пород до глубины нескольких десятков метров. В целом следует отметить, что фильтрационная вертикальная зональность и структура потока требует специального рассмотрения [4,7,8].

Практически повсеместно на палеозойских трещиноватых породах залегают глинистые покровные образования. Мощность глинистой коры выветривания варьирует по площади и составляет обычно 5 - 15 м. Очень важно отметить, что уровень подземных вод в ненарушенных и слабонарушенных условиях обычно располагается в верхнем (глинистом) слое.

Таким образом, в рассматриваемых условиях наблюдается двухслойное строение, наиболее характерное для большинства комплексов грунтовых вод. Верхняя часть комплекса представлена относительно слабопроницаемыми (покровными) отложениями. В этом случае можно использовать упрощенные представления о структуре потока, основанные на предпосылке перетекания. Основная суть этой предпосылки сводится к представлениям о

горизонтальном движении подземных вод в нижнем трещиноватом горизонте и вертикальной фильтрации в верхнем покровном слое.

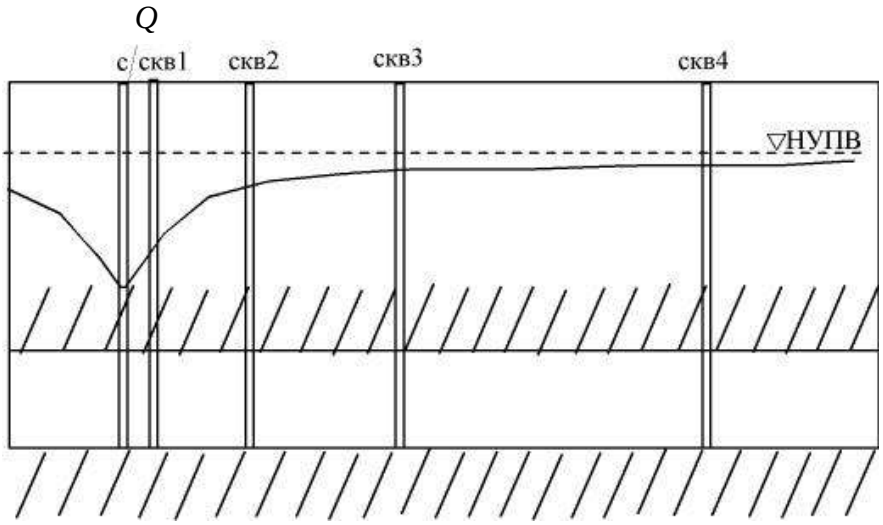
### 2.2.3. Схематизация гидравлического состояния потока

Рассматриваемые условия обычно классифицируются как безнапорный поток, но двухслойное строение пласта накладывает определенные особенности. Свободная поверхность подземных вод находится в слабопроницаемом слое, перекрывающем трещинный водоносный горизонт. При откачке гравитационная водоотдача со свободной поверхности начинается после сработки некоторой части упругих или емкостных запасов трещинного горизонта. Поэтому трещинный горизонт в естественных условиях нередко обладает определенными свойствами напорного пласта (рис. 2.3).

Для откачки в двухслойном пласте характерны три этапа снижения уровня (рис. 2.4). Этап I связан со сработкой упругих запасов водоносного горизонта. Трещинный горизонт на этом этапе работает как изолированный напорный пласт. Этап II - ложностационарного режима - связан с развитием гравитационной водоотдачи со свободной поверхности. Возникший на первом этапе перепад напоров между слоями приводит к нисходящей, практически вертикальной, фильтрации воды из верхнего слоя в нижний. Этот процесс сопровождается подключением нового источника питания - гравитационной водоотдачи покровного слоя. Ложная стабилизация продолжается до тех пор, пока происходит прирост водоотдачи.

Этап III представляет собой этап преимущественно гравитационного режима водоотдачи. На этом этапе двухслойный пласт работает как единый горизонт с суммарной (упругой и гравитационной) водоотдачей и водопроводимостью, близкой по величине к водопроводимости нижнего слоя.

а




б

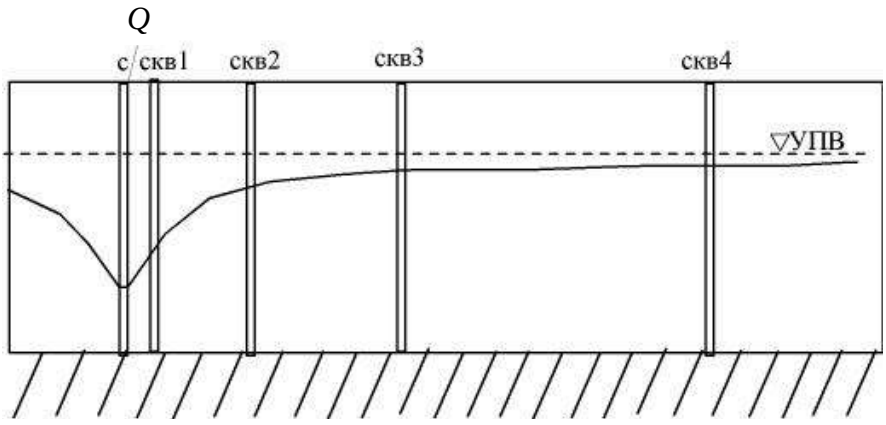



Рис. 2.3. Схемы безграничных пластов: а - напорного, б - безнапорного

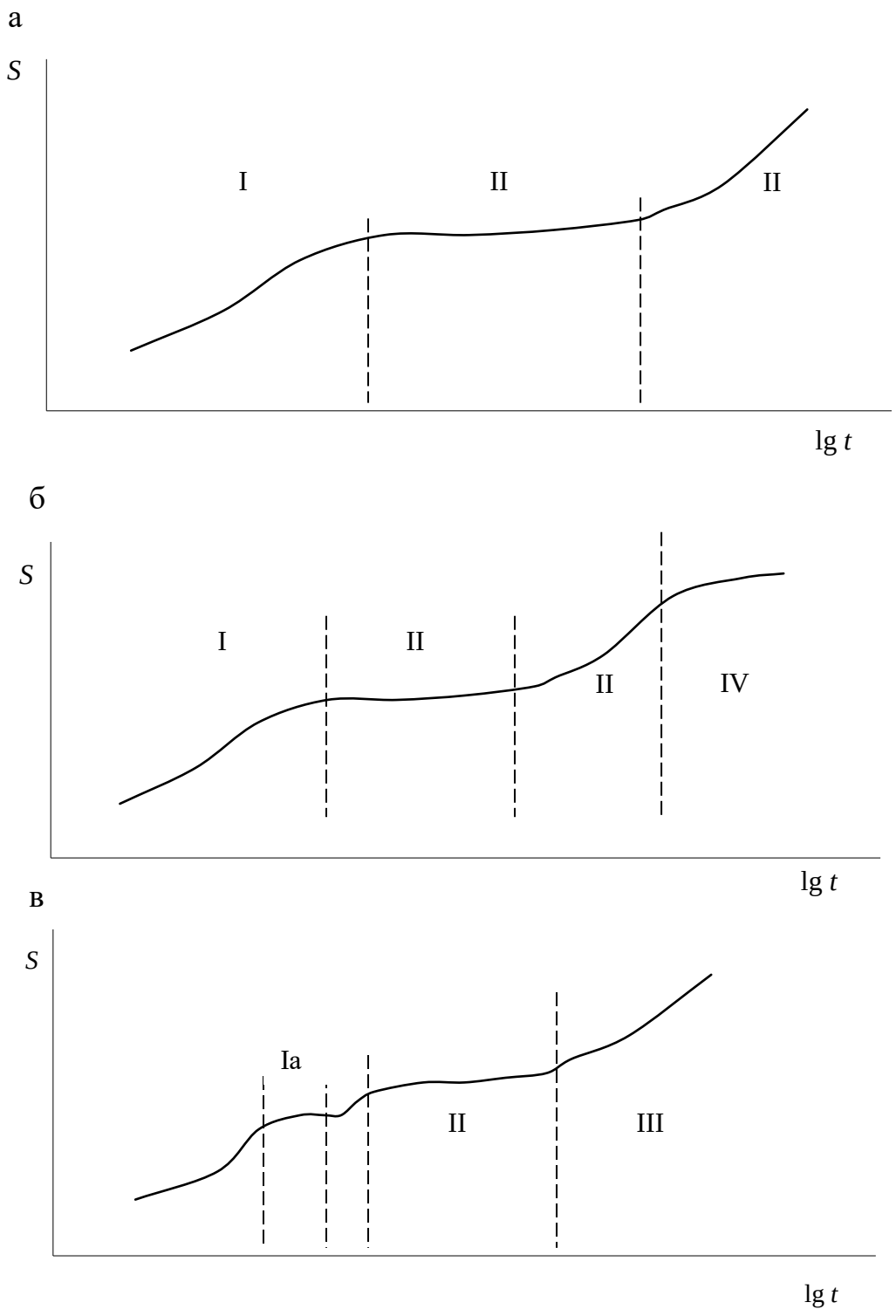



Рис. 2.4. Временные графики в двухслойных пластах

а - безграничный пласт: I - этап упругой водоотдачи, II - этап ложной стабилизации, III - этап гравитационной водоотдачи; б - влияние границы третьего рода: IV - этап стабилизации; в - влияние двойной пористости: Ia - этап ложной стабилизации

### 2.2.4. Схематизация основных источников питания пласта

Емкостные запасы водоносного горизонта сформировались главным образом за счет инфильтрации атмосферных осадков. Если в зоне влияния откачки отсутствуют дополнительные источники питания, то в процессе фильтрационного опыта идет сработка гравитационных запасов и наблюдается снижение уровня подземных вод.

На рассматриваемой территории расположен ряд естественных и искусственных водоемов, которые, как правило, отделены от трещинного горизонта слабопроницаемым слоем. В зависимости от фильтрационных свойств верхнего слоя может наблюдаться два случая. Если верхний слой на участке развития депрессии является практически водоупорным, то водоем не будет работать как источник питания для конкретной откачки. В противном случае при установлении тесной гидравлической связи между водоемом и водоносным горизонтом наступит окончательная стабилизация уровней при откачке. На временном графике появится характерный IV этап (стационарного режима).

При существенных размерах депрессионной воронки стабилизация уровней при откачке может наступить за счёт площадного питания. Если есть возможность для оценки площади депрессии, то можно рассчитать модуль площадного питания ($M_{\text{п}}$):

$$M_{\text{п}} = Q/\omega, \qquad (2.1)$$

где $Q$ – дебит откачки; ω - площадь депрессионной воронки.

Расчётная величина модуля площадного питания позволяет оценивать реальные причины, определяющие стабилизацию уровней при откачке. При отсутствии источников питания модуль имеет значения, близкие к величинам модуля подземного стока (1,5 – 3,5 л/с·км$^2$). В техногенных условиях, при дополнительном питании, указанные значения могут возрасти в 2-3 раза. В случае наличия питающих границ расчётный модуль площадного питания может иметь значения, составляющие десятки л/с·км$^2$.

### 2.2.5. Схематизация фильтрационной неоднородности

Временные закономерности изменения уровня, даже в условиях существенной неоднородности, сохраняются обычно функциональными. Это значит, что элементы неоднородности не получают отражения в форме временных графиков. Плановая неоднородность обычно проявляется в форме депрессионной воронки и в значениях некоторых гидродинамических параметров. Значения параметра водопроводимости, при правильной интерпретации данных кустовых откачек, сохраняют одинаковые значения для всех наблюдательных скважин.

Кроме крупных элементов плановой неоднородности при опробовании трещинных сред нередко проявляется действие относительно небольших элементов неоднородности, которое получило название «двойной пористости». В трещинной среде проявление эффекта «двойной пористости» чаще всего связано с наличием трещин с разным раскрытием (относительно большим и малым раскрытием). «Двойная пористость» проявляется в виде кратковременного участка ложной стабилизации на временном графике, на начальном этапе откачки (см. рис. 2.4, в). В связи с кратковременностью этого эффекта, участок временного графика, связанный с ним, фиксируется не всегда.

### 2.2.6. Схематизация граничных условий

В качестве питающих границ трещинного водоносного горизонта могут выступать поверхностные водоемы. В связи с наличием покровных глинистых отложений заранее не известно, какое влияние будут оказывать водоемы на ОФР. На основании геологического строения следует предполагать, что в некоторых случаях на результаты откачек могут оказывать влияние непроницаемые границы (тектонические нарушения с глинистым заполнителем, литологические границы). Диагностику граничных условий

следует проводить путем совместного анализа геологического строения и результатов опытных работ.

### 2.2.7. Вывод по схематизации

На основании рассмотренных позиций схематизации можно сделать заключение, что в начальный период проведения опытных работ должна проявляться схема безнапорного или напорного пласта двухслойного строения. В этот период пласт следует рассматривать как квазиоднородный и безграничный в плане. Граничные условия могут проявиться в виде изменений формы временного графика при проведении относительно продолжительных откачек. Стабилизация уровня в скважинах, вскрывших трещинный водоносный горизонт, носит, как правило, ложный характер и связана с проявлением эффекта «двойной пористости» и (или) развитием перетекания из горизонта покровных образований.

# 3. ОБРАБОТКА ДАННЫХ ОПЫТНО-ФИЛЬТРАЦИОННЫХ РАБОТ

## *3.1. Откачки в безграничных пластах*

Развитие депрессионной воронки в безграничном пласте описывается уравнением Тэйса. Форма временных графиков имеет вид, показанный на рис. 2.1. При наступлении квазистационарного режима уравнение Тэйса упрощается. Эта зависимость обычно называется уравнением Джейкоба:

$$S = \frac{Q}{4\pi T}\ln\frac{2{,}25at}{r^2}, \tag{3.1}$$

где $S$ – понижение (возмущение) уровня в скважине;

$Q$ – расход воды;

$T$ – водопроводимость;

$a$ – коэффициент уровне- или пьезопроводности;

$t$ – время от начала опыта;

$r$ – расстояние от оси центральной скважины до точки, где измеряется понижение (расстояние до наблюдательной скважины).

При переходе от натуральных к десятичным логарифмам зависимость Джейкоба приобретает вид:

$$S = 0{,}183\frac{Q}{T}\lg\frac{2{,}25at}{r^2}. \tag{3.2}$$

Последнюю зависимость можно представить в форме прямой (рис. 3.1):

$$S = 0{,}183\frac{Q}{T}\lg\frac{2{,}25a}{r^2} + 0{,}183\frac{Q}{T}\lg t \tag{3.3}$$

$$S = A + C_{\text{р}}\lg t; \tag{3.4}$$

$$A = 0{,}183\frac{Q}{T}\lg\frac{2{,}25a}{r^2}; \tag{3.5}$$

$$C_{\text{р}} = 0{,}183\frac{Q}{T}. \tag{3.6}$$

Основные фильтрационные параметры ($T$ и $a$) рассчитываются на основании зависимостей:

$$T = 0{,}183\frac{Q}{C_{\text{р}}}; \tag{3.7}$$

$$\lg\frac{a}{r^2} = \frac{A}{C_{\text{р}}} - 0{,}35; \tag{3.8}$$

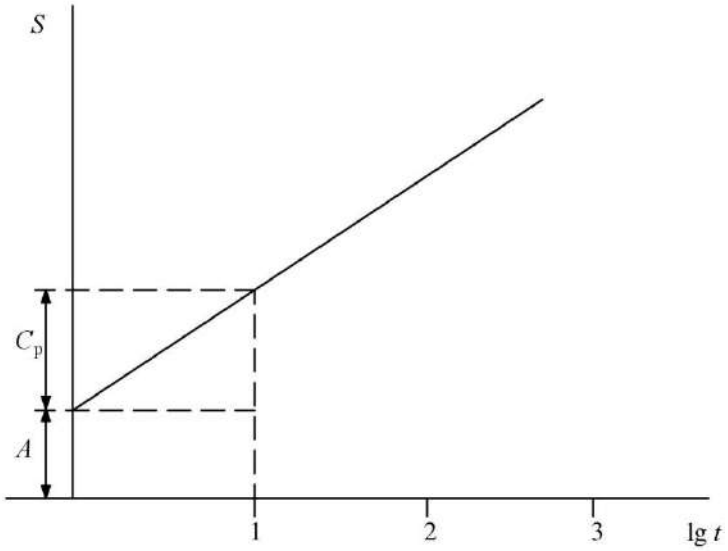



Рис. 3.1. Определение расчетных коэффициентов $A$ и $C_p$

$$\lg a = \frac{A}{C_p} - 0{,}35 + 2\lg r. \tag{3.9}$$

### *3.2. Метод эталонной кривой*

Для обоснования этого способа прологарифмируем уравнение (3.10) и аргумент $u$:

$$S = 0{,}183\frac{Q}{4\pi T}W(u), u = \frac{r^2}{4at}; \tag{3.10}$$

$$\lg S = \lg\frac{Q}{4\pi T} + \lg W; \tag{3.11}$$

$$\lg\frac{1}{u} = \lg\frac{4a}{r^2} + \lg t. \tag{3.12}$$

Если далее построить эталонную кривую по зависимости $\lg W$ от $\lg\frac{1}{u}$ (табл. 3.1) и фактическую кривую зависимости $\lg S$ от $\lg t$ для каждой наблюдательной скважины, то они при одинаковой форме будут сдвинуты по осям на величину $\lg\frac{Q}{4\pi T}$, а по осям абсцисс – на величину $\lg\frac{4a}{r^2}$ (рис. 3.2). Обработка производится графоаналитическим путем: на фактический график временного прослеживания в билогарифмических координатах накладывается

эталонная кривая (предварительно построенная на гальке) так, чтобы опытные точки оптимально совмещались с эталонной кривой. Совпадение формы эталонного и фактического графиков является диагностическим признаком расчетной схемы неограниченного однородного изолированного пласта. С совмещенных графиков считывают координаты любой точки и определяют параметры из выражений

$$\lg\frac{Q}{4\pi T} = \lg S - \lg W; \tag{3.13}$$

$$\lg\frac{4a}{r^2} = \lg\frac{1}{u} - \lg t. \tag{3.14}$$

Таблица 3.1

Значения функции $W(u)$

| $u$ | $W(u)$ | $u$ | $W(u)$ | $u$ | $W(u)$ | $u$ | $W(u)$ | $u$ | $W(u)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,001 | 6,332 | 0,11 | 1,737 | 0,39 | 0,719 | 0,67 | 0,396 | 0,95 | 0,239 |
| 0,002 | 5,639 | 0,12 | 1,660 | 0,40 | 0,702 | 0,68 | 0,388 | 0,96 | 0,235 |
| 0,003 | 5,235 | 0,13 | 1,589 | 0,41 | 0,686 | 0,69 | 0,381 | 0,97 | 0,231 |
| 0,004 | 4,948 | 0,14 | 1,524 | 0,42 | 0,670 | 0,70 | 0,374 | 0,98 | 0,227 |
| 0,005 | 4,726 | 0,15 | 1,465 | 0,43 | 0,640 | 0,71 | 0,367 | 0,99 | 0,223 |
| 0,006 | 4,544 | 0,16 | 1,409 | 0,44 | 0,655 | 0,72 | 0,360 | 1,00 | 0,219 |
| 0,007 | 4,392 | 0,17 | 1,358 | 0,45 | 0,625 | 0,73 | 0,353 | 1,10 | 0,186 |
| 0,008 | 4,259 | 0,18 | 1,310 | 0,46 | 0,611 | 0,74 | 0,347 | 1,20 | 0,158 |
| 0,009 | 4,142 | 0,19 | 1,265 | 0,47 | 0,598 | 0,75 | 0,340 | 1,30 | 0,135 |
| 0,010 | 4,038 | 0,20 | 1,223 | 0,48 | 0,585 | 0,76 | 0,334 | 1,40 | 0,116 |
| 0,015 | 3,637 | 0,21 | 1,183 | 0,49 | 0,572 | 0,77 | 0,328 | 1,50 | 0,100 |
| 0,020 | 3,355 | 0,22 | 1,145 | 0,50 | 0,560 | 0,78 | 0,322 | 1,60 | 0,086 |
| 0,025 | 3,137 | 0,23 | 1,110 | 0,51 | 0,548 | 0,79 | 0,316 | 1,70 | 0,075 |
| 0,030 | 2,959 | 0,24 | 1,076 | 0,52 | 0,536 | 0,80 | 0,311 | 1,80 | 0,065 |
| 0,035 | 2,810 | 0,25 | 1,044 | 0,53 | 0,526 | 0,81 | 0,305 | 1,90 | 0,056 |
| 0,040 | 2,681 | 0,26 | 1,014 | 0,54 | 0,514 | 0,82 | 0,300 | 2,00 | 0,049 |
| 0,045 | 2,568 | 0,27 | 0,985 | 0,55 | 0,503 | 0,83 | 0,294 | 2,50 | 0,025 |
| 0,050 | 2,468 | 0,28 | 0,957 | 0,56 | 0,493 | 0,84 | 0,289 | 3,00 | 0,013 |
| 0,055 | 2,378 | 0,29 | 0,931 | 0,57 | 0,483 | 0,85 | 0,284 | 3,50 | 0,007 |
| 0,060 | 2,295 | 0,30 | 0,906 | 0,58 | 0,473 | 0,86 | 0,279 | 4,00 | 0,0038 |
| 0,065 | 2,220 | 0,31 | 0,882 | 0,59 | 0,464 | 0,87 | 0,274 | 4,50 | 0,0021 |
| 0,070 | 2,151 | 0,32 | 0,858 | 0,60 | 0,454 | 0,88 | 0,269 | 5,00 | 0,0011 |
| 0,075 | 2,087 | 0,33 | 0,836 | 0,61 | 0,445 | 0,89 | 0,265 | 5,50 | $6{,}4*10^{-4}$ |
| 0,080 | 2,027 | 0,34 | 0,815 | 0,62 | 0,437 | 0,90 | 0,260 | 6,00 | $3{,}6*10^{-4}$ |
| 0,085 | 1,971 | 0,35 | 0,794 | 0,63 | 0,428 | 0,91 | 0,256 | | |
| 0,090 | 1,919 | 0,36 | 0,775 | 0,64 | 0,420 | 0,92 | 0,251 | | |
| 0,095 | 1,870 | 0,37 | 0,755 | 0,65 | 0,412 | 0,93 | 0,247 | | |
| 0,100 | 1,823 | 0,38 | 0,737 | 0,66 | 0,404 | 0,94 | 0,243 | | |

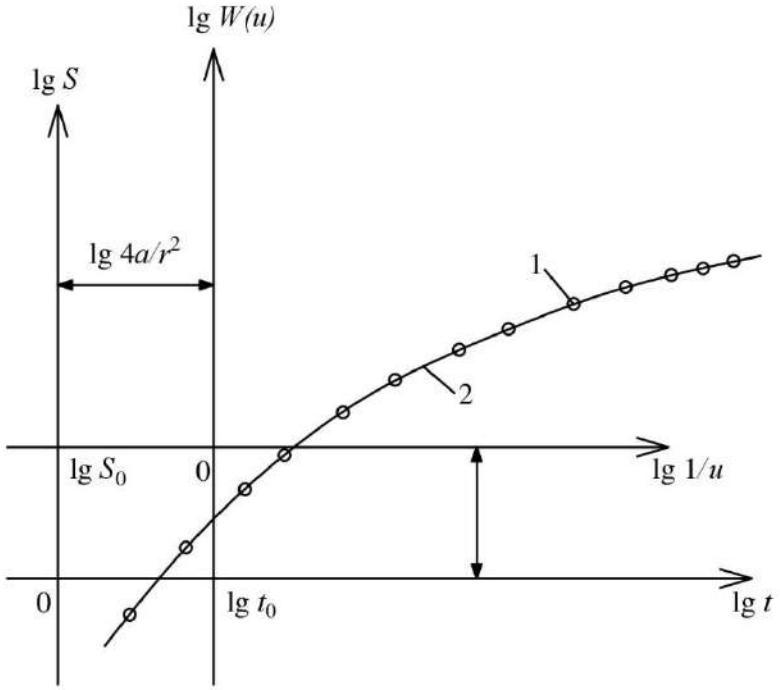



Рис. 3.2. Определение параметров способом эталонной кривой:
1 - опытные точки (график $\lg S \div \lg t$);
2 - эталонная кривая (график $\lg W(u) \div \lg 1/u$)

Удобно использовать координаты нулевой точки эталонной кривой на фактическом графике ($S_0$, $t_0$), когда в выражениях (3.13), (3.14) $\lg W$ и $\lg \frac{1}{u}$ равны нулю, и, следовательно:

$$T = \frac{Q}{4\pi S_0}; \tag{3.15}$$

$$a = \frac{r^2}{4t_0}. \tag{3.16}$$

### *3.3. Откачки в двухслойных пластах*

Обработка данных откачки в двухслойных пластах достаточно детально рассмотрена в специальной литературе [4, 5, 6, 8]. Чаще всего используется графоаналитический метод обработки, который заключается в интерпретации графиков понижения уровня от логарифма времени откачки ($S \div \lg t$). Менее надёжные результаты позволяет получить обработка данных по восстановлению уровней после окончания возмущения.

На графиках $S \div \lg t$ визуально определяется положение точки перегиба и снимаются значения $S_{\text{п}}$ и $t_{\text{п}}$ (см. рис. 3.2). Положение этой точки можно скорректировать исходя из условия $S_{\text{п}} = 0{,}5\, S_{\text{ст}}$ (максимальное понижение этапа ложной или окончательной стабилизации). Далее в точке перегиба проводится касательная и определяется ее уклон. Отношение между понижением ($S_{\text{п}}$) и уклоном касательной в этой точке ($C_{\text{п}}$) определяется соотношением

$$2{,}3\frac{S_{\text{п}}}{C_{\text{р}}} = e^{-\frac{r}{B}} K_0\left(\frac{r}{B}\right) = F\left(\frac{r}{B}\right), \qquad (3.17)$$

где $e$ - основание натурального логарифма;

$B$ - параметр перетекания;

$K_0$ и $F$ - специальные функции.

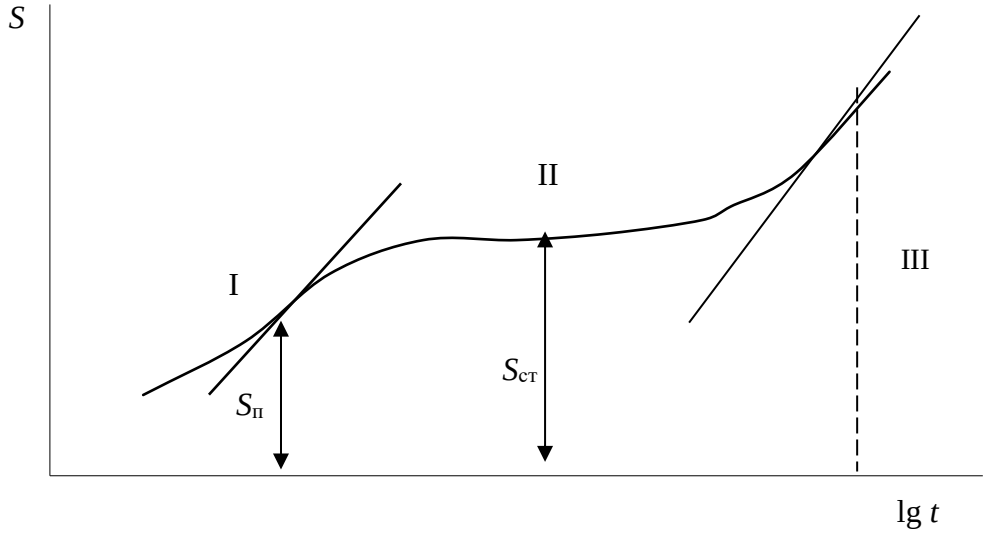



Рис. 3.3. Интерпретация временного графика в двухслойном безграничном пласте

I, III - расчетные участки графика
II- участок ложной стабилизации

Из соотношения (3.17) величина $r/B$ находится по специальной таблице (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Значения специальных функций

| $x = r/B$ | lg $x$ | $K_0(x)$ | lg $K_0(x)$ | $e^x$ | $F(x)=e^xK_0(x)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.010 | -2.000 | 4.721 | 0.674 | 1.010 | 4.768 |
| 0.020 | -1.699 | 4.028 | 0.605 | 1.020 | 4.109 |
| 0.030 | -1.523 | 3.623 | 0.559 | 1.030 | 3.733 |
| 0.040 | -1.398 | 3.336 | 0.523 | 1.040 | 3.472 |
| 0.050 | -1.301 | 3.114 | 0.493 | 1.051 | 3.273 |
| 0.060 | -1.222 | 2.932 | 0.467 | 1.061 | 3.114 |
| 0.070 | -1.155 | 2.779 | 0.444 | 1.072 | 2.981 |
| 0.080 | -1.097 | 2.647 | 0.423 | 1.083 | 2.868 |
| 0.090 | -1.046 | 2.531 | 0.403 | 1.094 | 2.769 |
| 0.100 | -1.000 | 2.427 | 0.385 | 1.105 | 2.682 |
| 0.200 | -0.699 | 1.752 | 0.244 | 1.221 | 2.140 |
| 0.300 | -0.523 | 1.372 | 0.137 | 1.349 | 1.852 |
| 0.400 | -0.398 | 1.114 | 0.047 | 1.491 | 1.662 |
| 0.500 | -0.301 | 0.924 | -0.034 | 1.643 | 1.524 |
| 0.600 | -0.222 | 0.777 | -0.110 | 1.822 | 1.416 |
| 0.700 | -0.155 | 0.660 | -0.180 | 2.013 | 1.330 |
| 0.800 | -0.097 | 0.565 | -0.248 | 2.225 | 1.258 |
| 0.900 | -0.046 | 0.486 | -0.313 | 2.459 | 1.197 |
| 1.000 | 0.000 | 0.421 | -0.376 | 2.718 | 1.144 |
| 1.200 | 0.079 | 0.318 | -0.498 | 3.320 | 1.057 |
| 1.400 | 0.146 | 0.243 | -0.614 | 4.055 | 0.988 |
| 1.600 | 0.204 | 0.188 | -0.726 | 4.953 | 0.930 |
| 1.800 | 0.255 | 0.145 | -0.839 | 6.049 | 0.882 |
| 2.000 | 0.301 | 0.113 | -0.947 | 7.389 | 0.841 |
| 3.000 | 0.477 | 0.034 | -1.469 | 20.085 | 0.697 |
| 4.000 | 0.602 | 0.011 | -1.959 | 54.598 | 0.609 |
| 5.000 | 0.699 | 0.004 | -2.432 | 148.413 | 0.547 |

Величину водопроводимости $(T)$ и значение коэффициента пьезопроводности $(a)$ можно определить из выражений:

$$T = 0{,}183\frac{Q}{C_{\text{р}}}e^{-\frac{r}{B}}; \tag{3.18}$$

$$a = \frac{rB}{2t_{\text{п}}}. \tag{3.19}$$

Первый этап откачки завершается периодом ложностационарного режима. Если откачка достаточно длительная, то на графиках временного прослеживания может наблюдаться третий участок, отражающий работу пласта как единого безнапорного горизонта с суммарной гравитационной водоотдачей.

Для центральных скважин или «близких» наблюдательных, в которых наступил квазистационарный режим, зависимости (3.18), (3.19) и (3.8), (3.10) дают близкие результаты. Поэтому при обработке данных центральных скважин обычно применяются выражения (3.8), (3.17).

При правильной обработке откачек значения параметров водопроводимости, рассчитанные по данным I и III этапов (рис. 3.3), должны практически совпадать, что является дополнительным критерием проверки результатов.

Этапы ложной и окончательной стабилизации используются для расчёта параметра перетекания ($B$), условных радиусов питания ($R_{\text{п}}$) и влияния ($R_{\text{вл}}$) откачки, на основании значения понижения уровня, при котором достигнута стабилизация ($S_{\text{ст}}$). Последовательность расчётов следующая:

$$\lg (R_{\text{п}}/r) = 2{,}73\, T\, S_{\text{ст}} /Q; \tag{3.20}$$

$$R_{\text{п}} = (R_{\text{п}}/r)\cdot r; \tag{3.21}$$

$$B = R_{\text{п}}/1{,}12; \tag{3.22}$$

$$R_{\text{вл}} = 5\, B. \tag{3.23}$$

### *3.4. Обработка данных восстановления уровней*

Прекращение откачки является воздействием на пласт, которое можно рассматривать как самостоятельный опыт или стадию одного опыта. Обработка этой второй стадии отличается определенной спецификой по сравнению с интерпретацией данных, поученных на стадии откачки. Прежде всего это относится к необходимости учета «наследства» первой стадии опыта. Под понятием «наследство» при обработке безграничных пластов обычно понимают продолжающееся снижение уровней в периферийной части депрессионной воронки, когда откачка в центральной скважине уже прекращена и происходит восстановление уровня. «Наследство» требует соответствующих приемов для его учета. Рассматривая «наследство» более

широко, сюда можно включить влияние границ, проявившихся во время откачки, а также влияние перетекания в слоистых пластах, "двойной пористости" и других факторов, осложняющих временной график во время откачки.

Обработка восстановления уровня обычно выполняется путем построения графика $\Delta H \div \lg t_{\text{в}}$ (рис. 3.4, а), хотя этот способ не учитывает "наследство" откачки. Величина $\Delta H$ отражает значение восстановления уровня после окончания возмущения и рассчитывается как разность между значением возмущения на конец опыта ($S_0$) и текущим возмущением в процессе восстановления уровня ($S_{\text{в}}$):

$$\Delta H = S_0 - S_{\text{в}}. \tag{3.24}$$

Величина $t_{\text{в}}$ отсчитывается от начала восстановления (см. рис. 1.1). Расчёты выполняются на основании зависимостей (3.25) – (3.32):

$$\Delta H = \frac{Q}{4\pi T} \ln \frac{2{,}25at}{r^2}; \tag{3.25}$$

$$\Delta H = 0{,}183 \frac{Q}{T} \lg \frac{2{,}25at}{r^2}; \tag{3.26}$$

$$\Delta H = 0{,}183 \frac{Q}{T} \lg \frac{2{,}25a}{r^2} + 0{,}183 \frac{Q}{T} \lg t; \tag{3.27}$$

$$\Delta H = A + C_{\text{р}} \lg t; \tag{3.28}$$

$$A = 0{,}183 \frac{Q}{T} \lg \frac{2{,}25a}{r^2}; \tag{3.29}$$

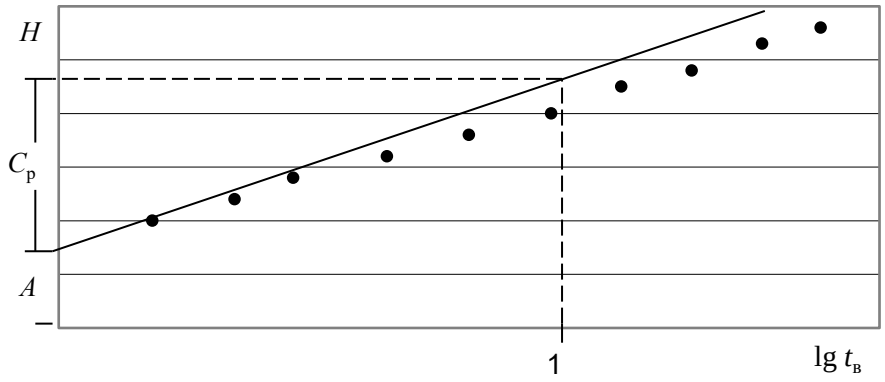
$$C_{\text{р}} = 0{,}183 \frac{Q}{T}; \tag{3.30}$$

$$T = 0{,}183 \frac{Q}{C_{\text{р}}}; \tag{3.31}$$

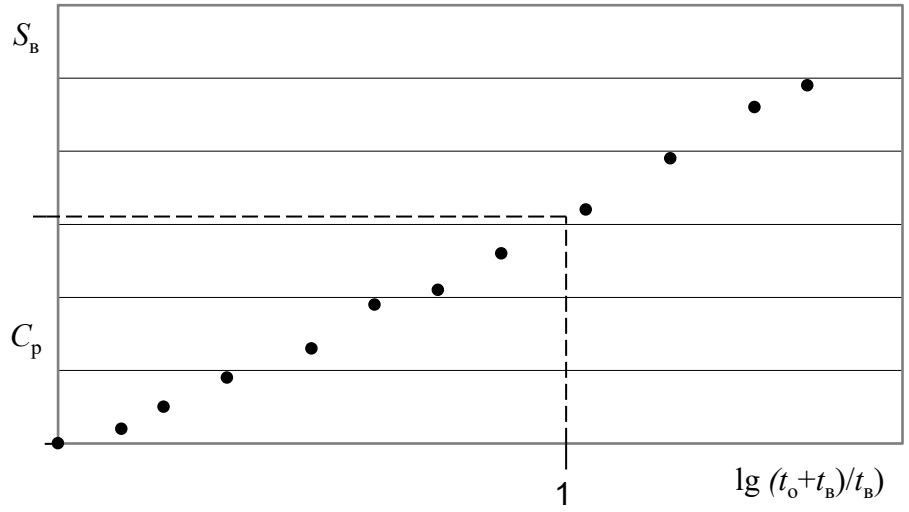
$$\lg \frac{a}{r^2} = \frac{A}{C_{\text{р}}} - 0{,}35; \tag{3.32}$$

$$\lg a = \frac{A}{C_{\text{р}}} - 0{,}35 + 2 \lg r. \tag{3.33}$$

а




б




в

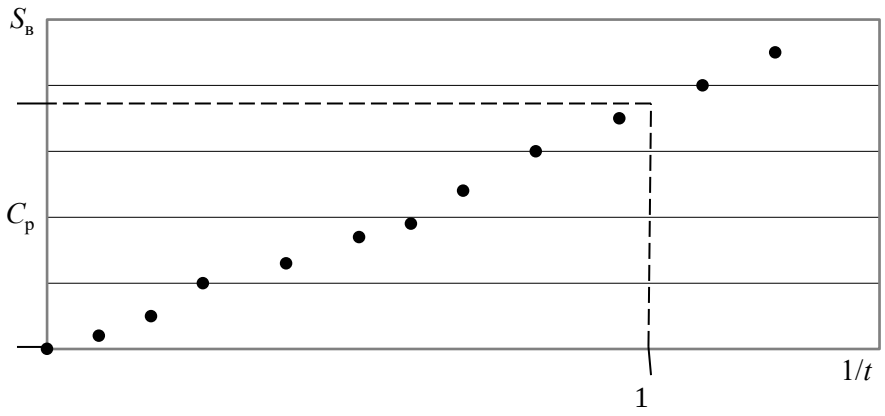



Рис. 3.4. Форма временных графиков в однородных безграничных пластах при обработке данных восстановления уровней

"Наследство" откачки в безграничных однородных пластах учитывается при построении графиков в координатах $S_в \div \lg((t_0 + t_в)/t_в)$ (рис. 3.4б) ($S_в$ - понижение уровня в скважине в процессе восстановления; $t_0$ - продолжительность откачки). График $S_в \div \lg((t_0 + t_в)/t_в)$ в условиях безграничных однородных пластов приходит в начало координат. Данное свойство имеет важное диагностическое значение и позволяет широко применять график $S_в \div \lg((t_0 + t_в)/t_в)$ для расшифровки различных фильтрационных аномалий:

$$S_в = \frac{Q}{4\pi T} \ln \frac{t_0 + t_в}{t_в}; \quad (3.34)$$

$$S_в = 0{,}183 \frac{Q}{T} \lg \frac{t_0 + t_в}{t_в}; \quad (3.35)$$

$$S_в = C_р \lg \frac{t_0 + t_в}{t_в}; \quad (3.36)$$

$$C_р = 0{,}183 \frac{Q}{T}; \quad (3.37)$$

$$T = 0{,}183 \frac{Q}{C_р}. \quad (3.38)$$

Для обработки данных экспресс-наливов используется условие, что при $t_0 \ll t_в$:

$$\ln \frac{t_0 + t_в}{t_в} \approx \frac{t_0}{t_в}. \quad (3.39)$$

При использовании последней зависимости уравнение (3.40) принимает вид:

$$S_в = \frac{Q}{4\pi T} \frac{t_0}{t_в}; \quad (3.41)$$

$$S_в = \frac{W}{4\pi T} \frac{1}{t_в}, \quad (3.42)$$

где $W$ – объем воды, залитой в скважину.

Для обработки данных экспресс-налива используется график в координатах $S_в \div 1/t_в$. (рис. 3.4, в). Уклон графика обозначается $C_р$. Расчет значения водопроводимости пласта выполняется по зависимостям:

$$S_в = C_р \frac{1}{t_в}; \quad (3.43)$$

$$C_р = \frac{W}{4\pi T}; \quad (3.44)$$

$$T = \frac{W}{4\pi C_{\text{р}}}. \quad (3.45)$$

В рассматриваемых условиях, в связи с двухслойным строением пласта, существенную продолжительность имеет период ложной стабилизации. Время продолжительности откачки ($t_0$), которое в условиях безграничного пласта включает только нестационарный режим, в рассматриваемых условиях завышается за счет ложностационарного этапа. Это влечет значительный сдвиг графика по оси абсцисс и отклонение представительного участка графика от начала координат (см. рис. 3.4, а).

Важно отметить, что сам по себе сдвиг графика обычно не оказывает значительного влияния на точность расчета величины водопроводимости при длительных откачках, так как уклон представительного участка практически не меняется. Данное положение объясняется тем, что при построении графика чаще всего $t_0 \ll t_{\text{в}}$, поэтому

$$\lg\frac{t_0+t_{\text{в}}}{t_{\text{в}}} \approx \lg\frac{t_0}{t_{\text{в}}}. \quad (3.46)$$

Необходимо отметить, что встречаются случаи, когда условие $t_0 \ll t_{\text{в}}$ не выполняется, уклон графика меняется и параметры рассчитываются с определенной погрешностью. Данное замечание очень часто справедливо для ОФР с небольшой продолжительностью.

Полезным свойством информации, получаемой на стадии восстановления уровня, является ее меньшая, по сравнению со стадией понижения, зависимость от колебаний дебита. В качестве негативных моментов следует отметить, что перетекание в слоистых пластах может искажать временной график на стадии восстановления, причем вероятность и величина ошибок практически неопределимы. Следовательно, при опробовании слоистых пластов способы прослеживания понижения и восстановления уровня не являются равноценными. Способ прослеживания восстановления уровня оказывается менее надежным.

С учётом отмеченных моментов, временные графики восстановления уровней в слоистых пластах имеют вспомогательное значение. Эти

зависимости следует применять только для дополнительного контроля расчетных значений водопроводимости.

### *3.5. Особенности интерпретации данных одиночных опробований*

Данные, полученные по центральным скважинам и при одиночных откачках (опробованиях), принято считать менее надежными и информативными по сравнению с данными по наблюдательным скважинам. Данное положение связано в основном с техническими причинами. Например, выполнение измерений уровня в опытной скважине обычно затруднено в связи с наличием в стволе скважины водоподъёмного оборудования. В опытной скважине сильнее, чем в наблюдательной скважине, мешают колебания дебита. Поэтому временной график может иметь более сложную форму и труднее поддается интерпретации.

Очень существенным фактором, затрудняющим расчёт некоторых гидродинамических характеристик пласта, является неопределенность величин действующего гидродинамического (эффективного) радиуса опытной скважины ($r'_{\text{c}}$). Значение действующего гидродинамического радиуса опытной скважины может в несколько раз и даже в несколько порядков отличаться от фактического радиуса скважины. Данное обстоятельство обычно не позволяет рассчитывать точные значения коэффициента пьезопроводности (уровнепроводности), параметра перетекания и радиуса влияния откачки по результатам одиночных опробований. Ниже будут рассмотрены приемы, позволяющие определять ориентировочные значения указанных параметров.

В ряду положительных свойств, которыми отличаются данные центральных скважин, следует, в первую очередь, отметить диагностические свойства параметра, который называется удельным дебитом опытной скважины ($q_{\text{c}} = Q/S_c$). Из основных аналитических зависимостей динамики

подземных вод следует, что значение $q$ примерно соответствует значению величины $T$. В зависимости от ряда факторов, различие в значениях указанных параметров может варьировать от 5 % до 2-3 раз, но больше - очень редко. Значение удельного дебита позволяет выполнить диагностику правильности определения основных гидродинамических характеристик, рассчитанных по временным графикам. Удельный дебит позволяет также оценить продолжительность влияния емкости ствола скважины на начальном этапе интерпретации (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Продолжительность влияния емкости скважины

| $T$, м$^2$/сут | 1 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 500 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $t_{см}$, мин при $r_c$=0,05 | 113 | 23 | 11 | 6 | 2 | 1 | 0.2 |
| $t_{см}$, мин при $r_c$=0,1 | 450 | 90 | 45 | 22 | 9 | 5 | 1 |
| $t_{см}$, мин при $r_c$=0,2 | 1800 | 360 | 180 | 88 | 36 | 18 | 4 |

Временные графики опытных (центральных) скважин имеют ещё и другое преимущество. В опытных скважинах практически с самого начала опробования наступает квазистационарный режим изменения уровня. При этом режиме форма депрессионной воронки не изменяется (воронка опускается параллельно самой себе), а индикаторные графики (временные графики возмущения уровня) должны иметь форму прямой линии в условиях однородного безграничного пласта. Форма графика имеет важное диагностическое значение. Следует помнить, что прямолинейность графика сохраняется только в условиях безграничных и однородных пластов, при отсутствии влияния ёмкости скважины.

Обработка представительного участка временного графика позволяет рассчитать достаточно надежные значения параметров $T$ и $a/r_c^2$. Для определения последнего параметра используют зависимости (3.8), (3.32).

Необходимо отметить, что базовым параметром, который следует рассчитывать с максимально возможной точностью, является коэффициент

водопроводимости. Достоверное определение значения этой характеристики пласта позволяет избежать значительных ошибок при расчётах параметров, стоящих под знаком логарифма.

Значения коэффициента уровнепроводности составляют обычно $10^3$-$10^4$ м$^2$/сут, а коэффициента пьезопроводности – $10^5$-$10^7$ м$^2$/сут. Если известны примерные значения гравитационной водоотдачи пород изучаемого пласта, то коэффициент уровнепроводности можно уточнить, опираясь на выражение:

$$a = T/\mu. \tag{3.47}$$

Этап временного графика, которому соответствуют достаточно надёжные значения коэффициента пьезопроводности или уровнепроводности, можно использовать для достоверного определения значений $r'_c$:

$$r'_c = \sqrt{a/\left(\frac{a}{r_c^2}\right)}. \tag{3.48}$$

На любом этапе опробования, при наличии надёжного значения $r'_c$, можно оценить размеры депрессионной воронки. Значение $\lg R_п/r'_c$ рассчитывается на основании зависимости (3.20), а значение условного радиуса питания получается на основании выражения:

$$R_п = (R_п/r'_c)r'_c. \tag{3.49}$$

Следует помнить, что значение $R_п$ существенно меньше размеров фактической депрессионной воронки. Радиус депрессионной воронки в безграничных пластах обозначается как радиус влияния откачки ($R_{вл}$). Соотношение значений радиусов влияния и питания в безграничных пластах составляет 2.33. Размеры депрессионной воронки в двухслойных пластах можно рассчитать на основании зависимостей (3.22), (3.23).

Достаточная надежность рассчитанных значений параметров обеспечивается:

- малыми вариациями значений параметра уровнепроводности;
- значительным понижением внесенной погрешности при извлечении квадратного корня.

Таким образом, тщательная интерпретация данных одиночных опробований позволяет рассчитать ориентировочные значения практически всех необходимых параметров.

### *3.6. Влияние емкости ствола скважин на результаты опробования*

При проведении исследований в породах со слабыми фильтрационными свойствами или в скважинах большого диаметра начальные периоды понижения и восстановления уровней всегда осложняются участием в формировании дебита откачки емкости (объема) опытной скважины. В качестве критерия, позволяющего оценивать продолжительность влияния емкости опытной скважины на форму графиков временного прослеживания (рис. 3.5), обычно используют выражение

$$\frac{\omega_c S(\Delta H)}{Q t_{ем}} \leq \varepsilon, \qquad (3.50)$$

где $\omega_c$- площадь сечения ствола скважины;

$S(\Delta H)$- понижение или восстановление уровня;

$t_{ем}$ – продолжительность влияния емкости скважины;

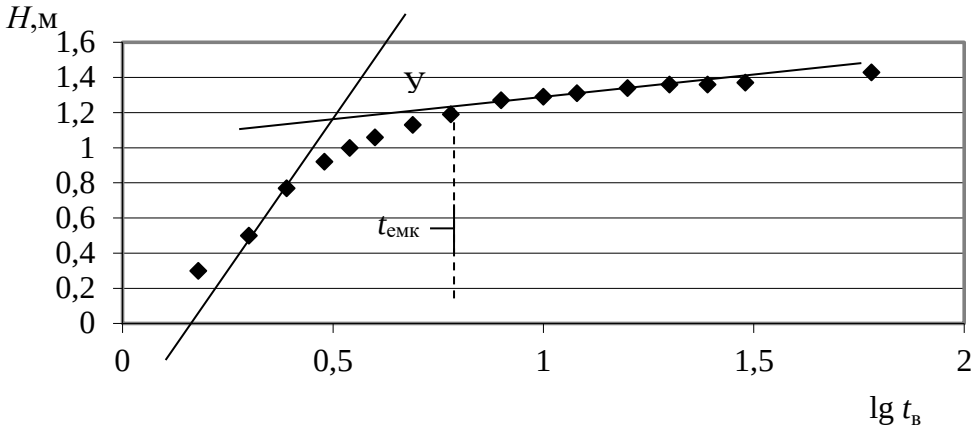
ε - допустимая погрешность.

Если принять, что ε=0,1; $\frac{Q}{S(\Delta H)} \approx T$; $\omega_c = \pi r_c^2$ то для ориентировочных расчетов периода влияния емкости выражение (3.50) упрощается:

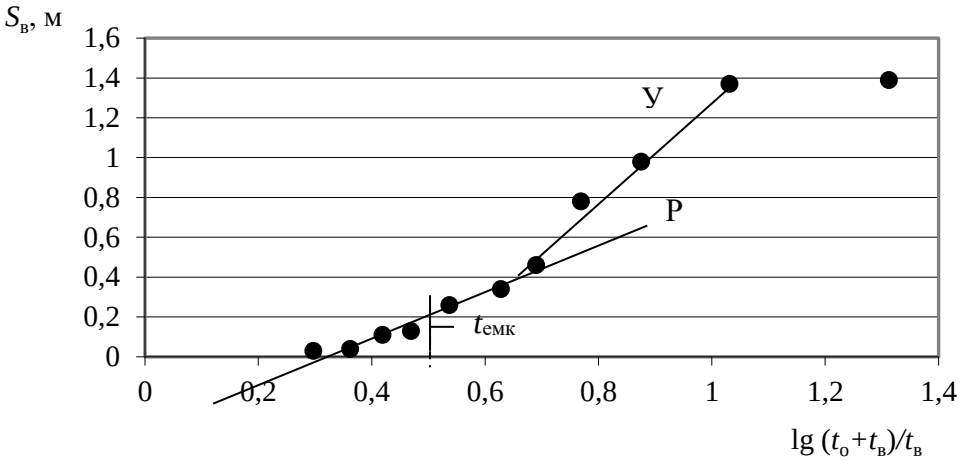
$$t_{емк} = \frac{10\pi r_c^2}{T} = \frac{31{,}4 r_c^2}{T}. \qquad (3.51)$$

На основании зависимости (3.51) можно оценить продолжительность влияния емкости скважины, задаваясь типичными для рассматриваемых условий значениями $T$ и $r_c^2$ (см. табл. 3.3).

а




б




в

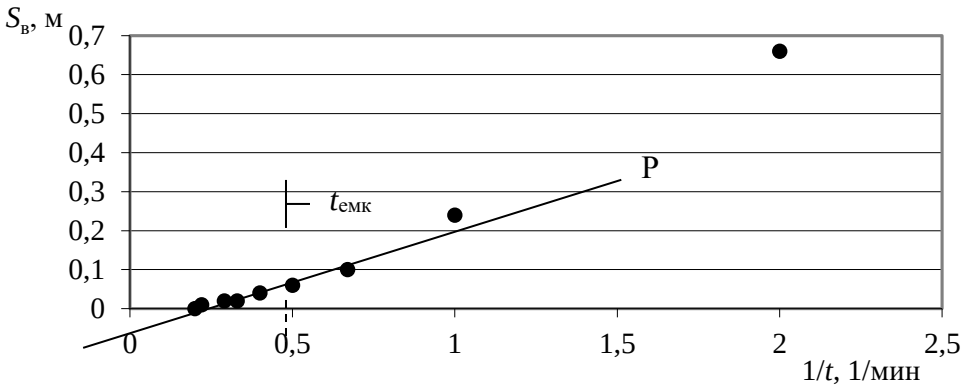



Рис. 3.5. Особенности интерпретации временных графиков; $t_{емк}$ – период влияния емкости скважины; Р – расчетный участок; У – участок для определения условного коэффициента $C_у$

Результаты расчетов свидетельствуют, что при $T$<50 м$^2$/сут влияние емкости скважины осложняет временные графики в течение довольно продолжительного периода. При опробовании скважин относительно большого диаметра ($r_c$≥0,2), влияние емкости скважины осложняет временные графики на начальном этапе опробования практически всегда.

Использование выражения (3.50) при обработке фактических материалов связано с существенными трудностями, которые определяются недостаточной точностью величин, входящих в данную зависимость. Принимаемое значение допустимой погрешности не является строго определенным. Площадь фактического сечения скважины зависит кроме радиуса скважины от размеров водоподъемного оборудования, занимающего часть ствола скважины, наличия каверн и вывалов в зоне изменения уровней. Значения величин возмущения уровня ($S$ или $\Delta H$), входящие в выражение (3.50), должны определяться на момент окончания периода влияния емкости скважины. Поэтому точное значение этих величин оценить достаточно сложно.

В рассматриваемых гидрогеологических условиях нередко требуется точное определение продолжительности влияния емкости скважины. Наличие других осложняющих факторов, например, этапов ложной стабилизации, приводит к тому, что представительные участки временного графика, пригодные для определения гидродинамических параметров пласта, недостаточно выражены и имеют очень короткую продолжительность.

Хорошие результаты даёт способ диагностики, позволяющий достаточно точно оценивать период влияния емкости ствола скважины, а также достоверно выделять представительный участок временного графика. Этот способ основан на свойстве графика $S_в \div \lg((t_0 + t_в)/t_в)$ приходить в начало координат при отсутствии каких-либо других фильтрационных аномалий. Даже в тех случаях, когда форма временного графика осложняется влиянием этапов ложной стабилизации или граничных условий, участок графика, деформированный влиянием емкости, отличается по форме, уклону и отделяется от представительного (расчетного) участка резким перегибом

(см. рис. 3.5). Форма временного графика позволяет достаточно точно выделить период влияния ёмкости скважины и момент окончания этого эффекта ($t_{\text{ем}}$).

При обработке данных фильтрационных опробований влияние емкости скважин на форму временных графиков имеет значительную продолжительность при проведении опробований в пластах с относительно низкими фильтрационными свойствами. Неправильный выбор представительного участка временного графика (на участке влияния ёмкости скважины) обычно приводит к занижению фильтрационных характеристик (параметра $T$) в 3 – 5 раз.

В тех случаях, когда представительный участок графика слабо выражен и рассчитать значение коэффициента $C_{\text{р}}$ с достаточной точностью не представляется возможным, можно определить значение $C_{\text{у}}$. Последняя характеристика – «условный» коэффициент - определяется по «крутому» участку графика, связанному с влиянием емкости ствола скважины. В тех случаях, когда на графиках хорошо выражены участки «Р» и «У», следует рассчитать поправочный коэффициент $C_{\text{у}}/C_{\text{р}}$. Этот коэффициент можно применять для скважин, расположенных на одном участке и вскрывающих тот же водоносный горизонт.

# 4. УЧЕБНЫЕ ЗАДАЧИ

## *4.1. Обработка опытной откачки в палеогеновом водоносном горизонте (изотропный пласт)*

Опробуемый водоносный горизонт сложен трещиноватыми опоками и песчаниками палеогена мощностью около 60 м, перекрытыми глинами и диатомитами суммарной мощностью 80-90 м. Снизу водоносный пласт подстилается мощной (около 140 м) толщей глин.

Таблица 4.1

Данные откачки из скв. 60

| Время от начала откачки $t$, сут | Дебит, л/с | Понижение $S$, м | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | центр. скв. 60 $r_c$=0,127 м | набл. скв. 59 $r$=50 м | | набл. скв. 58 $r$=140 м | |
| 0,083 | 2,7 | 8,30 | 0,15 | | 0,02 | |
| 0,25 | 2,7 | 9,10 | 0,56 | | 0,05 | |
| 0,50 | 2,75 | 9,60 | 0,92 | | 0,10 | |
| 0,75 | 2,65 | 9,80 | 1,20 | | 0,17 | |
| 1,0 | 2,7 | 10,05 | 1,38 | | 0,25 | |
| 1,5 | 2,7 | 10,30 | 1,58 | | 0,36 | |
| 2,0 | 2,7 | 10,50 | 1,80 | | 0,57 | |
| 3,0 | 2,7 | 10,80 | 2,05 | | 0,80 | |
| 4,0 | 2,7 | 11,00 | 2,23 | | 0,97 | |
| 5,0 | 2,7 | 11,15 | 2,33 | | 1,10 | |
| 6,0 | 2,65 | 11,25 | 2,47 | | 1,22 | |
| 7,0 | 2,25 | 11,40 | 2,56 | | 1,32 | |
| 8,0 | 2,8 | 11,45 | 2,60 | | 1,42 | |
| 9,0 | 2,8 | 11,55 | 2,75 | | 1,55 | |
| 10,0 | 2,75 | 11,60 | 2,80 | | 1,60 | |
| 12,0 | 2,75 | 11,70 | 2,93 | | 1,70 | |
| 14,0 | 2,7 | 11,85 | 3,03 | | 1,78 | |
| Время от начала восстановления $t^*$, сут | | | $S$, м | $\Delta H^*$,м | $S$, м | $\Delta H^*$,м |
| 0,17 | | 11,2 | 2,48 | 0,55 | 1,76 | 0,02 |
| 0,25 | | 10,5 | 2,40 | 0,63 | 1,73 | 0,05 |
| 0,50 | | 10,3 | 2,00 | 1,03 | 1,62 | 0,16 |
| 0,75 | | 10,0 | 1,78 | 1,25 | 1,48 | 0,30 |
| 1,0 | | 9,9 | 1,58 | 1,45 | 1,38 | 0,40 |
| 1,5 | | 9,7 | 1,33 | 1,70 | 1,20 | 0,58 |
| 2,0 | | 9,2 | 1,23 | 1,80 | 1,12 | 0,66 |
| 3,0 | | 9,0 | 0,93 | 2,10 | 0,93 | 0,85 |

Кустовая откачка с двумя наблюдательными скважина 58, 59 выполнена из скв. 60 практически с постоянным дебитом 2,7 л/с в течение 14 сут при сохранении нестационарного режима фильтрации (табл. 4.1).

### *4.2. Обработка опытной откачки в палеогеновом водоносном горизонте (анизотропный пласт)*

Кустовой откачкой опробован водоносный горизонт трещиноватых опок мощностью 50-60 м, перекрытый диатомитовыми глинами мощностью 8-12 м и подстилаемый плотными глинами мощностью более 40 м. Расположение скважине в кусте показано на рис. 4.1. Откачка проведена в течение 20 сут практически с постоянным дебитом 23,6 л/с. В области влияния откачки отсутствуют геологически выраженные границы пласта; в разрезе он изолирован перекрывающими и подстилающими глинами (рис. 4.2).

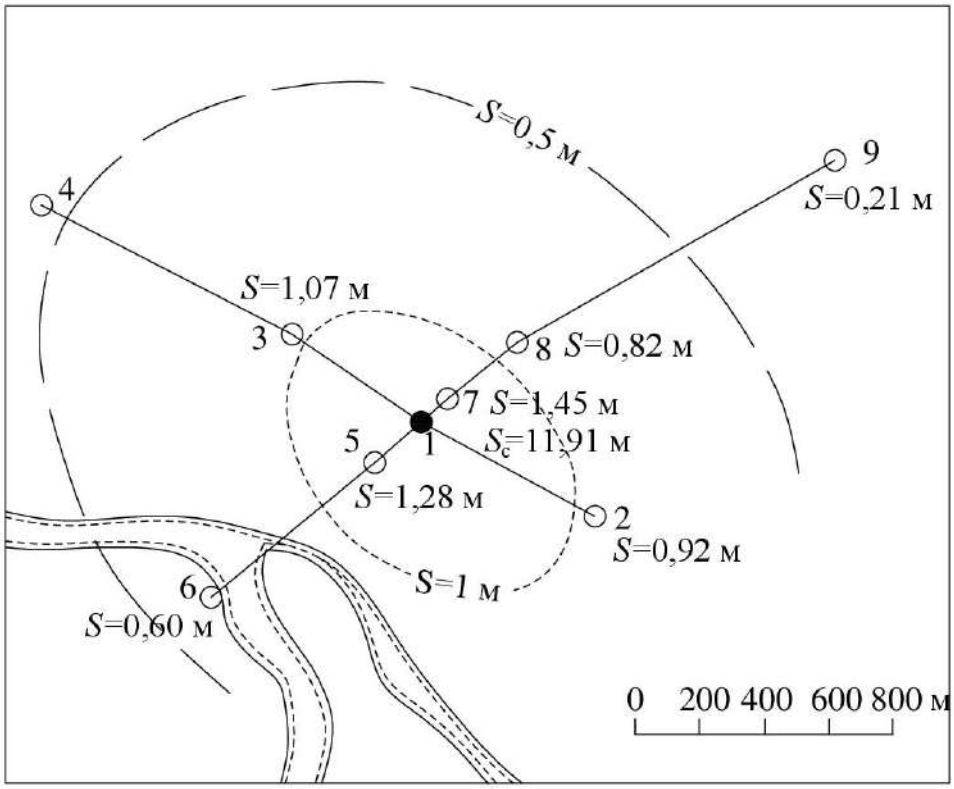



Рис. 4.1. План опытного куста скважин

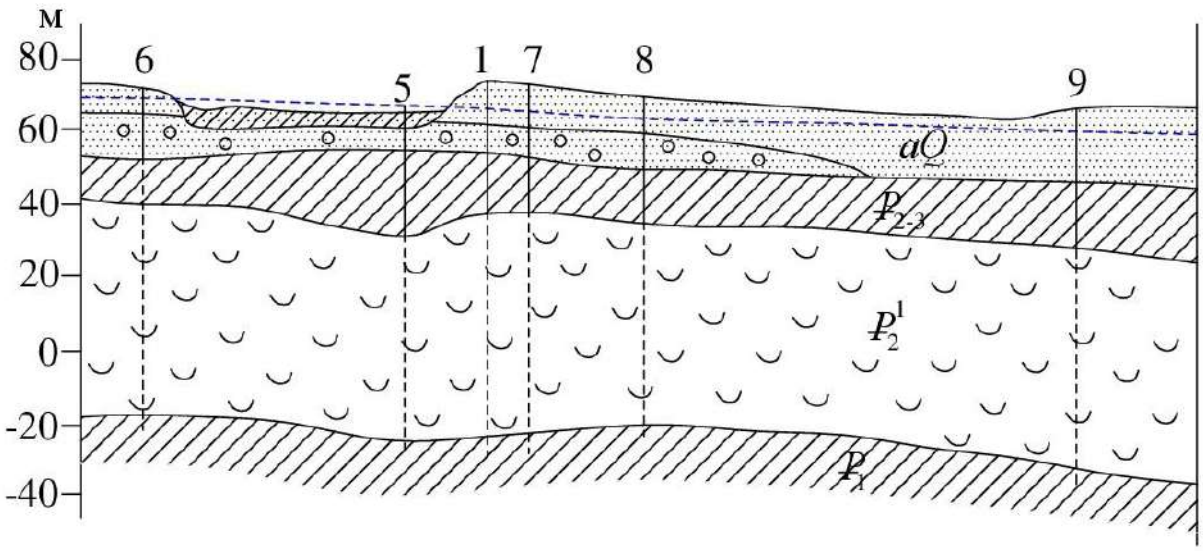



Рис. 4.2. Гидрогеологический разрез

Таблица 4.2

Данные снижения уровней при откачке из скв. 1

| Время от начала откачки *t*, сут | Дебит, л/с | Центр. скв. 1 , $r_c$=0,076 м | 2 *r*=620 м | 3 *r*=500 м | 4 *r*=1400 м | 5 *r*=205 м | 6 *r*=880 м | 7 *r*=95 м | 8 *r*=395 м | 9 *r*=1550м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,0104 | 25,8 | 1,30 | | | | | | 0,0,3 | | |
| 0,0174 | 25,8 | 1,73 | | | | 0,01 | | 0,08 | | |
| 0,0243 | - | 10,79 | | | | 0,03 | | 0,12 | | |
| 0,0313 | 24,7 | 10,81 | | | | 0,05 | | 0,15 | | |
| 0,0417 | 24,7 | 10,81 | | | | 0,07 | | 0,20 | | |
| 0,0521 | - | 10,86 | | 0,01 | | - | | - | | |
| 0,0625 | 24,7 | 10,83 | | 0,02 | | 0,12 | | 0,27 | | |
| 0,0833 | 24,3 | 10,86 | 0,01 | 0,03 | | 0,17 | | 0,32 | | |
| 0,125 | 23,6 | 10,87 | 0,03 | 0,07 | | 0,23 | | 0,40 | 0,01 | |
| 0,208 | 24,0 | 10,91 | 0,06 | 0,13 | | 0,33 | | 0,50 | 0,03 | |
| 0,375 | 23,6 | 11,01 | 0,14 | 0,22 | | 0,46 | 0,01 | 0,63 | 0,08 | |
| 0,5 | 24,0 | 11,11 | 0,18 | 0,27 | | 0,52 | 0,02 | 0,69 | 0,12 | |
| 0,75 | 23,6 | 11,24 | 0,26 | - | 0,01 | - | - | - | - | |
| 1,0 | 23,6 | 11,40 | 0,30 | 0,41 | 0,02 | 0,66 | 0,08 | 0,83 | 0,22 | |
| 2,0 | 23,3 | 11,44 | 0,44 | 0,56 | 0,07 | 0,81 | 0,17 | 0,98 | 0,35 | |
| 3,0 | 23,3 | 11,47 | 0,52 | 0,65 | 0,12 | 0,90 | 0,23 | 1,07 | 0,44 | 0,01 |
| 4,0 | 23,6 | 11,67 | 0,58 | 0,71 | 0,16 | 0,96 | 0,28 | 1,13 | 0,50 | 0,02 |
| 5,0 | 23,3 | 11,75 | 0,63 | 0,76 | 0,20 | 1,0 | 0,32 | 1,17 | 0,55 | 0,03 |
| 6,0 | 24,0 | 11,88 | 0,67 | 0,80 | 0,23 | 1,04 | 0,36 | 1,20 | 0,58 | 0,04 |
| 8,0 | 23,3 | 11,74 | 0,73 | 0,86 | 0,28 | 1,10 | 0,42 | 1,26 | 0,64 | 0,07 |
| 10,0 | 23,6 | 11,72 | 0,77 | 0,90 | 0,32 | 1,14 | 0,46 | 1,30 | 0,68 | 0,10 |
| 12,0 | 23,6 | 11,67 | 0,81 | 0,94 | 0,36 | 1,16 | 0,49 | 1,33 | 0,72 | 0,13 |
| 14,0 | 23,6 | 11,77 | 0,85 | 0,98 | 0,38 | 1,19 | 0,53 | 1,36 | 0,75 | 0,15 |
| 16,0 | 23,6 | 11,82 | 0,87 | 1,01 | 0,40 | 1,23 | 0,56 | 1,40 | 0,78 | 0,17 |
| 18,0 | 23,6 | 11,87 | 0,90 | 1,04 | 0,42 | 1,25 | 0,58 | 1,42 | 0,80 | 0,19 |
| 20,0 | 23,6 | 11,91 | 0,92 | 1,07 | 0,43 | 1,28 | 0,60 | 1,45 | 0,82 | 0,21 |

Окончание табл. 4.2

| Время от начала восстановления $t^*$, сут | Понижение $S$, м | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Центр. скв. 1, $r_c$=0,076 м | 2 $r$=620 м | 3 $r$=500 м | 4 $r$=1400 м | 5 $r$=205 м | 6 $r$=880 м | 7 $r$=95 м | 8 $r$=395 м | 9 $r$=1550м |
| 0,00013 | | | | | | | | | |
| 0,0006 | 10,22 | | | | | | | | |
| 0,00138 | 3,19 | | | | | | | | |
| 0,0035 | 2,42 | | | | | | 1,44 | | |
| 0,0069 | 2,06 | | | | | | 1,41 | | |
| 0,0104 | 1,83 | | | | | | 1,38 | | |
| 0,0139 | 1,75 | | | | | | 1,35 | | |
| 0,0174 | 1,71 | | | | 1,26 | | 1,33 | | |
| 0,0208 | 1,65 | | | | 1,25 | | 1,31 | | |
| 0,0278 | - | | | | 1,24 | | 1,29 | | |
| 0,0313 | 1,58 | | | | 1,23 | | 1,26 | | |
| 0,0417 | - | | | | 1,20 | | - | | |
| 0,0521 | 1,54 | | 1,05 | | - | | 1,20 | | |
| 0,0625 | 1,49 | | - | | - | | - | 0,81 | |
| 0,0833 | 1,45 | | 1,04 | | 1,12 | | 1,14 | - | |
| 0,0938 | 1,39 | 0,91 | - | | - | | - | 0,80 | |
| 0,125 | 1,38 | - | 1,02 | | 1,07 | | - | - | |
| 0,146 | 1,29 | 0,89 | - | | - | | 1,02 | 0,78 | |
| 0,167 | 1,28 | - | - | | 1,03 | | 0,99 | - | |
| 0,208 | 1,24 | 0,86 | 0,96 | | 0,99 | | 0,94 | 0,76 | |
| 0,333 | 1,21 | 0,82 | 0,90 | | 0,89 | | 0,85 | 0,72 | |
| 0,458 | - | 0,77 | 0,84 | | 0,81 | 0,55 | 0,77 | 0,69 | |
| 0,625 | - | - | - | | - | 0,53 | 0,70 | - | |
| 0,875 | 1,04 | 0,64 | 0,69 | 0,42 | 0,65 | - | - | 0,58 | |
| 0,958 | - | - | - | - | - | 0,50 | 0,62 | - | |
| 1,23 | 0,94 | 0,57 | 0,61 | - | 0,57 | - | 0,56 | 0,52 | |
| 1,5 | 0,76 | 0,52 | 0,56 | 0,37 | 0,52 | - | 0,52 | 0,49 | |
| 2,04 | 0,61 | 0,45 | 0,48 | 0,34 | 0,44 | - | 0,45 | 0,43 | |
| 3,25 | 0,52 | 0,36 | 0,39 | 0,28 | 0,33 | 0,30 | 0,35 | 0,34 | |
| 4,13 | 0,46 | 0,31 | 0,32 | 0,25 | 0,27 | - | 0,30 | 0,29 | 0,20 |
| 5,25 | 0,39 | 0,26 | 0,27 | 0,22 | 0,22 | 0,21 | 0,25 | 0,25 | 0,19 |
| 6,13 | 0,34 | 0,23 | 0,23 | 0,20 | 0,19 | 0,18 | 0,22 | 0,22 | 0,18 |
| 12,13 | | 0,10 | 0,08 | 0,10 | 0,08 | 0,06 | 0,09 | 0,11 | 0,15 |

## *4.3. Обработка опытной откачки в хазарском водоносном горизонте*

Схема опытного куста в водоносном пласте, сложенном мелкозернистыми хазаровскими песками, перекрытыми хвалынскими глинами и суглинками, показана на рис. 4.3. Откачка проведена с постоянным дебитом $Q$=2500 м$^3$/сут в течение трех суток с последующим наблюдением за восстановлением уровней в течение трех суток. Данные понижений $S$ и восстановлений $\Delta H^*$ уровней в пьезометрических скважинах приведены в табл. 4.3.

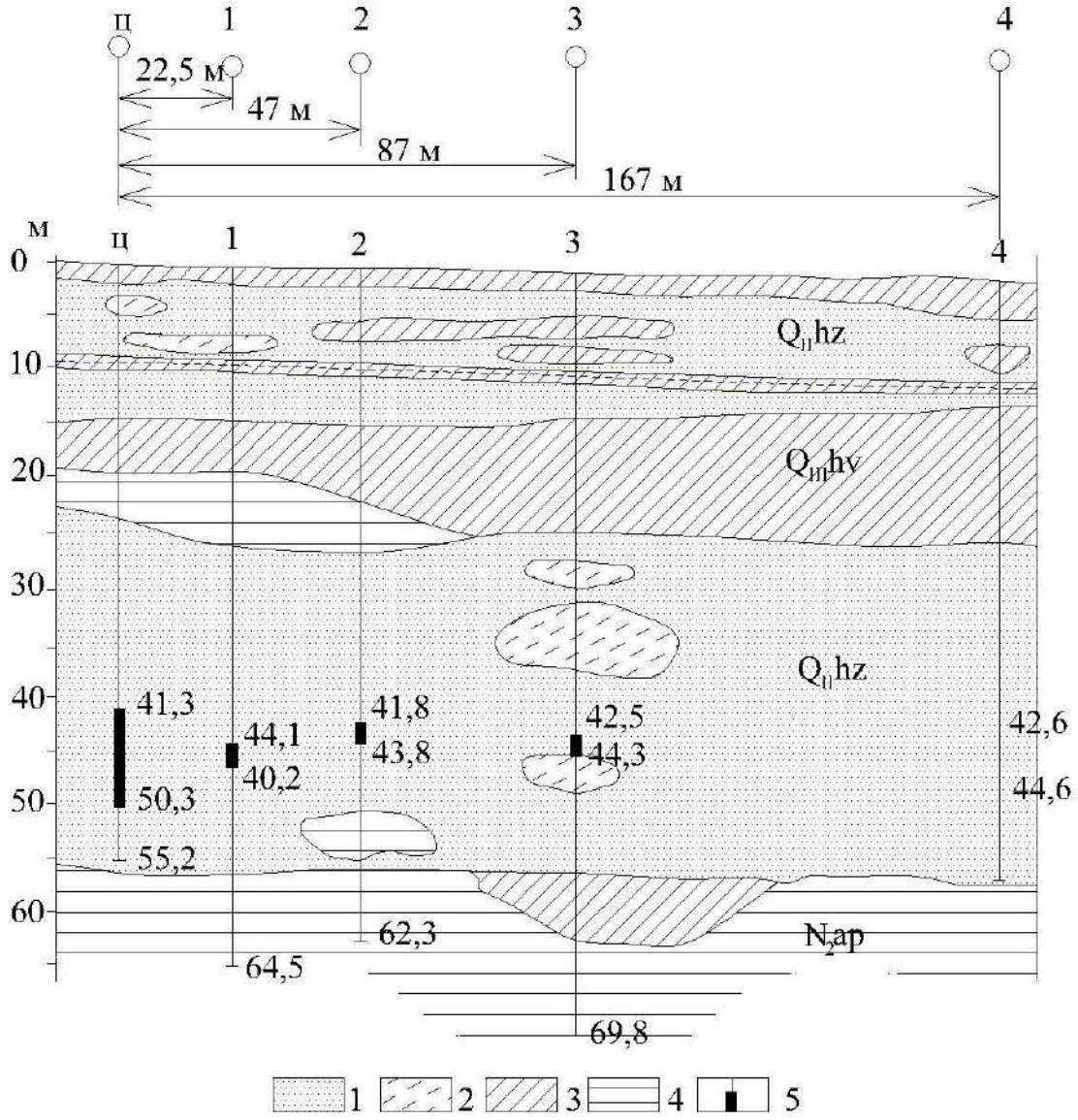



Рис. 4.3 План расположения и разрез по лучу пьезометрических скважин кустовой откачки из хазарских отложений:
1 - песок; 2 - супесь; 3 - суглинок; 4 - глина; 5 - интервал фильтров скважин

Таблица 4.3

Данные наблюдений при откачке

| *t*, мин | Скв. 1 $r_1$=22,5 м | | Скв. 2 $r_2$=47 м | | Скв. 3$r_3$=87 м | | Скв. 4 $r_4$=167 м | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *S*, м | $\Delta H^*$, м | *S*, м | $\Delta H^*$, м | *S*, м | $\Delta H^*$, м | *S*, м | $\Delta H^*$, м |
| 2 | 0,539 | 0,4 | 0,079 | 0,2 | - | 0,14 | - | - |
| 4 | 0,77 | 0,56 | 0,37 | 0,38 | - | 0,12 | - | - |
| 6 | 0,91 | 0,68 | 0,48 | 0,48 | 0,21 | 0,19 | 0,038 | - |
| 8 | 1,01 | 0,9 | 0,59 | 0,62 | 0,29 | 0,22 | 0,05 | 0,03 |
| 10 | 1,082 | 0,94 | 0,67 | 0,64 | 0,35 | 0,3 | 0,07 | 0,02 |
| 15 | 1,24 | - | 0,819 | - | 0,48 | - | 0,12 | - |
| 20 | 1,37 | 1,15 | 0,919 | 0,82 | 0,56 | 0,44 | 0,16 | 0,13 |
| 30 | 1,5 | 1,33 | 1,04 | 1,02 | 0,66 | 0,58 | 0,24 | 0,18 |
| 45 | 1,7 | - | 1,22 | - | 0,84 | - | 0,36 | - |
| 55 | - | 1,58 | - | 1,18 | - | 0,8 | - | 0,38 |
| 60 | 1,8 | - | 1,34 | - | 0,95 | - | 0,44 | - |
| 120 | 2,,02 | - | 1,57 | - | 1,19 | - | 0,68 | - |
| 170 | - | 1,96 | - | 1,58 | | 1,12 | | 0,66 |
| 320 | 2,2 | | 1,74 | | 1,34 | | 0,84 | |
| 660 | 2,57 | | 2,09 | | 1,72 | | 1,19 | |
| 1000 | 2,67 | | 2,22 | | 1,84 | | 1,28 | |
| 1400 | 2,74 | | 2,31 | | 1,88 | | 1,36 | |
| 1800 | 2,77 | | 2,31 | | 1,92 | | 1,39 | |
| 2000 | 2,81 | | 2,31 | | 1,93 | | 1,43 | |
| 3100 | 2,84 | | 2,34 | | 1,94 | | 1,46 | |
| 4000 | 2,84 | | 2,41 | | 1,942 | | 1,46 | |
| 5000 | 2,842 | | 2,42 | | 1,96 | | 1,48 | |

## *4.4. Наливы и откачки с постоянным дебитом в одиночных скважинах*

### *Налив с постоянным дебитом в скважину 2а*

Скважина 2а расположена на полигоне УГГУ. Скважина вскрывает двухслойный пласт. Коренные породы представлены гнейсами протерозойского возраста. Водопроводимость определяется трещинами горных пород. Коренные породы перекрыты покровными глинистыми образованиями мощностью 5 м.

В скважину 2а произведен налив с постоянным дебитом продолжительностью 30 минут. Данные наблюдений за дебитом и уровнем подземных вод при наливе представлены в табл. 4.4, 4.5, 4.6.

Таблица 4.4

Данные наблюдений за дебитом

| $t$, мин | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $Q$, л/с | 0,14 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,17 |

Таблица 4.5

Данные наблюдений за уровнем при наливе

| $t$, мин | 0,16 | 0,33 | 0,5 | 0,67 | 0,83 | 1,0 | 1,66 | 2,0 | 2,5 | 3,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $G_{тд}$, м | 6,23 | 6,12 | 5,97 | 5,75 | 5,50 | 5,30 | 5,06 | 5,00 | 4,90 | 4,82 |
| $S$, м | 0,05 | 0,16 | 0,31 | 0,53 | 0,78 | 0,98 | 1,22 | 1,28 | 1,38 | 1,46 |
| $t$, мин | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 15,0 | 20,0 | 30,0 | - |
| $G_{тд}$, м | 4,79 | 4,73 | 4,68 | 4,56 | 4,53 | 4,50 | 4,48 | 4,40 | 4,39 | - |
| $S$, м | 1,49 | 1,55 | 1,6 | 1,72 | 1,75 | 1,78 | 1,8 | 1,89 | 1,89 | - |

Таблица 4.6

Данные наблюдений за восстановлением уровня

| $t_в$, мин | 0,16 | 0,33 | 0,5 | 1,0 | 1,66 | 2,0 | 2,5 | 3,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $G_{тд}$, м | 4,54 | 4,67 | 4,82 | 5,19 | 5,42 | 5,53 | 5,69 | 5,81 |
| $S_в$,м | 1,74 | 1,61 | 1,46 | 1,09 | 0,86 | 0,75 | 0,59 | 0,47 |
| $t_в$, мин | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 15,0 | 20,0 |
| $G_{тд}$, м | 6,0 | 6,07 | 6,14 | 6,20 | 6,22 | 6,24 | 6,26 | 6,28 |
| $S_в$,м | 0,28 | 0,21 | 0,14 | 0,08 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0 |

# 5. ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ УЧЕБНОЙ ЗАДАЧИ

Таблица 5.1

Данные для построения зависимости $S \div \lg t$

| $t$, мин | 0,16 | 0,3 | 0,5 | 0,67 | 0,83 | 1,0 | 1,66 | 2,0 | 2,5 | 3,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| lg $t$ | -0,8 | -0,5 | -0,3 | -0,2 | -0,1 | 0 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| $S$,м | 0,05 | 0,16 | 0,31 | 0,53 | 0,78 | 0,98 | 1,22 | 1,28 | 1,38 | 1,46 |
| $t$, мин | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 15,0 | 20,0 | 30,0 | - |
| lg $t$ | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | - |
| $S$, м | 1,49 | 1,55 | 1,6 | 1,72 | 1,75 | 1,78 | 1,8 | 1,88 | 1,89 | - |

Таблица 5.2

Данные для построения зависимости $\Delta H \div \lg t_в$

| $t$в, мин | 0,16 | 0,33 | 0,5 | 1,0 | 1,66 | 2,0 | 2,5 | 3,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| lg $t_в$ | -0,8 | -0,5 | -0,3 | 0 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| $\Delta H$, м | 0,16 | 0,28 | 0,43 | 0,8 | 1,03 | 1,14 | 1,3 | 1,42 |
| $t_в$, мин | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 15,0 | 20,0 |
| lg $t_в$ | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 | 1,1 | 1,2 | 1,3 |
| $\Delta H$, м | 1,61 | 1,68 | 1,75 | 1,81 | 1,83 | 1,85 | 1,87 | 1,89 |

Таблица 5.3

Данные для построения зависимости $S_в \div \lg (t_о + t_в)/t_в$

| $t_в$ | 0,16 | 0,3 | 0,5 | 0,83 | 1,0 | 1,66 | 2,0 | 2,5 | 3,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $(t_о + t_в)/t_в$ | 188,5 | 91,9 | 61 | 37,14 | 31,0 | 19,1 | 16,0 | 13,0 | 11,0 |
| lg $(t_о + t_в)/t_в$ | 2,3 | 2,0 | 1,8 | 1,6 | 1,5 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,0 |
| $S_в$, м | 1,74 | 1,61 | 1,46 | 1,2 | 1,09 | 0,86 | 0,75 | 0,59 | 0,47 |
| $t_в$ | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 15,0 | 20,0 | 30,0 |
| $(t_о + t_в)/t_в$ | 8,5 | 7,0 | 6,0 | 4,75 | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 2,5 | 1,0 |
| lg $(t_о + t_в)/t_в$ | 0,93 | 0,85 | 0,78 | 0,68 | 0,6 | 0,50 | 0,48 | 0,40 | 0 |
| $S_в$, м | 0,28 | 0,21 | 0,14 | 0,08 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0 | 0 |

Таблица 5.4

Результаты интерпретации данных налива

| Зависимость | $S \div \lg t$ | $\Delta H \div \lg t_в$ | $S_в \div \lg (t_о + t_в)/t_в$ |
|---|---|---|---|
| $C_у$, м | 1,90 | 1,46 | 1,42 |
| $C_р$, м | 0,44 | 0,34 | 0,34 |
| $C_у/C_р$ | 4,32 | 4,29 | 4,18 |
| $T$, м$^2$/сут | 5,41 | 7,0 | 7,0 |

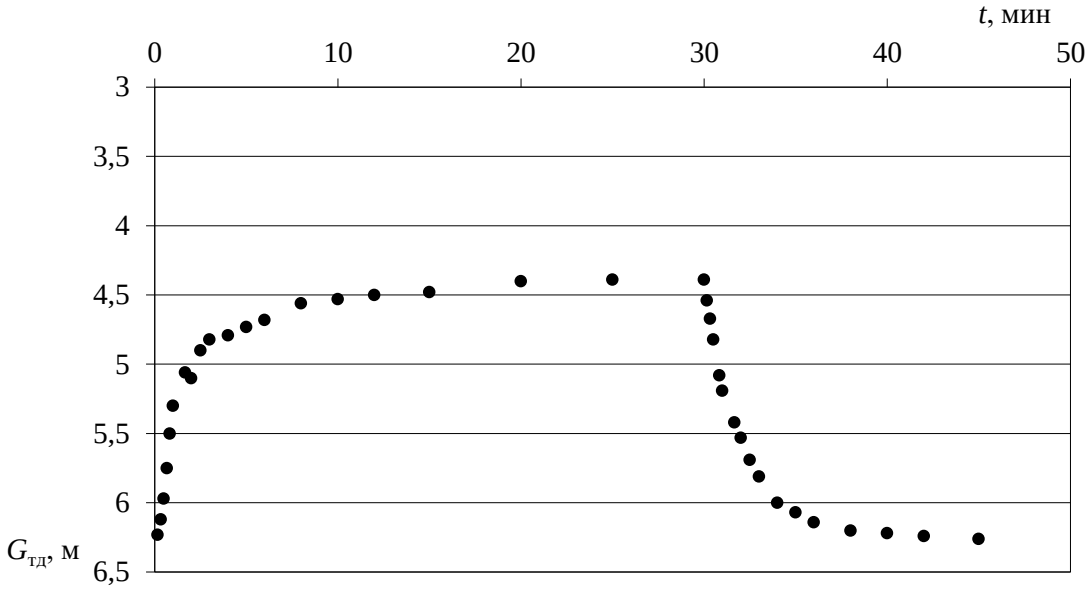



Рис. 5.1. Зависимость $G_{тд} \div t$. Налив в скв. 2а

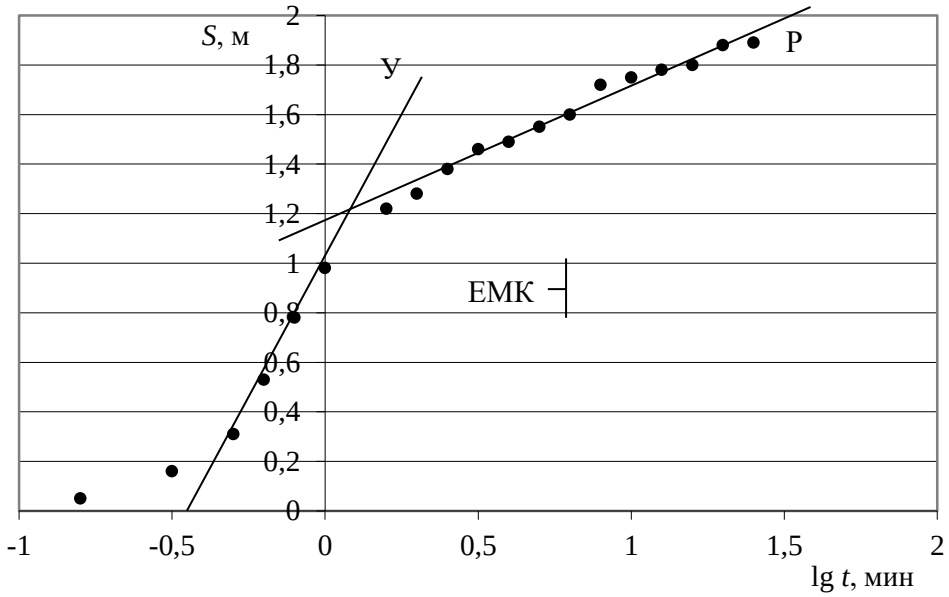



Рис. 5.2. Зависимость $S \div \lg t$. Налив в скв. 2а

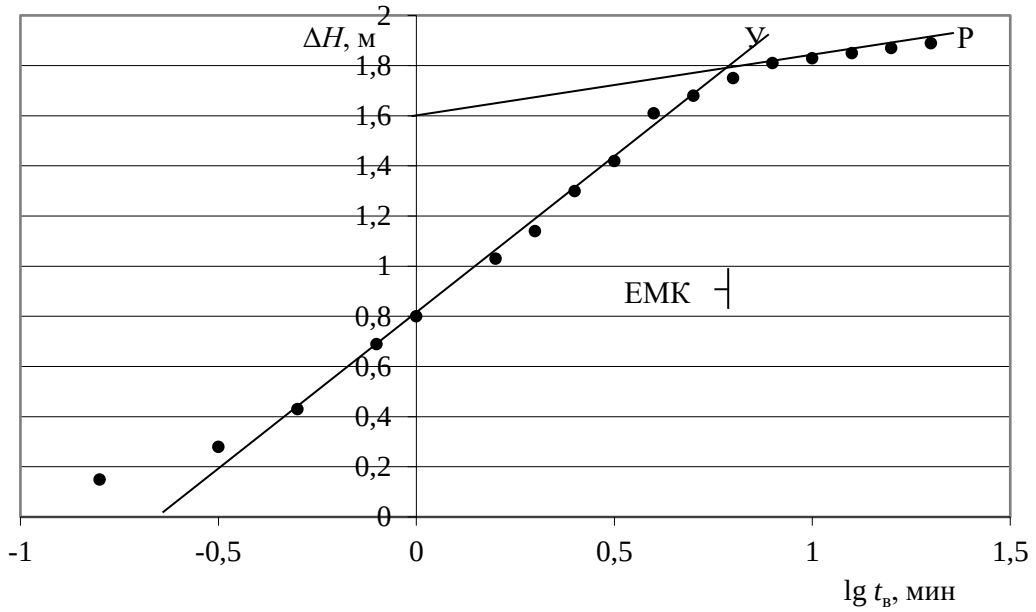



Рис.5.3. Зависимость $\Delta H \div \lg t_в$. Налив в скв. 2а

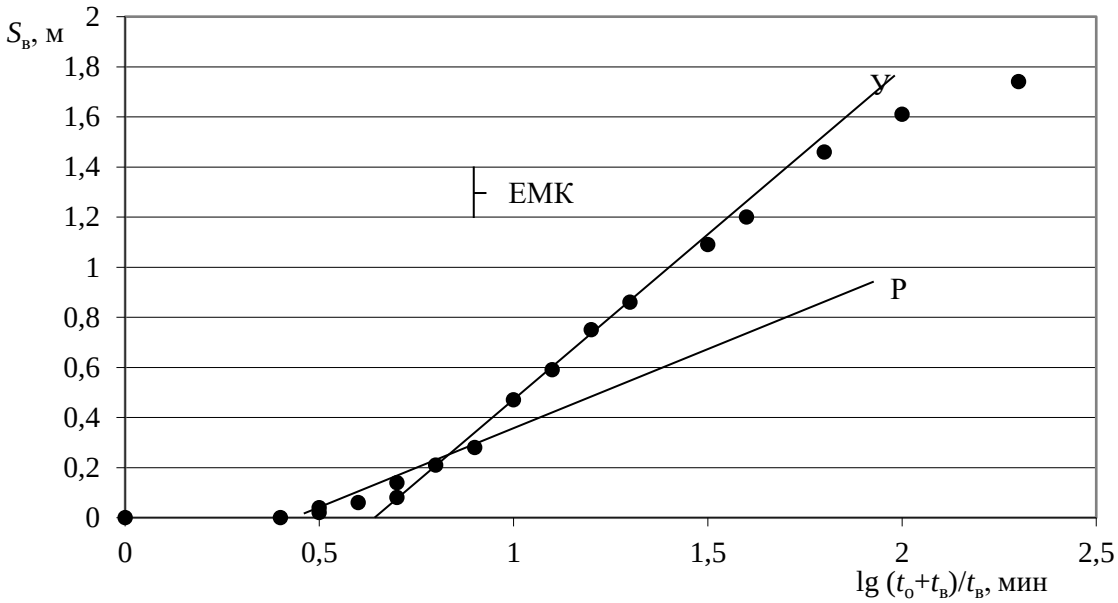



Рис. 5.4. Зависимость $S_в \div \lg (t_о+t_в)/ t_в$. Налив в скв. 2а

## ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. *Планирование кустовой откачки*: методические указания по курсовой работе по дисциплине «Динамика подземных вод» для студентов специальности 130302 – «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания (ГИГ)» / сост.: С. Н. Тагильцев, Т. Н. Кибанова, В. С. Тагильцев; Уральский государственный горный университет. – Екатеринбург: УГГУ, 2008. – 31 с.

2. *Синдаловский Л. Н.* Справочник аналитических решений для интерпретации опытно-фильтрационных опробований. - СПб.: Изд-во С.-Пб. ун-та, 2006 - 769 с.

3. *Фисун Н. В., Ленченко Н. Н.* Динамика подземных вод. Краткий курс лекций и лабораторный практикум. – М.: Научный мир, 2016. – 267 с.

4. *Шестаков В. М.* Гидрогеодинамика. – М.: КДУ, 2009. – 334 с.

Дополнительная:

5. *Мироненко В. А.* Динамика подземных вод. - М.: МГГУ, 2001. 519 с.

6. *Гавич И. К.* Гидрогеодинамика. - М.: Недра, 1988. 358 с.

7. *Мироненко В. А., Шестаков В. М.* Теория и методы интерпретации опытно-фильтрационных работ. - М.: Недра, 1978 - 326 с.

8. *Шестаков В. М., Кравченко И. П., Штенгелов Р. С.* Практикум по динамике подземных вод. - М.: МГУ, 1987 - 224 с.

Учебное пособие

Сергей Николаевич Тагильцев
Татьяна Николаевна Кибанова
Викентий Сергеевич Тагильцев
Анна Евгеньевна Рубцова

# ОПЫТНО-ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ РАБОТЫ

Практикум по динамике подземных вод для студентов специализации
«Поиски и разведка подземных вод
и инженерно-геологические изыскания»
направления 21.05.02– «Прикладная геология»

Редактор Л. В. Устьянцева
Компьютерная верстка А. Е. Рубцова

Подписано в печать 16.02.18
Бумага писчая. Формат бумаги 60х84 1/16. Печать на ризографе.
Печ. л. 3, 25. Уч. – изд. л. 1,61. Тираж 200 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал - макета в лаборатории
множительной техники УГГУ

МИНОБНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»
(ФГБОУ ВО УГГУ)

**С.Н. Тагильцев**

# Динамика подземных вод

**Методические указания**
**по организации самостоятельной работы для обучающихся направления подготовки**
**21.05.02 – Прикладная геология**

Специализация № 2 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания»

Квалификация подготовки – горный инженер-геолог

Форма обучения: очная, заочная

Екатеринбург
2019

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»
(ФГБОУ ВО «УГГУ»)

**ОДОБРЕНО:**
Зав. кафедрой ГИГГ

_____ С.Н. Тагильцев

«_13_» __апреля__ 2019 г.



**С.Н. Тагильцев**

# Динамика подземных вод

**Методические указания**
**по организации самостоятельной работы для обучающихся направления подготовки**
**21.05.02 – Прикладная геология**

Специализация № 2 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания»

Квалификация подготовки – горный инженер-геолог

Форма обучения: очная, заочная

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

# ОГЛАВЛЕНИЕ


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1. | Общие положения | 4 |
| 2. | Самостоятельная работа студентов, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям | 7 |
| | 2.1. Повторение материала лекций | 7 |
| | 2.2. Самостоятельное изучение тем курса | 8 |
| | 2.3. Подготовка к практическим и лабораторным работам | 8 |
| 3. | Другие виды самостоятельной работы | 8 |
| | 3.1. Подготовка к зачёту | 8 |
| | 3.2. Подготовка и написание контрольной работы | 9 |
| | 3.3. Подготовка и написание курсового проекта | 9 |
| | 3.4. Подготовка к экзамену | 9 |

# Введение

Самостоятельная работа в современном образовательном процессе рассматривается как форма организации обучения, которая способна обеспечивать самостоятельный поиск необходимой информации, творческое восприятие и осмысление учебного материала в ходе аудиторных занятий, разнообразные формы познавательной деятельности студентов на занятиях и во внеаудиторное время, развитие аналитических способностей, навыков контроля и планирования учебного времени, выработку умений и навыков рациональной организации учебного труда.

Таким образом, самостоятельная работа – форма организации образовательного процесса, стимулирующая активность, самостоятельность, познавательный интерес студентов.

В методических указаниях рассматриваются вопросы организации самостоятельной работы для студентов Уральского государственного горного университета.

Методическое указание включает три главы, которые логически связаны друг с другом. Первая глава знакомит читателя с теоретическими основами самостоятельной работы студентов и особенностями подготовки к ней в вузе. Во второй и третьей главах представлен материал, который содержит информацию о видах самостоятельной работы по данной дисциплине, а также об источниках информации для осуществления самостоятельной работы. Эмпирической основой разработки системы критериев и показателей оценки форм самостоятельной работы стал практический опыт работы преподавателей кафедры геодезии и кадастров.

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Самостоятельная работа студентов всех форм и видов обучения является одним из обязательных видов образовательной деятельности, обеспечивающей реализацию требований Федеральных государственных стандартов высшего образования (ФГОС), созданных на основе Федерального закона от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».

Конкретные требования к самостоятельной работе студентов определяются в Федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования по направлению.

Нормативные требования к самостоятельной работе студентов дополняются документами локального характера: Уставом Уральского государственного горного университета, рабочей программой дисциплины.

Согласно требованиям нормативных документов, самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, подготовки к практическим занятиям, сдаче зачета и экзамена.

Самостоятельная работа студентов представляет собой совокупность внеаудиторных занятий и работ, обеспечивающих успешное освоение образовательной программы высшего образования в соответствии с требованиями ФГОС.

Навыки самостоятельной работы по освоению каких-либо знаний приобретаются человеком с раннего детства и развиваются в течение всей жизни. К началу обучения в вузе каждый студент имеет личный опыт и навыки организации собственных действий, полученные в процессе обучения в школе, учреждениях дополнительного образования, во время внешкольных занятий и в

быту. Однако при обучении в вузе требования к организации самостоятельной работы существенно возрастают, так как они связаны с освоением сложных общекультурных и профессиональных компетенций.

Практика показывает, что студенты различаются по уровню готовности к реализации требований к самостоятельной работе. Выделяются две основные группы студентов. Первая характеризуется тем, что ее представители ориентированы на выполнение заданий самостоятельной работы и обладают универсальными учебными компетенциями, позволяющими успешно справиться с требованиями к ее выполнению (умением понимать и запоминать приобретаемую информацию, логически мыслить, воспроизводить материал письменно и устно, проводить измерения, вычисления, проектировать и т. д.). Студенты второй группы не имеют устойчивой ориентации на постоянное выполнение самостоятельной работы при освоении учебного материала и отличаются низким уровнем развития универсальных учебных компетенций и навыков самоорганизации.

Самостоятельная работа в рамках образовательного процесса в вузе решает следующие *задачи:*

- закрепление и расширение знаний, умений, полученных студентами во время аудиторных и внеаудиторных занятий, превращение их в стереотипы умственной и физической деятельности;

- приобретение дополнительных знаний и навыков по дисциплинам учебного плана;

- формирование и развитие знаний и навыков, связанных с научно-исследовательской деятельностью;

- развитие ориентации и установки на качественное освоение образовательной программы;

- развитие навыков самоорганизации;

- формирование самостоятельности мышления, способности к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;

- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной теоретической, практической и учебно-исследовательской деятельности.

Для реализации задач самостоятельной работы студентов и ее осуществления необходим *ряд условий*, которые обеспечивает университет:

- наличие материально-технической базы;

- наличие необходимого фонда информации для самостоятельной работы студентов и возможности работы с ним в аудиторное и внеаудиторное время;

- наличие помещений для выполнения конкретных заданий, входящих в самостоятельную работу студентов;

- обоснованность содержания заданий, входящих в самостоятельную работу студентов;

- связь самостоятельной работы с рабочими программами дисциплин, расчетом необходимого времени для самостоятельной работы;

- развитие преподавателями у студентов навыков самоорганизации, универсальных учебных компетенций;

- сопровождение преподавателями всех этапов выполнения самостоятельной работы студентов, текущий и конечный контроль ее результатов.

Специфическими *принципами организации* самостоятельной работы в рамках современного образовательного процесса являются:

- принцип интерактивности обучения (обеспечение интерактивного диалога и обратной связи, которая позволяет осуществлять контроль и коррекцию действий студента);

- принцип развития интеллектуального потенциала студента (формирование алгоритмического, наглядно-образного, теоретического стилей мышления, умений принимать оптимальные или вариативные решения в сложной ситуации, умений обрабатывать информацию);

- принцип обеспечения целостности и непрерывности дидактического цикла обучения (предоставление возможности выполнения всех звеньев дидактического цикла в пределах темы, раздела, модуля).

Самостоятельная работа студентов планируется преподавателем в рабочей программе дисциплины.

Объем времени, отведенный на внеаудиторную самостоятельную работу, находит отражение: в учебном плане в целом по теоретическому обучению, по каждому из циклов дисциплин, по каждой дисциплине; в рабочих программах учебных дисциплин с ориентировочным распределением по разделам или конкретным темам.

Самостоятельная работа студентов классифицируется: по месту организации (аудиторная и внеаудиторная); по целям организации (цели дисциплины, сформулированные и обоснованные в рабочей программе); по способу организации (индивидуальная, групповая).

Выбор формы организации самостоятельной работы студентов (индивидуальная или групповая) определяется содержанием учебной дисциплины и формой организации обучения (лекция, семинар, практическое занятие, контрольное занятие и др.).

В зависимости от формы промежуточной аттестации виды самостоятельной работы дополняются подготовкой к экзамену, зачету и процедурами текущей аттестации.

## 2. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ПОДГОТОВКУ К АУДИТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

### *2.1. Повторение материала лекций*

Источники информации по теме лекции:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения лекционного занятия;

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

### *2.2. Самостоятельное изучение тем курса*

Самостоятельное изучение тем осуществляется при обучении на заочной форме обучения.

Источники информации для самостоятельного изучения тем:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед сессией;

2) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

### *2.3. Подготовка к практическим и лабораторным занятиям*

Типовые задания (примеры) работ, выполняемые на практических занятиях представлены в комплекте оценочных материалов.

Принципы работы на практических занятиях озвучиваются преподавателем на соответствующих лекционных занятиях.

Источники информации для подготовки к практическим занятиям:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием либо в начале сессии;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения практического или лабораторного занятия (при наличии);

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины;

4) методические указания по выполнению практических и лабораторных занятий.

## 3. ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

### *3.1. Подготовка к зачету*

В комплекте оценочных средств представлен перечень тестовых заданий, теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий, которые входят в постав билетов.

Источники информации для подготовки к зачету:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием либо в начале сессии;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения лекционного занятия (при наличии);

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

### *3.2 Подготовка и написание контрольной работы*

Для выполнения контрольных работ студентами кафедрой подготовлены Методические рекомендации и задания к контрольным работам для студентов направления 21.05.02 Прикладная геология.

### *3.3 Подготовка и написание курсового проекта*

Для выполнения курсового проекта кафедрой подготовлены Методические рекомендации по выполнению курсового проекта для студентов направления 21.05.02 Прикладная геология.

### *3.4 Подготовка к экзамену*

В комплекте оценочных средств представлен перечень теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий, которые входят в постав билетов.

Источники информации для подготовки к экзамену:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием либо в начале сессии;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения лекционного занятия (при наличии);

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

**Учебное издание**

**Тагильцев Сергей Николаевич**

**Динамика подземных вод**

Методические указания по организации самостоятельной работы
для обучающихся направления подготовки 21.05.02 – Прикладная геология
(специализация № 2 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания»)

Редактор Н.В. Рубан

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60 х 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л.. Уч.-изд. л. Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**по выполнению курсовой работы по дисциплине**

**Б1.Б.2.03 «ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА» ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»**

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания***

Автор: Абатурова И. В., д.г-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии
*(название кафедры)*
Зав.кафедрой _____
*(подпись)*
Тагильцев С. Н.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 19 от 12.02.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией
Факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение …….. 5

1. Содержание курсовой работы …… 7

2. Предлагаемые темы курсовой работы …….. 8

3. Список рекомендуемых задач …… 10

4. Основные требования к оформлению курсовой работы ……. 11

5. Список литературы ……. 14

# ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Инженерная геодинамика» является базовой дисциплиной при подготовке специалистов специальности (специализации) «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания». входит в блок специальных дисциплин в подготовке специалистов специализации 130302 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания». Дисциплина является федеральной (базовой) как в государственном стандарте второго поколения, так и в новых ФГОС направления подготовки (специальности) 130101.65 «Прикладная геология», утвержденных приказом Минобрнауки России 17.01.2011.

Дисциплина изучает геологические и инженерно-геологические процессы и явления. Все геологические процессы представляют огромный интерес в инженерном аспекте в связи с их влиянием на жизнь и деятельность человека, на устойчивость природно-технических систем. Широкое развитие и распространение разных геологических процессов и явлений вызывает необходимость учета их влияния при рациональном использовании территорий, их защиты и охраны геологической среды, жизни и деятельности человека от опасного проявления и влияния процессов, а также их прогноза. Успешно решать эту проблему инженер-геолог может только владея основами инженерной геодинамики, зная теорию геологических процессов, закономерности, причины и условия развития процессов, основы и методы их прогнозирования, теоретическое обоснование и методы управления геологическими процессами.

Целью курсовой работы является системное изучение студентами одного из геологических процессов в цепочке: теория → причины → условия → прогноз → методы управления.

Целью изучения дисциплины является получение представлений о геологическом и инженерно-геологических процессах и явлениях, ознакопление

студентов с методами прогноза развития геологических процессов во времени и пространстве.

Задачи курсовой работы: изучение механизмов развития и энергетики экзогенных процессов; влияние различных природных факторов на их образование; развитие навыков разработки методов и методик прогнозирования, моделирования; оценка риска от отдельных процессов и интегральной оценки суммарной опасности и нескольких процессов.

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать**: основные закономерности развития геологических процессов, вызванных природными и техногенными причинами, их распространение в различных геологических условиях и привязанность к конкретному техногенному воздействию;

**уметь**: оценивать пораженность территорий и прогнозировать развитие геологических процессов и явлений, оценивать опасность таких процессов для зданий и сооружений, степень риска и ущерба при освоении территорий; разрабатывастьи строить модели изучаемых объектов и методов выполнения инженерно-геологических работ с целью обеспечения надежной информацией проектирования, строительства и эксплуатацию инженерных сооружений в регионах действующих или прогнозируемых природных процессов;

**владеть**: методами прогнозирования и моделирования опасных геологических процессов и явлений, навыками обоснования защитных метоприятий.

В результате освоения дисциплины и составления курсовой работы студент должен обладать следующими компетенциями:

готовность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новых знаний и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности (ПК-2);

уметь проводить расчеты гидрогеологических параметров и устойчивости сооружений в связи с развитием негативных экзогенных геологических процессов (ПСК-2, 7);

владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий (ПК-9);

готовность проводить геологические наблюдения и осуществлять их документацию на объекте изучения (ПК-12);

способность планировать и выполнять аналитические, имитационные и экспериментальные исследования, критически оценивать результаты исследований и делать выводы (ПК-23);

способность моделировать экзогенные геологические и гидрогеологические процессы (ПСК-2, 3);

уметь оценивать инженерно-геологические и гидрогеологические условия для различных видов хозяйственной деятельности (ПСК-2, 5);

уметь проводить расчеты гидрогеологических параметров и устойчивости сооружений в связи с развитием негативных экзогенных геологических процессов (ПСК-2, 7);

Курсовая работа выполняется в виде реферата и состоит из 2-х основных частей. Первая часть посвящена теории, условиям, причинам, закономерностям развития какого-либо процесса. Вторая часть – анализу, обобщению конкретной информации по геологическому процессу с решением прогнозной задачи и разработкой методов управления.

## 1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Введение.

Во «Введении» дается обоснование актуальности темы, ставятся цели и задачи курсовой работы.

1. Общая часть включает в себя несколько подразделов.

1.1. Понятие изучаемого геологического процесса или явления как предмета инженерной геодинамики.

1.2. Закономерности, причины и условия развития изучаемого геологического процесса.

1.3. Определение типа, масштабов развития и механизма изучаемого процесса.

1.4. Количественная оценка развития изучаемого геологического процесса или явления.

1.5. Взаимосвязь изучаемого процесса и хозяйственной деятельности человека.

1.6. Прогноз развития изучаемого процесса при естественном развитии с учетом деятельности человека.

1.7. Обоснование мероприятий по управлению геологическими процессами.

2. Специальная часть включает в себя решение конкретных задач по оценке и прогнозированию геологических процессов.

3. Заключение состоит из нескольких смысловых частей. Первая часть должна содержать конкретные выводы, полученные при выполнении работы. Вторая часть включает оценку методического значения работы для понимания основных положений учебной дисциплины и приобретения новых умений и навыков.

## 2. ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ТЕМЫ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. Влияние трещиноватости массивов горных пород на устойчивость горных выработок.

2. Влияние трещиноватости массивов горных пород на изменения их физико-механических свойств.

3. Напряженное состояние верхних зон литосферы и его значение для шахтных разработок (на примере Североуральского бокситового месторождения).

4. Общие вопросы теории выветривания.

5. Инженерно-геологическая характеристика процессов выветривания в пределах Уральского региона.

6. Опыт сейсмического микрорайонирования территории г. Иркутска.

7. Инженерно-геологическая характеристика эрозионных процессов

8. Основные факторы формирования, селей и меры борьбы с ними на примере Кавказского региона.

9. Суффозия – условия и факторы ее образования и влияние на устойчивость гидротехнических сооружений.

10. Инженерно-геологическая характеристика плывунов, меры борьбы с ними.

11. Карст и его влияние на условия отработки месторождений (на примере месторождения калийных солей).

12. Карбонатный карст и гражданское строительство на примере г.г. Москва, Кунгур, Пермь, Уфа и др.

13. Просадочные явления в лессах при фильтрации воды из ирригационных каналов и методика борьбы с просадками.

14. Обвалы, осыпи и их инженерно-геологическая характеристика.

15. Оползни в лессовых породах Средней Азии.

16. Оползни южного берега Крыма.

17. Оползни Байкала.

18. Оползни Волги.

19. Закономерности и прогноз развития крупных современных оползней и обвалов.

20. Абразия морских берегов и борьба с ней.

21. Опыт изучения и методика прогноза переработки берегов водохранилищ.

22. Землетрясения и их инженерно-геологическое значение.

23. Методы инженерно-геологических прогнозов.

24. Инженерно-геологические явления на территории крупных городов и методы их изучения.

25. Подземные воды как основной фактор развития карста.

## 3. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ЗАДАЧ

Задачи, рекомендуемые для решения, являются основой второго раздела. Их решение проводится на основе ранее полученных знаний по дисциплине «Механика горных пород и грунтов» с привлечением рекомендуемых учебников. Часть задач предлагается из «Учебного пособия по инженерной геологии», [5].

**Тема 1. Оценка трещиноватости массивов пород**

Задача 1. Оценка трещиноватости мраморизованных известняков (задача 1.1 по [5].

Задача 2. Оценка трещиноватости гранито-гнейсового массива (задача 1.5 по [5]).

Задача 3. Оценка трещиноватости массива базальтов (задача 1.6 по [5]).

Задача 4. Оценка трещиноватости массива гипербазитов (задача 1.4 по [5]).

**Тема 2. Оценка степени и характера выветрелости пород**

Задача 5. Оценка степени и характера выветрелости пород Светлинского месторождения (задача 4.4 по [5]).

Задача 6. Оценка степени и характера выветрелости пород Челябинского метрополитена.

**Тема 3. Инженерно-геологическая оценка овражной эрозии**

Задача 7. Инженерно-геологическая оценка овражной эрозии в пределах г. Ханты-Мансийска.

**Тема 4. Инженерно-геологическая оценка суффозионного процесса**

Задача 8. Выполнить оценку суффозионной устойчивости грунтов (задача 4.1 по [5]).

**Тема 5. Инженерно-геологическая оценка карстового процесса**

Задача 9. Оценка карстовой пораженности и прогноз развития карстовых провалов (задача 4.2 по [5]).

Задача 10. Оценка карстовой пораженности и прогноз развития карстовых провалов в пределах месторождений полезных ископаемых (задача 2.9 по [5]) .

**Тема 6. Инженерно-геологическая оценка просадочных грунтов**

Задача 11. Оценка инженерно-геологических условий района распространения лессовых пород (задача 3.8 по [5])

**Тема 7. Изучение и оценка оползневых процессов**

Задача 12. Инженерно-геологическая оценка оползневого склона р. Волги (задача 2.1 по [5]).

Задача 13. Инженерно-геологическая оценка оползневого берега р. Ангара (задача 2.5 по [5]).

Задача 14. Инженерно-геологическая оценка устойчивости обвально-осыпного склона долины р. Ингури (задача 2.7 по [5])

## 4. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

*Полностью оформленная курсовая работа должна включать*: титульный лист, содержание, введение, разделы текста, заключение, список использованных источников, приложения (если они есть).

*Текст курсового работы должен быть набран на компьютере*, 12 кегль шрифта Time New Roman через 1,0 интервал. Поля: верхнее и нижнее – 2,0 см, левое – 3,0 см, правое 1,5 см.

*Текст курсовой работы* делят на разделы, подразделы, пункты. Заголовки разделов выделяют жирным шрифтом. Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всей работы и обозначаться арабскими цифрами с точкой. Введение и заключение не нумеруются. Подразделы нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого раздела, например: 2.3 (третий подраздел второго

раздела); более дробными подразделениями нумеруются пункты в пределах разделов и подразделов, например: пункт 1 в указанном подразделе должен иметь номер 2.3.1 и т. д. (между цифрами и в конце номера ставится точка). Страницы текста нумеруются арабскими цифрами, проставляемыми в верхнем правом углу. Титульный лист входит в общую нумерацию, номер страницы на нем не ставится. Иллюстрации (таблицы, графики, рисунки, фото), которые расположены на отдельных страницах работы, включаются в общую нумерацию.

*Оформление таблиц*. Таблицы нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах раздела. В правом верхнем углу, над соответствующим заголовком таблицы помещается надпись «Таблица 2.1» (первая таблица второго раздела). При переносе части таблицы на другую страницу слово «Таблица» и ее номер указываются один раз, над другими частями пишут слово «Продолжение табл. 2.1». Таблицу помещают в тексте сразу за первым упоминанием о ней. Большие таблицы помещаются на отдельных листах. Если в одной и той же графе таблицы приводятся целые числа и числа с десятичными знаками, следует соответственно в целых числах дополнительно после запятой проставлять нули. Одинаковые числа заменять кавычками не допускается. Отсутствие данных отмечается прочерком в соответствующей графе.

*Оформление рисунков*. Все иллюстрации в тексте именуются рисунками и нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах раздела. Например: Рис. 2.1 (первый рисунок второго раздела). Иллюстрации должны быть расположены так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота текста или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации располагают после первой ссылки на них. Наименование иллюстрации помещают под ней, после номера иллюстрации.

*Написание формул*. Формулы следует выделять их текста свободными строками. Если уравнение не вмещается в одной строке, оно может быть перенесено после знаков равенства, плюса, минуса, умножения, деления. Пояснения значений символов в формулах следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в какой они даны в формуле.

Значение каждого символа и числового коэффициента дается с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова «где» без двоеточия.

Формулы нумеруются арабскими цифрами в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в разделе. Номер указывается с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках, например: (3.1) – первая формула третьего раздела.

*Ссылки.* Ссылки в тексте на источники следует указывать в виде порядкового номера по списку источников, выделенных в квадратные скобки, ссылки на иллюстрации – указываются соответствующий номер иллбюстрации, например: рис. 2.1, аналогично даются ссылки на формулы: «в формуле (3.1)» и таблицы, например: «в табл. 2.1». Если ссылки даются на таблицы, иллюстрации и другие материалы, помещенные в другом разделе текста, то можно указывать «см. табл. 1.3».

*Содержание* помещается в начале курсовой работы. В нем указываются все разделы, подразделы и пункты, имеющие самостоятельные заголовки. Указывается только страница, на которой начинается раздел, подраздел, пункт.

*Список использованных источников* оформляется таким образом: вначале в алфавитном порядке указывается опубликованная отечественная литература, затем рукописная и в конце списка – иностранная литература (если она есть). Для каждого литературного источника приводятся данные: номер по порядку, фамилия и инициалы автора, полное наименование работы, год издания. место издания, название издательства, количество страниц. Для рукописей указывается место хранения.

*Приложения*. Все приложенные к проекту чертежи на отдельных листах (если автор считает их нужными), по своим форматам, условным обозначениям, раскраске, шрифтам и масштабам должны соответствовать существующим стандартам (представлять чертежи на листах произвольного размера не разрешатся). Список приложений и рисунков в тексте приводится после «Содержания» (является частью «Содержания»).

## Список литературы

1. Бондарик Г. К., Пендин В. В., Ярг Л. А. Инженерная геодинамика. М.: Изд-во МГУ, 2007. 439 с.

2. Золотарев Г. С. Инженерная геодинамика. М.: Изд-во МГУ, 1983.

3. Природные опасности России. Экзогенные и геологические опасности / под ред. В. М. Кютепова, А. И. Шеко. – М.: Изд-во Крук, 2002. 320 с.

4. Трофимов В. Т., Харькина М. А., Григорьева И. Ю. Экологическая геодинамика. М.: Изд-во МГУ, 2008. 472 с.

5. Учебное пособие по инженерной геологии / под ред. Г. С. Золотарева. М.: Изд-во МГУ, 1990. 294 с.

Учебное издание

Ирина Валерьевна Абатурова

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА

*Методические указания*
по курсовой работе по дисциплине «Инженерная геодинамика»
для студентов специальности (специализации) «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания»
направления «Прикладная геология»

*Редактор Л. Н. Авдеева*
Компьютерная верстка *Бобровой О.М.*

Подписано в печать _____ Бумага писчая. Формат 60 х 84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 0,88. Уч.-изд. л. 0,70 Тираж 100 экз. Заказ № ___

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет.
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

## ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

## Б1.Б.2.03 «ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА» ДЛЯ СТУДЕНТОВ

## СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Специализация № 2

***Поиски и разведка подземных вод***
***и инженерно-геологические изыскания***

Автор: Абатурова И. В. д.г-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии
*(название кафедры)*
Зав.кафедрой _____
*(подпись)*
Тагильцев С. Н.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 19 от 12.02.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией
Факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

## Структура и содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине «Инженерная геодинамика»

Последовательность изучения тем, выписанных на самостоятельную проработку, рекомендуется согласовывать с рабочей программой дисциплины.

Прежде всего студенту следует ознакомиться с содержанием теоретических разделов дисциплины. Приступив к проработке темы необходимо вначале уяснить из методических указаний рабочей программы круг, рассматриваемых вопросов, затем изучить материал темы по рекомендуемой литературе, выделить главные вопросы основные положения законспектировать, дать ответы на вопросы для самопроверки.

Цель самостоятельной работы заключается в том, чтобы студенты стремились к поиску и получению новой информации, необходимой для решения инженерных задач, интеграции знаний применительно к своей области деятельности, к осознанию ответственности за принятия своих профессиональных решений.

Содержание самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа делится на 2 вида:

I. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям, включает в себя 3 части

Первая часть – это работа с литературными источниками, которая проверяется во время тестирования

Вторая часть – построение инженерно-геологических разрезов

Третья часть – создание презентаций в программе Microsoft Power Point в которой приводится деформация зданий и сооружений в результате развития инженерно-геологических процессов.

Часть 1

1. Подготовить краткий конспект о развитии процессов выветривания Урала. Описание должно содержать следующие сведения:

Понятия о процессе основных принципах выветривания, виды выветривания, основные химические реакции, способствующие выветриванию, вертикальная зональность коры выветривания. Особенности выветривания на Урале, изменение физико-механических свойств грунтов в процессе выветривания.

2. Причины и факторы формирования овражной эрозии. Описание должно содержать следующие сведения:

Понятие овражной эрозии, процент территории России, пораженной данным процессом, этапы формирования процесса. Оценку и прочие развитие овражной эрозии, противоэрозионные мероприятия

3. Карстово -суффозионные процессы г. Кунгура Описание должно содержать следующие сведения:

Понятия карстово-суффозионных процессов, причины и факторы их формирования, гидродинамическая зональность, оценка и прогноз формирования противокарстовых мероприятий. Особенность развития карстового процесса г. Кунгура

Для конспекта используется не менее трех источников литературы и инженерный ресурс

Часть 2

Выполнить лабораторные работы 1,2,3 задание

**Задание 1**

**Составление инженерно-геологического разреза по оси плотины на р. Уфа с выделением фильтрационных зон**

1. Составить инженерно-геологический разрез по оси плотины на р. Уфе

2. Выделить в сфере взаимодействия плотины и горных пород фильтрационные зоны по значениям коэффициента фильтрации (Кф) и удельного водопоглощения(q)

3. Составить заключение об устойчивости основания примыканий плотины

4. Отметка НПУ-316,0м; уреза воды в реке – 288,70м; ширина зеркала воды – 60м; расстояние между скважинами60м

5. в таблице указаны глубины подошв слоев в метрах (см. Таблицу в методическом указании)

**Задание 2**

**Составление инженерно-геологического разреза по оси плотины на р. Малая Сатка с выделением фильтрационных зон**

1. Составить инженерно-геологический разрез по оси плотины на р. М.Сатка

2. Выделить в сфере взаимодействия плотины и горных пород фильтрационные зоны по значениям коэффициента фильтрации (Кф) и удельного водопоглащения(q)

3. Составить заключение об устойчивости основания примыканий плотины

4. Отметка НПУ-457,0м; уреза воды в реке – 435,10м; ширина зеркала воды – 20,0м; расстояние между скважинами 70м

5. в таблице указаны глубины подошв слоев в метрах (см. Таблицу в методическом указании)

**Задание 3**

**Составление инженерно-геологического разреза, проведение районирования по степени устойчивости горных пород в горных выработках по оси скоростной дороги(метро) г. Екатеринбург**

1. Составить инженерно-геологический разрез по оси трассы скоростной дороги
2. Составить заключение об инженерно-геологических условиях прохождения скоростной дороги
3. Расстояние между скважинами 60м
4. В таблице указаны глубины подошв слоев в метрах (см. Таблицу в методическом указании)

Часть 3

Подготовить презентацию к семинару «Деформации зданий и сооружений в результате развития инженерно-геологических процессов» Для презентации используется не менее трех источников литературы и инженерный ресурс, а также нормативные документы.

Общая трудоемкость самостоятельной работы составляет 47 часов (очное) и 117 часов (заочное)

II. Вид – другие виды самостоятельной работы, которые включают в себя

1. Контрольная работа

2. Курсовая работа.

Выполнение курсовой работы

Курсовая работа выполняется в соответствии с методическими указаниями.

В виде реферата и состоит из 2-х основных частей. Первая часть посвящена теории, условиям, причинам, закономерностям развитии какого-либо процесса. Вторая часть – анализу, обобщению конкретной информации по геологическому процессу с решением прогнозной задачи и разработки методов управления

3. Подготовка к экзамену

Всего принятая трудоемкость составляет 5 часов.

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**по выполнению курсового проекта по дисциплине**

**Б1.Б.2.04 «Механика грунтов и горных пород»**

**ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»**

Специализация № 2

***Поиски и разведка подземных вод***
***и инженерно-геологические изыскания***

Автор: Томин М. Н.., к.г-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии
*(название кафедры)*
Зав.кафедрой _____
*(подпись)*
Тагильцев С. Н.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 19 от 12.02.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией
Факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

# Часть 1
# Определение осадки основания сооружения методом послойного суммирования

## Введение

Основания и фундаменты рассчитываются по двум предельным состояниям:

| | | |
|---|---|---|
| 1 | **По несущей способности:** $N \le \frac{\gamma_c \cdot P_{пр}}{\gamma_q}$ | ⇒**N** – заданная расчетная нагрузка на основание в наиболее невыгодной комбинации;<br>⇒$P_{пр}$ – несущая способность (предельная нагрузка) основания для данного направления нагрузки N;<br>⇒$\gamma_c$ – коэффициент условия работы основания (<1);<br>⇒$\gamma_q$ – коэффициент надежности (>1). |
| 2 | **По предельным деформациям:** $S_{рас.} \le S_{u.s.}$ $\Delta S_{рас.} \le \Delta S_{u.s.}$ | ➢ **Sрас.** – расчетная абсолютная осадка фундамента;<br>➢ $\Delta S_{рас.}$ – расчетная относительная разность осадок фундаментов;<br>➢ $S_{u.s.}$; $\Delta S_{u.s.}$ –предельные величины, соответственно абсолютной и относительной разности осадок фундаментов (СП 22.13330.2011) |

Целью расчета оснований по деформациям является ограничение абсолютных или относительных перемещений такими пределами, при которых гарантируется нормальная эксплуатация сооружения и не снижается его долговечность.

Согласно СП 22.13330.2011 расчет оснований по деформациям производят исходя из условия $s \le s_u$, s — осадка основания фундамента (совместная деформация основания и сооружения); $s_u$ — предельное значение осадки основания фундамента (совместной деформации основания и сооружения), устанавливаемое в соответствии с указаниями 5.6.46—5.6.50 СП 22.13330.

## 1. Развитие зон пластических деформаций и перераспределение давления по подошве фундамента

Давление P от веса надземной части сооружения и собственного веса фундамента, воспринимаются основанием рассеивается в массиве грунта. Равнодействующую R передачи давления между частицами грунта можно разложить на две составляющие (см. схему): нормальные напряжения (σ) и касательные (τ). Нормальные напряжения σ – сжимают частицы грунта друг к другу и разрушить их практически не могут (частицы грунта – кварц, полевой шпат и т.д.) (рисунок 1).

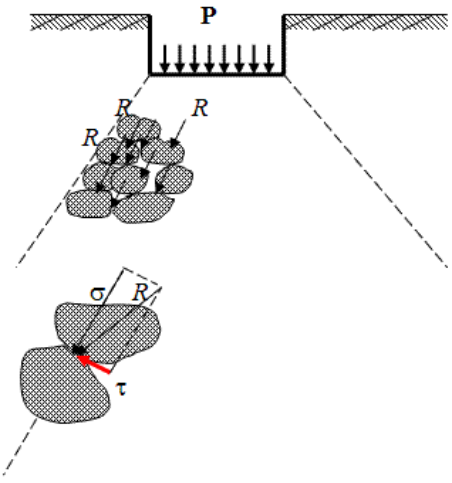



Рисунок 1. Схема рассеивания напряжений в массиве грунта под подошвой фундамента.

Фазы напряженно-деформированного состояния грунта изучаются с целью установления расчетных моделей деформирования грунтового основания, приемлемых для инженерных расчетов его прочности, устойчивости, сжимаемости, горизонтальных и угловых перемещений. В связи с этой проблемой традиционно рассматривается график (рисунок 2) испытания грунтового основания штампом, изображающий зависимость осадки штампа от средних напряжений, действующих по его подошве.

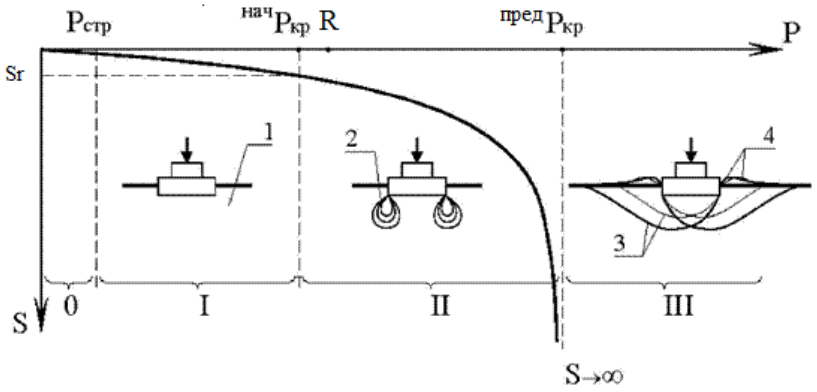



Рисунок 2. Фазы напряженно-деформированного состояния грунта:
$P_{стр}$ – структурная прочность; $^{нач}P_{кр}$ – начальное критическое давление; $^{пред}P_{кр}$ – предельное критическое давление; R – расчетное сопротивление грунта;
0 – фаза упругой работы; I – фаза уплотнения; II – фаза сдвигов; III – фаза выпоров; 1 – основание в допредельном состоянии; 2 – зоны сдвигов; 3 – линии скольжения; 4 – зоны выпоров

Первая фаза (уплотнение) характеризуется постепенным затуханием деформации. Скорость деформации с течением времени уменьшается, приближаясь к нулю: (рисунок 3,а). Важно отметить, что в конце фазы уплотнения и в начале фазы сдвигов непосредственно под штампом начинает формироваться жесткое ядро ограниченных смещений частиц, которое в дальнейшем и разжимает грунт в стороны, обусловливая значительные осадки штампа. Это ядро полностью сформировывается при достижении грунтом его максимальной несущей способности и остается после этого неизменным.

Вторая фаза (сдвигов) характеризуется продолжением уплотнения и, кроме того, возникновением и развитием в грунте местных пластических деформаций в краевых участках фундамента. Это не есть признак разрушения основания в целом, а лишь свидетельство возрастания роли бокового смещения частиц в общей величине деформации. При этом скорость деформации приобретает некоторое постоянное для данной нагрузки значение: (рисунок 3,б)

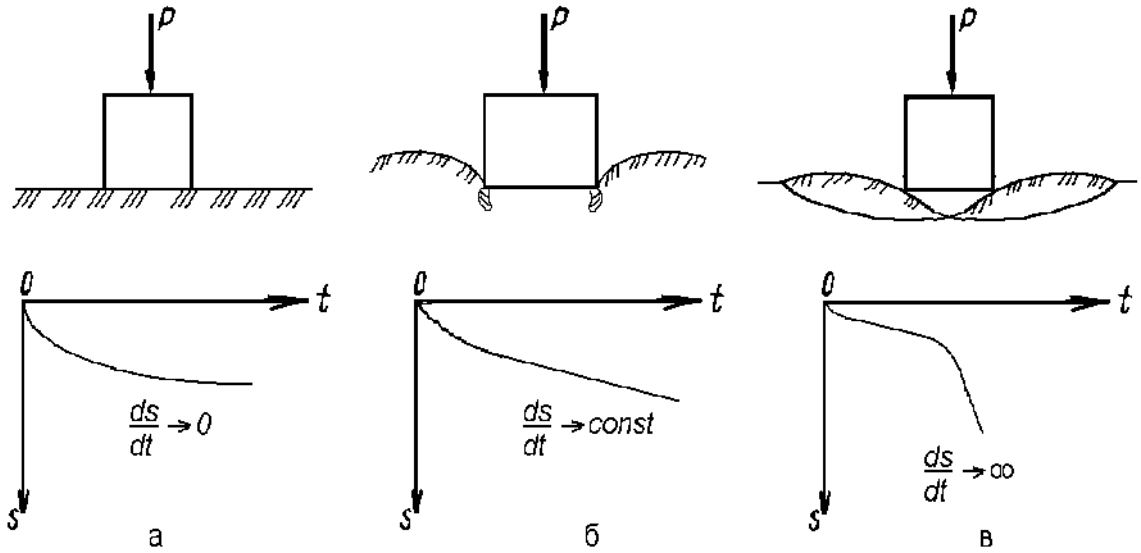



Рисунок 3. Скорости деформации при различных формах напряженного состояния

Деформации, однако, не будут нарастать бесконечно, т.к. напряжения с течением времени перераспределяются под штампом и происходит затухание осадки. При передаче этих деформаций конструкциям сооружения могут возникнуть изменения, опасные для устойчивости последних, поэтому давление на грунт следует назначать из условий допустимых для данного сооружения деформаций.

Третья фаза (выпирание) соответствует развитию пластических деформаций по сплошным поверхностям скольжения, в грунте вокруг штампа появляются трещины, происходит разрушение основания. Обычно этот процесс завершается просадкой фундамента и выпором грунта: (рисунок 3,в).

Следовательно, по мере увеличения нагрузки на грунт можно определить два критических значения ее: первая критическая нагрузка соответствует началу возникновения местных пластических сдвигов, вторая - развитию сплошных поверхностей пластических деформаций, течению грунта и выпиранию его из-под штампа.

Безопасная нагрузка на основание должна быть определена в зависимости от рода сооружения.

Различают три основных случая назначения величины давления на грунт:

1. В пределах первой фазы деформации, до наступления пластических сдвигов. При этом величина деформаций будет незначительна.

2. В пределах начала второй фазы деформаций, т.е. с допущением развития местных пластических деформаций при условии, что общая величина осадки не превзойдет допустимой для данного рода сооружения; так проектируют обычного типа фундаменты гражданских и промышленных зданий и сооружений.

3. С превышением предела прочности грунта, т.е. по третьей фазе деформаций, с допущением постепенного выпирания грунта из-под сооружения. Так проектируют некоторые земляные сооружения - плотины, насыпи, перемычки, возводимые на слабых основаниях, причем иногда специально допускают увеличение давления, вызывающее погружение насыпей в процессе осадки до прочного подстилающего слоя.

Во второй фазе при достижении предельной несущей способности грунта и после окончания формирования жесткого ядра и полного развития зон предельного равновесия в зависимости от глубины заложения фундамента, плотности сложения грунта можно различить несколько характерных поверхностей скольжения (рисунок 4).

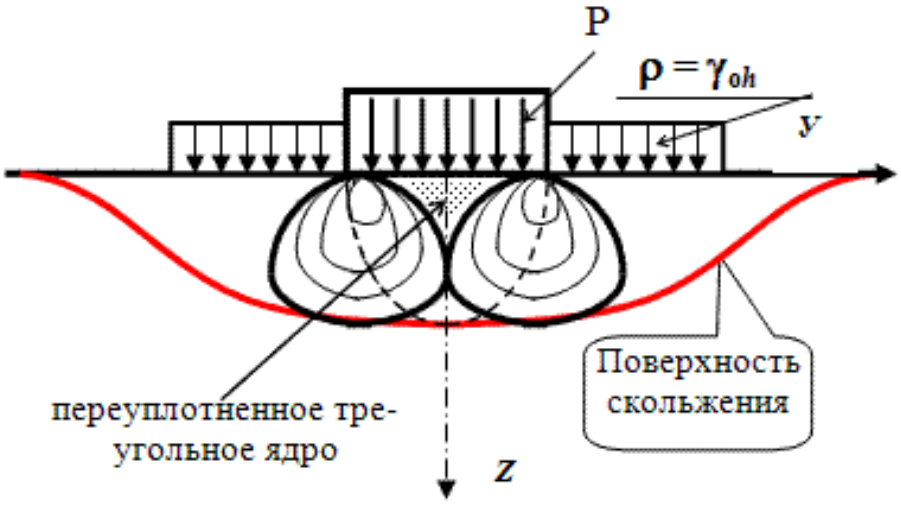



Рисунок 4. Формирование поверхностей скольжения под жёстким штампом в момент предельного состояния.

В зависимости от глубины заложения фундамента различают несколько основных случаев с характерными поверхностями скольжения (рисунок 5).

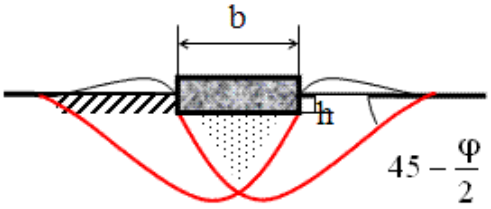
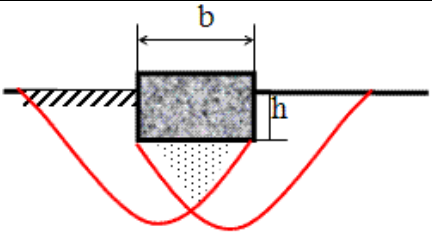
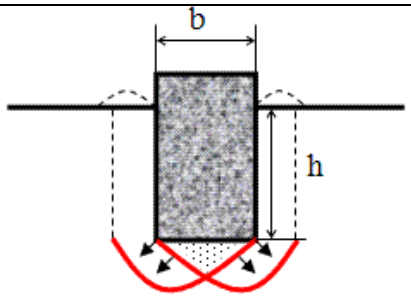
| | |
|---|---|
| ***а). Фундаменты мелкого заложения***<br>$\frac{h}{b} \le 0{,}5$<br>Выпирание грунта с провальными осадками, часто при эксцентрической нагрузке – выпирание грунта в одну сторону |  |
| ***б). Фундаменты средней глубины заложения***<br>$0{,}5 \le \frac{h}{b} \le 2$<br>Фундамент будет более устойчив (S - «образная» поверхность скольжения). |  |
| ***в). Фундаменты глубокого заложения***<br>$\frac{h}{b} > 2$<br>В данном случае окружающий грунт уплотняется по сторонам пластичных зон. При рыхлом состоянии грунта меньше вероятность выпирания, но при плотном грунте возможно и выпирание грунта. |  |

Рисунок 5. Схемы формирования поверхностей скольжения в момент предельного состояния для различных фундаментов

Если деформацию фундаментов мелкого заложения обозначить (а), фундаментов средней глубины заложения (б) и фундаментов глубокого заложения (в), то совместную их работу можно представить на ниже приведенной схеме (рисунок 7):

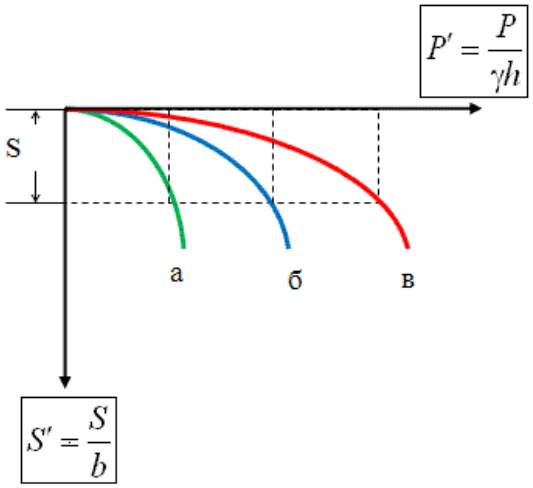



Рисунок 7. Графическое сопоставление работы фундаментов мелкого (а), средней глубины (б) и глубокого заложения (в).

Анализ графиков показывает, что с увеличением h/b несущая способность грунта, при одной и той же величине осадки, увеличивается. Для фундаментов мелкого заложения требуется больший коэффициент запаса – поэтому они рассчитываются по I предельному состоянию (устойчивости), а фундаменты глубокого заложения – по II предельному состоянию (деформациям).

Подводя итог выше сказанному, на графике осадки от прикладываемого давления можно определить несколько характерных точек (рисунок 8).

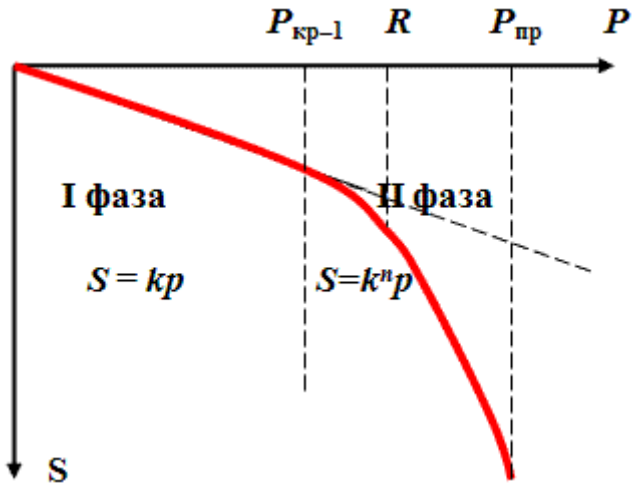


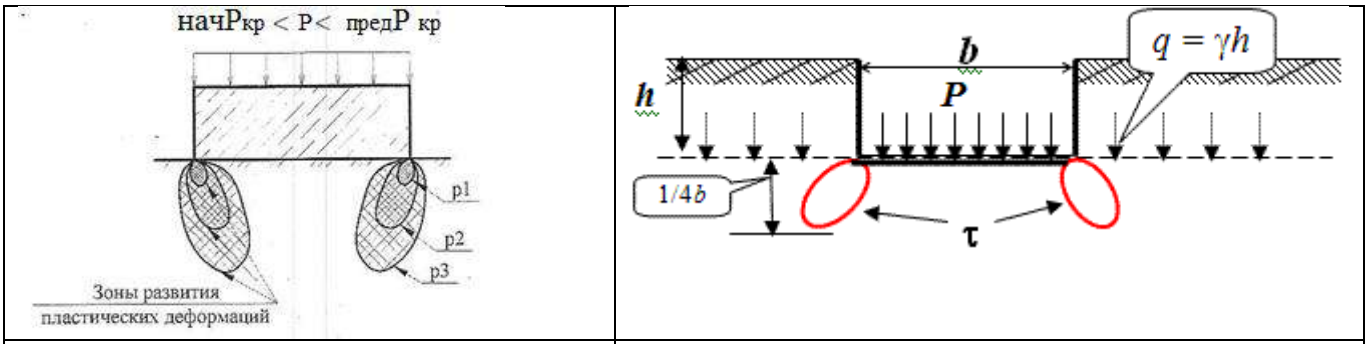

Рисунок 8. Зависимость осадки фундамента от прикладываемого давления вплоть до предельного состояния.

При $P_{пр}$ происходит выпор грунта из-под подошвы фундамента, т.е. развитие пластических деформаций в огромной области. При напряжениях $P \le R$ (рисунок 8), осадки фундамента считают по линейной зависимости (теория упругости). При достижении интенсивности давления $P_{кр-1}$ в отдельных точках под подошвой, прежде всего под краями фундамента, возникают зоны предельного равновесия (пластических деформаций ), описанная Пузыревским Н.П.

$$P_{кр-1} = \frac{\pi(\lambda h + c \cdot ctg\varphi)}{ctg\varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}} + \gamma h \qquad (1)$$

*Начальная критическая нагрузка по Пузыревскому Н.П.*

$P_{кр-1} = f(\varphi, c, \gamma, h)$ – довольно малая величина и принимать её к расчету не выгодно. Учитывая явный нелинейный характер деформирования грунтового основания под нагрузкой, современные методы расчета оснований по деформациям ограничивают развитие зон пластических сдвигов на глубину z=0.25b расчетным сопротивлением R (рисунок 9, б).




| а) Развитие зон пластических деформаций в основании фундаментов | б) Развитие зон пластических деформаций под углами загруженного фундамента при достижении давления равного расчётному сопротивлению грунта. |
|---|---|

Рисунок 9. Развитие зон пластических деформаций под фундаментом

$$R = \frac{\pi(0{,}25 \cdot b\lambda + \gamma h + c \cdot \operatorname{ctg}\varphi)}{\operatorname{ctg}\varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}} + \gamma h \qquad (2)$$

Считать по этой формуле трудоёмко, поэтому ее несколько изменили, введя условия совместности работы основания и сооружения.

## 2. Определение расчетного сопротивления грунта основания

При расчете деформаций основания с использованием указанных расчетных схем, среднее давление под подошвой фундамента *p* не должно превышать расчетного сопротивления грунта основания $R_0$ кПа (тс/м$^2$), определяемого по формуле:

$$Ro = (\gamma_{c1}\ \gamma_{c2} / k)\ [M_\gamma k_z b\gamma_{II} + M_q d_1 \gamma_{II}' + (M_q - 1)d_b\gamma_{II}' + M_c c_{II}] \quad (3)$$

где $\gamma_{c1}$ и $\gamma_{c2}$ - коэффициенты условий работы, принимаемые по таблице 1 (приложения К СП 22.13330.2011);

*k* - коэффициент, принимаемый равным: *k* = 1 - если прочностные характеристики грунта (*c* и *j*) определены непосредственными испытаниями и *k* = 1,1 - если они приняты по таблицам рекомендуемого приложения

$M_y$, $M_q$, $M_c$ - коэффициенты, принимаемые по таблице 2;

$k_z$ - коэффициент, принимаемый равным: при *b* < 10 м - $k_z$ = 1, при *b* ≥ 10 м – $k_z = z_0/b + 0{,}2$ (здесь $z_0$ = 8 м);

*b* - ширина подошвы фундамента, м;

$\gamma_{II}$ - осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента (при наличии подземных вод определяется с учетом взвешивающего действия воды), кН/м$^3$ (тс/м$^3$);

$\gamma'_{II}$ - то же, залегающих выше подошвы фундамента;

$c_{II}$ - расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, кПа (тс/м$^2$);

$d_1$ - глубина заложения фундаментов бесподвальных сооружений от уровня планировки или приведенная глубина заложения наружных и внутренних фундаментов от пола подвала, определяемая по формуле

$$d_1 = h_s + h_{cf}\ \gamma_{cf}/\gamma'_{II}, \qquad (4)$$

где $h_s$ - толщина слоя грунта выше подошвы фундамента со стороны подвала, м;

$h_{cf}$ толщина конструкции пола подвала, м;

$\gamma_{cf}$ - расчетное значение удельного веса материала пола подвала, кН/м (тс/м$^3$);

$d_b$ - глубина подвала - расстояние от уровня планировки до пола подвала, м (для сооружений с подвалом шириной $B \le 20$ м и глубиной более 2 м принимается $d_b$ = 2 м, при ширине подвала $B > 20$ м - $d_b$ = 0).

Примечания: 1. Формулу (4) допускается применять при любой форме фундаментов в плане. Если подошва фундамента имеет форму круга или правильного многоугольника площадью *A*, принимается $b=\sqrt{A}$

2. Расчетные значения удельных весов грунтов и материала пола подвала, входящие в формулу (3), допускается принимать равными их нормативным значениям.

3. Расчетное сопротивление грунта при соответствующем обосновании может быть увеличено, если конструкция фундамента улучшает условия его совместной работы с основанием.

4. Для фундаментных плит с угловыми вырезами расчетное сопротивление грунта основания допускается увеличивать на 15 %.

5. Если $d_1 > d$ (*d* - глубина заложения фундамента от уровня планировки) в формуле (3) принимается $d_1 = d$ и $d_b = 0$.

Таблица1. Значения коэффициентов $\gamma_{c1}$ и $\gamma_{c2}$ для сооружений с жесткой конструктивной схемой

| Грунты | Коэффициент $\gamma_{c1}$ | Коэффициент $\gamma_{c2}$ для сооружений с жесткой конструктивной схемой при отношении длины сооружения или его отсека к высоте $L/H$ равном | |
|---|---|---|---|
| | | 4 и более | 1,5 и менее |
| Крупнообломочные грунты с песчаным заполнителем и песчаные, кроме мелких и пылеватых | 1,4 | 1,2 | 1,4 |
| Пески мелкие | 1,3 | 1,1 | 1,3 |
| Пески пылеватые, маловлажные и влажные | 1,25 | 1,0 | 1,2 |
| насыщенные водой | 1,1 | 1,0 | 1,2 |
| крупнообломочные с пылевато-глинистым заполнителем с показателем текучести грунта или заполнителя $I_L \leq 0,25$ | 1,25 | 1,0 | 1,1 |
| То же, при $0,25 \leq I_L \leq 0,5$ | 1,2 | 1,0 | 1,1 |
| То же, при $I_L > 0,5$ | 1,1 | 1,0 | 1,0 |

Примечания:

1. К сооружениям с жесткой конструктивной схемой относятся сооружения, конструкции которых специально приспособлены к восприятию усилий от деформаций основания в том числе за счет применения мероприятий, указанных в СП 22.13330.2011.
2. Для зданий с гибкой конструктивной схемой значение коэффициента уса принимается равным единице.
3. При промежуточных значениях $L/H$ коэффициент уса определяется по интерполяции.
4. Для рыхлых песков $\gamma c_1$ и $\gamma c_2$ принимают равным 1.

Расчетные значения $\varphi_{II}$, $c_{II}$, $\gamma_{II}$ определяются при доверительной вероятности, принимаемой для расчетов по II предельному состоянию, доверительной вероятностью равной $a = 0,85$. Указанные характеристики находятся для слоя грунта толщиной $z$ ниже подошвы фундамента (рисунок 10).

**Таблица 2**

| Угол внутреннего трения $\phi_{II}$, град | Коэффициенты | | |
|---|---|---|---|
| | $M_v$ | $M_q$ | $M_c$ |
| 0 | 0 | 1 | 3,14 |
| 1 | 0,01 | 1,06 | 3,23 |
| 2 | 0,03 | 1,12 | 3,32 |
| 3 | 0,04 | 1,18 | 3,41 |
| 4 | 0,06 | 1,25 | 3,51 |
| 5 | 0,08 | 1,32 | мар.61 |
| 6 | 0,1 | 1,39 | 3,71 |
| 7 | 0,12 | 1,47 | 3,82 |
| 8 | 0,14 | 1,55 | 3,93 |
| 9 | 0,16 | 1,64 | 4,05 |
| 10 | 0,18 | 1,73 | 4,17 |
| 11 | 0,21 | 1,83 | 4,29 |
| 12 | 0,23 | 1,94 | 4,42 |
| 13 | 0,26 | 2,05 | 4,55 |
| 14 | 0,29 | 2,17 | 4,69 |
| 15 | 0,32 | 2,3 | 4,84 |
| 16 | 0,36 | 2,43 | 4,99 |
| 17 | 0,39 | 2,57 | 5,15 |
| 18 | 0,43 | 2,73 | 5,31 |
| 19 | 0,47 | 2,89 | 5,48 |
| 20 | 0,51 | 3,06 | 5,66 |
| 21 | 0,56 | 3,24 | 5,84 |
| 22 | 0,61 | 3,44 | 6,04 |
| 23 | 0,69 | 3,65 | 6,24 |
| 24 | 0,72 | 3,87 | 6,45 |
| 25 | 0,78 | 4,11 | 6,67 |
| 26 | 0,84 | 4,37 | 6,9 |
| 27 | 0,91 | 4,64 | 7,14 |
| 28 | 0,98 | 4,93 | 7,4 |
| 29 | 1,06 | 5,25 | 7,67 |
| 30 | 1,15 | 5,59 | 7,95 |
| 31 | 1,24 | 5,95 | 8,24 |
| 32 | 1,34 | 6,34 | 8,55 |
| 33 | 1,44 | 6,76 | 8,88 |
| 34 | 1,55 | 7,22 | 9,22 |
| 35 | 1,68 | 7,71 | 9,58 |
| 36 | 1,81 | 8,24 | 9,97 |
| 37 | 1,95 | 8,81 | 10,37 |
| 38 | 2,11 | 9,44 | 10,8 |
| 39 | 2,28 | 10,11 | 11,25 |
| 40 | 2,46 | 10,85 | 11,73 |
| 41 | 2,66 | 11,64 | 12,24 |
| 42 | 2,88 | 12,51 | 12,79 |
| 43 | 3,12 | 13,46 | 13,37 |
| 44 | 3,38 | 14,5 | 13,98 |
| 45 | 3,66 | 15,64 | 14,64 |

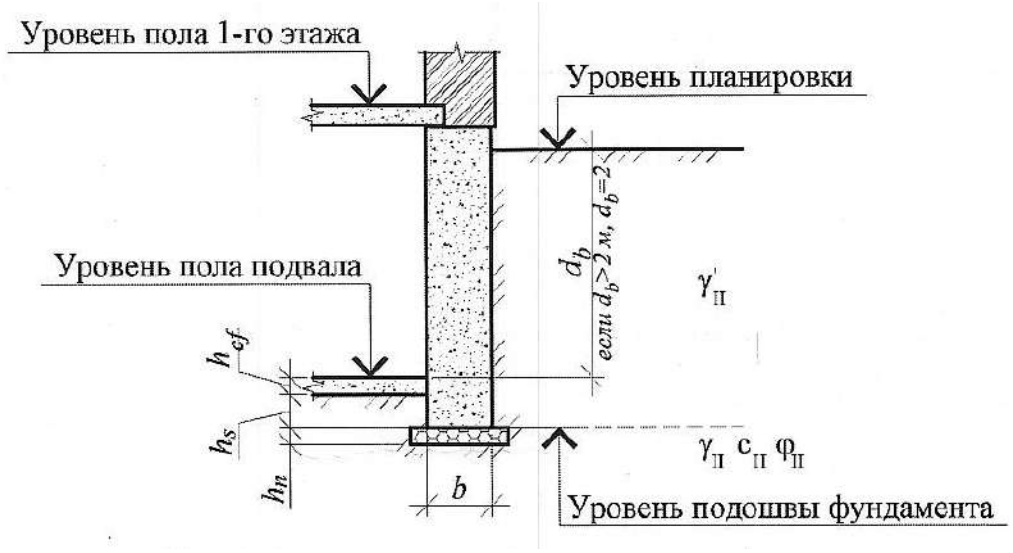



Рисунок 10. Вспомогательный рисунок к определению расчетного сопротивления грунта R

$z = b/2$ при $b < 10$ м и

$z = z_1 + 0{,}1\,b$ при $b \geq 10$ м (здесь $z_1 = 4$ м).

Если толща грунтов, расположенных ниже подошвы фундаментов или выше ее, неоднородна по глубине, то принимаются средневзвешенные значения ее характеристик $\overline{X}$ определяемых по формуле

$$\overline{X} = \sum_{i=1}^{n} X_i h_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} h_i, \qquad (5)$$

где $X_i$ - значение характеристики $i$-го инженерно-геологического элемента;

$h_i$ - толщина элемента.

Расчетное сопротивление грунта при неоднородности в пределах плана расположения какого-либо протяженного фундамента (например, ленточного) следует определять по характеристикам грунта наиболее слабого инженерно-геологического элемента. Допускается применять фундаменты разной ширины в пределах соседних отсеков здания, разделенного осадочным швом.

При назначении коэффициента условий работы $\gamma_{c2}$ в формуле следует иметь в виду, что к числу зданий и сооружении жесткой конструктивной схемы относятся: здания панельные, блочные и кирпичные, в которых между этажные перекрытия опираются по всему контуру на поперечные и продольные стены или только на поперечные несущие стены - при малом их шаге; сооружения типа башен, силосных корпусов, дымовых труб, домен и др.

При определении расчетного сопротивления грунта $R$ по нормативным значениям $c$ и □, приведенным в таблицах и при коэффициенте $k = 1{,}1$ допускается расчетные значения удельного веса грунта, расположенного ниже и выше подошвы фундамента, принимать равным нормативным.

Удельный вес грунта с учетом взвешивающего действия воды $\gamma_{sb}$ определяется по формуле:

$$\gamma_{sb} = (\gamma_s - \gamma_w)/(1 + e), \qquad (6)$$

где $\gamma_s$ - удельный вес частиц грунта, кН/м$^3$,

$\gamma_w$ - удельный вес воды, принимаемый равным 10 кН/м$^3$;

$e$ - коэффициент пористости.

При промежуточной подготовке переменной жесткости в плане или при различной жесткости основания под фундаментом среднее давление по его подошве может превышать расчетное сопротивление грунта основания, определенное по формуле (). Величина этого превышения зависит от вида и свойств грунта основания, размеров фундамента, величины и характера действующих на него нагрузок и других факторов.

Предварительные размеры фундаментов должны назначаться по конструктивным соображениям или исходя из табличных значений расчетного сопротивления грунтов основания $R_0$ в соответствии с рекомендуемыми таблицами приложения СП 22.13330.2011.

Значениями $R_0$ допускается также пользоваться для окончательного назначения размеров фундаментов зданий и сооружений III класса, если основание сложено горизонтальными (уклон не более 0,1) выдержанными по толщине слоями грунта, сжимаемость которых не увеличивается в пределах глубины, равной двойной ширине наибольшего фундамента, считая от его подошвы.

При использовании значений $R_0$ для окончательного назначения размеров фундаментов расчетное сопротивление грунта основания $R$, кПа (кгс/см$^2$), определяется по формулам:

при $d \leq 2$ м (200 см)

$$R = R_0 [1 + k_1 (b - b_0)/b_0] (d + d_0)/2d_0 \quad (7)$$

при d > 2 м (200 см)

$$R = R_0 [1 + k_1 (b - b0)/b0] + k_2 \gamma'II (d - d0) \quad (8)$$

где b и d - соответственно ширина и глубина заложения проектируемого фундамента, м (см);

$\gamma'_{II}$ - расчетное значение удельного веса грунта, расположенного выше подошвы фундамента, кН/м3 (кгс/см3);

$k_1$ - коэффициент, принимаемый для оснований, сложенных крупнообломочными и песчаными грунтами, кроме пылеватых песков, $k_1 = 0,125$, пылеватыми песками, супесями, суглинками и глинами $k_1 = 0,05$;

$k_2$ - коэффициент, принимаемый для оснований, сложенных крупнообломочными и песчаными грунтами, $k_2 = 0,25$, супесями и суглинками $k_2 = 0,2$ и глинами $k_2 = 0,15$.

Примечание. Для сооружений с подвалом шириной $B \leq 20$ м и глубиной $db \geq 2$ м учитываемая в расчете глубина заложения наружных и внутренних фундаментов принимается равной: $d = d_1 + 2$ м (здесь $d_1$ - приведенная глубина заложения фундамента, определяемая по формуле (4). При B > 20 м принимается $d = d_1$.

Расчетные сопротивления грунтов основания $R_0$, приведенные в таблице. предназначены для предварительного определения размеров фундаментов. Для грунтов с промежуточными значениями $e$ и $I_L$, $\rho_d$ и $s_r$, а также для фундаментов с промежуточными значениями $\lambda$ значения $R_0$ и $R'_0$ определяются по интерполяции.

***Значения $R_0$ таблицы 3 относятся к фундаментам, имеющим ширину $b_0 = 1$ м и глубину заложения $d_0 = 2$ м.***

| **Крупнообломочные грунты** | Значения $R_0$, кПа (кгс/см$^2$) |
|---|---|
| Галечниковые (щебенистые) с заполнителем: песчаным | 600 (6) |
| пылевато-глинистым при показателе текучести: IL ≤ 0,5 | 450 (4,5) |
| $0,5 < I_L \leq 0,75$ | 400 (4) |
| Гравийные (дресвяные) с заполнителем: | |
| песчаным | 500 (5) |
| пылевато-глинистым при показателе текучести: $I_L \leq 0,5$ | 400 (4) |
| $0,5 < I_L \leq 0,75$ | 350 (3,5) |

| **Пески** | Значения $R_0$, кПа (кгс/см$^2$), в зависимости от плотности сложения песков | |
|---|---|---|
| | плотные | средней плотности |
| Крупные | 600 (6) | 500 (5) |
| Средней крупности | 500 (5) | 400 (4) |
| Мелкие: маловлажные | 400 (4) | 300 (3) |
| влажные и насыщенные водой | 300 (3) | 200 (2) |
| Пылеватые: маловлажные | 300 (3) | 250 (2,5) |
| влажные | 200 (2) | 150 (1,5) |
| насыщенные водой | 150 (1,5) | 100 (1) |

Расчетные сопротивления пылевато-глинистых (непросадочных) грунтов

| Пылевато-глинистые грунты | Коэффициент пористости *e* | Значение $R_0$, кПа (кгс/см$^2$), при показателе текучести грунта | |
|---|---|---|---|
| | | $I_L = 0$ | $I_L = 1$ |
| Супеси | 0,5 | 300 (3) | 300 (3) |
| | 0,7 | 250 (2,5) | 200 (2) |
| Суглинки | 0,5 | 300 (3) | 250 (2,5) |
| | 0,7 | 250 (2,5) | 180 (1,8) |
| | 1 | 200 (2) | 100 (1) |
| Глины | 0,5 | 600 (6) | 400 (4) |
| | 0,6 | 500 (5) | 300 (3) |
| | 0,8 | 300 (3) | 200 (2) |
| | 1,1 | 250 (2,5) | 100 (1) |

Расчетные сопротивления просадочных грунтов

| Грунты | $R_0$, кПа (кгс/см$^2$), грунтов | | | |
|---|---|---|---|---|
| | природного сложения с плотностью в сухом состоянии $\rho_d$, т/м$^3$ | | уплотненных с плотностью в сухом состоянии $\rho_d$, т/м$^3$ | |
| | 1,35 | 1,55 | 1,6 | 1,7 |
| Супеси | 300 (3)<br>150(1,5) | 350 (3,5)<br>180(1,8) | 200(2) | 250(2,5) |
| Суглинки | 350(3,5)<br>180(1,8) | 400 (4)<br>200(2) | 250(2,5) | 300 (3) |

Примечание. В числителе приведены значения $R_0$, относящиеся к незамоченным просадочным грунтам со степенью влажности Sr ≤ 0,5; в знаменателе - значения $R_0$, относящиеся к таким же грунтам с Sr ≥ 0,8, а также к замоченным просадочным грунтам.

Расчетные сопротивления $R_0$ насыпных грунтов

| Характеристики насыпи | $R_0$, кПа (кгс/см$^2$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Пески крупные, средней крупности и мелкие, шлаки и т.п. при степени влажности $S_r$ | | Пески пылеватые, супеси, суглинки, глины, золы и т.п. при степени влажности $S_r$ | |
| | $S_r \le 0,5$ | $S_r \ge 0,8$ | $S_r \le 0,5$ | $S_r \ge 0,8$ |
| Насыпи, планомерно возведенные с уплотнением | 250 (2,5) | 200 (2,0) | 180 (1,8) | 150 (1,5) |
| Отвалы грунтов и отходов производств: с уплотнением | 250 (2,50 | 200 (2,0) | 180 (1,8) | 150 (1,5) |
| без уплотнения | 180 (1,8) | 150 (1,5) | 120 (1,2) | 100 (1,0) |
| Свалки грунтов и отходов производств: с уплотнением | 150 (1,5) | 120 (1,2) | 120 (1,2) | 100 (1,0) |
| без уплотнения | 120 (1,2) | 100 (1,0) | 100 (1,0) | 80 (0,8) |

Примечания: 1. Значения $R_0$ в настоящей таблице относятся к насыпным грунтам с содержанием органических веществ $I_{om} \le 0,1$.

Для неслежавшихся отвалов и свалок грунтов и отходов производств значения R0 принимаются с коэффициентом 0,8.

| Относительное заглубление фундамента $\lambda = \frac{d}{b}$ | Значения $R'_0$ кПа (кгс/см$^2$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Пылевато-глинистые грунты при показателе текучести $I_L \le 0,5$ и плотности грунта обратной засыпки, т/м$^3$ | | Пески средней крупности и мелкие маловлажные и влажные при плотности грунта обратной засыпки, т/м$^3$ | |
| | 1,65 | 1,7 | 1,65 | 1,7 |
| 0,8 | 32 (0,32) | 36 (0,36) | 32 (0,32) | 40 (0,40) |
| 1 | 40 (0,40) . | 45 (0,45) | 40 (0,40) | 50 (0,50) |
| 1,5 | 50 (0,50) | 65 (0,65) | 55 (0,55) | 65 (0,65) |
| 2 | 60 (0,60) | 85 (0,85) | 70 (0,70) | 85 (0,85) |
| 2,5 | - | 100 (1,00) | - | 100 (1,00) |

Примечания: 1. Значения $R'_0$ для глин и суглинков с показателем текучести 0,5 < IL ≤ 0,75 и супеси при 0,5 < IL ≤ 1,0 принимаются по графе «пылевато-глинистые грунты» с введением понижающих коэффициентов соответственно 0,85 и 0,7.

2. Значения $R'_0$ для пылеватых песков принимаются как для песков средней крупности и мелких с коэффициентом 0,85

## 3. Определение осадки основания методом послойного суммирования

Расчетная схема основания, используемая для определения совместной деформации основания и сооружения, должна выбираться в соответствии с указаниями п.5.1.6 СП 2213330.2011.

Расчет деформаций основания фундамента при среднем давлении под подошвой фундамента P, не превышающем расчетное сопротивление грунта R, следует выполнять, применяя расчетную схему в виде линейно деформируемого полупространства с условным ограничением глубины сжимаемой толщи Hc.

Для предварительных расчетов деформаций основания фундаментов сооружений II и III уровней ответственности при среднем давлении под подошвой фундамента P, не превышающем расчетное сопротивление грунта R, допускается применять расчетную схему в виде линейно деформируемого слоя (приложение Г СП 22.13330.2011), при соблюдении следующих условий:

ширина (диаметр) фундамента b ≥ 10 м; среднее давление под подошвой фундамента p изменяется в пределах от 150 до 500 кПа; глубина заложения фундамента от уровня планировки d ≤ 5 м; в основании фундамента залегают грунты с модулем деформации E ≥ 10 МПа.

***Примечание*** — деформации основания рекомендуется определять с учетом изменения свойств грунтов в результате природных и техногенных воздействий на грунты в открытом котловане

В курсовом проекте осадки основания фундаментов должны быть рассчитаны по СП 22.13330,2011. – методом послойного суммирования.

**Допущения при расчете по этому методу:**

1. Линейная зависимость между напряжениями и деформациями.
2. Осадки рассматриваются, исходя из max Pz – под центром фундамента.
3. Не учитывается, как правило, слоистость напластований при построении Pz
4. Это задача пространственная (6 компонентов напряжений), мы учитываем только Pz (5 компонентов не учитываем).
5. Не учитываем боковое расширение грунта.
6. На некоторой глубине ограничиваем активную зону, ниже которой считаем, что грунт практически не деформируется.

Определение осадки фундамента является конечным этапом расчета естественного или искусственного основания.

***Условие задачи:***

***Проектируемое здание размером L (м), B (м), H (м) многоэтажное бескаркасное с несущими крупнопанельными стенами имеет жесткий фундамент с размерами подошвы l (м),b (м), заложенный на глубине d (м) от земной поверхности. Среднее фактическое давление под подошвой фундамента P (МПа). В основании сооружения залегают природные грунты.Варианты конструктивных особенностей зданий, а также физико-механических свойств грунтов и инженерно-геологические колонки скважин приведены в приложении 1. Определить:***

***1) расчетное сопротивление грунта основания для фундамента, заложенного без подвала;***

***2) определить величину сжимаемой толщи Hc;***

***3) построить эпюры напряжений от собственного веса грунта, дополнительных напряжений от сооружения;***

***4) определить осадку основания на глубину сжимаемой толщи, построить эпюру развития деформаций (осадки) основания;***

***5) произвести сравнение полученной осадки с допускаемой для данной конструкции сооружения.***

Расчет осадки основания фундамента по методу послойного суммирования производится в следующем порядке:

**А)** Н***а геологический разрез основания нанести контуры фундамента, провести вертикальную осевую линию через центр подошвы фундамента и отметить на ней границы отдельных слоев грунта (рис. 2.1);***

**Б)** ***определить напряжение от собственного веса грунта на границах слоев грунта и построить эпюру " $\sigma_{zg}$" (рис. 2.1);***

**1.** Ординаты вертикального нормального напряжения *" $\sigma_{zg}$"* от собственного веса грунта определяются по формуле:

$$\sigma_{zg} = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i \cdot h_i \text{, кН/м}^2 \text{ (кПа)} \qquad (11)$$

где n – число слоев грунта;

$\gamma_i$ – удельный вес грунта *i* –го слоя, кН/м$^3$;

$h_i$ – толщина *i* –го слоя грунта, м.

**2.** Удельный вес грунтов (песков, супесей и илов), залегающих ниже уровня подземных вод, но выше водоупора, определяется с учетом взвешивающего действия воды по формуле:

$$\gamma_{sb} = (\gamma_s - \gamma_\omega) / (1 + e) \text{, кН/м}^3 \qquad (12)$$

где $\gamma_s$ – удельный вес частиц грунта, кН/м$^3$ ;

$\gamma_\omega$ – удельный вес воды, принимаемый равным 10 кН/м$^3$ ;

$e$ – коэффициент пористости грунта.

**3.** Давление столба воды на водоупор определяется по формуле:

$$\sigma_{z\omega} = \gamma_\omega \cdot h_\omega \text{, кН/м}^3 \text{ (кПа)} \qquad (13)$$

где $\gamma_\omega$ - то же, что и в формуле 2.1.2;

$h_\omega$ - высота столба воды до водоупора, м.

**В)** ***Определить дополнительные вертикальные напряжения на различных глубинах Z; от подошвы фундамента по формуле и построить эпюру " $\sigma_{zp}$" (рисунок 11):***

$$\sigma_{zp} = \alpha * P_o \text{ , кН/м}^2 \text{ (кПа)} \qquad (14)$$

где α – коэффициент, принимаемый по таблице 4 в зависимости от формы подошвы фундамента, соотношения сторон прямоугольного фундамента и относительной глубины, равной **$\xi = 2Z / b$ ;**

Z –глубина залегания подошвы каждого элементарного слоя грунта, ниже подошвы фундамента.

$P_o = P - \sigma_{zg,o}$ - дополнительное вертикальное давление на основание (для фундаментов шириной $b \geq 10$ м принимается $P_o = P$) кН/м$^2$ (кПа).

$P$ - среднее давление под подошвой фундамента, кН/м$^2$ (кПа);

$\sigma_{zg,o}$ – вертикальное напряжение от собственного веса грунта на уровне подошвы фундамента (при планировке срезкой принимается $\sigma_{zg,o} = \gamma' \times d$; при отсутствии планировки и планировке подсыпной $\sigma_{zg,o} = \gamma' \times d_n$) ,

где $\gamma'$- удельный вес грунта расположенного выше подошвы,

$d$ и $d_n$ – обозначены на рисунке 11; ординаты откладывают влево от осевой линии.

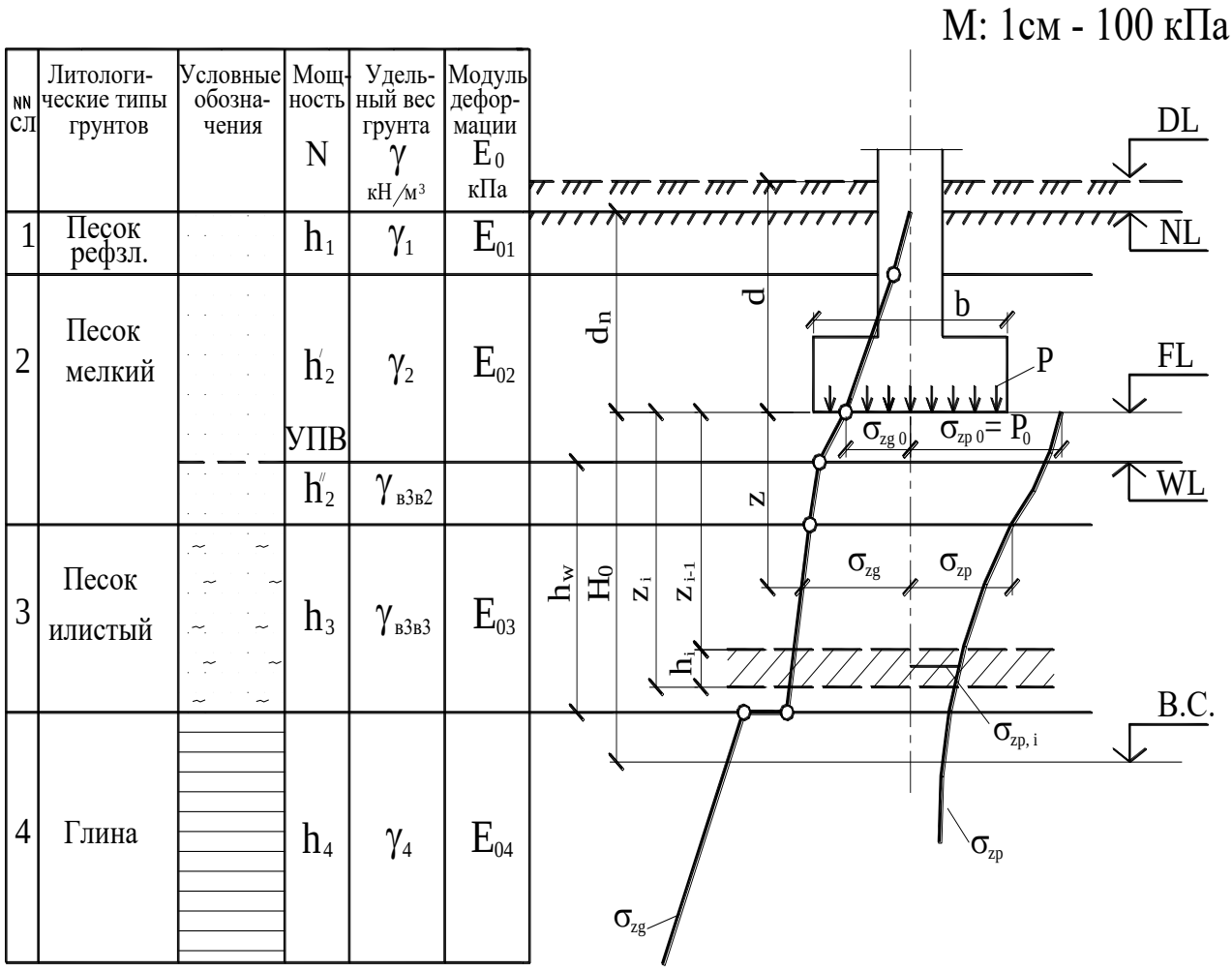



Рисунок 11. Схема к расчету осадки методом послойного суммирования.

***Условные обозначения:***

DL – отметка планировки; NL – отметка поверхности природного рельефа;

FL – отметка подошвы фундамента; WL – уровень подземных вод;

BC – нижняя граница сжимаемой толщи.

d и dn — глубина заложения фундамента соответственно от уровня планировки и поверхности природного рельефа;

b — ширина фундамента; p — среднее давление под подошвой фундамента; $\sigma_{zg}$ и $\sigma_{zg},0$ — вертикальное напряжение от собственного веса грунта на глубине z от подошвы фундамента и на уровне подошвы; $\sigma_{zp}$ и $\sigma_{zp}$, $\sigma_{zi}$ — вертикальное напряжение от собственного веса вынутого в котловане грунта в середине i-го слоя на глубине z от подошвы фундамента; $H_c$ — глубина сжимаемой толщи.

Таблица 4. Значения коэффициента *“* α*”*.

| ξ = 2z/b | Коэффициент α для фундаментов | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | круглых | прямоугольных с соотношением сторон η =*l / b,* равным | | | | | | ленточных η |
| | | 1 | 1,4 | 1,8 | 2,4 | 3,2 | 5 | ≥ 10 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0,4 | 0,949 | 0,96 | 0,972 | 0,975 | 0,976 | 0,977 | 0,977 | 0,977 |
| 0,8 | 0,756 | 0,8 | 0,848 | 0,866 | 0,876 | 0,879 | 0,881 | 0,881 |
| 1,2 | 0,547 | 0,606 | 0,682 | 0,717 | 0,739 | 0,749 | 0,754 | 0,755 |
| 1,6 | 0,39 | 0,449 | 0,532 | 0,578 | 0,612 | 0,629 | 0,639 | 0,642 |
| 2 | 0,285 | 0,336 | 0,414 | 0,436 | 0,505 | 0,53 | 0,545 | 0,55 |
| 2,4 | 0,214 | 0,257 | 0,325 | 0,374 | 0,419 | 0,449 | 0,47 | 0,477 |
| 2,8 | 0,165 | 0,201 | 0,26 | 0,304 | 0,349 | 0,383 | 0,41 | 0,42 |
| 3,2 | 0,13 | 0,16 | 0,21 | 0,251 | 0,294 | 0,329 | 0,36 | 0,374 |
| 3,6 | 0,106 | 0,131 | 0,173 | 0,209 | 0,25 | 0,285 | 0,319 | 0,337 |
| 4 | 0,087 | 0,108 | 0,145 | 0,176 | 0,214 | 0,248 | 0,285 | 0,306 |
| 4,4 | 0,073 | 0,091 | 0,123 | 0,15 | 0,185 | 0,218 | 0,255 | 0,28 |
| 4,8 | 0,062 | 0,077 | 0,105 | 0,13 | 0,161 | 0,192 | 0,23 | 0,258 |
| 5,2 | 0,053 | 0,067 | 0,091 | 0,113 | 0,141 | 0,17 | 0,208 | 0,239 |
| 5,6 | 0,046 | 0,058 | 0,079 | 0,099 | 0,124 | 0,152 | 0,189 | 0,223 |
| 6 | 0,04 | 0,051 | 0,07 | 0,087 | 0,11 | 0,136 | 0,173 | 0,208 |
| 6,4 | 0,036 | 0,045 | 0,062 | 0,077 | 0,099 | 0,122 | 0,158 | 0,196 |
| 6,8 | 0,031 | 0,04 | 0,055 | 0,064 | 0,088 | 0,11 | 0,145 | 0,185 |
| 7,2 | 0,028 | 0,036 | 0,049 | 0,062 | 0,08 | 0,1 | 0,133 | 0,175 |
| 7,6 | 0,024 | 0,032 | 0,044 | 0,056 | 0,072 | 0,091 | 0,123 | 0,166 |
| 8 | 0,022 | 0,029 | 0,04 | 0,051 | 0,066 | 0,084 | 0,113 | 0,158 |
| 8,4 | 0,021 | 0,026 | 0,037 | 0,046 | 0,06 | 0,077 | 0,105 | 0,15 |
| 8,8 | 0,019 | 0,024 | 0,033 | 0,042 | 0,055 | 0,071 | 0,098 | 0,143 |
| 9,2 | 0,017 | 0,022 | 0,031 | 0,039 | 0,051 | 0,065 | 0,091 | 0,137 |
| 9,6 | 0,016 | 0,02 | 0,028 | 0,036 | 0,047 | 0,06 | 0,085 | 0,132 |
| 10 | 0,015 | 0,019 | 0,026 | 0,033 | 0,043 | 0,056 | 0,079 | 0,126 |
| 10,4 | 0,014 | 0,017 | 0,024 | 0,031 | 0,04 | 0,052 | 0,074 | 0,122 |
| 10,8 | 0,013 | 0,016 | 0,022 | 0,029 | 0,037 | 0,049 | 0,069 | 0,117 |
| 11,2 | 0,012 | 0,015 | 0,021 | 0,027 | 0,035 | 0,045 | 0,065 | 0,113 |
| 11,6 | 0,011 | 0,014 | 0,02 | 0,025 | 0,033 | 0,042 | 0,061 | 0,109 |
| 12 | 0,01 | 0,013 | 0,018 | 0,023 | 0,031 | 0,04 | 0,058 | 0,106 |

**Примечания:** 1. Условные обозначения: *b* – ширина или диаметр фундамента; *l*– длина фундамента.

2. Для фундаментов, имеющих подошву в форме правильного многоугольника площадью $A$, значения α принимаются как для круглых фундаментов радиусом $r = \sqrt{A/\pi}$.

3. Для промежуточных значений ξ и η коэффициент α определяется интерполяцией.

**Г)** ***Определить глубину сжимаемой толщи основания $H_c$ исходя из условия***:

$$\sigma_{zp} = 0{,}2\times\sigma_{zg} \qquad (15)$$

***Примечание:*** *Если найденная по условию (15) нижняя граница сжимаемой толщи находится в слое грунта с модулем деформации Ео < 5 МПа или такой слой залегает непосредственно ниже глубины Z = Нс, нижняя граница сжимаемой толщи определяется исходя из условия:*

$$\sigma_{zp} = 0{,}1\times\sigma_{zg} \qquad (16)$$

Д) ***Определить осадку основания S, сложенную из осадок слоев грунта, входящих в сжимаемую толщу, по формуле***:

$$S = \beta \sum_{i=1}^{n} \frac{\sigma_{zp,i} \cdot h_i}{E_{oi}}\ ,\ \text{см} \qquad (17)$$

где $\beta$ – безразмерный коэффициент, равный 0.8 ;

$\sigma_{zp,i}$ – среднее значение дополнительного вертикального нормального напряжения в $i$ – ом слое грунта, равное полусумме указанных напряжений на верхней $Z_{i-1}$ и нижней $Z_i$ границах слоя по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента (рисунок 11);

$h_i$ и $E_{oi}$ – соответственно толщина и модуль деформации $i$ –го слоя грунта;

$n$ – число слоев, на которое разбита сжимаемая толща основания.

Все вычисления удобно вести в табличной форме, как это показано ниже в таблице 4:

Таблица 4 (*пример заполнения*)

| $\xi$ | $Z = \xi\times b/2$ см | α | $E_{oi}$, кПа | $\sigma_{zp} = \alpha\times P_o$ кПа | $\sigma_{zp,i} = (\sigma_{zp,i-1} - \sigma_{zp,i})/2$ кПа | $S_i = \beta(\sigma_{zp,i}\cdot h_i)/E_{oi}$ см |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1.000 | $E_{o1}$ | $\sigma_{zp}$ | $\sigma_{zp1}$ | $S_1$ |
| 0.4 | $Z_1$ | $\alpha_1$ | $E_{o2}$ | и т.д. | $\sigma_{zp2}$ | $S_2$ |
| 0.8 | $Z_2$ | $\alpha_2$ | $E_{o3}$ | | $\sigma_{zp3}$ | $S_3$ |
| 1.2 | $Z_3$ | $\alpha_3$ | $E_{o4}$ | | $\sigma_{zp4}$ | $S_4$ |
| 1.6 | $Z_4$ | $\alpha_4$ | $E_{o5}$ | | и т.д. | и т.д. |
| и т.д. | и т.д. | и т.д. | и т.д. | | | $\sum_{i=1}^{n} S_i$ |

После проведения расчетов сравниваем полученную осадку основания фундамента с предельным значением деформации основания (таблица 5).

Таблица 5. Предельные деформации основания фундаментов объектов нового строительства

*( П р и л о ж е н и е а Д.1 СП 22.13330.2011)*

| ***Сооружения*** | ***Предельные деформации основания фундаментов*** | | |
|---|---|---|---|
| | ***Относительная разность осадок*** $(\Delta S/L)_u$ | ***Крен*** $i_u$ | ***Максимальная*** $S_u^{max}$ ***или средняя Su осадка, см*** |
| 1. Производственные и гражданские одноэтажные и многоэтажные здания с полным каркасом: | | | |
| а) железобетонным | 0,002 | - | 10 |
| б) то же, с устройством железобетонных поясов или монолитных перекрытий, а также здания монолитной конструкции | 0,003 | - | 15 |
| в) стальным | 0,004 | - | 15 |
| г) то же, с устройством железобетонных поясов или монолитных перекрытий | 0,005 | - | 18 |
| 2. Здания и сооружения, в конструкциях которых не возникают усилия от неравномерных осадок | 0,006 | - | 20 |
| 3. Многоэтажные бескаркасные здания с несущими стенами из: | | | |
| а) крупных панелей | 0,0016 | - | 12 |
| б) крупных блоков или кирпичной кладки без армирования | 0,002 | - | 12 |
| в) то же, с армированием, в том числе с устройством железобетонных поясов или монолитных перекрытий, а также здания монолитной конструкции | 0,0024 | - | 18 |
| 4. Сооружения элеваторов из железобетонных конструкций: | | | |
| а) рабочее здание и силосный корпус монолитной конструкций на одной фундаментной плите | - | 0,003 | 40 |
| б) то же, сборной конструкции | - | 0,003 | 30 |
| в) отдельно стоящий силосный корпус монолитной конструкции | - | 0,004 | 40 |
| г) то же, сборной конструкции | - | 0,004 | 30 |
| 5. Дымовые трубы высотой $H$, м: | | | |
| $H < 100$ | - | 0,005 | 40 |
| $100 < H < 200$ | - | $1/(2H)$ | 30 |
| $200 < H < 300$ | - | $1/(2H)$ | 20 |
| $H > 300$ | - | $1/(2H)$ | 10 |
| 6. Жесткие сооружения высотой до 100 м (кроме указанных в позициях 4 и 5) | - | 0,004 | 20 |
| 7. Антенные сооружения связи: | | | |
| а) стволы мачт заземленные | - | 0,002 | 20 |
| б) то же, электрически изолированные | - | 0,001 | 10 |
| в) башни радио | 0,002 | - | - |
| г) башни коротковолновых радиостанций | 0,0025 | - | - |
| д) башни (отдельные блоки) | 0,001 | - | - |
| 8. Опоры воздушных линий электропередачи: | | | |
| а) промежуточные прямые | 0,003 | - | - |
| б) анкерные и анкерно-угловые, промежуточные угловые, концевые, порталы открытых распределительных устройств | 0,0025 | - | - |
| в) специальные переходные | 0,002 | - | - |

# Часть 2
# Расчет устойчивости откоса по методу круглоциллиндрических поверхностей скольжения

## Введение

Откосом называется искусственно созданная поверхность, ограничивающая природный грунтовый массив, выемку или насыпь. Откосы образуются при возведении различного рода насыпей (дорожное полотно, дамбы, земляные плотины и. т.д.), выемок (котлованы, траншеи, каналы, карьеры и .п.) или при перепрофилировании территорий.

Склоном называется откос, образованный природным путем и ограничивающий массив грунта естественного сложения.

При неблагоприятном сочетании разнообразных факторов массив грунтов, ограниченный откосом или склоном, может перейти в неравновесное состояние и потерять устойчивость.

Основными причинами потери устойчивости откосов и склонов являются:

-устройство недопустимо крутого откоса или подрезка склона, находящегося в состоянии, близком к предельному;

-увеличение внешней нагрузки (возведение сооружений, складирование материалов на откосе или вблизи его бровки);

-изменение внутренних сил (увеличение удельного веса грунта при возрастании его влажности или, напротив, влияние взвешивающего давления воды на грунты);

-неправильное назначение расчетных характеристик прочности грунта или снижение его сопротивления сдвигу за счет, например повышения влажности;

-проявление гидродинамического давления, сейсмических сил, различного рода динамических воздействий (движение транспорта, забивка свай и. т.п.).

***Задание: Рассчитать устойчивость откоса заложением (n:m), высотой (H) с отысканием наиболее опасной дуги скольженияю. Варианты конструктивных особенностей зданий, а также физико-механических свойств грунтов и инженерно-геологические колонки скважин приведены в приложении 1.***

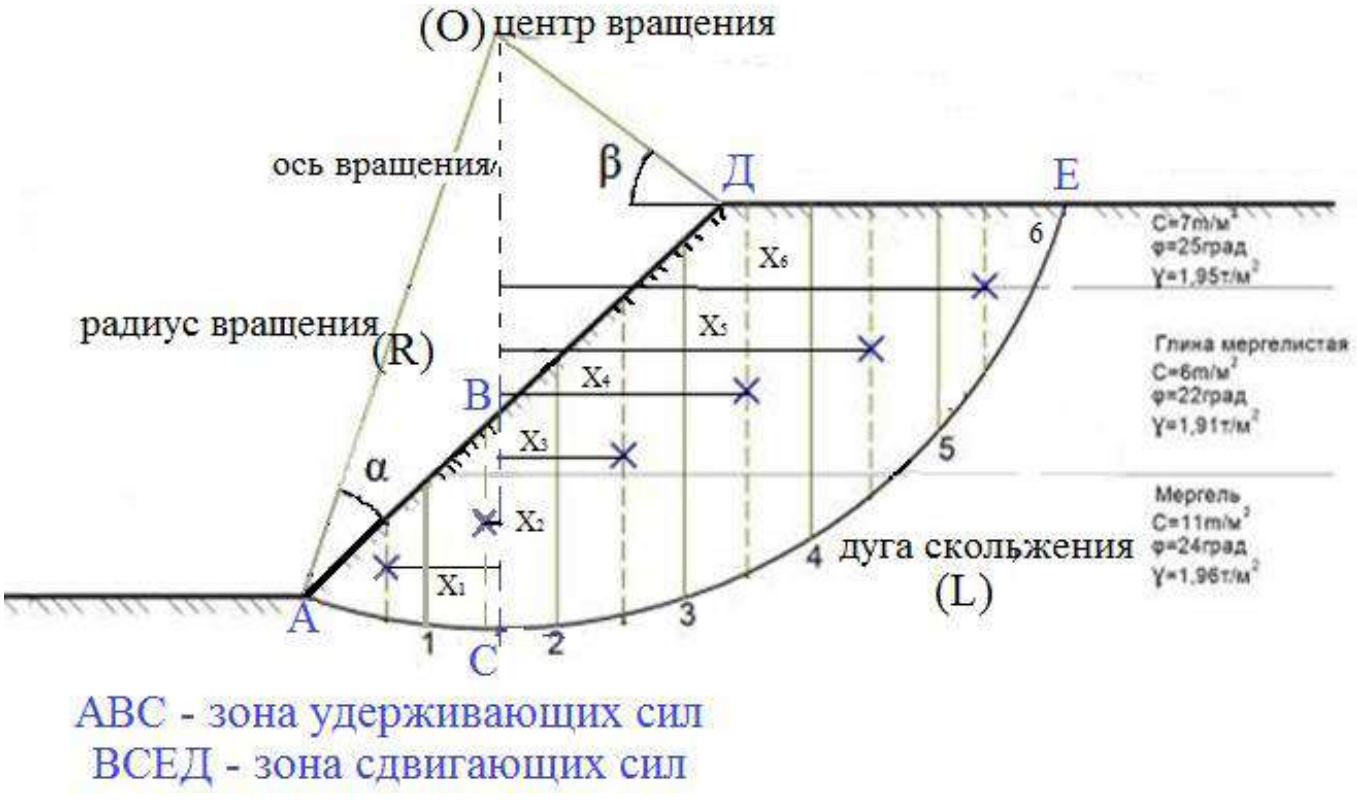



Рисунок 12. К расчету дуги скольжения

Порядок выполнения расчетов:

1. Строим в масштабе откос.
2. Определяем местоположение центра вращения «О» по методу отношения сторон Маслова. Для этого находим по таблице 6 и откладываем углы α (к поверхности откоса) и β (от бровки откоса), на пересечении находим точку О.

Таблица 6. Значения углов α (к поверхности откоса) и β (от бровки откоса)

| **Заложение откоса (n:m)** | **α** | **β** |
|---|---|---|
| 1:1 | 28 | 37 |
| 1:1,5 | 26 | 35 |
| 1:2 и больше | 25 | 35 |

3. Проводим дугу скольжения радиусом R
4. Разбиваем откос на блоки, стремясь к наиболее правильной геометрической форме. Ширину блоков не следует принимать более 2 - 3 м в целях уменьшения погрешности исчисления площади. Границы блоков назначают в местах перелома линии откоса, в местах пересечения границ различных слоев откоса с поверхностью скольжения и т.п.
5. Определяем силы, действующие на каждый блок:

- силу Q , приложенную в центре тяжести блока, равную собственному весу блока; $Q_i=F_i \cdot \gamma_i$.
- фильтрационные силы при определение коэффициента запаса необходимо учитывать для участков поверхности скольжения, находящихся в пределах водоносного горизонта.

Фильтрационное давление направлено по линиям тока воды и равно для каждой единицы объема водоносного горизонта произведению гидравлического градиента этого горизонта на объемный вес воды, поэтому $Q_i^{/}= (Q_i-F_i^{/}*\gamma_{воды}*1$ м), где $Q_i$ – вес блока без учета гидростатического взвешивания, МН, $\gamma_{воды}$ – объемный вес воды, равный 0,01 МН/м$^3$, $F_i$ – площадь сечения обводненной части блока, м$^2$.

6. Находим плечо от центра тяжести фигуры до центра вращения (в прямоугольнике положение центра тяжести 1/2 фигуры, в треугольнике1/3 фигуры). Плечо в зоне сдвигающих сил берем со знаком «+», в зоне удерживающих сил берем со знаком «-».
7. Находим длину дуги ACE=L (снимаем с графика).
8. Данные заносим в таблицу:

| № блока | Площадь блока (F), м$^2$ | Вес блока ($Q_i$), т | Плечо $X_i$,м | $Q_i$*R | $Q_i$* $X_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

Степень устойчивости откоса оценивается в этом случае по величине коэффициента запаса устойчивости, определяемого по отношению момента удерживающих сил к моменту сдвигающих сил относительно центра наиболее опасной дуги скольжения:

$$К\,зап = \frac{\tan \varphi \Sigma Qi R + cLR}{\Sigma Qi Xi} \qquad (18)$$

где, φ – угол внутреннего трения грунта, с- удельное сцепление грунта(т/м$^2$),

К зап=1 – откос в предельном состоянии,

К зап>1 – откос в устойчивом состоянии,

Кзап<1 – откос в неустойчивом состоянии, нужны дополнительные мероприятия по повышению устойчивости откосов.

При расчете вновь проектируемых откосов необходимо обеспечивать определенный коэффициент запаса, величина которого зависит от применяемого метода расчета устойчивости и инженерно-геологических условий (таблица 7).

Таблица 7. Требуемые минимальные значения коэффициентов запаса устойчивости при различных методах расчета

| № пп. | Метод расчета | Однородный сухой откос, сложенный песчаными грунтами при прочном основании | Прочие случаи |
|---|---|---|---|
| 1 | Метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения | - | 1,3/1,2 |
| 2 | Метод горизонтальных сил (метод Маслова-Берера) | 1,2/- | 1,3/- |
| 3 | Метод Г.М. Шахунянца | 1,2/1,15 | 1,25/1,2 |
| 4 | Метод $F_p$ Н.Н. Маслова | - | 1,0 |
| 5 | Расчет на выдавливание | - | 1,0 (коэффициент безопасности) |

Примечания: 1. В числителе даны коэффициенты устойчивости для выемок и автомобильно-дорожных насыпей; в знаменателе - для железнодорожных насыпей.
2. При введении в расчет сейсмических сил коэффициент запаса устойчивости по методам 1 - 3 принимается равным 1,1.
3. Значения коэффициентов устойчивости предусматривают, что в расчет введены гарантированные значения сдвиговых характеристик грунта. При предварительных расчетах с использованием табличных данных коэффициент запаса следует повышать не менее чем на 10 %.

## Мероприятия по повышению устойчивости откосов.

Одним из наиболее эффективных способов повышения устойчивости откосов и склонов является их выполаживание или создание уступчатого профиля с образованием горизонтальных площадок (берм) по высоте откоса. Однако это всегда связано с увеличением объемов земляных работ. При относительно небольшой высоте откосов может оказаться эффективной пригрузка подошвы в его низовой части или устройство подпорной стенки, поддерживающей откос. Положительную роль также играют закрепление поверхности откоса одерновкой, мощением камнем, укладкой бетонных или железобетонных плит.

Важнейшим мероприятием является регулирование гидрогеологического режима откоса или склона. С этой целью сток поверхностных вод перехватывается устройством нагорных канав, отведением воды с берм. Подземные воды, высачивающиеся на поверхности откоса или склона, перехватываются дренажными устройствами с отведением вод в специальную ливнесточную сеть.

При необходимости разрабатываются сложные конструктивные мероприятия типа прорезания потенциально неустойчивого массива грунтов системой забивных или набивных свай, вертикальных шахт и горизонтальных штолен, заполненных бетоном и входящих в подстилающие неподвижные части массива. Используется также анкерное закрепление неустойчивых объемов грунта, часто во взаимодействии с подпорными стенками или свайными конструкциями.

Конструктивные параметры здания (по вариантам) для расчета осадки сооружения

| Вариант | Размеры здания | | | Размеры фундамента | | Глубина заложения фундамента,d ,м | Среднее давление под подошвой фундамента, Р, МПа |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Длина, L,м | Ширина, D, м | Высота, H,м | Длина, l,м | Ширина, b, м | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 90 | 12 | 36 | 90 | 2 | 1,8 | 0,42 |
| 2 | 36 | 12 | 15 | 36 | 2 | 1,9 | 0,25 |
| 3 | 33 | 17 | 36 | 33 | 1,6 | 1,7 | 0,3 |
| 4 | 31 | 14 | 50 | 31 | 2,4 | 2,3 | 0,52 |
| 5 | 120 | 12 | 30 | 120 | 2 | 2 | 0,35 |
| 6 | 90 | 12 | 30 | 90 | 2 | 1,7 | 0,32 |
| 7 | 60 | 12 | 20 | 3 | 3 | 1,9 | 0,58 |
| 8 | 33 | 17 | 36 | 33 | 2 | 1,9 | 0,4 |
| 9 | 36 | 12 | 15 | 36 | 1,6 | 1,8 | 0,3 |
| 10 | 31 | 14 | 50 | 31 | 2,4 | 2,2 | 0,48 |
| 11 | 60 | 12 | 30 | 3 | 3 | 3 | 0,66 |
| 12 | 90 | 12 | 30 | 90 | 2 | 1,8 | 0,35 |
| 13 | 33 | 17 | 36 | 33 | 2 | 2 | 0,42 |
| 14 | 36 | 12 | 15 | 36 | 1,6 | 1,9 | 0,28 |
| 15 | 31 | 14 | 50 | 31 | 2,4 | 2,2 | 0,45 |
| 16 | 90 | 12 | 30 | 90 | 2 | 2,1 | 0,36 |
| 17 | 33 | 17 | 36 | 33 | 2 | 2,2 | 0,44 |
| 18 | 36 | 12 | 15 | 36 | 1,6 | 1,8 | 0,26 |
| 19 | 31 | 14 | 50 | 31 | 2,4 | 2,1 | 0,51 |
| 20 | 90 | 12 | 30 | 90 | 2 | 2 | 0,31 |
| 21 | 33 | 17 | 36 | 33 | 2 | 2,1 | 0,5 |
| 22 | 36 | 12 | 15 | 36 | 1,6 | 1,8 | 0,29 |
| 23 | 90 | 12 | 30 | 90 | 2 | 2 | 0,32 |
| 24 | 31 | 14 | 50 | 31 | 2,4 | 2,2 | 0,47 |
| 25 | 90 | 12 | 30 | 90 | 2 | 2 | 0,36 |
| 26 | 60 | 12 | 20 | 3 | 3 | 1,8 | 0,47 |
| 27 | 33 | 17 | 36 | 33 | 2 | 2 | 0,36 |
| 28 | 36 | 12 | 15 | 36 | 1,8 | 2 | 0,32 |
| 29 | 31 | 14 | 50 | 31 | 2,4 | 2,2 | 0,48 |
| 30 | 60 | 12 | 30 | 3 | 3 | 2,4 | 0,6 |
| 31 | 90 | 12 | 30 | 90 | 2 | 2,2 | 0,4 |
| 32 | 33 | 17 | 36 | 33 | 2 | 2,4 | 0,38 |
| 33 | 36 | 12 | 15 | 36 | 2 | 1,8 | 0,3 |
| 34 | 31 | 14 | 50 | 31 | 2,2 | 2,2 | 0,42 |
| 35 | 36 | 12 | 15 | 36 | 2,8 | 2 | 0,3 |
| 36 | 31 | 14 | 50 | 31 | 2 | 2 | 0,48 |
| 37 | 90 | 12 | 30 | 90 | 2,2 | 2,1 | 0,36 |
| 38 | 33 | 17 | 36 | 33 | 2,4 | 2 | 0,48 |
| 39 | 36 | 12 | 15 | 36 | 2 | 2 | 0,3 |
| 40 | 90 | 12 | 30 | 90 | 2,2 | 2 | 0,36 |
| 41 | 31 | 14 | 50 | 31 | 2 | 2,1 | 0,51 |
| 42 | 90 | 12 | 30 | 90 | 3 | 2 | 0,38 |
| 43 | 33 | 17 | 36 | 33 | 1,8 | 1 | 0,5 |
| 44 | 36 | 12 | 15 | 36 | 2,5 | 1,8 | 0,28 |
| 45 | 90 | 12 | 30 | 90 | 2,5 | 2,2 | 0,4 |
| 46 | 31 | 14 | 50 | 31 | 2 | 2 | 0,4 |
| 47 | 90 | 12 | 30 | 90 | 2,4 | 2,2 | 0,42 |
| 48 | 60 | 12 | 20 | 3 | 2,4 | 1,8 | 0,4 |

## Физико-механические свойства грунтов

| № ИГЭ | Наименование грунта | Значение плотности грунта, г/см³ | | | Значение угла внутреннего трения, град. | | | | Значение удельного сцепления, МПа | | | | Модуль деформации, МПа | Предел прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии | | Расчетное сопротивление, МПа | Группы грунта в зависимости от трудности разработки |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Норм. | Расчетн. | | Норм | Расчетн. | | | Норм. | Расч. | | | Норм. | Норм. | Расч. | | |
| | | $P_н$ | $\rho_н$ | $\rho_I$ | $\varphi_н$ | $R_{cн}$ | $R_{cI}$ | | $C_н$ | $C_II$ | $C_I$ | | $E_н$ | $R_{cн}$ | $R_{cI}$ | | |
| ИГС-1 | Почвенно-растительный слой (hQ) | не нормируется | | | | | | | | | | | | | | | $9^{а, б}$ |
| ИГС-1а | Техногенный насыпной грунт четвертичного возраста (tQ) | 1,72 | не нормируется | | | | | | | | | | | | | 0,10 | $35^{а}$ |
| ИГЭ-2 | Суглинок делювиальный четвертичного возраста твердый и полутвердый (dQ) | 1,93 | 1,92 | 1,92 | 22 | 21 | 20 | | 0,025 | 0,024 | 0,024 | | 14,05 | | | 0,25 | $35^{в, г}$ |
| ИГЭ-3 | Супесь элювиальная мезозойского возраста (eMZ) твердая | 2,03 | 2,02 | 2,01 | 29 | 28 | 28 | | 0,057 | 0,055 | 0,054 | | 26,54 | | | 0,29 | $36^{б,в, г}$ |
| ИГЭ-4 | Щебенистый грунт сланцев элювиальный мезозойского возраста (eMZ) | 2,15 | 2,12 | 2,09 | 36 | 36 | 31 | | 0,023 | 0,023 | 0,015 | | 50,0 | | | 0,45 | 13 |
| ИГЭ-5 | Полускальный грунт кварц-хлорит-серицитовых сланцев, средневыветрелый, пониженной прочности протерозойского возраста (PR) | 2,42 | - | 2,40 | - | - | - | | - | - | - | | - | 4,30 | 4,11 | - | $33^{а}$ |
| ИГЭ-6 | Скальный грунт кварц-хлорит-серицитовых сланцев слабовыветрелый, малопрочный протерозойского возраста (PR) | 2,41 | - | 2,38 | - | - | - | | - | - | - | | - | 11,31 | 8,89 | - | $33^{б}$ |

Примечание: для полускальных и скальных грунтов приведены нормативные и расчетные значения плотности сухого грунта;
II – расчетные значения показателей свойств при доверительной вероятности 0,85;
I – расчетные значения показателей свойств при доверительной вероятности 0,95;

Доверительная вероятность расчетных значений характеристик грунтов принимается при расчетах оснований по несущей способности - 0,95, по деформациям - 0,85.

**Коэффициент пористости (е) 0,6**

| № ИГС (ИГЭ) | Наименование грунта | Значение плотности грунта, г/см$^3$ | | | Значение угла внутреннего трения, град. | | | Значение удельного сцепления, МПа | | | Модуль деформации, МПа | Расчетное сопротивление, МПа | Группы грунта в зависимости от трудности разработки [17] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Норм. | Расчетн. | | Норм. | Расчетн. | | Норм. | Расчетн | | Норм. | | |
| | | $P_н$ | $\rho_{II}$ | $\rho_I$ | $\varphi_н$ | $\varphi_{II}$ | $\varphi_I$ | $C_н$ | $C_{II}$ | $C_I$ | $E_н$ | | |
| ИГС-1 | Техногенный насыпной грунт четвертичного возраста, представлен щебнем с суглинком, песком | 1,75 | Не нормируется | | | | | | | | | 0,08 | 29[б,в], 35[в], 41[а, б] |
| ИГС-2 | Почвенно-растительный слой | Не нормируется | | | | | | | | | | | 9[а, б] |
| ИГЭ-3 | Суглинок делювиальный четвертичного возраста твердый и полутвердый, участками с гравием и галькой до 20 % (dQ) | 1,96 | 1,95 | 1,94 | 31 (12) | 30 (11) | 29 (11) | 0,064 (0,025) | 0,058 (0,023) | 0,054 (0,021) | 26,2 | 0,26 | 35[в] |
| ИГЭ-4 | Глина континентальная неогенового возраста от полутвердой до твердой, с гравием и галькой до 25%, гравелистая, галечниковая (N-Q) | 2,01 | 2,00 | 1,99 | 29 (17) | 28 (16) | 27 (16) | 0,097 (0,057) | 0,091 (0,053) | 0,086 (0,050) | 28,2 | 0,47 | 8[а] |
| ИГЭ-5 | Суглинок континентальный юрского возраста твердый (kJ ) | 2,02 | 2,01 | 2,00 | 18 (7) | 17 (7) | 17 (6) | 0,136 (0,042) | 0,131 (0,040) | 0,127 (0,039) | 22,9 | 0,30 | 35[в] |

Примечание: в скобках указаны значения показателей свойств при замачивании грунтов

Приложение 1

Варианты параметров заложения откосов

| *№ варианта* | *Заложение откоса* | *Высота откоса (Н), м* | *Глубина залегания уровня грунтовых вод, м* |
|---|---|---|---|
| 1 | 1:3 | 10 | 5 |
| 2 | 1:1 | 15 | 10 |
| 3 | 1:1 | 18 | - |
| 4 | 1:1 | 20 | 10 |
| 5 | 1:1 | 22 | - |
| 6 | 1:1,5 | 12 | - |
| 7 | 1:1 | 15 | - |
| 8 | 1:1 | 14 | 7 |
| 9 | 1:2 | 16 | 5 |
| 10 | 1:3 | 8 | - |
| 11 | 1:2 | 14 | 4 |
| 12 | 1:1,5 | 11 | 3 |
| 13 | 1:1 | 21 | 15 |
| 14 | 1:2 | 13 | 9 |
| 15 | 1:3 | 8 | - |
| 16 | 1:3 | 6 | - |
| 17 | 1:3 | 9 | - |
| 18 | 1:1,5 | 10 | 5 |
| 19 | 1:2 | 15 | 10 |
| 20 | 1:1 | 20 | 15 |
| 21 | 1:1 | 14 | 5 |
| 22 | 1:1 | 17 | - |
| 23 | 1:3 | 8 | - |
| 24 | 1:2 | 12 | - |
| 25 | 1:1,5 | 10 | - |
| 26 | 1:2 | 10 | - |
| 27 | 1:3 | 22 | - |
| 28 | 1:1 | 20 | - |
| 29 | 1:1,5 | 15 | 4 |
| 30 | 1:3 | 10 | 9 |
| 31 | 1:2 | 12 | 10 |
| 32 | 1:1,5 | 15 | 8 |
| 33 | 1:1 | 22 | 20 |
| 34 | 1:1 | 24 | 12 |
| 35 | 1:1 | 26 | 18 |
| 36 | 1:1 | 20 | - |
| 37 | 1:1,5 | 18 | 7 |
| 38 | 1:2 | 12 | 9 |
| 39 | 1:2 | 14 | 12 |
| 40 | 1:1,5 | 16 | 8 |
| 41 | 1:1 | 20 | 15 |
| 42 | 1:1 | 21 | - |
| 43 | 1:1,5 | 18 | - |
| 44 | 1:2 | 14 | - |
| 45 | 1:1 | 18 | - |

Приложение 1

Вариант 1,45

## Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 1н

Дата бурения 15.09.14 г.

Абс.отм.устья 334.41 м  Масштаб 1:100  Диаметр 170 мм

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м: Абс. отм. | Подошва слоя, м: Глубина | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод: Появ. | Уровень подземных вод: Уст. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | hQ | 334.31 | 0.1 | 0.1 | Почвенно-растительный слой | | | |
| 2 | dQ | 332.11 | 2.3 | 2.2 | Суглинок делювиальный желто-коричневого цвета, твердый | 132, 106 | | |
| 3 | eMZ | 330.31 | 4.1 | 1.8 | Супесь элювиальная буро-желтого цвета, дресвяная, твердая | 107 | | |
| 4 | eMZ | 323.91 | 10.5 | 6.4 | Щебенистый грунт сланцев элювиальный бурого цвета с твердым супесчаным заполнителем от 35 % до 40 % | 108, 109 | | |
| 5 | P-R | 299.41 | 35.0 | 24.5 | Скальный грунт кварц-хлорит-серицитовых сланцев от бурого до зеленовато-серого цвета слабовыветрелый, трещиноватый, малопрочный, плотный | 110, 111 | 15.0 | 14.1; 4 |

Вариант 2,44

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 2н

Дата бурения 15.09.14 г.

Абс.отм.устья 323.36 м Масштаб 1:100 Диаметр 170 мм

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м: Абс. отм. | Подошва слоя, м: Глубина | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод: Появ. | Уровень подземных вод: Уст. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | hQ | 323.26 | 0.1 | 0.1 | Почвенно-растительный слой | | | |
| 2 | dQ | 315.86 | 7.5 | 7.4 | Суглинок делювиальный коричневого цвета, с включениями дресвы и щебня до 17,3%, твердый | 133, 112, 113 | | 3.15; 1 |
| 3 | eMZ | 313.86 | 9.5 | 2.0 | Супесь элювиальная буро-желтого цвета, твердая | 114, 115 | 8.5 | |
| 4 | eMZ | 311.36 | 12.0 | 2.5 | Щебенистый грунт сланцев от бурого до зеленовато-серого цвета с твердым супесчаным заполнителем | | | |
| 5 | PR | 297.36 | 26.0 | 14.0 | Скальный грунт кварц-хлорит-серицитовых сланцев зеленовато-серого цвета слабовыветрелый, трещиноватый, малопрочный, плотный | 116, 117 | | |

Вариант 3,43

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 3н  Дата бурения 17.09.14 г.

Абс.отм.устья 336.78 м  Масштаб 1:100  Диаметр 170 мм

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м: Абс. отм. | Подошва слоя, м: Глубина | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод: Появ. | Уровень подземных вод: Уст. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | hQ | 336.68 | 0.1 | 0.1 | Почвенно-растительный слой | | | |
| 2 | dQ | 328.58 | 8.2 | 8.1 | Суглинок делювиальный коричневого цвета, твердый | 127, 128, 129, 130, 131 | | 9.4 |
| 3 | eMZ | 323.78 | 13.0 | 4.8 | Супесь элювиальная буро-желтого цвета | | 12.0 | 5 |
| 4 | eMZ | 319.58 | 17.2 | 4.2 | Щебенистый грунт сланцев буро-желтого цвета с твердым супесчаным заполнителем | | | |
| 5 | P-R | 314.78 | 22.0 | 4.8 | Полускальный грунт кварц-хлорит-серицитовых сланцев от бурого до зеленовато-серого цвета средневыветрелый, сильнотрещиноватый, пониженной прочности, плотный | 134 | | |
| 6 | P-R | 308.78 | 28.0 | 6.0 | Скальный грунт кварц-хлорит-серицитовых сланцев от бурого до серо-бурого цвета слабовыветрелый, сильно-трещиноватый, малопрочный, плотный | 135 | | |

Вариант 4,42

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 4н  Дата бурения 16.09.14 г.

Абс.отм.устья 308.58 м  Масштаб 1:100  Диаметр 170 мм

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м: Абс. отм. | Подошва слоя, м: Глубина | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод: Появ. | Уст. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | tQ | 305.58 | 3.0 | 3.0 | Техногенный насыпной грунт представлен суглинком | 118, 119 | | 3.13 |
| 2 | dQ | 304.28 | 4.3 | 1.3 | Суглинок делювиальный коричневого цвета, полутвердый | 120, 121 | | 2 |
| 3 | eMZ | 299.08 | 9.5 | 5.2 | Супесь элювиальная буро-желтого цвета, твердая | 122, 123 | 7.0 | |
| 4 | eMZ | 292.58 | 16.0 | 6.5 | Щебенистый грунт сланцев буро-желтого цвета с твердым супесчаным заполнителем до 30%-35% | 124 | | |
| 5 | P-R | 282.58 | 26.0 | 10.0 | Скальный грунт кварц-хлорит-серицитовых сланцев от бурого до серо-бурого цвета слабовыветрелый, сильнотрещиноватый, малопрочный, плотный | 125, 126 | | |

Вариант 5,41

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 1

Абс.отм.устья 331.73 м

Дата бурения 20.11.13 г.

Диаметр 132 мм

Масштаб 1:100

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м: Абс. отм. | Подошва слоя, м: Глубина | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод: Появ. | Уровень подземных вод: Уст. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | hQ | 331.63 | 0.1 | 0.1 | Почвенно-растительный слой | | не прослежен | |
| 2 | dQ | 323.23 | 8.5 | 8.4 | Суглинок делювиальный коричневого цвета, твердый и полутвердый | | | 6.69 |
| 3 | eMZ | 319.73 | 12.0 | 3.5 | Супесь элювиальная светло-желтого цвета, твердая, в интервале 8,5-10,0 м с дресвой и щебнем до 24,9 %, с глубины 11,5 м дресвяная | | | |

Вариант 6,40

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 2

Абс.отм.устья 331.15 м

Дата бурения 20.11.13 г.

Диаметр 132 мм

Масштаб 1:100

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м: Абс. отм. | Подошва слоя, м: Глубина | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод: Появ. | Уст. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | hQ | 331.05 | 0.1 | 0.1 | Почвенно-растительный слой | | | |
| 2 | dQ | 330.55 | 0.6 | 0.5 | Суглинок делювиальный коричневого цвета, твердый | 14 | | |
| 3 | eMZ | 328.25 | 2.9 | 2.3 | Супесь элювиальная серо-зеленого цвета, твердая с дресвой и щебнем до 16,7%, с глубины 2,0 м дресвяная | 15, 16 | | |
| 4 | eMZ | 325.35 | 5.8 | 2.9 | Щебенистый грунт сланцев элювиальный бурого цвета с супесчаным заполнителем до 30 % | 17, 18 | | |
| 5 | P-R | 309.15 | 22.0 | 16.2 | Полускальный грунт кварц-хлорит-серицитовых сланцев серовато-бурого цвета, пониженной прочности, сильнотрещиноватый, средневыветрелый, плотный | 20, 21 | 20.5 | 15.9; 2 |

Вариант 7,39

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 3

Абс.отм.устья 334.47 м

Дата бурения 20.11.13 г.

Диаметр 132 мм

Масштаб 1:100

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м: Абс. отм. | Подошва слоя, м: Глубина | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод: Появ. | Уровень подземных вод: Уст. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | hQ | 334.37 | 0.1 | 0.1 | Почвенно-растительный слой | 22, 23, 24, 25 | | |
| 2 | dQ | 324.67 | 9.8 | 9.7 | Суглинок делювиальный коричневого цвета, твердый, в интервале на глубине 1,0 - 2,0 м полутвердый | | | |
| 3 | eMZ | 318.47 | 16.0 | 6.2 | Супесь элювиальная желто-коричневого цвета, твердая | 26, 27 | 15.0 | 11.62 (3) |

Вариант 8,38

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 4

Абс.отм.устья 323.23 м

Дата бурения 20.11.13 г.

Диаметр 132 мм

Масштаб 1:100

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м: Абс. отм. | Подошва слоя, м: Глубина | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод: Появ. | Уровень подземных вод: Уст. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | hQ | 323.13 | 0.1 | 0.1 | Почвенно-растительный слой | | | |
| 2 | eMZ | 320.63 | 2.6 | 2.5 | Супесь элювиальная серо-зеленого цвета, твердая дресвяная | 28, 29 | | |
| 3 | eMZ | 316.73 | 6.5 | 3.9 | Щебенистый грунт сланцев элювиальный бурого цвета с супесчаным заполнителем | 30, 31 | | |
| 4 | P-R | 291.23 | 32.0 | 25.5 | Полускальный грунт кварц-хлорит-серицитовых сланцев бурого цвета, пониженной прочности, сильнотрещиноватый, средневыветрелый, плотный | 32, 33 | 31.5 | 17.02, 4 |

Вариант 9,37

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 5

Абс.отм.устья 327.63 м

Дата бурения 20.03.14 г.

Диаметр 132 мм

Масштаб 1:100

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м | | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Абс. отм. | Глубина | | | | Появ. | Уст. |
| 1 | dQ | 323.13 | 4.5 | 4.5 | Суглинок делювиальный коричневого цвета, твердый и полутвердый, с глубины 4,0 м с включениями дресвы и щебня до 16,9% | 88 89 90 91 | не прослежен | |
| 2 | eMZ | 317.63 | 10.0 | 5.5 | Супесь элювиальная желто-бурого и зеленовато-серого цвета, твердая, дресвяная | 92 93 | | 7.74 |

Вариант 10,36

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 6

Абс.отм.устья 321.13 м

Дата бурения 21.03.14 г.

Диаметр 132 мм

Масштаб 1:100

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м | | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Абс. отм. | Глубина | | | | Появ. | Уст. |
| 1 | dQ | 316.93 | 4.2 | 4.2 | Суглинок делювиальный коричневого цвета, полутвердый | 98 | не прослежен | 5.70 |
| 2 | eMZ | 311.13 | 10.0 | 5.8 | Супесь элювиальная желто-бурого и зеленовато-серого цвета, твердая | 99 | | |

Вариант 11,35

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 7

Абс.отм.устья 316.70 м

Дата бурения 21.03.14 г.

Диаметр 132 мм

Масштаб 1:100

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м | | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Абс. отм. | Глубина | | | | Появ. | Уст. |
| 1 | dQ | 311.90 | 4.8 | 4.8 | Суглинок делювиальный коричневого цвета, полутвердый | 100 | | 4.92 |
| 2 | eMZ | 306.70 | 10.0 | 5.2 | Супесь элювиальная серо-желтого и зеленовато-серого цвета, твердая | 101 | 8.30 | |

Вариант 12,34

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 8

Абс.отм.устья 313.21 м

Дата бурения 21.03.14 г.

Диаметр 132 мм

Масштаб 1:100

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м: Абс. отм. | Подошва слоя, м: Глубина | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод: Появ. | Уровень подземных вод: Уст. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | hQ | 313.11 | 0.1 | 0.1 | Почвенно-растительный слой | | | |
| 2 | dQ | 310.01 | 3.2 | 3.1 | Суглинок делювиальный коричневого цвета, твердый | 102 | | 3.85 |
| 3 | eMZ | 303.51 | 9.7 | 6.5 | Супесь элювиальная серо-желтого и зеленовато-серого цвета, твердая | 103 | 7.12 | |
| 4 | eMZ | 298.21 | 15.0 | 5.3 | Щебенистый грунт сланцев элювиальный бурого и серо-коричневого цвета с супесчаным заполнителем | 104 | | |

Вариант 13,33

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 9

Абс.отм.устья 332.20 м

Дата бурения 20.03.14 г.

Диаметр 132 мм

Масштаб 1:100

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м: Абс. отм. | Подошва слоя, м: Глубина | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод: Появ. | Уровень подземных вод: Уст. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | hQ | 332.10 | 0.1 | 0.1 | Почвенно-растительный слой | | не прослежен | |
| 2 | dQ | 328.70 | 3.5 | 3.4 | Суглинок делювиальный коричневого цвета, полутвердый | 84, 85 | | |
| 3 | eMZ | 322.20 | 10.0 | 6.5 | Супесь элювиальная зеленовато-серого и буро-коричневого цвета, твердая, до глубины 6,0 м дресвяная | 86, 87 | | 8.87 |

Вариант 14,32

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 10

Абс.отм.устья 322.29 м

Дата бурения 20.03.14 г.

Диаметр 132 мм

Масштаб 1:100

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м: Абс. отм. | Подошва слоя, м: Глубина | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод: Появ. | Уст. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | hQ | 322.19 | 0.1 | 0.1 | Почвенно-растительный слой | | не прослежен | |
| 2 | dQ | 320.29 | 2.0 | 1.9 | Суглинок делювиальный коричневого цвета, полутвердый | 79 | | |
| 3 | eMZ | 313.79 | 8.5 | 6.5 | Супесь элювиальная зеленовато-серого и буро-коричневого цвета, твердая, с включениями дресвы и щебня до 24% и дресвяная | 80, 81 | | 4.65 |
| 4 | eMZ | 312.29 | 10.0 | 1.5 | Щебенистый грунт сланцев элювиальный бурого и серо-коричневого цвета с супесчаным заполнителем | 82 | | |

Вариант 15,31

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 11

Абс.отм.устья 312.78 м

Дата бурения 19.03.14 г.

Диаметр 132 мм

Масштаб 1:100

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м: Абс. отм. | Подошва слоя, м: Глубина | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод: Появ. | Уровень подземных вод: Уст. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | hQ | 312.68 | 0.1 | 0.1 | Почвенно-растительный слой | | | |
| 2 | dQ | 308.18 | 4.6 | 4.5 | Суглинок делювиальный коричневого цвета, полутвердый | 53 | | 2.14 |
| 3 | eMZ | 302.78 | 10.0 | 5.4 | Супесь элювиальная зеленовато-коричневого и желто-зеленого цвета, твердая | 55, 56 | 9.0 | |

Вариант 16,30

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 12

Абс.отм.устья 310.53 м

Дата бурения 19.03.14 г.

Диаметр 132 мм

Масштаб 1:100

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м | | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Абс. отм. | Глубина | | | | Появ. | Уст. |
| 1 | dQ | 309.73 | 0.8 | 0.8 | Суглинок делювиальный коричневого цвета, твердый | | | |
| 2 | eMZ | 306.53 | 4.0 | 3.2 | Супесь элювиальная серо-коричневого и бурого цвета, твердая | 46 47 | | |
| 3 | eMZ | 302.03 | 8.5 | 4.5 | Щебенистый грунт сланцев элювиальный бурого и серо-коричневого цвета с супесчаным заполнителем | 48 49 | 8.30 | 4.80 |
| 4 | P-R | 295.53 | 15.0 | 6.5 | Полускальный грунт кварц-хлорит-серицитовых сланцев бурого цвета, пониженной прочности, сильнотрещиноватый, средневыветрелый, плотный | 50 | | |

Вариант 17,29

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 13

Абс.отм.устья 321.50 м

Дата бурения 19.03.14 г.

Диаметр 132 мм

Масштаб 1:100

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м: Абс. отм. | Подошва слоя, м: Глубина | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод: Появ. | Уровень подземных вод: Уст. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | hQ | 321.40 | 0.1 | 0.1 | Почвенно-растительный слой | | не прослежен | |
| 2 | dQ | 317.50 | 4.0 | 3.9 | Суглинок делювиальный коричневого цвета, полутвердый | 59 | | 4.87 |
| 3 | eMZ | 314.50 | 7.0 | 3.0 | Супесь элювиальная бурого цвета, твердая | 61 | | |
| 4 | eMZ | 311.50 | 10.0 | 3.0 | Щебенистый грунт сланцев элювиальный буро-коричневого и зеленовато-серого цвета с супесчаным заполнителем до 33,1% | 627 | | |

Вариант 18,28

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 14

Абс.отм.устья 317.98 м

Дата бурения 19.03.14 г.

Диаметр 132 мм

Масштаб 1:100

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м: Абс. отм. | Подошва слоя, м: Глубина | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод: Появ. | Уровень подземных вод: Уст. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | hQ | 317.88 | 0.1 | 0.1 | Почвенно-растительный слой | | | |
| 2 | dQ | 317.18 | 0.8 | 0.7 | Суглинок деловиальный коричневого цвета, полутвердый | 73 | | |
| 3 | eMZ | 314.48 | 3.5 | 2.7 | Супесь элювиальная буро-желтого цвета с зеленоватым оттенком, твердая, дресвяная | 74 | | |
| 4 | eMZ | 309.48 | 8.5 | 5.0 | Щебенистый грунт сланцев элювиальный бурого и буро-коричневого цвета с супесчаным заполнителем | 75 | | 7.11 |
| 5 | P-R | 302.98 | 15.0 | 6.5 | Полускальный грунт кварц-хлорит-серицитовых сланцев бурого цвета, пониженной прочности, сильнотрещиноватый, средневыветрелый, плотный | 76 | 13.40 | |

Вариант 19,27

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 15

Абс.отм.устья 314.25 м

Дата бурения 19.03.14 г.

Диаметр 132 мм

Масштаб 1:100

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м: Абс. отм. | Подошва слоя, м: Глубина | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод: Появ. | Уровень подземных вод: Уст. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | dQ | 313.85 | 0.4 | 0.4 | Суглинок делювиальный коричневого цвета, твердый | | не прослежен | |
| 2 | eMZ | 311.25 | 3.0 | 2.6 | Супесь элювиальная серо-зеленого и бурого цвета, твердая | | | |
| 3 | eMZ | 305.55 | 8.7 | 5.7 | Щебенистый грунт сланцев элювиальный бурого и буро-коричневого цвета с супесчаным заполнителем до 35,7% | ▲41 ▲42 | | |
| 4 | P-R | 299.25 | 15.0 | 6.3 | Полускальный грунт кварц-хлорит-серицитовых сланцев бурого цвета, пониженной прочности, сильнотрещиноватый, средневыветрелый, плотный | ■43 | | 10.11 |

Вариант 20,26

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 16

Абс.отм.устья 329.67 м

Дата бурения 19.03.14 г.

Диаметр 132 мм

Масштаб 1:100

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м: Абс. отм. | Подошва слоя, м: Глубина | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод: Появ. | Уровень подземных вод: Уст. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | hQ | 329.57 | 0.1 | 0.1 | Почвенно-растительный слой | | не прослежен | |
| 2 | dQ | 328.37 | 1.3 | 1.2 | Суглинок делювиальный коричневого цвета, твердый | 63 | | |
| 3 | eMZ | 325.37 | 4.3 | 3.0 | Супесь элювиальная зеленовато-желтого цвета, твердая | 64 | | |
| 4 | eMZ | 321.17 | 8.5 | 4.2 | Щебенистый грунт сланцев элювиальный бурого и зеленовато-бурого цвета с супесчаным заполнителем до 35,7% | 65 | | |
| 5 | P-R | 314.67 | 15.0 | 6.5 | Полускальный грунт кварц-хлорит-серицитовых сланцев бурого и серого цвета, пониженной прочности, сильнотрещиноватый, средневыветрелый, плотный | 66 | | 12.66 |

Вариант 21,25

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 17

Абс.отм.устья 323.50 м

Дата бурения 19.03.14 г.

Диаметр 132 мм

Масштаб 1:100

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м | | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Абс. отм. | Глубина | | | | Появ. | Уст. |
| 1 | dQ | 322.70 | 0.8 | 0.8 | Суглинок делювиальный коричневого цвета, твердый | | не прослежен | |
| 2 | eMZ | 317.50 | 6.0 | 5.2 | Супесь элювиальная желто-бурого цвета, твердая | 69 | | |
| 3 | eMZ | 314.90 | 8.6 | 2.6 | Щебенистый грунт сланцев элювиальный бурого и зеленовато-бурого цвета с супесчаным заполнителем до 32,6% | 70 | | |
| 4 | P-R | 308.50 | 15.0 | 6.4 | Полускальный грунт кварц-хлорит-серицитовых сланцев темно-серого и серо-зеленого цвета, пониженной прочности, сильнотрещиноватый, средневыветрелый, плотный | 71 | | 10.03 |

Вариант 22,24

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 18

Абс.отм.устья 317.50 м

Дата бурения 19.03.14 г.

Диаметр 132 мм

Масштаб 1:100

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м: Абс. отм. | Подошва слоя, м: Глубина | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод: Появ. | Уровень подземных вод: Уст. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | hQ | 317.40 | 0.1 | 0.1 | Почвенно-растительный слой | | нет | нет |
| 2 | eMZ | 311.50 | 6.0 | 5.9 | Супесь элювиальная серо-бурого и зеленовато-бурого цвета, твердая | 34, 35 | | |
| 3 | eMZ | 308.50 | 9.0 | 3.0 | Щебенистый грунт сланцев элювиальный бурого и буро-коричневого цвета с супесчаным заполнителем | 36 | | |
| 4 | P-R | 302.50 | 15.0 | 6.0 | Полускальный грунт кварц-хлорит-серицитовых сланцев бурого цвета, пониженной прочности, сильнотрещиноватый, средневыветрелый, плотный | 37 | | |

Вариант 23

# Инженерно-геологическая колонка

Скважина № 19

Абс.отм.устья 328.49 м

Дата бурения 21.03.14 г.

Диаметр 132 мм

Масштаб 1:100

| № слоя п/п | Геол. индекс | Подошва слоя, м: Абс. отм. | Подошва слоя, м: Глубина | Мощность слоя, м | Описание грунтов | Геолого-литологический разрез | Уровень подземных вод: Появ. | Уровень подземных вод: Уст. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | hQ | 328.39 | 0.1 | 0.1 | Почвенно-растительный слой | | нет | нет |
| 2 | dQ | 328.09 | 0.4 | 0.3 | Суглинок делювиальный коричневого цвета, твердый | | | |
| 3 | eMZ | 325.69 | 2.8 | 2.4 | Супесь элювиальная зеленовато-серого цвета, твердая, дресвяная | 94 | | |
| 4 | eMZ | 322.19 | 6.3 | 3.5 | Щебенистый грунт сланцев элювиальный бурого и буро-коричневого цвета с супесчаным заполнителем | 95 | | |
| 5 | P-R | 313.49 | 15.0 | 8.7 | Полускальный грунт кварц-хлорит-серицитовых сланцев бурого цвета, пониженной прочности, сильнотрещиноватый, средневыветрелый, плотный | 96, 97 | | |

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
## ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
## Б1.Б.2.06 «ГИДРОГЕОХИМИЯ»
## ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод***
***и инженерно-геологические изыскания***

Автор: Антонова И. А., к.г-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии
*(название кафедры)*
Зав.кафедрой _____
*(подпись)*
Тагильцев С. Н.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 19 от 12.02.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией
Факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

# ОГЛАВЛЕНИЕ


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1. | Общие положения | 4 |
| 2. | Самостоятельная работа студентов, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям | 7 |
| | 2.1. Повторение материала лекций | 7 |
| | 2.2. Самостоятельное изучение тем курса | 8 |
| | 2.3. Подготовка к практическим и лабораторным работам | 8 |
| 3. | Другие виды самостоятельной работы | 9 |
| | 3.1. Подготовка к контрольной работе | 9 |
| | 3.2. Подготовка к экзамену | 9 |

# Введение

Самостоятельная работа в современном образовательном процессе рассматривается как форма организации обучения, которая способна обеспечивать самостоятельный поиск необходимой информации, творческое восприятие и осмысление учебного материала в ходе аудиторных занятий, разнообразные формы познавательной деятельности студентов на занятиях и во внеаудиторное время, развитие аналитических способностей, навыков контроля и планирования учебного времени, выработку умений и навыков рациональной организации учебного труда.

Таким образом, самостоятельная работа – форма организации образовательного процесса, стимулирующая активность, самостоятельность, познавательный интерес студентов.

В методических указаниях рассматриваются вопросы организации самостоятельной работы для студентов Уральского государственного горного университета.

Методическое указание включает три главы, которые логически связаны друг с другом. Первая глава знакомит читателя с теоретическими основами самостоятельной работы студентов и особенностями подготовки к ней в вузе. Во второй и третьей главах представлен материал, который содержит информацию о видах самостоятельной работы по данной дисциплине, а также об источниках информации для осуществления самостоятельной работы. Эмпирической основой разработки системы критериев и показателей оценки форм самостоятельной работы стал практический опыт работы преподавателей кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии.

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Самостоятельная работа студентов всех форм и видов обучения является одним из обязательных видов образовательной деятельности, обеспечивающей реализацию требований Федеральных государственных стандартов высшего образования (ФГОС), созданных на основе Федерального закона от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».

Конкретные требования к самостоятельной работе студентов определяются в Федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования по направлению.

Нормативные требования к самостоятельной работе студентов дополняются документами локального характера: Уставом Уральского государственного горного университета, рабочей программой дисциплины.

Согласно требованиям нормативных документов, самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, подготовки к практическим занятиям, сдаче экзамена.

Самостоятельная работа студентов представляет собой совокупность внеаудиторных занятий и работ, обеспечивающих успешное освоение образовательной программы высшего образования в соответствии с требованиями ФГОС.

Навыки самостоятельной работы по освоению каких-либо знаний приобретаются человеком с раннего детства и развиваются в течение всей жизни. К началу обучения в вузе каждый студент имеет личный опыт и навыки организации собственных действий, полученные в процессе обучения в школе, учреждениях дополнительного образования, во время внешкольных занятий и в

быту. Однако при обучении в вузе требования к организации самостоятельной работы существенно возрастают, так как они связаны с освоением сложных общекультурных и профессиональных компетенций.

Практика показывает, что студенты различаются по уровню готовности к реализации требований к самостоятельной работе. Выделяются две основные группы студентов. Первая характеризуется тем, что ее представители ориентированы на выполнение заданий самостоятельной работы и обладают универсальными учебными компетенциями, позволяющими успешно справиться с требованиями к ее выполнению (умением понимать и запоминать приобретаемую информацию, логически мыслить, воспроизводить материал письменно и устно, проводить измерения, вычисления, проектировать и т. д.). Студенты второй группы не имеют устойчивой ориентации на постоянное выполнение самостоятельной работы при освоении учебного материала и отличаются низким уровнем развития универсальных учебных компетенций и навыков самоорганизации.

Самостоятельная работа в рамках образовательного процесса в вузе решает следующие *задачи:*

- закрепление и расширение знаний, умений, полученных студентами во время аудиторных и внеаудиторных занятий, превращение их в стереотипы умственной и физической деятельности;

- приобретение дополнительных знаний и навыков по дисциплинам учебного плана;

- формирование и развитие знаний и навыков, связанных с научно-исследовательской деятельностью;

- развитие ориентации и установки на качественное освоение образовательной программы;

- развитие навыков самоорганизации;

- формирование самостоятельности мышления, способности к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;

- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной теоретической, практической и учебно-исследовательской деятельности.

Для реализации задач самостоятельной работы студентов и ее осуществления необходим *ряд условий*, которые обеспечивает университет:

- наличие материально-технической базы;

- наличие необходимого фонда информации для самостоятельной работы студентов и возможности работы с ним в аудиторное и внеаудиторное время;

- наличие помещений для выполнения конкретных заданий, входящих в самостоятельную работу студентов;

- обоснованность содержания заданий, входящих в самостоятельную работу студентов;

- связь самостоятельной работы с рабочими программами дисциплин, расчетом необходимого времени для самостоятельной работы;

- развитие преподавателями у студентов навыков самоорганизации, универсальных учебных компетенций;

- сопровождение преподавателями всех этапов выполнения самостоятельной работы студентов, текущий и конечный контроль ее результатов.

Специфическими *принципами организации* самостоятельной работы в рамках современного образовательного процесса являются:

- принцип интерактивности обучения (обеспечение интерактивного диалога и обратной связи, которая позволяет осуществлять контроль и коррекцию действий студента);

- принцип развития интеллектуального потенциала студента (формирование алгоритмического, наглядно-образного, теоретического стилей мышления, умений принимать оптимальные или вариативные решения в сложной ситуации, умений обрабатывать информацию);

- принцип обеспечения целостности и непрерывности дидактического цикла обучения (предоставление возможности выполнения всех звеньев дидактического цикла в пределах темы, раздела, модуля).

Самостоятельная работа студентов планируется преподавателем в рабочей программе дисциплины.

Объем времени, отведенный на внеаудиторную самостоятельную работу, находит отражение: в учебном плане в целом по теоретическому обучению, по каждому из циклов дисциплин, по каждой дисциплине; в рабочих программах учебных дисциплин с ориентировочным распределением по разделам или конкретным темам.

Самостоятельная работа студентов классифицируется: по месту организации (аудиторная и внеаудиторная); по целям организации (цели дисциплины, сформулированные и обоснованные в рабочей программе); по способу организации (индивидуальная, групповая).

Выбор формы организации самостоятельной работы студентов (индивидуальная или групповая) определяется содержанием учебной дисциплины и формой организации обучения (лекция, семинар, практическое занятие, контрольное занятие и др.).

В зависимости от формы промежуточной аттестации виды самостоятельной работы дополняются подготовкой к экзамену, зачету и процедурами текущей аттестации.

## 2. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ПОДГОТОВКУ К АУДИТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

### *2.1. Повторение материала лекций*

Источники информации по теме лекции:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения лекционного занятия;

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

### *2.2. Самостоятельное изучение тем курса*

Самостоятельное изучение тем осуществляется при обучении на заочной форме обучения.

Источники информации для самостоятельного изучения тем:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед сессией;

2) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

### *2.3. Подготовка к практическим занятиям*

Типовые задания (примеры) работ, выполняемые на практических занятиях представлены в комплекте оценочных материалов.

Принципы работы на практических занятиях озвучиваются преподавателем на соответствующих лекционных занятиях.

Источники информации для подготовки к практическим занятиям:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием либо в начале сессии;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения практического или лабораторного занятия (при наличии);

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины;

4) методические указания по выполнению практических занятий.

# 3. ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

## *3.1 Подготовка и написание контрольной работы*

Для выполнения контрольных работ студентами кафедрой подготовлены Методические рекомендации и задания к контрольным работам для студентов направления 21.05.02 Прикладная геология.

## *3.2 Подготовка к экзамену*

В комплекте оценочных средств представлен перечень теоретических вопросов, которые входят в постав билетов.

Источники информации для подготовки к экзамену:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием либо в начале сессии;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения лекционного занятия (при наличии);

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

**Учебное издание**

**Антонова Ирина Александровна**

**Гидрогеохимия**

Методические указания по организации самостоятельной работы
для обучающихся направления подготовки 21.05.02 – Прикладная геология
(специализация № 2 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания»)

Редактор С. Н. Тагильцев

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60 х 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л.. Уч.-изд. л. Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

## ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**Б1.Б.2.07 «Водоснабжение и инженерные мелиорации»**

**ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»**

Специализация № 2

***Поиски и разведка подземных вод***
***и инженерно-геологические изыскания***

Автор: Парфенова Л. П.., к.г-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии
*(название кафедры)*
Зав.кафедрой _____
*(подпись)*
Тагильцев С. Н.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 19 от 12.02.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией
Факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

# ОГЛАВЛЕНИЕ


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1. | Общие положения | 4 |
| 2. | Самостоятельная работа студентов, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям | 7 |
| | 2.1. Повторение материала лекций | 7 |
| | 2.2. Самостоятельное изучение тем курса | 8 |
| | 2.3. Подготовка к практическим и лабораторным работам | 8 |
| 3. | Другие виды самостоятельной работы | 8 |
| | 3.1. Подготовка к зачёту | 8 |
| | 3.2. Подготовка к написанию контрольной работы | 10 |
| 4. | Требования к учебно-методическому обеспечению самостоятельной работы студентов | 10 |
| | Список литературы | 14 |

# Введение

Самостоятельная работа в современном образовательном процессе рассматривается как форма организации обучения, которая способна обеспечивать самостоятельный поиск необходимой информации, творческое восприятие и осмысление учебного материала в ходе аудиторных занятий, разнообразные формы познавательной деятельности студентов на занятиях и во внеаудиторное время, развитие аналитических способностей, навыков контроля и планирования учебного времени, выработку умений и навыков рациональной организации учебного труда.

Таким образом, самостоятельная работа – форма организации образовательного процесса, стимулирующая активность, самостоятельность, познавательный интерес студентов.

В методических указаниях рассматриваются вопросы организации самостоятельной работы для студентов Уральского государственного горного университета.

Методическое указание включает три главы, которые логически связаны друг с другом. Первая глава знакомит читателя с теоретическими основами самостоятельной работы студентов и особенностями подготовки к ней в вузе. Во второй и третьей главах представлен материал, который содержит информацию о видах самостоятельной работы по данной дисциплине, а также об источниках информации для осуществления самостоятельной работы. Эмпирической основой разработки системы критериев и показателей оценки форм самостоятельной работы стал практический опыт работы преподавателей кафедры геодезии и кадастров.

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Самостоятельная работа студентов всех форм и видов обучения является одним из обязательных видов образовательной деятельности, обеспечивающей реализацию требований Федеральных государственных стандартов высшего образования (ФГОС), созданных на основе Федерального закона от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».

Конкретные требования к самостоятельной работе студентов определяются в Федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования по направлению.

Нормативные требования к самостоятельной работе студентов дополняются документами локального характера: Уставом Уральского государственного горного университета, рабочей программой дисциплины.

Согласно требованиям нормативных документов, самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, подготовки к практическим занятиям, сдаче зачета и экзамена.

Самостоятельная работа студентов представляет собой совокупность внеаудиторных занятий и работ, обеспечивающих успешное освоение образовательной программы высшего образования в соответствии с требованиями ФГОС.

Навыки самостоятельной работы по освоению каких-либо знаний приобретаются человеком с раннего детства и развиваются в течение всей жизни. К началу обучения в вузе каждый студент имеет личный опыт и навыки организации собственных действий, полученные в процессе обучения в школе, учреждениях дополнительного образования, во время внешкольных занятий и в

быту. Однако при обучении в вузе требования к организации самостоятельной работы существенно возрастают, так как они связаны с освоением сложных общекультурных и профессиональных компетенций.

Практика показывает, что студенты различаются по уровню готовности к реализации требований к самостоятельной работе. Выделяются две основные группы студентов. Первая характеризуется тем, что ее представители ориентированы на выполнение заданий самостоятельной работы и обладают универсальными учебными компетенциями, позволяющими успешно справиться с требованиями к ее выполнению (умением понимать и запоминать приобретаемую информацию, логически мыслить, воспроизводить материал письменно и устно, проводить измерения, вычисления, проектировать и т. д.). Студенты второй группы не имеют устойчивой ориентации на постоянное выполнение самостоятельной работы при освоении учебного материала и отличаются низким уровнем развития универсальных учебных компетенций и навыков самоорганизации.

Самостоятельная работа в рамках образовательного процесса в вузе решает следующие *задачи:*

- закрепление и расширение знаний, умений, полученных студентами во время аудиторных и внеаудиторных занятий, превращение их в стереотипы умственной и физической деятельности;

- приобретение дополнительных знаний и навыков по дисциплинам учебного плана;

- формирование и развитие знаний и навыков, связанных с научно-исследовательской деятельностью;

- развитие ориентации и установки на качественное освоение образовательной программы;

- развитие навыков самоорганизации;

- формирование самостоятельности мышления, способности к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;

- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной теоретической, практической и учебно-исследовательской деятельности.

Для реализации задач самостоятельной работы студентов и ее осуществления необходим *ряд условий*, которые обеспечивает университет:

- наличие материально-технической базы;

- наличие необходимого фонда информации для самостоятельной работы студентов и возможности работы с ним в аудиторное и внеаудиторное время;

- наличие помещений для выполнения конкретных заданий, входящих в самостоятельную работу студентов;

- обоснованность содержания заданий, входящих в самостоятельную работу студентов;

- связь самостоятельной работы с рабочими программами дисциплин, расчетом необходимого времени для самостоятельной работы;

- развитие преподавателями у студентов навыков самоорганизации, универсальных учебных компетенций;

- сопровождение преподавателями всех этапов выполнения самостоятельной работы студентов, текущий и конечный контроль ее результатов.

Специфическими *принципами организации* самостоятельной работы в рамках современного образовательного процесса являются:

- принцип интерактивности обучения (обеспечение интерактивного диалога и обратной связи, которая позволяет осуществлять контроль и коррекцию действий студента);

- принцип развития интеллектуального потенциала студента (формирование алгоритмического, наглядно-образного, теоретического стилей мышления, умений принимать оптимальные или вариативные решения в сложной ситуации, умений обрабатывать информацию);

- принцип обеспечения целостности и непрерывности дидактического цикла обучения (предоставление возможности выполнения всех звеньев дидактического цикла в пределах темы, раздела, модуля).

Самостоятельная работа студентов планируется преподавателем в рабочей программе дисциплины.

Объем времени, отведенный на внеаудиторную самостоятельную работу, находит отражение: в учебном плане в целом по теоретическому обучению, по каждому из циклов дисциплин, по каждой дисциплине; в рабочих программах учебных дисциплин с ориентировочным распределением по разделам или конкретным темам.

Самостоятельная работа студентов классифицируется: по месту организации (аудиторная и внеаудиторная); по целям организации (цели дисциплины, сформулированные и обоснованные в рабочей программе); по способу организации (индивидуальная, групповая).

Выбор формы организации самостоятельной работы студентов (индивидуальная или групповая) определяется содержанием учебной дисциплины и формой организации обучения (лекция, семинар, практическое занятие, контрольное занятие и др.).

В зависимости от формы промежуточной аттестации виды самостоятельной работы дополняются подготовкой к экзамену, зачету и процедурами текущей аттестации.

## 2. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ПОДГОТОВКУ К АУДИТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

### *2.1. Повторение материала лекций*

Источники информации по теме лекции:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения лекционного занятия;

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

### *2.2. Самостоятельное изучение тем курса*

Самостоятельное изучение тем осуществляется при обучении на заочной форме обучения.

Источники информации для самостоятельного изучения тем:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед сессией;

2) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

### *2.3. Подготовка к практическим и лабораторным занятиям*

Типовые задания (примеры) работ, выполняемые на практических занятиях представлены в комплекте оценочных материалов.

Принципы работы на практических занятиях озвучиваются преподавателем на соответствующих лекционных занятиях.

Источники информации для подготовки к практическим занятиям:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием либо в начале сессии;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения практического или лабораторного занятия (при наличии);

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины;

4) методические указания по выполнению практических и лабораторных занятий.

## 3. ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

### *3.1. Подготовка к зачету*

В комплекте оценочных средств представлен перечень тестовых заданий, теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий, которые входят в постав билетов.

Источники информации для подготовки к зачету:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием либо в начале сессии;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения лекционного занятия (при наличии);

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

### *3.2 Подготовка и написание контрольной работы*

Для выполнения контрольных работ студентами кафедрой подготовлены Методические рекомендации и задания к контрольным работам для студентов направления 21.05.02 Прикладная геология.

## 4.ТРЕБОВАНИЯ К УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Для нормальной самостоятельной работы студент должен быть обеспечен достаточным количеством учебных пособий разного вида. Чем более разнообразны учебные пособия, тем более успешна будет самостоятельная работа студента, так как каждый может выбрать себе учебное пособие по силам, по склонностям, по материальным возможностям.

Должны быть пособия краткие и подробные, с неглубокими и глубокими теоретическими обоснованиями, теоретического и практического содержания. Нужны справочники, конспекты-справочники, учебники.

Наряду с ними нужно создавать, накапливать в учебных фондах и продавать учебные пособия электронного вида. Этот вид учебных пособий в обозримом будущем не может стать основным и вряд ли когда-нибудь станет. Это – вспомогательные, дополнительные учебные пособия, используемые в основном для заочного, дистанционного образования. Количество учебных

пособий в учебном фонде библиотеки должно быть таким, чтобы каждый студент мог получить хотя бы один из рекомендованных учебников.

Многоуровневая система высшего образования должна предоставлять человеку условия для развития его потенциальных возможностей и наиболее полного удовлетворения потребности личности в самореализации. Поэтому на каждом из уровней подготовки самостоятельная работа студентов (СРС) есть обязательное условие, которое должно быть соблюдено для достижения проектируемых результатов обучения. Правильная (психологически и дидактически обоснованная) организация СРС при изучении каждой дисциплины – это один из основных педагогических путей развития и становления творческих качеств личности учащегося на каждом уровне обучения.

Из дидактики следует, что для непрерывного развития учащегося и становления его как творческой личности все элементы содержания образования (знания, умения и навыки, опыт творческой и оценочной деятельности), выделенные в рамках определенной дисциплины, должны быть им усвоены с установкой на перенос и активное использование. Поэтому на первом уровне обучения каждого студента по каждой учебной дисциплине нужно снабдить комплектом учебно-методических материалов, помогающих ему организовывать самостоятельную работу. В такой комплект обязательно должны входить: программа, адаптированная для студента; учебная литература (учебник, задачник, руководство по выполнению лабораторных работ); система заданий для самостоятельной работы студентов; методические указания по организации самостоятельной работы при выполнении заданий по разным видам занятий, включая и курсовые работы (проекты).

На втором и третьем уровнях обучения их следует снабдить методическими указаниями по выполнению выпускной работы, завершающей подготовку специалиста.

Задания для самостоятельной работы должны быть конкретными. Их содержание, соответствуя программе, должно знакомить студентов с современными методами решения задач данной дисциплины.

Структура заданий должна соответствовать принципу доступности: от известного к неизвестному и от простого к сложному, а трудоемкость – времени, выделенному программой на самостоятельную работу по изучению данной темы. В заданиях следует указывать знания и умения, которыми должен овладеть студент по мере их выполнения. Кроме того, в них нужно включать вопросы для самоконтроля и взаимного контроля, тесты и контрольные вопросы для оценки и самооценки уровня усвоения знаний, сформированности умений.

Методические указания по организации СРС на каждом уровне обучения должны способствовать непрерывному развитию у них рациональных приемов познавательной деятельности в процессе изучения конкретных дисциплин. Основное назначение всех методических указаний – дать возможность каждому студенту перейти от деятельности, выполняемой под руководством преподавателя, к деятельности, организуемой самостоятельно, к полной замене контроля со стороны преподавателя самоконтролем. Поэтому они должны содержать подробное описание рациональных приемов выполнения перечисленных видов деятельности, критериев оценки выполненных работ, а также рекомендации по эффективному использованию консультаций и по работе при подготовке и сдаче экзаменов.

Каждый из названных учебно-методических материалов влияет в большей степени на один из этапов усвоения знаний и видов деятельности, но одновременно способствует осуществлению других этапов и более полной реализации их задач.

Так, программа с четко выделенной целью и перечнем задач, влияющих на ее достижение, определяет мотивационный этап и способствует организации деятельности на всех остальных, указывая последовательность изучаемых разделов, сроки контроля.

Учебная литература служит информационной основой, прежде всего для ориентировочного этапа. В то же время работа с литературой усиливает мотивацию, если изложение материала по уровню сложности соответствует зоне ближайшего развития студента; помогает осуществлению исполнительского и контрольного этапов, если в ней указаны особенности выполнения заданий, даны контрольные вопросы.

Задания для самостоятельной работы организуют исполнительский этап, задавая последовательность видов деятельности, необходимых для усвоения знаний и приобретения умений. Так как задания содержат средства контроля, то они определяют и контрольный этап.

Вопросы и задачи в заданиях требуют от студента не только воспроизведения знаний, но и проявления творчества, формируют и развивают его опыт творческой деятельности. Это расширяет основы мотивации, усиливает и укрепляет ее. В целом содержание и структура заданий, отвечающих перечисленным требованиям, позволяет регулярно занимающимся студентам получать удовлетворение от самостоятельно выполненной работы. Такой эмоциональный фон, в свою очередь, формирует положительное отношение к выполненному делу, а через него – и к изучаемой дисциплине.

Методические указания по организации СРС способствуют грамотному и рациональному осуществлению исполнительского этапа, обеспечивают контрольный этап. Для этого виды деятельности, активно используемые при изучении дисциплины, должны быть подробно описаны в указаниях с выделением последовательности действий и даже операций. В этом случае сами виды деятельности становятся предметом изучения, что дает верное направление ориентировочному этапу и, безусловно, усиливает мотивацию обучения. Работа студентов с такими методическими указаниями позволяет им уже при изучении общенаучных дисциплин усвоить полную и обобщенную ориентировочную основу для каждого из таких видов деятельности, как работа с литературой, проведение эксперимента, решение задач.

Таким образом, создание для каждой учебной дисциплины рассмотренного комплекта учебно-методических материалов обеспечивает обязательные этапы усвоения знаний, видов деятельности, опыта творчества, Снабжение таким комплектом каждого студента – необходимое условие полной реализации в процессе обучения всех возможностей СРС как вида познавательной деятельности, метода и средства учения и преподавания

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ СТАНДАРТ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ направление подготовки специалитета 21.05.02 «Прикладная геология».
2. Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы./ ГОУ ВПО «Московский государственный гуманитарный университет им. М.А. Шолохова». 2010г.

**Учебное издание**

**Рубан Наталья Валентиновна**

**Основы гидрогеологии и инженерной геологии**

Методические указания по организации самостоятельной работы
для обучающихся направления подготовки 21.05.02 – Прикладная геология
(специализация № 2 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания»)

Редактор С. Н. Тагильцев

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60 х 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л.. Уч.-изд. л. Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
## ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**Б1.Б.2.10 «Гидрогеомеханика»**

**ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»**

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод***
***и инженерно-геологические изыскания***

Автор: Тагильцев С. Н.., д.т.н.

Одобрены на заседании кафедры
Гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии
*(название кафедры)*
Зав.кафедрой _____
*(подпись)*
Тагильцев С. Н.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 19 от 12.02.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией
Факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

# ОГЛАВЛЕНИЕ


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1. | Общие положения | 4 |
| 2. | Самостоятельная работа студентов, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям | 7 |
| | 2.1. Повторение материала лекций | 7 |
| | 2.2. Самостоятельное изучение тем курса | 8 |
| | 2.3. Подготовка к практическим и лабораторным работам | 8 |
| 3. | Другие виды самостоятельной работы | 8 |
| | 3.1. Подготовка и написание контрольной работы | 8 |
| | 3.2. Подготовка к экзамену | 9 |

# Введение

Самостоятельная работа в современном образовательном процессе рассматривается как форма организации обучения, которая способна обеспечивать самостоятельный поиск необходимой информации, творческое восприятие и осмысление учебного материала в ходе аудиторных занятий, разнообразные формы познавательной деятельности студентов на занятиях и во внеаудиторное время, развитие аналитических способностей, навыков контроля и планирования учебного времени, выработку умений и навыков рациональной организации учебного труда.

Таким образом, самостоятельная работа – форма организации образовательного процесса, стимулирующая активность, самостоятельность, познавательный интерес студентов.

В методических указаниях рассматриваются вопросы организации самостоятельной работы для студентов Уральского государственного горного университета.

Методическое указание включает три главы, которые логически связаны друг с другом. Первая глава знакомит читателя с теоретическими основами самостоятельной работы студентов и особенностями подготовки к ней в вузе. Во второй и третьей главах представлен материал, который содержит информацию о видах самостоятельной работы по данной дисциплине, а также об источниках информации для осуществления самостоятельной работы. Эмпирической основой разработки системы критериев и показателей оценки форм самостоятельной работы стал практический опыт работы преподавателей кафедры геодезии и кадастров.

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Самостоятельная работа студентов всех форм и видов обучения является одним из обязательных видов образовательной деятельности, обеспечивающей реализацию требований Федеральных государственных стандартов высшего образования (ФГОС), созданных на основе Федерального закона от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».

Конкретные требования к самостоятельной работе студентов определяются в Федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования по направлению.

Нормативные требования к самостоятельной работе студентов дополняются документами локального характера: Уставом Уральского государственного горного университета, рабочей программой дисциплины.

Согласно требованиям нормативных документов, самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, подготовки к практическим занятиям, сдаче зачета и экзамена.

Самостоятельная работа студентов представляет собой совокупность внеаудиторных занятий и работ, обеспечивающих успешное освоение образовательной программы высшего образования в соответствии с требованиями ФГОС.

Навыки самостоятельной работы по освоению каких-либо знаний приобретаются человеком с раннего детства и развиваются в течение всей жизни. К началу обучения в вузе каждый студент имеет личный опыт и навыки организации собственных действий, полученные в процессе обучения в школе, учреждениях дополнительного образования, во время внешкольных занятий и в

быту. Однако при обучении в вузе требования к организации самостоятельной работы существенно возрастают, так как они связаны с освоением сложных общекультурных и профессиональных компетенций.

Практика показывает, что студенты различаются по уровню готовности к реализации требований к самостоятельной работе. Выделяются две основные группы студентов. Первая характеризуется тем, что ее представители ориентированы на выполнение заданий самостоятельной работы и обладают универсальными учебными компетенциями, позволяющими успешно справиться с требованиями к ее выполнению (умением понимать и запоминать приобретаемую информацию, логически мыслить, воспроизводить материал письменно и устно, проводить измерения, вычисления, проектировать и т. д.). Студенты второй группы не имеют устойчивой ориентации на постоянное выполнение самостоятельной работы при освоении учебного материала и отличаются низким уровнем развития универсальных учебных компетенций и навыков самоорганизации.

Самостоятельная работа в рамках образовательного процесса в вузе решает следующие *задачи:*

- закрепление и расширение знаний, умений, полученных студентами во время аудиторных и внеаудиторных занятий, превращение их в стереотипы умственной и физической деятельности;

- приобретение дополнительных знаний и навыков по дисциплинам учебного плана;

- формирование и развитие знаний и навыков, связанных с научно-исследовательской деятельностью;

- развитие ориентации и установки на качественное освоение образовательной программы;

- развитие навыков самоорганизации;

- формирование самостоятельности мышления, способности к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;

- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной теоретической, практической и учебно-исследовательской деятельности.

Для реализации задач самостоятельной работы студентов и ее осуществления необходим *ряд условий*, которые обеспечивает университет:

- наличие материально-технической базы;

- наличие необходимого фонда информации для самостоятельной работы студентов и возможности работы с ним в аудиторное и внеаудиторное время;

- наличие помещений для выполнения конкретных заданий, входящих в самостоятельную работу студентов;

- обоснованность содержания заданий, входящих в самостоятельную работу студентов;

- связь самостоятельной работы с рабочими программами дисциплин, расчетом необходимого времени для самостоятельной работы;

- развитие преподавателями у студентов навыков самоорганизации, универсальных учебных компетенций;

- сопровождение преподавателями всех этапов выполнения самостоятельной работы студентов, текущий и конечный контроль ее результатов.

Специфическими *принципами организации* самостоятельной работы в рамках современного образовательного процесса являются:

- принцип интерактивности обучения (обеспечение интерактивного диалога и обратной связи, которая позволяет осуществлять контроль и коррекцию действий студента);

- принцип развития интеллектуального потенциала студента (формирование алгоритмического, наглядно-образного, теоретического стилей мышления, умений принимать оптимальные или вариативные решения в сложной ситуации, умений обрабатывать информацию);

- принцип обеспечения целостности и непрерывности дидактического цикла обучения (предоставление возможности выполнения всех звеньев дидактического цикла в пределах темы, раздела, модуля).

Самостоятельная работа студентов планируется преподавателем в рабочей программе дисциплины.

Объем времени, отведенный на внеаудиторную самостоятельную работу, находит отражение: в учебном плане в целом по теоретическому обучению, по каждому из циклов дисциплин, по каждой дисциплине; в рабочих программах учебных дисциплин с ориентировочным распределением по разделам или конкретным темам.

Самостоятельная работа студентов классифицируется: по месту организации (аудиторная и внеаудиторная); по целям организации (цели дисциплины, сформулированные и обоснованные в рабочей программе); по способу организации (индивидуальная, групповая).

Выбор формы организации самостоятельной работы студентов (индивидуальная или групповая) определяется содержанием учебной дисциплины и формой организации обучения (лекция, семинар, практическое занятие, контрольное занятие и др.).

В зависимости от формы промежуточной аттестации виды самостоятельной работы дополняются подготовкой к экзамену, зачету и процедурами текущей аттестации.

## 2. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ПОДГОТОВКУ К АУДИТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

### *2.1. Повторение материала лекций*

Источники информации по теме лекции:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения лекционного занятия;

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

### *2.2. Самостоятельное изучение тем курса*

Самостоятельное изучение тем осуществляется при обучении на заочной форме обучения.

Источники информации для самостоятельного изучения тем:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед сессией;

2) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

### *2.3. Подготовка к практическим и лабораторным занятиям*

Типовые задания (примеры) работ, выполняемые на практических занятиях представлены в комплекте оценочных материалов.

Принципы работы на практических занятиях озвучиваются преподавателем на соответствующих лекционных занятиях.

Источники информации для подготовки к практическим занятиям:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием либо в начале сессии;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения практического или лабораторного занятия (при наличии);

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины;

4) методические указания по выполнению практических и лабораторных занятий.

## 3. ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

### *3.1 Подготовка и написание контрольной работы*

Для выполнения контрольных работ студентами кафедрой подготовлены Методические рекомендации и задания к контрольным работам для студентов направления 21.05.02 Прикладная геология.

### *3.2 Подготовка к экзамену*

В комплекте оценочных средств представлен перечень теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий, которые входят в постав билетов.

Источники информации для подготовки к экзамену:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием либо в начале сессии;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения лекционного занятия (при наличии);

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

**Учебное издание**

**Тагильцев Сергей Николаевич**

**Гидрогеомеханика**

Методические указания по организации самостоятельной работы
для обучающихся направления подготовки 21.05.02 – Прикладная геология
(специализация № 2 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания»)

Редактор Н.В. Рубан

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60 х 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л.. Уч.-изд. л. Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
## ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**Б1.Б.2.11 «Поиски и разведка подземных вод»**

**ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»**

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод***
***и инженерно-геологические изыскания***

Автор: Елохина С. Н.., д.г-м.н.

| | |
|---|---|
| Одобрены на заседании кафедры Гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии | Рассмотрены методической комиссией Факультета геологии и геофизики |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Тагильцев С. Н. | Бондарев В.И. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 19 от 12.02.2020 | Протокол № 7 от 20.03.2020 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург
2020

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ЗАДАНИЕ НА ПОЛУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ..…….. 4

Приложение 1. Каталог разведочных скважин …… 7

Приложение 2. Каталог поисковых и картировочных скважин …… 10

Приложение 3. Каталог родников …….. 12

Графические приложения …… 16

Приложение 4. Гидрогеологическая карта района работ ……... 14

Приложение 5. Гидрогеологический разрез по линии I - I ……. 15

Приложение 6. Карта водопроводимости пород эоценового водоносного горизонта ……... 16

Приложение 7. ПЛАН ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ. Карта минерализации эоценового водоносного горизонта …… 17

Приложение 8. Карта общей минерализации подземных вод гидро-изопьез эоценового водоносного горизонта ……... 18

# ЗАДАНИЕ
# НА ВЫПОЛНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ
# РАСЧЕТНОЙ- ПРАКТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

**Гидрогеологические условия.** Район работ расположен в периферийной зоне артезианского бассейна платформенного типа с характерным этажным залеганием водоносных горизонтов и разделяющих слабопроницаемых пород.

В гидрогеологическом разрезе района выделены:

- грунтовые (безнапорные) воды четвертичных аллювиальных отложений речных долин;

- грунтовые (безнапорные, или с местным напором) воды спорадического распространения в песчано-глинистых отложениях неогена;

- водоносный горизонт песчано-глинистых отложений олигоцена (пески, алевриты, глины, песчаники);

- разделяющая (водоупорная) слабопроницаемая толща морских глинистых осадков олигоцен-эоценового возраста (глины, диатомиты, глинистые опоки);

- межпластовый (напорный) водоносный горизонт эоцена (трещиноватые опоки, песчаники, реже пески);

- разделяющая слабопроницаемая толща морских глинистых отложений палеоцена (глины, опоковидные глины);

- водоносный комплекс песчано-глинистых отложений верхнего мела (пески, песчаники с прослоями глин).

Подземные воды района вскрыты многочисленными картировочными и разведочными скважинами. В прил. 1 и 2 представлены каталоги буровых скважин.

В бортах долины установлены выходы источников, связанные с водоносным горизонтом олигоценовых отложений. В прил. 3 представлен каталог родников.

Используя фактические материалы, имеющиеся в журналах, **требуется выполнить следующее:**

1. Построить гидрогеологические разрезы по линиям 1-1 или II - II;

2. Построить гидрогеологическую карту распространения водоносных горизонтов, спорадически обводненных и водоупорных пород.

3. Построить карту пьезометрической поверхности эоценового водоносного горизонта (интервал между изолиниями – 10 м).

4. Определить направление движения подземных вод в отложениях эоценового водоносного горизонта.

5. Построить карту минерализации подземных вод эоценового горизонта.

6. Построить карту водопроводимости эоценового водоносного горизонта.

7. Дать краткое описание гидрогеологических условий района (по водоносным горизонтам).

8. Выбрать участок для постановки поисково-оценочных гидрогеологических работ для изыскания источника хозяйственно-питьевого водоснабжения производительностью 1,5 тыс. $м^3$/сут. Оценить категорию сложности выбранного участка и допустимое понижение.

9. Дать описание гидрогеологических условий рассматриваемой территории и природной гидрогеологической модели выбранного участка.

10. Выполнить предварительный прогноз эксплуатационных ресурсов выбранного участка с оценкой прогнозного понижения гидродинамическим и балансовым методами.

11. Разработать методику и объемы поисково-оценочных работ с вынесением на их карту и в таблицу.

В **пояснительной записке** к карте:

1. Дать характеристику распространения и условий залегания основных водоносных горизонтов района.

2. Рассмотреть и объяснить закономерности распределения (в плане) фильтрационных свойств водовмещающих пород эоценового водоносного горизонта.

3. Кратко охарактеризовать условия питания, движения и разгрузки подземных вод для водоносных горизонтов, залегающих в существенно различных условиях (аллювиальные отложения речных долин, опоковый горизонт эоцена, верхнемеловой комплекс).

4. Рассмотреть (качественно) условия возможного взаимодействия водоносных горизонтов разреза района (характера взаимодействия, направления движения, конкретные проявления взаимодействия).

5. Охарактеризовать и объяснить закономерности изменения величины минерализации подземных вод в плане (по водоносным горизонтам) и в разрезе рассматриваемого района.

Бланковки карт выдаются.

Приложение 1.

**Каталог разведочных скважин**

| № №скв. | Абс. отмет. Устья | Материалы глубины | Состав пород | Геол. Возраст | Водоносные горизонты | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Глубина залегания м | Глубина устан. уровня, м | Величина водопров., $м^2$/сут | Минерал. Подзем. Вод, г/л |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ПО ЛИНИИ I - I | | | | | | | | |
| 1р | 102.0 | 0.0 - 0.4 | Почвенно-растительный слой | | | | | |
| | | 0.4 - 6.8 | Песок м/з глинистый | *aQ* | 4.01 | 4.01 | - | - |
| | | 6.8 - 56.0 | Глина диатомитовая | $P_{2-3}$ | | | | |
| | | 56.0 - 102.4 | Опока кремнистая трещиноватая | $P_2$ | 56.0 | 8.6 | 261 | 0.9 |
| | | 102.4 - 138.0 | Глина плотная | $P_1$ | | | | |
| | | 138.0 - 151.4 | Песчаник м/з плотный | $K_2$ | 138.0 | +3.9 | - | 8.2 |
| 2р | 98.1 | 0.0 - 0.6 | Почвенно-растительный слой | | | | | |
| | | 0.6 - 16.7 | Песок м/з глинистый | *aQ* | 4.3 | 4.3 | - | 0.6 |
| | | 16.7 - 48.5 | Глина диатомитовая | $P_{2-3}$ | | | | |
| | | 48.5 - 64.8 | Опока кремнистая трещиноватая | $P_2$ | 48.5 | 7.2 | 261 | 0.98 |
| | | 64.8 - 73.2 | Песчаник р/з трещиноватый | $P_2$ | | | | |
| | | 73.2 - 96.8 | Опока кремнистая | | | | | |
| 3р | 90.2 | 0.0 - 0.5 | Почвенно-растительный слой | | | | | |
| | | 0.5 - 20.8 | Песок р/з | *aQ* | 2.8 | 2.8 | | 0.7 |
| | | 20.8 - 35.3 | Глина диатомитовая | $P_{2-3}$ | | | | |
| | | 35.3 - 53.0 | Опока кремнистая трещиноватая | $P_2$ | 35.3 | 2.7 | 396 | 1.0 |
| | | 53.0 - 64.2 | Песчаник м/з | $P_2$ | | | | |
| | | 64.2 - 87.6 | Опока кремнистая | $P_2$ | | | | |
| | | 87.6 - 96.0 | Глина диатомитовая | $P_1$ | | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4р | 83.0 | 0.0-0.3 | Почвенно-растительный слой | | | | | |
| | | 0.3-16.4 | Песок р/з | *aQ* | 0.7 | 0.7 | - | 0.6 |
| | | 16.4-30.5 | Глина плотная | $P_{2\text{-}3}$ | | | | |
| | | 30.5-51.2 | Опока кремнистая трещиноватая | $P_2$ | 30.5 | +1.6 | 442 | 1.2 |
| | | 51.2-62.0 | Песчаник р/з | $P_2$ | | | | |
| | | 62.0-87.5 | Опока кремнистая | $P_2$ | | | | |
| | | 87.5-89.2 | Глина плотная | $P_1$ | | | | |
| 5р | 81.6 | 0.0 - 0.5 | Почвенный слой | | | | | |
| | | 0.5 - 14.1 | Песок р/з | *aQ* | 0.4 | 0.4 | - | 0.8 |
| | | 14.1 - 28.5 | Глина диатомитовая | $P_{2\text{-}3}$ | | | | |
| | | 28.5 - 51.8 | Опока кремнистая | $P_2$ | 28.5 | +2.7 | 510 | 0.95 |
| | | 51.8 - 63.0 | Песчаник р/з | $P_2$ | | | | |
| | | 63.0 - 85.6 | Опока кремнистая | $P_2$ | | | | |
| | | 85.6 - 111.0 | Глина диатомитовая | $P_1$ | | | | |
| | | 111.0 - 120.0 | Песчаник р/з | $P_1$ | 111.0 | +24.6 | | 8.4 |
| 6р | 111.0 | 0.0 - 0.3 | Почвенный слой | | | | | |
| | | 0.3 - 21.0 | Песок р/з | $P_3$ | 4.2 | 4.2 | - | 0.8 |
| | | 21.0 - 72.3 | Глина диатомитовая | $P_{2\text{-}3}$ | | | | |
| | | 72.3 - 85.4 | Опока кремнистая | $P_2$ | 72.3 | 11.2 | 51 | 2.3 |
| 11 | 96.6 | 0.0 - 0.8 | Почвенный слой | | | | | |
| | | 0.8 - 6.4 | Супесь легкая песчаная | *aQ* | 1.8 | 1.8 | - | 0.9 |
| | | 6.4 - 13.5 | Песок м/з глинистый | *aQ* | | | | |
| | | 13.5 - 53.0 | Глина диатомитовая | $P_{2\text{-}3}$ | | | | |
| | | 53.0 - 67.5 | Опока кремнистая | $P_2$ | 53.0 | 2.6 | 126 | 1.7 |
| | | 67.5 - 81.5 | Песчаник м/з | $P_2$ | | | | |
| | | 81.5 - 108.5 | Опока кремнистая | $P_2$ | | | | |
| | | 108.5 - 112.0 | Глина плотная | $P_1$ | | | | |
| 12 | 116.3 | 0.0 - 0.4 | Почвенный слой | | | | | |
| | | 0.4 - 6.8 | Суглинок легкий | *Q* | | | | |
| | | 6.8 - 15.1 | Алеврит глинистый безводный | *N* | | | | |
| | | 15.1 - 64.8 | Глина плотная | $P_{2\text{-}3}$ | | | | |
| | | 64.8 - 76.6 | Опока кремнистая | $P_2$ | 64.8 | 14.2 | 95 | 1.1 |
| | | 76.6 - 91.8 | Песчаник м/з | $P_2$ | | | | |
| | | 91.8 - 120.0 | Опока кремнистая | $P_2$ | | | | |
| | | 120.0 - 125.0 | Глина плотная | $P_1$ | | | | |
| 13 | 111.9 | 0.0 - 0.5 | Почвенный слой | | | | | |
| | | 0.5 -5.6 | Суглинок легкий | *Q* | | | | |
| | | 5.6 - 53.1 | Глина диатомитовая | $P_{2\text{-}3}$ | | | | |
| | | 53.1 - 114.5 | Опока кремнистая | $P_2$ | 53.1 | 2.8 | 164 | 1.1 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | 129.8 | 0.0-0.5 | Почвенный слой | | | | | |
| | | 0.5-2.8 | Суглинок легкий | Q | | | | |
| | | 2.8-13.1 | Песок м/з | $P_3$ | 6.5 | 6.5 | - | 0.9 |
| | | 13.1-79.8 | Глина плотная | $P_{2-3}$ | | | | |
| | | 79.8-125.0 | Опока кремнистая | $P_2$ | 79.8 | 9.6 | 27 | 1.9 |
| | | 125.0-128.0 | Глина плотная | $P_1$ | | | | |
| 15 | 137.0 | 0.0 - 0.4 | Почвенный слой | | | | | |
| | | 0.4 - 6.2 | Суглинок легкий | $Q$ | | | | |
| | | 6.2 - 82.4 | Глина диатомитовая | $P_{2-3}$ | | | | |
| | | 82.4 - 121.6 | Опока кремнистая | $P_2$ | 82.4 | 10.6 | 3.4 | 2.5 |
| | | 121.6 - 146.8 | Песчаник м/з | $P_2$ | | | | |
| | | 146.8 - 148.0 | Глина плотная | $P_1$ | | | | |
| 16 | 118.0 | 0.0-0.5 | Почвенно-растительный слой | | | | | |
| | | 0.5-2.0 | Суглинок легкий | Q | | | | |
| | | 2.0-11.2 | Алеврит глинистый | N | 2.6 | 3.6 | - | 2.5 |
| | | 11.2-72.0 | Глина диатомитовая | $P_{2-3}$ | | | | |
| | | 72.0-90.5 | Опока песчанистая | $P_2$ | 72.0 | 8.1 | 41 | 1.8 |
| | | 90.5-101.3 | Песчаник м/з | $P_2$ | | | | |
| | | 101.3-125.6 | Опока кремнистая | $P_2$ | 4.2 | 4.2 | - | 0.8 |
| | | 125.6-128.0 | Глина плотная | $P_1$ | | | | |
| 47а | 148.2 | 0.0 - 0.2 | Почвенный слой | | | | | |
| | | 0.2 - 1.2 | Супесь легкая | $Q$ | | | | |
| | | 1.2 - 11.4 | Песок м/з глинистый | $P_3$ | 3.8 | 3.8 | - | 1.3 |
| | | 11.4 - 92.6 | Глина диатомитовая | $P_{2-3}$ | | | | |
| | | 92.6 - 125.0 | Опока кремнистая | $P_2$ | 92.6 | 18.4 | 17.6 | 3.6 |
| | | 125.0 - 147.2 | Песчаник м/з | $P_2$ | | | | |
| | | 147.2 - 150.0 | Глина плотная | $P_1$ | | | | |
| ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ПО ЛИНИИ II - II | | | | | | | | |
| 20а | 119.0 | 0.0 - 0.5 | Почвенно-растительный слой | | | | | |
| | | 0.5 - 6.0 | Супесь, суглинок | $Q$ | | | | |
| | | 6.0 - 17.8 | Песок м/з глинистый | $P_3$ | 6.0 | 3.4 | - | 1.2 |
| | | 17.8 - 69.2 | Диатомит и диатомитовая глина | $P_{2-3}$ | | | | |
| | | 69.2 - 128.1 | Опока кремнистая | $P_2$ | 69.2 | 18.0 | 48.3 | 2.9 |
| | | 128.1 - 173.0 | Глина бейделитовая | $P_1$ | | | | |
| | | 173.0 - 180.0 | Песчаник | $K_2$ | 173.0 | 13.4 | - | 0.95 |
| 21а | 128.0 | 0.0 - 11.1 | Супесь, суглинок | $Q$ | | | | |
| | | 11.1 - 17.0 | Песок и алеврит с просл. глины | $P_3$ | 11.8 | 6.8 | - | 0.95 |
| | | 17.0 - 36.0 | Глина алевритистая | $P_{2-3}$ | | | | |
| | | 36.0 - 87.9 | Диатомит и диатомитовая глина | $P_{2-3}$ | | | | |
| | | 87.9 - 142.8 | Опока кремнистая | $P_2$ | 87.9 | 12.0 | 58.0 | 3.0 |
| | | 142.8 - 158.0 | Глина бейделитовая | $P_1$ | | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30а | 80.0 | 0.0 - 0.7 | Почвенно-растительный слой | | | | | |
| | | 0.7 - 13.9 | Песок р/з с галькой | *aQ* | 3.0 | 3.0 | - | 0.7 |
| | | 13.9 - 38.3 | Диатомит и диатомитовая глина | $P_{2-3}$ | | | | |
| | | 38.3 - 107.9 | Опока кремнистая | $P_2$ | 38.3 | 1.2 | 221 | 0.95 |
| | | 107.9 - 156.0 | Глина бейделитовая | $P_1$ | | | | |
| | | 156.0 - 172.0 | Песчаник | $K_2$ | 156.0 | +21.2 | - | 9.4 |
| 32а | 80.1 | 0.0 - 0.5 | | | | | | |
| | | 0.5 - 15.6 | Песок р/з с галькой | *aQ* | 1.2 | 1.2 | - | 0.5 |
| | | 15.6 - 40.3 | Диатомит и диатомитовая глина | $P_{2-3}$ | | | | |
| | | 40.3 - 99.8 | Опока кремнистая | $P_2$ | 40.3 | +1.6 | 140 | 1.6 |
| | | 99.8 - 120.0 | Глина бейделитовая | $P_1$ | | | | |
| 39а | 85.0 | 0.0 - 0.5 | Почвенно-растительный слой | | | | | |
| | | 0.5 - 12.3 | Песок р/з с галькой | *aQ* | 2.6 | 2.6 | - | 0.8 |
| | | 12.3 - 41.2 | Диатомит и диатомитовая глина | $P_{2-3}$ | | | | |
| | | 41.2 - 112.3 | Опока кремнистая | $P_2$ | 41.2 | 1.1 | 120 | 2.8 |
| | | 112.3 - 120.3 | Глина бейделитовая | $P_1$ | | | | |
| 38а | 115.2 | 0.0 - 0.5 | Почвенно-растительный слой | | | | | |
| | | 0.5 - 4.8 | Алеврит песчаный | *N* | 2.5 | 2.5 | - | 3.5 |
| | | 4.8 - 12.6 | Глина алевритистая | *N* | | | | |
| | | 12.6-15.8 | Песок м/з глинистый | $P_3$ | 12.6 | 2.8 | - | 1.2 |
| | | 15.8-57.1 | Глина диатомитовая | $P_{2-3}$ | | | | |
| | | 57.1-121.5 | Опока кремнистая | $P_2$ | 57.1 | 3.6 | 49 | 2.9 |

**Приложение 2.**

**Каталог поисковых и картировочных скважин**

| №№ скв | Абс.отм.устья | Водоносн.горизонт | Глубина залегания, м | Глубина установив.уровня, м | Минеральн.воды, г/л | $km$, м$^2$/сут |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 101.0 | $P_3$ | 11.0 | 4.1 | 1.6 | |
| | | $P_2$ | 51.0 | 2.0 | 1.1 | 198 |
| 2 | 122.0 | $N$ | 5.0 | 2.4 | | |
| | | $P_2$ | 55.8 | 4.2 | 1.6 | 60 |
| 3 | 140.0 | $N$ | 4.6 | 2.8 | 3.5 | |
| | | $P_3$ | 15.6 | 4.1 | 1.4 | |
| | | $P_2$ | 86.0 | 10.4 | 3.8 | 41 |
| 4 | 127.5 | $P_3$ | 15.6 | 5.0 | 2.4 | |
| | | $P_2$ | 65.2 | 6.5 | 2.8 | 65 |
| 5 | 128.3 | $P_2$ | 50.8 | 6.2 | 2.5 | 77 |
| 6 | 138.0 | $P_3$ | 18.0 | 11.2 | 0.7 | |
| | | $P_2$ | 76 | 15.7 | 4.7 | 8.0 |
| 7 | 124.0 | $P_2$ | 14.0 | 5.0 | 0.95 | |
| | | | 55.5 | 8.0 | 2.3 | 91 |
| 8 | 131.0 | $N$ | 3.5 | 2.1 | 2.6 | |
| | | $P_3$ | 13.1 | 3.2 | 1.8 | |
| | | $P_2$ | 74.0 | 4.0 | 2.7 | 49 |
| 9 | 126.0 | $N$ | 12.1 | 2.6 | 3.1 | |
| | | $P_2$ | 77.2 | 6.0 | 1.8 | 35 |
| 10 | 87.5 | $P_2$ | 32.0 | 0.2 | 0.8 | 501 |
| 16 | 135.0 | $P_3$ | 8.4 | 6.0 | 0.8 | |
| | | $P_2$ | 87.5 | 8.0 | 3.2 | 27 |
| 17 | 121.0 | $N$ | 2.5 | 2.0 | 3.6 | |
| | | $P_3$ | 8.4 | 3.5 | 1.4 | |
| | | $P_2$ | 71.0 | 4.1 | 2.1 | 61.0 |
| 18 | 113.2 | $P_2$ | 64.3 | 1.8 | 1.9 | 73.2 |
| 19 | 80.6 | $aQ$ | 0.9 | 0.9 | 0.7 | |
| | | $P_2$ | 39.1 | +1.6 | 1.2 | 195 |
| 20 | 116.6 | $P_3$ | 8.7 | 5.4 | 0.8 | |
| | | $P_2$ | 74.7 | 14.9 | 2.0 | 47.5 |
| 21 | 128.7 | $P_2$ | 15.7 | 8.0 | | |
| | | | 75.9 | 12.3 | 2.9 | 18.0 |
| 22 | 96.0 | $P_2$ | 54.1 | 5.0 | 1.2 | 180 |
| 23 | 98.2 | $P_2$ | 52.1 | 0.9 | 1.4 | 82 |
| 24 | 110.0 | $N$ | 3.6 | 3.0 | 2.5 | |
| | | $P_2$ | 58.7 | 2.4 | 1.9 | 44 |
| 25 | 138.5 | $P_3$ | 17.0 | 5.3 | 0.9 | |
| | | $P_2$ | 76.5 | 6.5 | 5.9 | 8.0 |
| 26 | 141.0 | $P_2$ | 16.8 | 4.0 | 1.2 | |
| | | | 87.3 | 5.6 | 5.2 | 7.0 |
| 27 | 131.4 | $P_2$ | 12.0 | 2.0 | | |
| | | | 91.5 | 1.4 | 1.2 | 13.0 |
| 28 | 109.8 | $N$ | 8.3 | 3.0 | 2.5 | 30.2 |
| | | $P_2$ | 67.8 | 5.0 | 2.7 | 30.2 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 29 | 94.0 | $P_2$ | 40.1 | 1.4 | 0.8 | 300 |
| 30 | 109.0 | $P_2$ | 63.8 | 1.8 | 2.7 | 25 |
| 31 | 84.8 | $P_2$ | 40.6 | 3.0 | 0.8 | 80 |
| 32 | 87.0 | $P_2$ | 50.0 | 0.7 | 1.5 | 95 |
| 33 | 91.9 | $N$ | 10.6 | 2.3 | 2.8 | |
| | | $P_2$ | 48.8 | 6.8 | 1.6 | 92 |
| 34 | 113.0 | $N$ | 2.5 | 2.5 | 2.8 | |
| | | $P_2$ | 58.2 | 3.6 | 3.4 | 17.0 |
| 35 | 128.0 | $P_3$ | 12.0 | 0.8 | 0.95 | |
| | | $P_2$ | 81.2 | 1.2 | 3.6 | 8 |
| 37 | 133 | $P_2$ | 79.0 | 7.0 | 3.9 | 12 |
| 38 | 125.0 | $P_3$ | 13.0 | 4.8 | 0.7 | |
| | | $P_2$ | 77.3 | 5.9 | 3.9 | 20 |
| 39 | 114.0 | $N$ | 8.1 | 2.5 | 2.6 | |
| | | $P_3$ | 14.2 | 2.5 | 1.3 | - |
| | | $P_2$ | 69.3 | 5.9 | 3.3 | 24.0 |
| 40 | 75.0 | aQ | 0.2 | 0.2 | 1.1 | |
| | | $P_2$ | 21.0 | +1.7 | 3.2 | 350 |
| 41 | 110.0 | $P_2$ | 62.0 | 16.0 | 3.2 | 30 |
| 42 | 118.5 | $P_2$ | 72.1 | 20.0 | 3.6 | 23 |
| 43 | 76.6 | $aQ$ | 2.3 | 2.3 | 0.6 | - |
| | | $P_2$ | 18.1 | +0.2 | 0.8 | 114 |
| 44 | 118.0 | $P_3$ | 5.6 | 3.0 | 0.9 | - |
| | | $P_2$ | 49.0 | 8.9 | 1.3 | 42 |
| 45 | 142.1 | $N$ | 3.8 | 3.8 | 2.5 | - |
| | | $P_3$ | 25.0 | 5.0 | 1.2 | - |
| | | $P_2$ | 84.9 | 15.6 | 3.1 | 28 |
| 47 | 158.1 | $P_3$ | 18.6 | 6.8 | 0.9 | - |
| | | $P_2$ | 103.1 | 18.0 | 3.0 | 18.6 |
| 48 | 145.0 | $N$ | 13.6 | 6.2 | 1.2 | - |
| | | $P_3$ | 28.0 | 7.4 | 0.95 | - |
| | | $P_2$ | 96.1 | 10.2 | 2.1 | 26.3 |
| 49 | 136.1 | $P_2$ | 5.8 | 3.2 | 1.6 | - |
| | | $P_2$ | 18.3 | 5.4 | 1.6 | - |
| | | $P_2$ | 85.0 | 6.3 | 2.1 | 51.2 |
| 50 | 148.0 | $P_2$ | 87.3 | 8.0 | 3.8 | 16.4 |
| 51 | 92.6 | $aQ$ | 46.8 | 3.4 | 2.1 | 66.0 |
| 52 | 93.0 | $P_2$ | 45.2 | 2.8 | 1.6 | 67.8 |
| 53 | 78.6 | $P_3$ | 2.5 | 2.5 | 0.9 | - |
| | | $P_2$ | 29.4 | 0.2 | 0.95 | 72.0 |
| 54 | 128.1 | $P_2$ | 12.6 | 6.4 | 1.0 | - |
| | | $P_2$ | 72.0 | 7.8 | 3.1 | 18.4 |
| 55 | 98.0 | $aQ$ | 33.4 | 3.6 | 1.2 | 58.4 |
| 56 | 91.8 | $P_2$ | 40.3 | 2.1 | 0.8 | 206 |
| 57 | 71.6 | $P_2$ | 0.8 | 0.8 | 2.6 | - |
| | | | 30.6 | +2.0 | 7.4 | 61.0 |
| | | | 0.9 | 0.9 | 3.1 | |
| 58 | 72.3 | | 32.1 | +1.7 | 7.5 | 390 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 59 | 139.5 | $P_3$ | 6.0 | 0.4 | 3.7 | - |
| | | $P_2$ | 81.2 | 4.5 | 5.1 | 8.6 |
| 60 | 80.5 | $aQ$ | 1.5 | 1.5 | 0.9 | - |
| | | $P_2$ | 22.3 | +0.3 | 0.9 | 521 |
| 1а | 97.3 | $P_2$ | 35.0 | 2.8 | 0.6 | 108 |
| 5а | 143.0 | $P_2$ | 99.1 | 3.6 | 2.5 | 36 |
| 56а | 120.0 | $N$ | 2.5 | 2.5 | 0.8 | - |
| | | $P_3$ | 6.1 | 3.0 | 0.8 | - |
| | | $P_2$ | 76.3 | 8.3 | 1.2 | 48 |

**Приложние3.**

**Каталог родников**

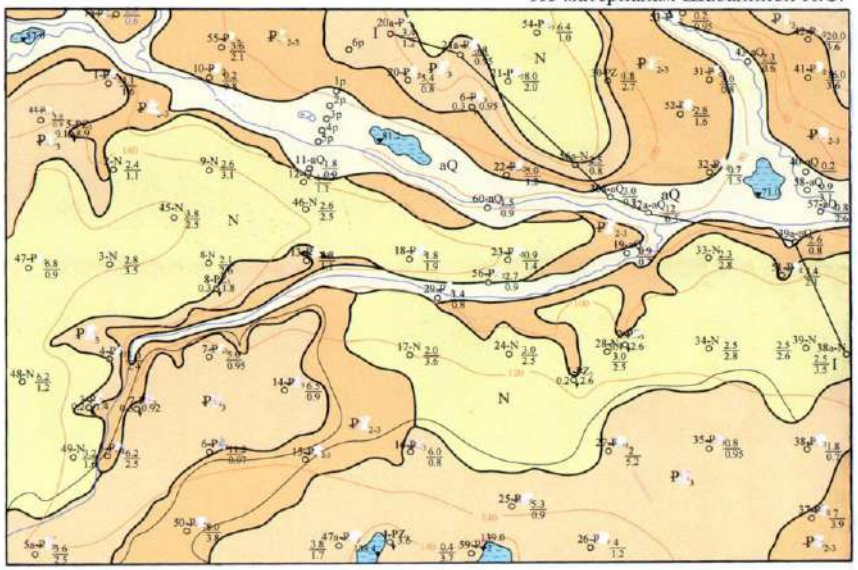
| №№ п/п | Абс.отм. выхода | Водовмещающие породы | Геол.возраст | Дебит, л/с | Минерализац., г/л | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 114.2 | Алеврит песчанистый | $P_3$ | 0.2 | 2.6 | |
| 2 | 113.0 | Песок разнозернистый | $P_3$ | 0.4 | 2.6 | |
| 3 | 131.0 | Песок разнозернистый | $P_3$ | 0.2 | 1.4 | |
| 4 | 138.5 | Алеврит песчанистый | $P_3$ | 0.1 | 3.6 | |
| 5 | 126.0 | Алеврит песчанистый | $P_3$ | 0.1 | 0.9 | |
| 6 | 109.6 | Песок разнозернистый | $P_3$ | 0.2 | 0.95 | |
| 7 | 122.6 | Песок разнозернистый | $P_3$ | 0.5 | 0.92 | |
| 8 | 123.0 | Песок разнозернистый | $P_3$ | 0.3 | 1.8 | |

**ГРАФИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ**

Приложение 1

Гидрогеологическая карта

По материалам Шабалиной Н.С.



## Условные обозначения

Распространение водоносных горизонтов и комплексов:

- aQ - четвертичные аллювиальные отложения речных долин
- N - отложения неогена
- P 3 - отложения олигоцена
- P 2-3 - отложения олигоцен-эоцена
- P 2 - отложения эоцена

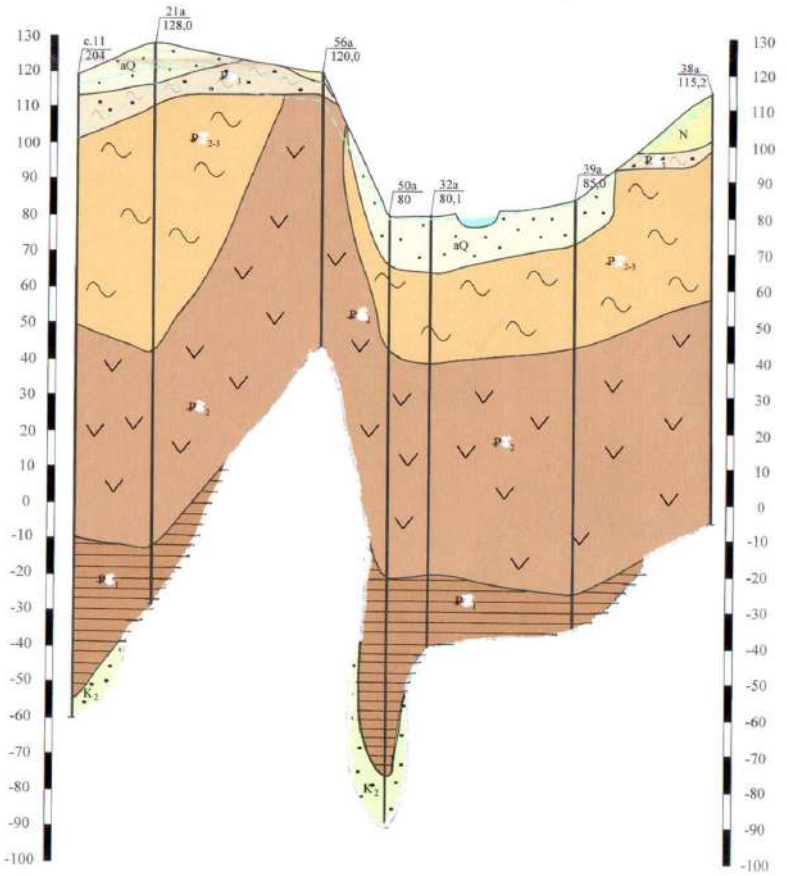
Водопункты

- S-P3 / 0,1 — 0,9 родник нисходящий. Вверху: номер и возрастной индекс водоносных пород. Слева - дебит, л/с. Справа - минерализация, г/л.
- S-N / 2,6 — 3,1 скважина. Вверху: номер и возрастной индекс водоносных пород. Справа в числителе: глубина установившегося уровня, м, в знаменателе - минерализация, г/л.

Прочие знаки:

- I - I линия гидрогеологического разреза
- геологические границы

Гидрогеологический разрез по линии I - I




- грунтовые (безнапорные)воды четвертичных аллювиальных отложений речных долин

-грунтовые (безнапорные, или с местным напором) воды спарадического распространения в песчано-глинистых отложениях неогена

- водоносный горизонт песчано-глинистых отложений олигоцена (пески, алевриты, глины, песчаники)

- разделяющая (водоупорная) слабопроницаемая толща морских глинистых осадков олигоцен-эоценового возраста (трещинноватые опоки, песчаники, реже пески)

- межпластовый (напорный) водоносный горизонт эоцена (трещинноватые опоки, песчаники, реже пески

- межпластовый (напорный) водоносный горизонт эоцена (трещинноватые опоки, песчаники, реже пески)

- водоносный комплекс песчано-глинистых отложений верхнего мела (пески, песчаники с прослоями глин)

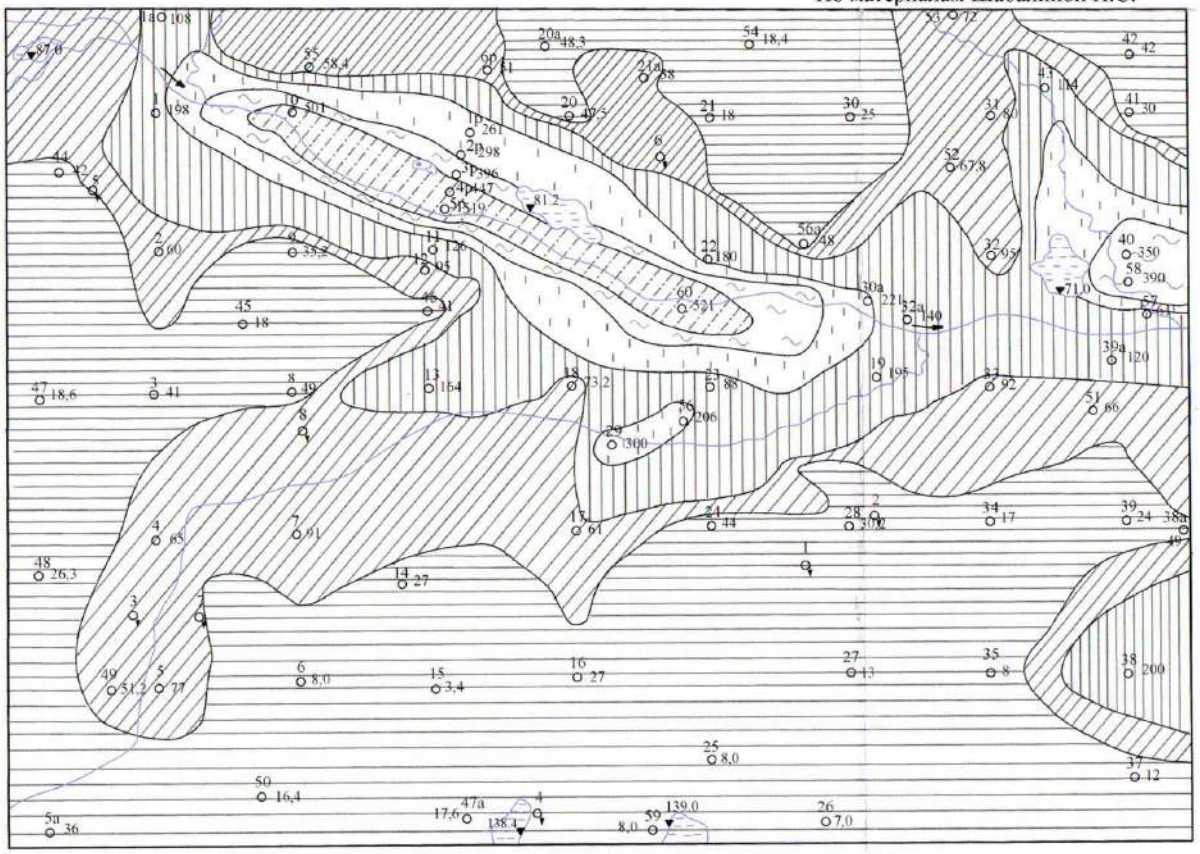
- глубина установившегося уровня, м.

- глубина динамического уровня, м.

Приложение 3

Карта водопроводимости пород эоценового водоносного горизонта

По материалам Шабалиной Н.С.



Условные обозначения

водопроводимость, $м^2$/сут

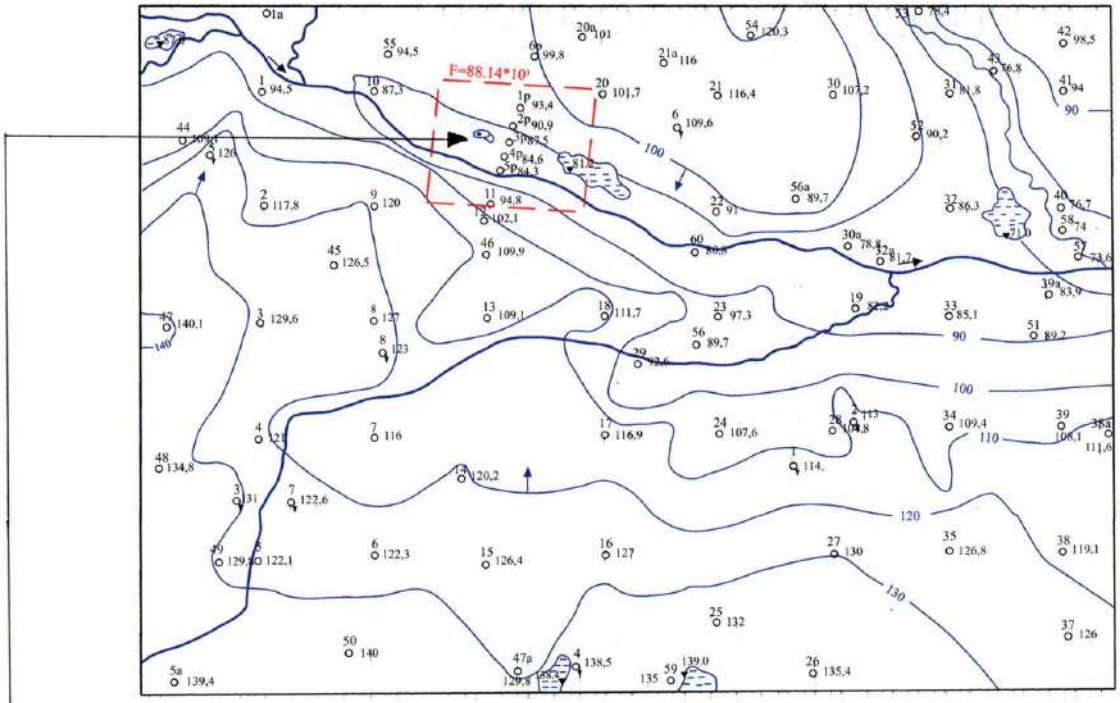
- <50
- 50 - 100
- 100 - 200
- 200 - 300
- 300 - 400
- > 400

22 / 180 скважина;
цифра:
вверху - номер по каталогу,
внизу - водопроводимость $м^2$/сут

1 родники

# ПЛАН ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

## Карта гидроизопьез подземных вод эоценового водоносного горизонта




### Условные обозначения

31 ○ 81,8 — Скважина. Цифра вверху - номер по каталогу справа - пьезометрический уровень, м

2 — родник

F=88,14*10³ — границы участка работ и его площадь, м²

### План подсчета запасов

3р

1500 м³/сут ○ 40,1 м

11,35 м

Учебное издание

Светлана Николаевна Елохина
Виталий Прокофьевич Новиков

# ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

*Методические указания*

по выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки (специальности) 130101.65 – «Прикладная геология» специализации «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания»

Часть. II. Комплексная расчетно-практическая задача

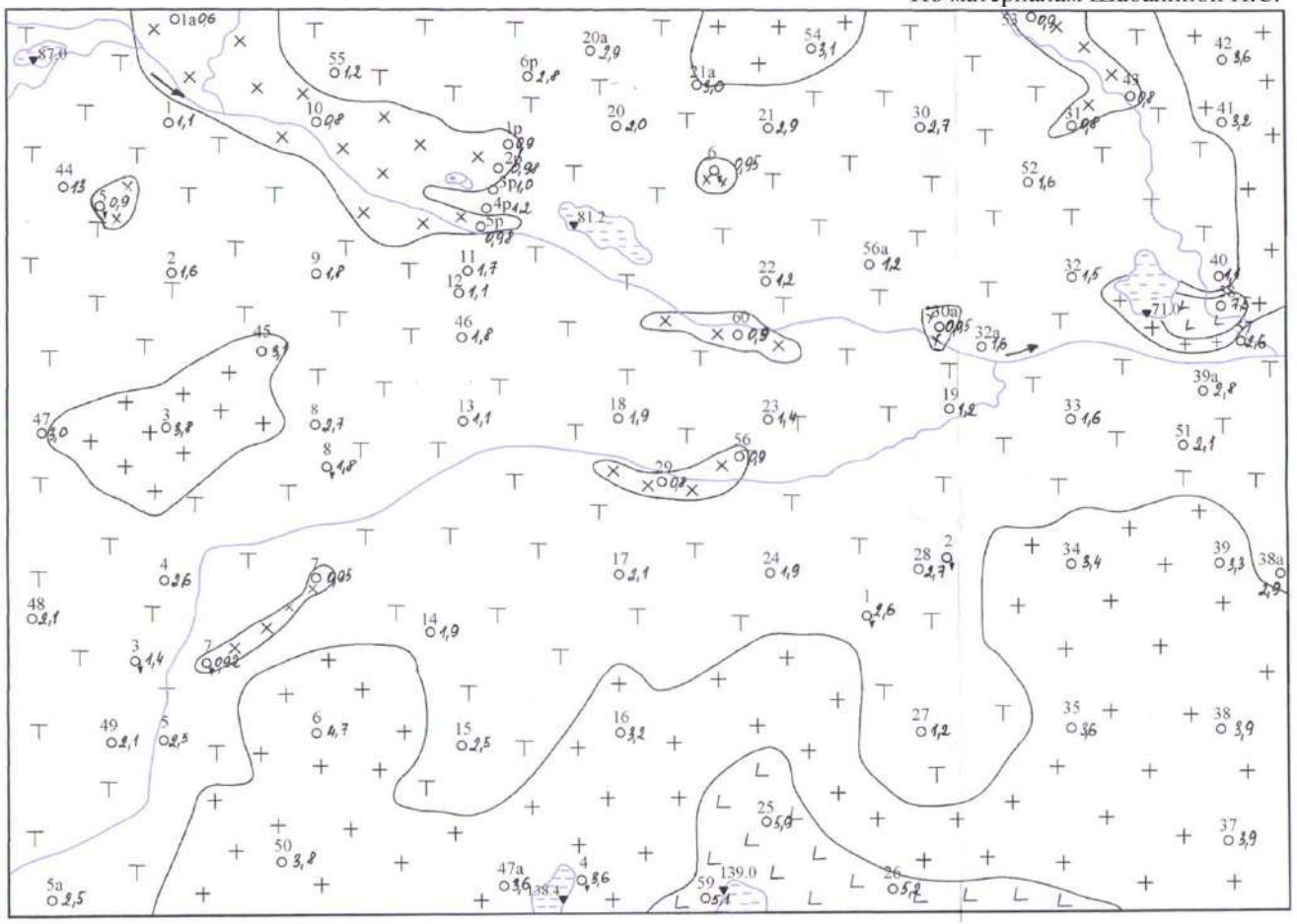
*Корректура кафедры*
Компьютерная верстка *Елохиной С.Н., Бобровой О.М.*

Подписано в печать ____ ___ 2013 г.
Бумага писчая. Формат 60 х 84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. ___ Уч.-изд. л. _____. Тираж 100 экз. Заказ № ___

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета в лаборатории множительной техники УГГУ

Карта общей минерализации подземных вод эоценового водоносного горизонта

По материалам Шабалиной Н.С.



Условные обозначения

минерализация, г/л

<1

1 - 3

3 - 5

>5

31
0.8 скважина;
цифра:
вверху - номер по каталогу,
справа - минерализация, г/л

1 родник

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
## ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**Б1.Б.2.13 «Горнопромышленная гидрогеология»**

**ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»**

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод***
***и инженерно-геологические изыскания***

Автор: Парфенова Л. П.., к.г-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии
*(название кафедры)*
Зав.кафедрой _____
*(подпись)*
Тагильцев С. Н.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 19 от 12.02.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией
Факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

**Задача № 1**

Рссчитать вертикальный дренаж разрезной траншеи. Напорный водоносный горизонт приурочен к известнякам, залегающих в почве пластообразной залежи полезного ископаемого. Дренаж состоит из линейного ряда взаимодействующих водопонижающих скважин совершенного типа. Водопонижающие скважины расположены на нерабочем борту разрезной траншеи (рис. 56)

Задано: k=12 м/сут=0,5 м/ч; m = 25 м; H = 80 м; Sc = 50 м; r = 0,15 м; 2g = 200 м; R = 3800 м; L = 1600 м.

Решение:

$$n = \frac{1600}{200} + 1 = 8 + 1 = 9 \text{ шт.}$$

Определяем коэффициент короткости при нечетном числе дрен в ряду по формуле:

$$\lambda = \frac{(2 \cdot 9 + 1)\left[\ln \frac{100}{3{,}14 \cdot 0{,}15} + \frac{3{,}14 \cdot 3800}{200}\right]}{9\left[\ln \frac{3800}{0{,}15} + \sum_{i=1}^{i=9} 2 \ln \frac{3800^2}{200^2}\right]} = 3{,}68.$$

Дебит каждой водопонижающей скважины линейного ряда определяем по формуле:

$$Q_0' = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}5 \cdot 25 \cdot 50}{\ln \frac{100}{3{,}14 \cdot 0{,}15} + \frac{3{,}14 \cdot 3800}{2 \cdot 100}} = 60{,}3 \text{ м}^3/\text{ч}$$

или с учетом короткости ряда:

$$Q''_0 = 60{,}3 \cdot 3{,}68 = 222 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Величину остаточного столба воды между скважинами ряда (рис. 56, точка А) определяем по формуле (v.21) для краевых участков при А = 1,6

(см. рис. 17 при $\frac{\sigma}{r_c} = 667$) и

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{200}{3800}\,1{,}6} \approx 0{,}92;$$

Для центрального участка (рис 56 точка Б) величину остаточного столба посередине между скважинами ряда определяем по формуле (V.6) подставляя в нее значения А = 1,6 и Альфа = 0,92, получим

$$H_a = 80 - \left[50\left(1 - 0{,}22\,\frac{200}{3800}\right)0{,}918\right] = 34{,}6 \text{ м}.$$

Величину остаточного столба воды в 300 м от ряда, т.е. на оси траншеи (см рис. 56, точка В), определяем по формуле (V.20), для краевых участков и при Х = 300м, А = 1,6, Альфа = 0,92 и Альфа = 3,68:

$$H_x = 80 - \left[50\left(1 - \frac{300}{3800}\right)0{,}92\,\frac{1}{3\,68}\right] = 68{,}55 \text{ м}.$$

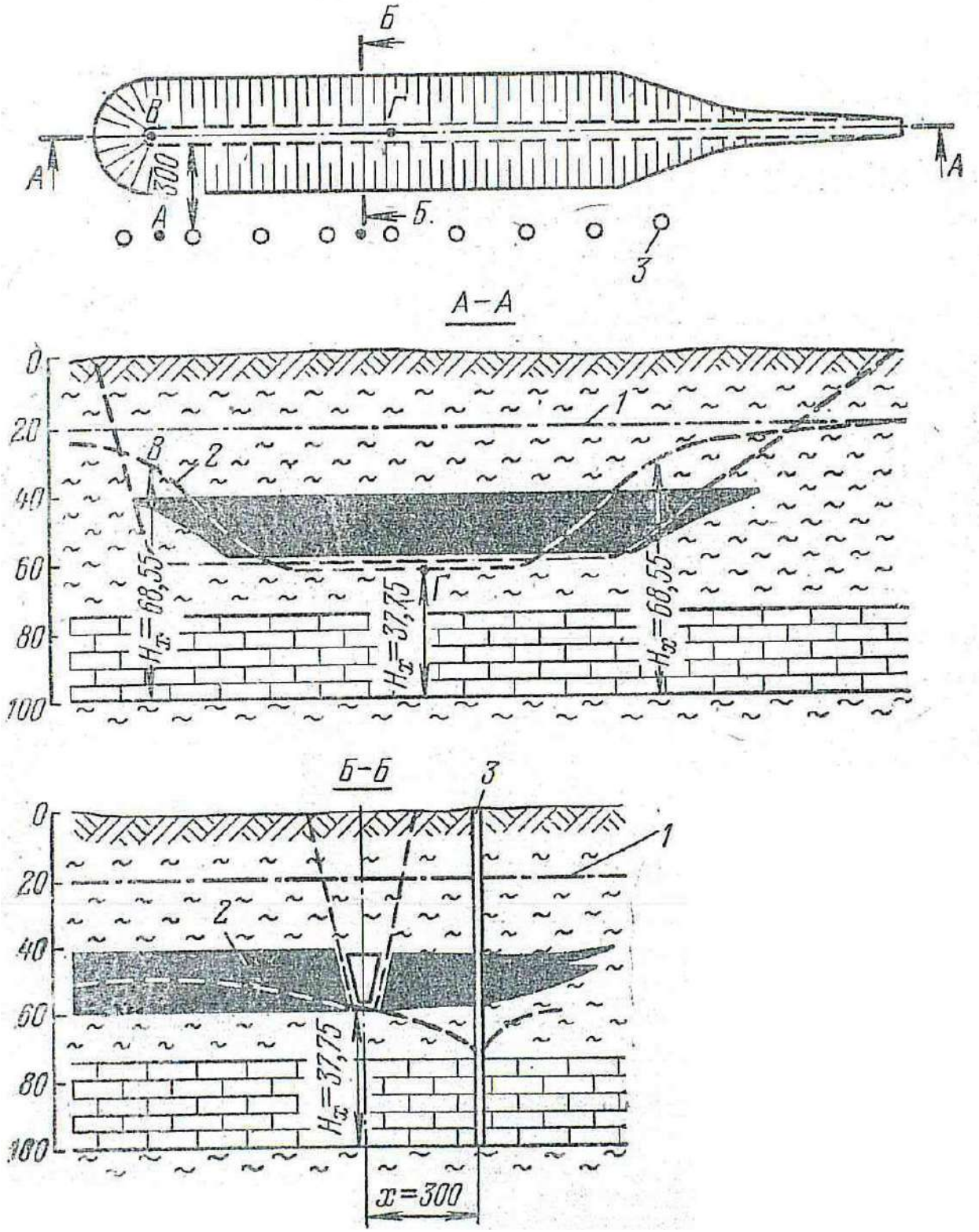



Рис. 56 Схема к расчету линейного ряда водопонижающих скважин:

1- статический уровень подземных вод, 2 – пониженный уровень подземных вод при работе водопонижающих скважин; 3 – водопонижающие скважины

Величину остаточного столба воды в 300 м от центральной части ряда (см. рис. 56, точка Г) определяем по формуле (V.5) и при x = 300 м, A = 1,6 и Альфа = 0,92

$$H_a = 80 - \left[50\left(1 - 0{,}22\frac{200}{3800}\right)0{,}92\frac{1}{3{,}68}\right] = 67{,}68 \text{ м.}$$

$$H_x = 80 - \left[50\left(1 - \frac{300}{3800}\right)0{,}918\right] = 37{,}75 \text{ м.}$$

**Задача № 2**

На карьере № 4 Волчанского буроугольного месторождения угольный пласт средней мощностью 20 м залегает в виде мульды протяженностью 1,5 км, шириной 0,5 км. Над пластом залегают песчаники. В пласте угля и песчаниках заключен безнапорный водоносный горизонт. Уровень воды понижается линейным рядом из пяти водопонижающих скважин, расположенных по продольной оси мульды, причем производительность каждой из них равна 60 $м^3$/ч.

Требуется определить время, необходимое для снижения уровня подземных вод на 1 м ниже почвы разрезной траншеи (точка М на рис. 1). Столб воды над почвой траншеи - равен 11 м.

З а д а н о : $к_1$ (угля) = 18,5 м/сут; $k_2$ (песчаников) = 3 м/сут;

М (угля) = 20 м; $H_e$ = 75 м; в точке М $H_e$ = 20 м; длина линейного ряда скважин *L* = 1000 м; площадь мульды *F* — 750 000 $м^2$; r = 320 м; μ = 0,05 (для угля и песчаника);. $Q_{сум}$ = 60*5 = 300 $м^3$/ч = 7200 $м^3$/сут; в точке *M* S = 12 м.

Р е ш е н и е . Рассматриваемая линейная установка водопонижающих скважин работает в условиях безнапорного кругового «закрытого» пласта. Радиус кругового пласта [см. формулу (11.21)]

$$R = \sqrt{\frac{750000}{3,14}} = 498 \text{ м.}$$

Проводим линейный ряд скважин к кольцевой системе, приведенный радиус которой

$$r_0 = \frac{L}{4} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ м.}$$

Приведенное расстояние точки М, в которой определяется понижение уровня подземных вод, до центра кольцевой системы определяется по формуле (V.119)

$$r^* = 1{,}1 * 320 = 352 \text{ м.}$$

Дренажная система несколько смещена относительно центра круговое пласта, но поскольку это смещение незначительно, его можно не учитывать и вести расчет по формуле **(V**.118), предварительно определив средневзвешенный коэффициент фильтрации водоносных пород (при этом обводненная мощность песчаников равна 75 - 20 =55 м):

$$k_{ср} = \frac{k1m1 + k2m2}{m1 + m2} = \frac{18{,}5 * 20 + 3{,}0 * 55}{20 + 55} = 7{,}15 \text{ м/сут}$$

и коэффициент уровнепроводности

$$a = \frac{kh_S}{\mu} = \frac{7{,}15 * 41{,}5}{0{,}05} = 5{,}95*10^3 \text{ м}^2\text{/сут,}$$

где

$$h_S = \frac{75 + 8}{2} = 41{,}5 \text{ м.}$$

Задаваясь различными величинами времени, например t = 40 сут, по формуле (V.118) определяем величину остаточного столба воды в точке М (см. рис. 1).

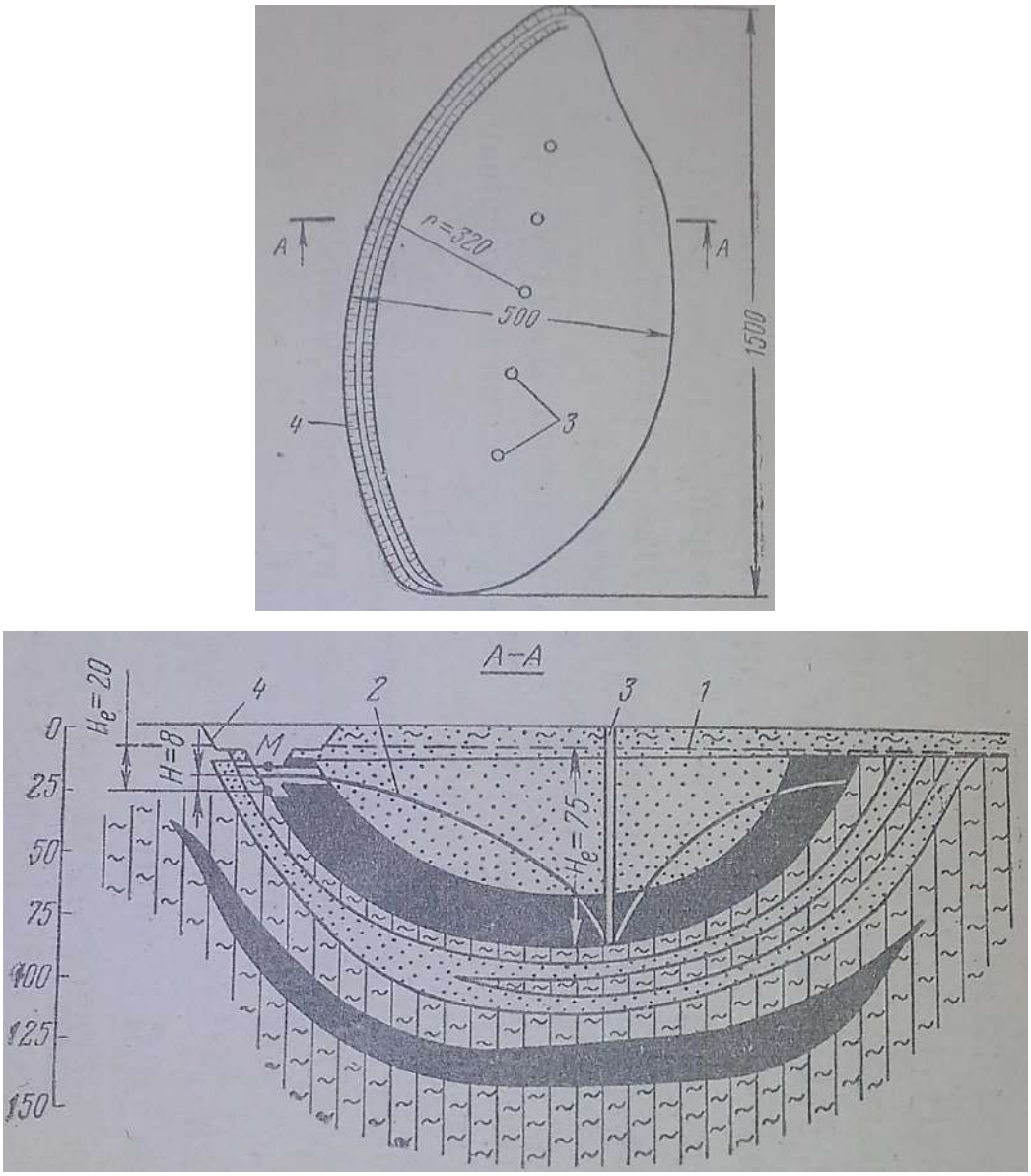



Рис. 1. Схема к расчету вертикального линейного совершенного дренажа при работе в безнапорном круговом «закрытом» пласте:

1 - статический уровень подземных вод; ***2*** - сниженный уровень подземных вод при работе водопонижающих скважин в течение 81 сут; 3 – водопонижающие скважины; ***4*** - разрезная траншея

Дренажная система несколько смещена относительно центра круговое пласта, но поскольку это смещение незначительно, его можно не учитывать и вести расчет по формуле **(V**.118), предварительно определив средневзвешенный коэффициент фильтрации водоносных пород (при этом обводненная мощность песчаников равна 75 - 20 =55 м):

$$k_{ср}=\frac{k1m1+k2m2}{m1+m2}=\frac{18,5*20+3,0*55}{20+55}=7,15 \text{ м/сут}$$

и коэффициент уровнепроводности

$$a=\frac{kh_S}{\mu}=\frac{7,15*41,5}{0,05}=5,95*10^3 \text{ м}^2/\text{сут},$$

где

$$h_S=\frac{75+8}{2}=41,5 \text{ м}.$$

Задаваясь различными величинами времени, например t = 40 сут, но формуле (V.118) определяем величину остаточного столба воды в точке М (см. рис. 1).

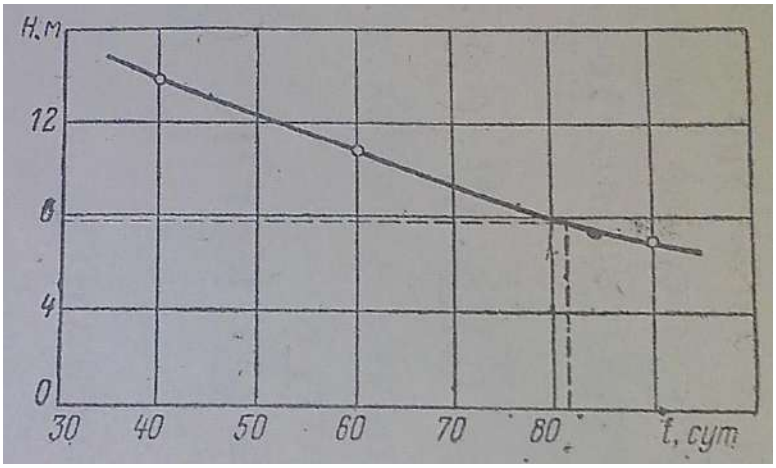



Рис. 2. Зависимость остаточного столба воды от времени H = f(t)

Причем по рекомендациям Ф. М. Бочевера [12] принимаем входящую в эту формулу величину H = 0,8*$H_e$ = 0,8-75 = 60 м. Тогда при $t$ — 40 сут

$$H = 20 - \frac{7200}{3,14 * 7,15 * 60} * \frac{5,95 * 60 * 10^3}{498^2} - \frac{7200}{2 * 3,14 * 7,15 * 60} * 2,3 \lg\frac{498}{352} = 13,19 \text{ м.}$$

Аналогичным образом произведены расчеты при t = 60 и t = 90 сут и получены значения H в точке M соответственно 10,82 и 7,04 м. По этим данным построен график зависимости H от t (рис. 2), из которого видно, что для достижения требуемого понижения уровня подземных вод в точке M, соответствующего величине остаточного столба воды 8 м, потребуются 81 сут.

**Задача № 3**

Рассчитать вертикальный двухлинейный дренаж для понижения уровня воды в песках ниже дна разрезной траншеи карьера (рис. 59) и оценить противосуффозионную устойчивость песчаных откосов в начальный период эксплуатации карьера. Дренаж состоит из двух симметрично расположенных взаимодействующих рядов водопонижающих скважин совершенного типа при их работе в неограниченном пласте в безнапорных условиях. Скважины располагаются вдоль рабочего и нерабочего бортов карьера. Расстояние между ними в ряду равно 80 м. Столб воды над дном траншеи составляет 16 м; дренаж участка требуется осуществить не более чем за 6 мес.

З а д а н о : $k$ = 6,16 м/сут; $h = H$ = 25 м; $H_Q$ = 1 м; 2σ = 80 м; $B$ = 500 м; $h_0$ = 8 м; μ= 0,2; $L_1 = L_2$ = 1200 м; $l_1 = l_2$ = 600 м; $y_1 = y_2$ = 250 м; $r_C$ = 0,1 м; $t$ = 180 сут; φ= 37°.

***Р е ш е н и е***

Вначале определяем суммарное количество воды, которое необходимо откачать, чтобы в течение 6 мес на участке разрезной траншеи

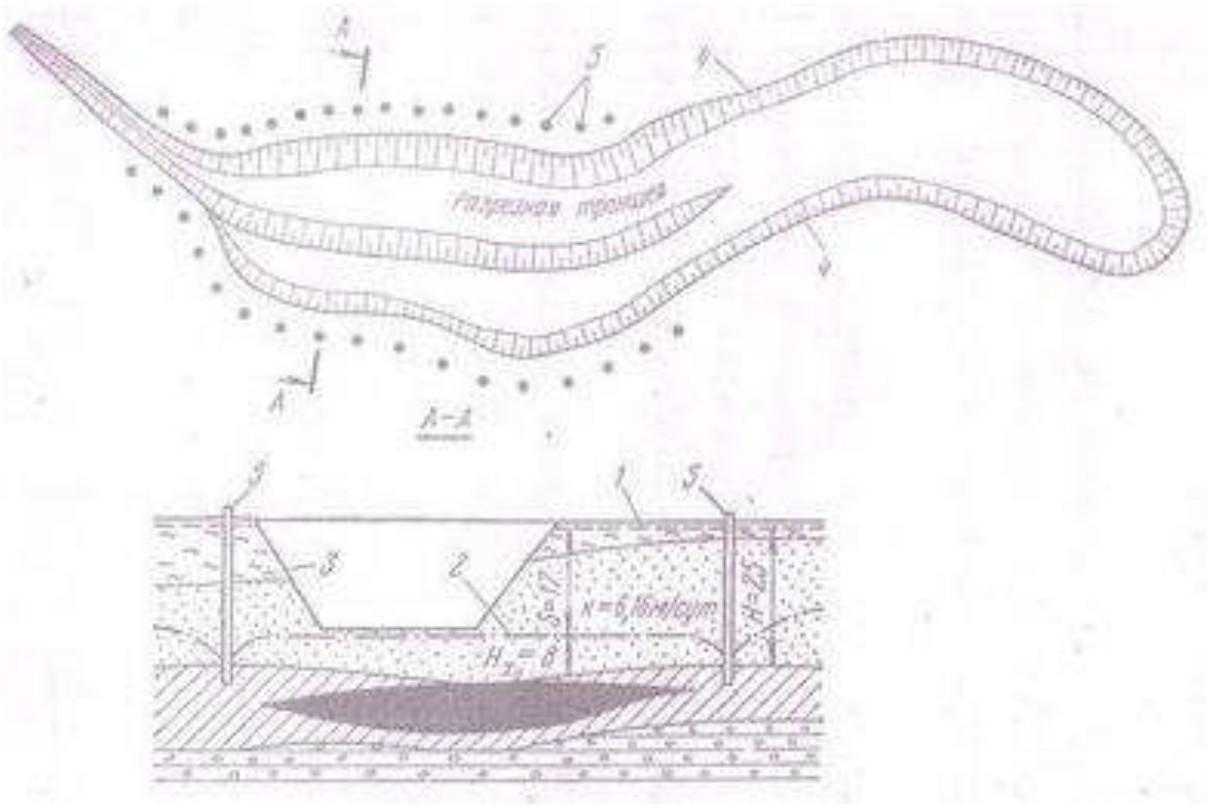


*Рис. 59.* Схема к расчету двухлинейной совершенной дренажной системы при работе ее о безнапорном неограниченном пласте:

*1* - статический уровень надугольного водоносного горизонта; *2* - сниженный уровень надугольного водоносного горизонта через 6 мес. после включения в работу водопонижающих скважин; *3* - контур разрезной траншеи; *4* - граница карьера к моменту сдаси его в эксплуатацию; *5* - водопонижающие скважины

снизить уровень подземных вод в песках на 17 м, т. е. на 1 м ниже ее дна. Для этого предварительно определяем

$$h\text{ср} = \frac{\text{h} + \text{h}_0}{2} = \frac{25+8}{2} = 16{,}5м$$

Коэффициент уровнепроводности:

$$a = \frac{6{,}16 \cdot 16{,}5}{0{,}2} = 510 м^2 / сут;$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \frac{a \cdot t}{l^2} = \frac{510 \cdot 180}{600^2} = 0{,}255;$$

$$y_1 = y_2 = \frac{y}{l} = \frac{250}{600} = 0{,}415.$$

По графику (см. рис. 20) находим

$$\overline{R} = \overline{R_1} = \overline{R_2} = 0{,}9;$$

$$\overline{l_1} = \overline{l_2} = \frac{l}{L} = \frac{600}{1200} = 0{,}5.$$

Тогда по формуле (V.78) $R_{СУМ} = \overline{R_1} \cdot \overline{l_1} + \overline{R_2} \cdot \overline{l_2} = 0{,}9 \cdot 0{,}5 + 0{,}9 \cdot 0{,}5 = 0{,}9.$

Определяем по формуле (V.24) суммарное количество воды, которое должны откачивать все скважины водопонижающей установки

$$Q_{СУМ} = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 6{,}16(2 \cdot 25 - 17)17}{0{,}9} = 24100 м^3/сут = 1004 м^3/ч.$$

В каждом ряду закладывают по $n = \frac{1200}{80} + 1 = 16$ скважин. Следовательно, для снижения уровня подземных вод на 17 м в течение 6 мес каждая скважина должна эксплуатироваться с дебитом

$$Q_0' = \frac{1004}{32} = 31{,}4 м^3/ч.$$

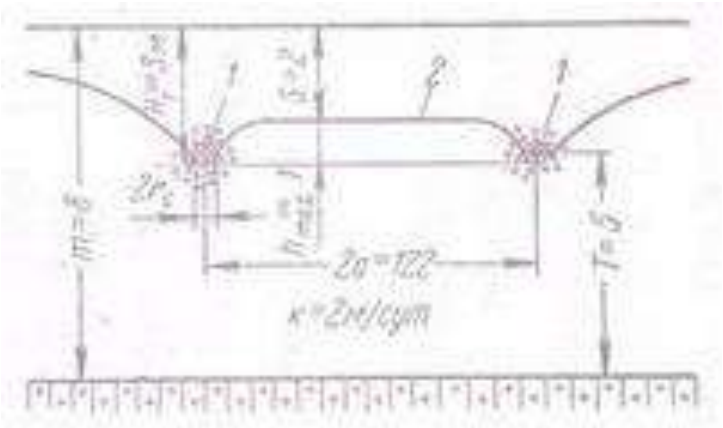


Рис. 60. Схема к расчету площадного (систематического) горизонтального несовершенного дренажа:
*1* - осушители; *2* — сниженный уровень подземных вод при работе дренажа.

Для оценки противосуффозионной устойчивости песчаных уступов в начальный период эксплуатации карьера предварительно найдем допустимую высоту высачивания подземных вод на откосах $h_{0Л}$ по формуле (II.34) и условное заложение откоса $m_0$ по формуле (II.32):

$$h_{ОЛ} = \frac{2}{\sqrt{6,16}} = 0,81м;$$

$$m_0 = \frac{3,2}{tg37} = 4,2$$

Затем по формуле (II.35) рассчитаем допустимую глубину подземного потока на контуре водопонижающих скважин

$$h_д = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,81 \cdot 250 - 0,81^2(4,2 - 0,5)}{4,2 + 0,5}} = 9,3$$

Как видно, расчетная допустимая глубина подземного потока на 1,3 м превышает глубину потока, обеспечиваемую 32 водопонижающими скважинами, т. е. двухлинейная установка скважин при дальнейшей работе обеспечивает также противосуффозионную устойчивость откосов в начальный период эксплуатации карьера.

**Задача № 4**

Требуется рассчитать площадной систематический горизонтальный дренаж для осушения основания внутренних отвалов на марганцовом карьере, расположенных на участке размером 380 х 1000 м в кровле подрудных песков. Осушители несовершенного типа в соответствии с гипсометрией кровли этих песков закладываются по длине участка со сбросом воды в собиратель, расположенный в торце участка.

Задано: к = 2 м/сут; m = 8 м; $H_1$ = 3 м; S =2м; Т=5м; $r_c$ = 0,3 м; ш =0,005.

***Решение***.

Предварительно находим

$$h_{max} = H_1 - S = 3 - 2 = 1 \text{ м};$$

$$B = 1{,}47 \lg \frac{1}{\sin \frac{3{,}14 \cdot 0{,}3}{5}} = 1{,}11;$$

$$Б = 2 \cdot 1{,}11 = 2{,}22.$$

Для установления барражного эффекта завесы найдем предварительно начальный градиент фильтрации $I_0$ по формуле и расстояние от центра карьера до внешней стенки завесы $r_1$ из выражения

$$I_0 = \frac{0{,}566}{\sqrt{0{,}007}} = 6{,}7;$$

$$r_1 = 500 + 0{,}5 = 500{,}5 \text{ м}.$$

При этом общий и удельный проскок воды через барражную завесу по формулам

$$Q = \frac{3{,}14 \cdot 0\,(20^2 - 0{,}67^2 - 2 \cdot 6{,}7 \cdot 10{,}35 \cdot 0{,}5)}{\frac{9 \cdot 0{,}5}{0{,}007 \cdot 577} + \ln \frac{2000}{500}} = 4440 \text{ м}^3/\text{сут} = 185 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$q = \frac{4440}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 500} = 1{,}4 \text{ м}^3/(\text{сут} \cdot \text{м});$$

сниженная глубина потока у внешней стенке барражной завесы $h_1$ по формуле

$$h_1 = \sqrt{20^2 - \frac{20^2 - 0{,}67^2 - 2 \cdot 6{,}7 \cdot 10{,}35 \cdot 0{,}5}{\ln \frac{2000}{500} + \frac{9 \cdot 0{,}5}{0{,}007 \cdot 577}} \ln \frac{2000}{500{,}5}} = 13{,}5 \text{ м};$$

сниженная глубина потока у внутренней стенке завесы $h_{111}$ равна по условию допустимой глубине потока на этом контуре $h_д$ т.е. 4,4м.

Для сработки статических запасов в пределах барражного контура рассчитаем суммарный дебит водопонижающих скважин по формуле, задаваясь сроком их работы 4мес.

$$Q = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}1 \cdot 577^2 \cdot 20 \cdot 9\,(20 - 4{,}4)}{20 \cdot 9 \cdot 120 - 0{,}15 \cdot 0{,}1 \cdot 577^2} = 17\,700 \text{ м}^3/\text{сут} = 740 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Такой дебит могут обеспечить 15 водопонижающих скважин с производительностью по 50м$^3$/ч каждая.

Таким образом, завеса шириной 0,5 м с коэффициентом фильтрации заполнителя 0,007м/сут позволяет снизить высоту высачивания на песчаных откосах до 0,67 м и удельный приток в карьер до 1,4м$^3$/(сут м); при этом глубина потока за внешней и внутренней стенками завесы составит соответственно 13,5 и 4,4 м. Сработка статических запасов воды внутри барражного контура может быть обеспечена 15 водопонижающими скважинами с суммарным дебитом 740 м$^3$/ч, работающий в течении 4 мес.

**Задача № 6**

СНиП 2.04.03-85 "Канализация, наружные сети и сооружея"

$$Q_{\text{н.д}} = 1000 \cdot h_{\text{д}} \cdot \alpha \cdot F, \qquad \left[\frac{\text{м}^2}{\text{сут}}\right]$$

$Q_{\text{н.д.}}$ - приток в карьер;
$h_{\text{д}}$ - норма среднегодовых атмосферных осадков;
α - коэффициент поверхностного стока. α зависит от свойств покровных отложений: скальные 0,8-0,9; глинистые 0,5-0,7;
$F$ - водосборная площадь карьера, км$^2$.

$h_{\text{д}}$ - для проектных расчетов берется из СНиП 23-01-99 "Строительная климатология"

Балансовая площадь - площадь выделенная по рельфу.

***Нормальный приток талых вод***

β - коэффициент учитывающий удаление снега из карьера. Принимается 0,5;
$h_{\text{с}}$ - среднегодовое количество твердых осадков;
$t_{\text{с}}$ - продолжительность интенсивного снеготаянья, [час]

***Нормальный приток ливневых вод***

$$Q_{л} = q \cdot \alpha \cdot F \cdot \eta, \qquad \left[\frac{м^3}{час}\right]$$

$$q = \frac{360 \cdot 20^n \cdot q_{20}(1 + C\ lgP)}{t_{л}^n}$$

$q$ - средняя интенсивность ливневого дождя [м$^3$/час с 1 км$^2$];

η - коэффициент простераемости дождя по СНиП 2.04.03-85;

$q_{20}$ - интенсивность ливневого дождя в течении 20 минут и повторяемостью P=1;

$t_л$ - продолжительность ливневого дождя в часах;

$n$, $C$ - параметры, зависящие от географического положения карьера. СНиП 2.04.03-85

***Пример.***

Проектируется карьер со следующими параметрами:

- глубина 30 м;
- площадь лицензированного контура 75 000 м$^2$;
- разрез: покровные отложения суглинков до 5 м. Ниже скальные породы
- место расположения Челябинская область.

$h'_д$ = 435 мм - для март - октябрь, $h'_д$ = 104 мм - для ноябрь - март

$h_д$ = 539 мм

$h_с$ = 104 мм

$t_с$ = 15 сут

$$Q_{т} = \frac{0{,}5 \cdot 0}{}$$

Для Челябинской области $q$= 2080 [мм/км$^2$]

Если площадь > 1 км$^2$, то η = 1 ( по Балашову)

$$Q_{л} = 2080 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}075 \cdot 1 = 78 \left[\frac{м^3}{час}\right]$$

Водопритоки за счет поверхностных вод

| $Q_{н.д.}$ | $Q_{т.}$ | $Q_{л.}$ |
|---|---|---|
| 55,4 м/сут | 130 $м^3$/сут | 78 $м^3$/час |

На основании сравнения полученных результатов обосновывается выбор насосного оборудования: с учетом круглогодичной нормальной работы и с учетом аварийной ситуаций.

**Задача № 7**

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
## ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**Б1.Б.2.14 «Региональная гидрогеология»**

**ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»**

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод***
***и инженерно-геологические изыскания***

Автор: Кибанова Т. Н., к.т.н.

Одобрены на заседании кафедры
Гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии
*(название кафедры)*
Зав.кафедрой _____
*(подпись)*
Тагильцев С. Н.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 19 от 12.02.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией
Факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

Введение ..... 3
1 Общие положения ..... 4
2 Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям ..... 7
2.1 Повторение материала лекций ..... 7
2.2 Самостоятельное изучение тем курса ..... 7
2.3 Подготовка к практическим занятиям ..... 7
3 Другие виды самостоятельной работы ..... 8
3.1 Подготовка и написание контрольной работы ..... 8
3.2 Подготовка к экзамену ..... 8
4.Требования к учебно-методическому обеспечению самостоятельной работы студентов ..... 9
5.Содержание дисциплины и методические указания по изучению тем .. 12
Список используемой литературы ..... 13

# ВВЕДЕНИЕ

В мировых направлениях развития университетского образования четко проявляется тенденция роста доли самостоятельной работы студентов и смещение акцента с преподавания на учение. В этой связи становится очевидным, что с переходом на компетентностный подход в образовании необходимо формировать систему умений и навыков самостоятельной работы, воспитывать культуру самостоятельной деятельности студентов.

Самостоятельная работа в современном образовательном процессе рассматривается как форма организации обучения, которая способна обеспечивать самостоятельный поиск необходимой информации, творческое восприятие и осмысление учебного материала в ходе аудиторных занятий, разнообразные формы познавательной деятельности студентов на занятиях и во внеаудиторное время, развитие аналитических способностей, навыков контроля и планирования учебного времени, выработку умений и навыков рациональной организации учебного труда.

Таким образом, самостоятельная работа – форма организации образовательного процесса, стимулирующая активность, самостоятельность, познавательный интерес студентов.

В методическом указание, написанном преподавателем кафедры геодезии и кадастров Уральского государственного горного университета, рассматриваются вопросы организации самостоятельной работы студентов.

Методическое указание включает три главы, которые логически связаны друг с другом. Первая глава знакомит читателя с теоретическими основами самостоятельной работы студентов и особенностями подготовки к ней в вузе. Во второй и третьей главах представлен материал, который содержит информацию о видах самостоятельной работы по данной дисциплине, а также об источниках информации для осуществления самостоятельной работы. Эмпирической основой разработки системы критериев и показателей оценки форм самостоятельной работы стал практический опыт работы преподавателей кафедры геодезии и кадастров.

Автор пособия выражают надежду на то, что предлагаемые технологические подходы не только повысят компетентность студентов-бакалавров в решении проблем организации, выполнения и оценки различных форм самостоятельной работы, но и станут для них источником саморазвития, проектирования и преобразования собственных действий.

# 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Самостоятельная работа студентов всех форм и видов обучения является одним из обязательных видов образовательной деятельности, обеспечивающей реализацию требований Федеральных государственных стандартов высшего образования (ФГОС), созданных на основе Федерального закона от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».

Конкретные требования к самостоятельной работе студентов определяются в Федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования по направлению.

Нормативные требования к самостоятельной работе студентов дополняются документами локального характера: Уставом Уральского государственного горного университета, рабочей программой дисциплины.

В этих условиях важным аспектом профессиональной деятельности педагогического работника является обеспечение эффективной самостоятельной работы, направленной на развитие творческого потенциала личности, формирование у обучающихся навыков самоорганизации, самообразования, обеспечивающих возможность непрерывного личностного и профессионального роста.

Согласно требованиям нормативных документов, самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, подготовки к практическим занятиям, сдаче зачета и экзамена.

Самостоятельная работа студентов представляет собой совокупность внеаудиторных занятий и работ, обеспечивающих успешное освоение образовательной программы высшего образования в соответствии с требованиями ФГОС.

Навыки самостоятельной работы по освоению каких-либо знаний приобретаются человеком с раннего детства и развиваются в течение всей жизни. К началу обучения в вузе каждый студент имеет личный опыт и навыки организации собственных действий, полученные в процессе обучения в школе, учреждениях дополнительного образования, во время внешкольных занятий и в быту. Однако при обучении в вузе требования к организации самостоятельной работы существенно возрастают, так как они связаны с освоением сложных общекультурных и профессиональных компетенций.

Практика показывает, что студенты различаются по уровню готовности к реализации требований к самостоятельной работе. Выделяются две основные группы студентов. Первая характеризуется тем, что ее представители ориентированы на выполнение заданий самостоятельной работы и обладают универсальными учебными компетенциями, позволяющими успешно

справиться с требованиями к ее выполнению (умением понимать и запоминать приобретаемую информацию, логически мыслить, воспроизводить материал письменно и устно, проводить измерения, вычисления, проектировать и т. д.). Студенты второй группы не имеют устойчивой ориентации на постоянное выполнение самостоятельной работы при освоении учебного материала и отличаются низким уровнем развития универсальных учебных компетенций и навыков самоорганизации.

Самостоятельная работа в рамках образовательного процесса в вузе решает следующие з а д а ч и:

- закрепление и расширение знаний, умений, полученных студентами во время аудиторных и внеаудиторных занятий, превращение их в стереотипы умственной и физической деятельности;
- приобретение дополнительных знаний и навыков по дисциплинам учебного плана;
- формирование и развитие знаний и навыков, связанных с научно-исследовательской деятельностью;
- развитие ориентации и установки на качественное освоение образовательной программы;
- развитие навыков самоорганизации;
- формирование самостоятельности мышления, способности к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной теоретической, практической и учебно-исследовательской деятельности.

Для реализации задач самостоятельной работы студентов и ее осуществления необходим р я д у с л о в и й, которые обеспечивает университет:

- наличие материально-технической базы;
- наличие необходимого фонда информации для самостоятельной работы студентов и возможности работы с ним в аудиторное и внеаудиторное время;
- наличие помещений для выполнения конкретных заданий, входящих в самостоятельную работу студентов;
- обоснованность содержания заданий, входящих в самостоятельную работу студентов;
- связь самостоятельной работы с рабочими программами дисциплин, расчетом необходимого времени для самостоятельной работы;
- развитие преподавателями у студентов навыков самоорганизации, универсальных учебных компетенций;
- сопровождение преподавателями всех этапов выполнения самостоятельной работы студентов, текущий и конечный контроль ее результатов.

Активная самостоятельная работа студентов возможна только при наличии серьезной и устойчивой мотивации. Самый сильный мотивирующий

фактор - подготовка к дальнейшей эффективной профессиональной деятельности.

# 2 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ПОДГОТОВКУ К АУДИТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

## *2.1 Повторение материала лекций*

Источники информации по теме лекции:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием;
2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения лекционного занятия;
3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

## *2.2 Самостоятельное изучение тем курса*

Самостоятельное изучение тем осуществляется при обучении на заочной форме обучения.

Источники информации для самостоятельного изучения тем:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед сессией;
2) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

## *2.3 Подготовка к практическим занятиям*

Типовые задания (примеры) работ, выполняемые на практических занятиях представлены в комплекте оценочных материалов.

Принципы работы на практических занятиях озвучиваются преподавателем на соответствующих лекционных занятиях.

Источники информации для подготовки к практическим занятиям:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием либо в начале сессии;
2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения лекционного занятия (при наличии);
3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины;
4) методические указания по выполнению практических занятий.

# 3 ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

## *3.1 Подготовка и написание контрольной работы*

Для выполнения контрольных работ студентами кафедрой подготовлены Методические рекомендации и задания к контрольным работам для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология.

## *3.2 Подготовка к экзамену*

В комплекте оценочных средств представлен перечень теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий, которые входят в состав билетов.

Источники информации для подготовки к экзамену:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием либо в начале сессии;
2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения лекционного занятия (при наличии);
3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

# 4.ТРЕБОВАНИЯ К УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Для нормальной самостоятельной работы студент должен быть обеспечен достаточным количеством учебных пособий разного вида. Чем более разнообразны учебные пособия, тем более успешна будет самостоятельная работа студента, так как каждый может выбрать себе учебное пособие по силам, по склонностям, по материальным возможностям. Должны быть пособия краткие и подробные, с неглубокими и глубокими теоретическими обоснованиями, теоретического и практического содержания. Нужны справочники, конспекты-справочники, учебники.

Наряду с ними нужно создавать, накапливать в учебных фондах и продавать учебные пособия электронного вида. Этот вид учебных пособий в обозримом будущем не может стать основным и вряд ли когда-нибудь станет. Это – вспомогательные, дополнительные учебные пособия, используемые в основном для заочного, дистанционного образования. Количество учебных пособий в учебном фонде библиотеки должно быть таким, чтобы каждый студент мог получить хотя бы один из рекомендованных учебников.

Многоуровневая система высшего образования должна предоставлять человеку условия для развития его потенциальных возможностей и наиболее полного удовлетворения потребности личности в самореализации. Поэтому на каждом из уровней подготовки самостоятельная работа студентов (СРС) есть обязательное условие, которое должно быть соблюдено для достижения проектируемых результатов обучения. Правильная (психологически и дидактически обоснованная) организация СРС при изучении каждой дисциплины – это один из основных педагогических путей развития и становления творческих качеств личности учащегося на каждом уровне обучения.

Из дидактики следует, что для непрерывного развития учащегося и становления его как творческой личности все элементы содержания образования (знания, умения и навыки, опыт творческой и оценочной деятельности), выделенные в рамках определенной дисциплины, должны быть им усвоены с установкой на перенос и активное использование. Поэтому на первом уровне обучения каждого студента по каждой учебной дисциплине нужно снабдить комплектом учебно-методических материалов, помогающих ему организовывать самостоятельную работу. В такой комплект обязательно должны входить: программа, адаптированная для студента; учебная литература (учебник, задачник, руководство по выполнению лабораторных работ); система заданий для самостоятельной работы студентов; методические указания по организации самостоятельной работы при выполнении заданий по разным видам занятий, включая и курсовые работы (проекты).

На втором и третьем уровнях обучения их следует снабдить методическими указаниями по выполнению выпускной работы, завершающей подготовку специалиста.

Задания для самостоятельной работы должны быть конкретными. Их содержание, соответствуя программе, должно знакомить студентов с современными методами решения задач данной дисциплины.

Структура заданий должна соответствовать принципу доступности: от известного к неизвестному и от простого к сложному, а трудоемкость – времени, выделенному программой на самостоятельную работу по изучению данной темы. В заданиях следует указывать знания и умения, которыми должен овладеть студент по мере их выполнения. Кроме того, в них нужно включать вопросы для самоконтроля и взаимного контроля, тесты и контрольные вопросы для оценки и самооценки уровня усвоения знаний, сформированности умений.

Методические указания по организации СРС на каждом уровне обучения должны способствовать непрерывному развитию у них рациональных приемов познавательной деятельности в процессе изучения конкретных дисциплин. Основное назначение всех методических указаний – дать возможность каждому студенту перейти от деятельности, выполняемой под руководством преподавателя, к деятельности, организуемой самостоятельно, к полной замене контроля со стороны преподавателя самоконтролем. Поэтому они должны содержать подробное описание рациональных приемов выполнения перечисленных видов деятельности, критериев оценки выполненных работ, а также рекомендации по эффективному использованию консультаций и по работе при подготовке и сдаче экзаменов.

Каждый из названных учебно-методических материалов влияет в большей степени на один из этапов усвоения знаний и видов деятельности, но одновременно способствует осуществлению других этапов и более полной реализации их задач.

Так, программа с четко выделенной целью и перечнем задач, влияющих на ее достижение, определяет мотивационный этап и способствует организации деятельности на всех остальных, указывая последовательность изучаемых разделов, сроки контроля.

Учебная литература служит информационной основой, прежде всего для ориентировочного этапа. В то же время работа с литературой усиливает мотивацию, если изложение материала по уровню сложности соответствует зоне ближайшего развития студента; помогает осуществлению исполнительского и контрольного этапов, если в ней указаны особенности выполнения заданий, даны контрольные вопросы.

Задания для самостоятельной работы организуют исполнительский этап, задавая последовательность видов деятельности, необходимых для усвоения знаний и приобретения умений. Так как задания содержат средства контроля, то они определяют и контрольный этап.

Вопросы и задачи в заданиях требуют от студента не только воспроизведения знаний, но и проявления творчества, формируют и развивают его опыт творческой деятельности. Это расширяет основы мотивации, усиливает и укрепляет ее. В целом содержание и структура заданий, отвечающих перечисленным требованиям, позволяет регулярно занимающимся студентам получать удовлетворение от самостоятельно выполненной работы. Такой эмоциональный фон, в свою очередь, формирует положительное отношение к выполненному делу, а через него – и к изучаемой дисциплине.

Методические указания по организации СРС способствуют грамотному и рациональному осуществлению исполнительского этапа, обеспечивают контрольный этап. Для этого виды деятельности, активно используемые при изучении дисциплины, должны быть подробно описаны в указаниях с выделением последовательности действий и даже операций. В этом случае сами виды деятельности становятся предметом изучения, что дает верное направление ориентировочному этапу и, безусловно, усиливает мотивацию обучения. Работа студентов с такими методическими указаниями позволяет им уже при изучении общенаучных дисциплин усвоить полную и обобщенную ориентировочную основу для каждого из таких видов деятельности, как работа с литературой, проведение эксперимента, решение задач.

Таким образом, создание для каждой учебной дисциплины рассмотренного комплекта учебно-методических материалов обеспечивает обязательные этапы усвоения знаний, видов деятельности, опыта творчества, Снабжение таким комплектом каждого студента – необходимое условие полной реализации в процессе обучения всех возможностей СРС как вида познавательной деятельности, метода и средства учения и преподавания

## 5.СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ

Тема 1. Структура региональной гидрогеологии (РГГ). История отечественной РГГ.

Стадии изучения объектов региональной гидрогеологии. Четыре этапа истории отечественной региональной гидрогеологии. Понятие элементарного гидрогеологического района и гидрогеологической структуры.

Тема 2. Теоретические основы закономерностей формирования региональных гидрогеологических условий.

Классификации подземных вод. Основные факторы гидрогеологического районирования. История развития гидрогеологических структур.

Тема 3. Гидрогеологические структуры и районирование. Факторы и принципы гидрогеологического районирования.

Принципы ландшафтно-географической зональности. Структурно-гидрогеологическое районирование и его принципы

Тема 4. Основные типы гидрогеологических структур континентов. Гидрогеологические структуры разных порядков.

Гидрогеологические массивы и их особенности. Внутристуктурные карстовые бассейны. Адартезианские бассейны. Артезианские бассейны и их особенности. Роль палеогидрогеологических условий в формировании подземных вод. Вулканогенные бассейны и их особенности. Классификация вулканогенных бассейнов. История развития вулканогенных бассейнов.

Тема 5. Основные типы гидрогеологических структур дна Мирового океана и морей. Особенности гидрогеологии области перехода континент-океан.

Субмаринные гидрогеологические структуры. Субокеанические гидрогеологические структуры. Взаимосвязь подземных вод суши и моря.

Тема 6. Палеогидрогеологические условия формирования подземных вод. Принципы, этапы, методы палеореконструкции.

Методы изучения региональных гидрогеологических процессов и закономерностей. Выявление закономерностей и региональные гидрогеологические оценки.

Тема 7. Гидрогеология России. Наиболее важные особенности.

Гидрогеология Восточно-Европейской артезианской области. Гидрогеология Восточно-Сибирской артезианской области. Гидрогеология Западно-Сибирской артезианской области. Гидрогеология Приаральской артезианской области. Гидрогеология Каспийско-Черноморской артезианской области.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ


1. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ СТАНДАРТ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ направление подготовки специалитета 21.05.02 «Прикладная геология».
2. Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы./ ГОУ ВПО «Московский государственный гуманитарный университет им. М.А. Шолохова». 2010г.

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
## ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**Б1.Б.2.16 «Общая гидрогеология»**

**ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»**

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод***
***и инженерно-геологические изыскания***

Авторы: Парфенова Л. П.., к.г-м.н., Антонова И. А., к.г-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии
*(название кафедры)*
Зав.кафедрой _____
*(подпись)*
Тагильцев С. Н.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 19 от 12.02.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией
Факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

## Содержание

*Введение* 3

*1. Основы гидрогеологической стратификации* 4

*2. Изучение режима подземных вод* 11

*3. Водные свойства горных пород* 14

**3.1. Определение влагоемкости, капиллярных свойств и водоотдачи песчаных пород** 14

3.1.1. Определение максимальной молекулярной и капиллярной влагоемкости песков методом высоких колонн 16

3.1.2. Определение полной влагоемкости песков 18

3.1.3. Определение капиллярных свойств пород 18

**3.2. Определение коэффициента фильтрации глинистых и песчаных горных пород** 19

3.2.1. Водопроницаемость горных пород 19

3.2.2. Определение коэффициента фильтрации песчаных грунтов 21

3.2.3. Определение коэффициента фильтрации глинистых пород 24

*4. Химический состав подземных вод* 28

**4.1. Обработка результатов химического анализа подземных вод** 29

**4.2. Графическое изображение результатов химических анализов** 32

**4.3. Оценка качества питьевых вод** 37

**4.4. Определение агрессивности природных вод** 41

**4.5. Обобщенные показатели качества подземных вод** 46

4.5.1. Цветность 46

4.5.2. Прозрачность 47

4.5.3. Плотность 48

4.5.4. Водородный показатель 50

4.5.5. Окислительно-восстановительный потенциал 54

*5. Построение и анализ карт гидроизогипс* 59

*6. Построение и анализ карт гидроизопьез* 65

*7. Построение и анализ гидрогеологических разрезов* 68

*Список литературы* 77

# Введение

В курсе «Общая гидрогеология» (СД.04), в соответствии с Госстандартом (650100 «Прикладная геология» для специальности 080300 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания) предусмотрено 150 часов учебной нагрузки, из них 34 часа практических и лабораторных работ. Для методического обеспечения этой части курса составлено данное Методическое руководство. В его состав включено 7 тем.

В теме №1 изложены основы гидрогеологической стратификации с учетом требований к построению гидрогеологических карт и разрезов.

Тема №2 посвящена характеристике режима подземных вод и режимообразующих факторов, а также варианты использования данных режимных наблюдений для решения практических задач.

Тема №3 включает в себя описание лабораторных методов определения основных водных свойств горных пород: полная, максимальная молекулярная и капиллярная влагоемкости, максимальная высота капиллярного поднятия, гравитационная водоотдача, коэффициент фильтрации.

Тема №4 посвящена обработке результатов химического состава подземных вод различными способами и дальнейшей оценке пригодности вод для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения и строительства.

Темы № 5, 6, 7 ставят своей задачей объяснить студентам основные приемы построения специальных гидрогеологических карт – гидроизогипс и гидроизопъез, а также гидрогеологических разрезов к ним. Для анализа построенных карт предложен перечень вопросов, отвечая на которые студенты могут закрепить полученные практические навыки и сопоставить их с теоретическими знаниями, полученными на лекциях.

# 1. Основы гидрогеологической стратификации

Гидрогеологическая стратификация – это расчленение геологического разреза на элементы, существенно отличающиеся в гидрогеологическом отношении.

По Г. Н. Каменскому «гидрогеологический элемент – это некоторый объем геологической среды, выделенный на основе гидрогеологических признаков и не подвергающийся дельнейшему членению».

Главный принцип гидрогеологической стратификации основан на учете стратиграфических и гидрогеологических признаков системы «вода-порода». При этом основное расчленение геологического разреза выполняется с учетом геолого-структурных особенностей территории, а литолого-фациальный анализ рассматривается как база для определения исходных гидрогеологических свойств. По этим признакам в разрезе выделяют водонасыщенные и неводонасыщенные, водопроницаемые и водонепроницаемые слои и пласты и пр.

**Гидрогеологический слой (тело)** – это одновозрастные породы, характеризующиеся выдержанностью по мощности и распространению, и обладающие относительно одинаковыми фильтрационными и емкостными свойствами. Выделяют следующие типы слоев: водоносный, водоупорный, относительно водоупорный, неводонасыщенный проницаемый, слабопроницаемый, непроницаемый.

**Водоносный горизонт (зона)** – проницаемое гидрогеологическое тело, постоянно содержащее подземные воды и отличающееся преимущественно однородным составом пород, характером питания, транзита и разгрузки подземных вод. Водоносная зона отличается от водоносного горизонта пространственной локализацией повышенной трещиноватости (тектонической или экзогенной) и проницаемости пород.

**Относительно водоносный горизонт (зона)** – слабопроницаемое гидрогеологическое тело, содержащее подземные воды.

**Относительно водоупорный горизонт (зона)** – весьма слабопроницаемое гидрогеологическое тело, содержащее подземные воды преимущественно в связанном виде и характеризующееся замедленной, вертикальной фильтрацией при возникновении градиента напора между смежными водоносными подразделениями.

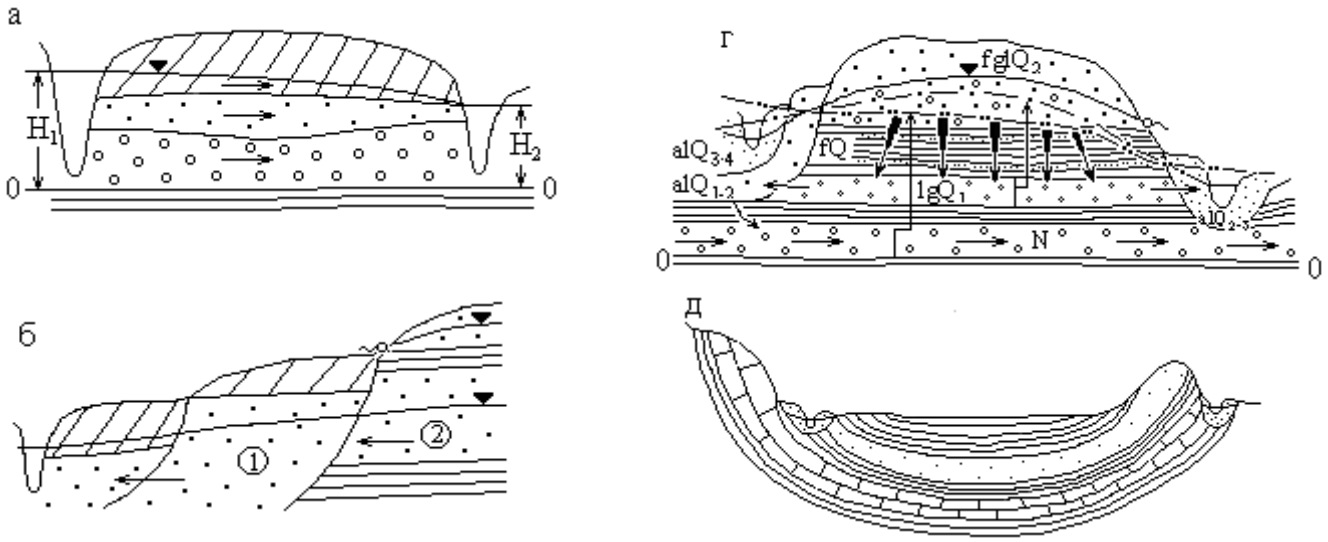
**Водоупорный горизонт (зона)** – практически водонепроницаемое гидрогеологическое тело.

**Водоносный (относительно водоносный) комплекс** – гидрогеологическое тело, состоящее из нескольких гидравлически взаимосвязанных водоносных (относительно водоносных) горизонтов или зон и разделяющих их локально или относительно водоупорных горизонтов (зон).

**Водоносный этаж** - система водоносных горизонтов (зон) и комплексов, характеризующаяся общими условиями водообмена и формирования подземных вод. Водоносный этаж подстилается входящим в его состав региональным водоупорным горизонтом, повсеместно развитым в границах гидрогеологической структуры.

**Гидрогеологический бассейн** – совокупность нескольких водоносных, водоупорных и относительно водоупорных горизонтов и (или) комплексов, характеризующихся в целом, общностью геологического развития и формирования гидродинамических, гидрохимических и гидрогеотермических процессов.

**Гидрогеологическая система** – совокупность нескольких гидрогеологических бассейнов, характеризующихся в целом общностью формирования ресурсов подземных вод.




Типы исходных элементов гидрогеологической стратификации (ИЭГГС) с геологической средой, представленной осадочными породами: а) водоносный горизонт неоднородного строения с грунтовыми водами; б) водоносные горизонты ①, ② с межпластовыми грунтовыми водами; в) водоносный комплекс с грунтовыми ① и напорными ② водами в четвертичных отложениях; г) междуречный бассейн с межпластовыми напорными водами в неогеновых, четвертичных отложениях и грунтовыми водами в аллювиальных и флювиогляциальных отложениях; д) артезианский бассейн с напорными водами.

Рис. 1.1. Элементы гидрогеологической стратификации

**Выделение гидрогеологических элементов по условиям залегания.**

Факторы, определяющие условия залегания подземных вод:

- Геологические (структурно-тектонические, литолого-фациальные и генетические типы отложений);
- Геоморфологические (тип, форма рельефа, характер и степень его эрозионной расчлененности, влияющие на условия питания и разгрузки подземных вод);
- Физико-географические или ландшафтные (определяют характер связи подземных вод с атмосферой, реками и т. п., величину питания и режим подземных вод, их запасы и ресурсы, качество).

По условиям залегания выделяют два вида подземных вод: грунтовые (безнапорные ①) и артезианские (напорные②), рис. 1.2.

По степени и характеру водонасыщенности выделены в разрезе 3 зоны: А – неполного (аэрации); Б – полного насыщения капельножидкой водой пор и трещин водовмещающих пород; и В – диссипации (где вода может находиться в диссоциированном состоянии). Для каждой зоны характерны преобладающие виды подземных вод по условиям нахождения и движения в горных породах. В зоне А – инфильтрационная и физически связанная вода, основная форма ее движения – инфильтрация (или влагоперенос). В зоне Б – свободная гравитационная вода, основная форма движения – фильтрация (или миграция подземных вод); в зоне В – физически- и химически связанная вода.

В таблице 1.1 приведена систематизация основных факторов, при анализе которых выделяются гидрогеологические системы по условиям залегания, а в таблице 1.2 приведены основные виды гидрогеологических систем с грунтовыми и напорными водами.

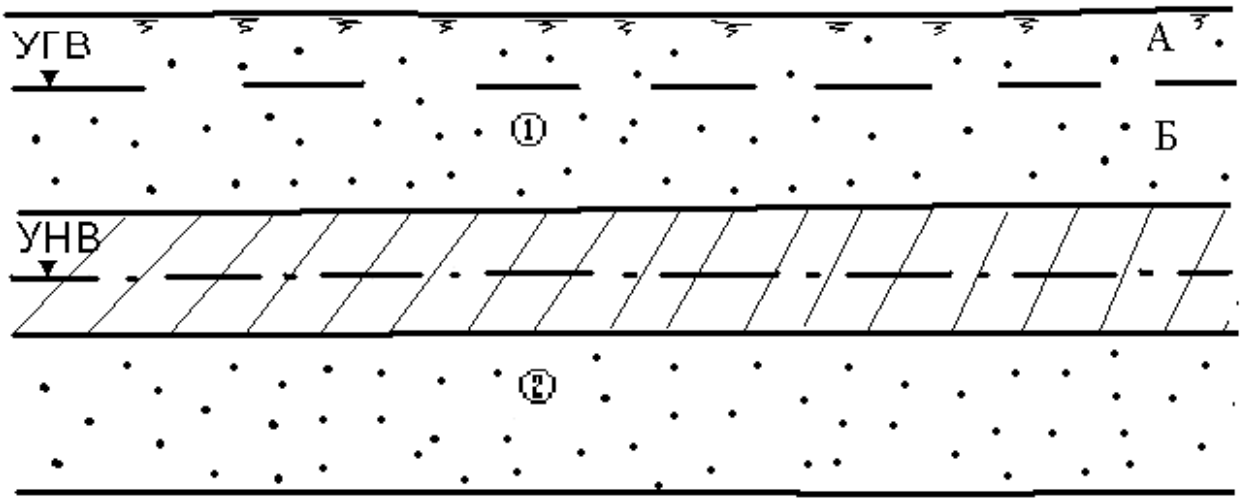



Рис. 1.2. Виды подземных вод по условиям залегания

**Таблица 1.1**

Факторы, определяющие выделение гидрогеологических систем в гидролитосфере по условиям залегания

| Зона | Вид подземный воды | Признак | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | гидрогеологический | структурный | морфологический | литолого-генетический | гидротермодинамический |
| Аэрации | Инфильтрационная, физически связанная | Локальные зоны, потоки | - | - | - | Влагоперенос |
| Насыщения | Грунтовая (гравитационная) | Бассейны, потоки | Платформы, геосинклинали Впадины, прогибы, щиты, синклинали, антиклинали, разрывные структуры и др. | Речные долины, междуречья, конусы выноса, предгорные равнины, мелкосопочник, озы, камы | Осадочные породы, метаморфические и изверженные породы Недислоцированные, дислоцированные Терригенные, карбонатные Аллювий, пролювий, делювия | Фильтрация Миграция а) конвекция, б) гидродисперсия, в) диффузия, г) сорбция, д) растворение и др. |
| | Напорная (гравитационная) | Бассейны, склоны, потоки | Платформы, геосинклинали Впадины, прогибы, щиты, синклинали, антиклинали, разрывные структуры и др. | Виды складчатых структур Виды разрывных нарушений | Осадочные породы, метаморфические и изверженные породы Недислоцированные, дислоцированные Терригенные, карбонатные Аллювий, пролювий, делювия | Фильтрация Миграция а) конвекция, б) гидродисперсия, в) диффузия, г) сорбция, д) растворение и др. |
| | Глубинная (физически и химически связанная, свободная) | Потоки | Крупные разломы линеаменты и др. | - | Осадочные породы, метаморфические и изверженные породы | Миграция |
| Диссипации | мономолекулярная | - » - | Системы глобальных разломов | - | - | |

**Таблица 1.2**

Систематизация гидрогеологических систем по условиям залегания

<table>
<tr><td>Зоны гидролитосферы</td><td>Виды подземных вод</td><td colspan="7">Виды гидрогеологических систем по условиям залегания</td></tr>
<tr><td>Неполного насыщения</td><td>Инфильтрационная, капиллярная и гравитационная</td><td colspan="7">Инфильтрующаяся вода (локальные потоки)<br>Зона с капиллярно-подвешенной водой<br>Верховодка (локальный бассейн)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Полного насыщения</td><td rowspan="2">Грунтовые (гравитационные)</td><td colspan="5">А. Грунтовые потоки и бассейны вне криолитозоны и молодой вулканической деятельности</td><td>Б. Грунтовые бассейны и потоки криолитозоны</td><td>В. грунтовые бассейны и потоки зон молодой вулканической деятельности</td></tr>
<tr><td>I. Потоки речных долин:<br>1) потоки в аллювии равнинных рек;<br>2) подрусловые потоки;<br>3) потоки в погребенных долинах</td><td>II. Бассейны и потоки междуречных пространств:<br>1) в осадочных отложениях, недисло-цированных;<br>2) то же, дислоцированных;<br>3) в изверженных и метаморфических породах;<br>4) то же, с зонами разломов;<br>5) в вулканических лавах.</td><td>III. Потоки конусов выноса, предгорных равнин:<br>1) поток грунтовых вод головной части конуса выноса;<br>2) поток грунтово-напорных вод слоистых толщ.</td><td>IV. Бассейны синклинальных структур:<br>1) горных сооружений;<br>2) мелко-сопочника.</td><td>V. Бассейны и потоки с линзами пресных вод:<br>1) под-песчаными;<br>2) под-такырными;<br>3) при-канальными, приречными.</td><td>С наличием зон высокотемпературных полей, гейзеров, фумарол и др. в отложениях речных долин, междуречных пространств синклинальных структур, горных сооружений</td><td>С наличием зон многолетних мерзлых пород в отложениях речных долин, междуречных пространств, синклинальных структур горных сооружений</td></tr>
</table>

Продолжение таблицы 1.2.

| Зоны гидролитосферы | Виды подземных вод | Виды гидрогеологических систем по условиям залегания | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Напорные (гравитационные) | I. Артезианские бассейны:<br>1) платформ;<br>2) меж-горных впадин, краевых прогибов;<br>3) наложенные бассейны;<br>4) бассейны горных сооружений в осадочных отложениях, лагунах, вулканогенах | II. Артезианские склоны:<br>1) моноклиналей;<br>2) асимметричных структур;<br>3) выклинивания. | III. Субартезианские бассейны:<br>1) в осадочных отложениях на щитах;<br>2) в осадочных породах на платформах;<br>3) в дислоцированных породах горных сооружений. | IV. Бассейны междуречных пространств с межпластовыми напорными водами:<br>1) в четвертичных ледниковых отложениях;<br>2) в горизонтально залегающих четвертичных и более древнего возраста осадочных отложениях. | V. Потоки напорных вод крупных разломов:<br>1) вне криолитозоны и молодой вулканической деятельности;<br>2) в криолитозоне;<br>3) в зоне молодой вулканической деятельности. | | |
| Диссипации | Глубинные (химически и физически связанные, гравитационные) | Сосредоточенные потоки напорных вод систем глобальных нарушений | | | | | | |

## 2. Изучение режима подземных вод

Режим подземных вод – процесс изменения во времени основных показателей подземных вод под влиянием различных факторов в данной естественноисторической обстановке.

Основными характеристиками режима называют числовые значения, характеризующие главные морфологические особенности хронологических графиков изменения показателей режима. Хронологическими называют графики изменения уровня, расхода, минерализации, температуры подземных вод во времени. К основным характерным параметрам режима относят (рис. 2.1): амплитуде А и период Т колебаний, экстремальные точки (минимумы, максимумы), средние, минимальные, максимальные и другие значения уровня, расхода, минерализации и т. п. С помощью этих характеристик можно более компактно в числовом виде представить хронологические графики показателей режима и тем самым уменьшить объем исходной информации.

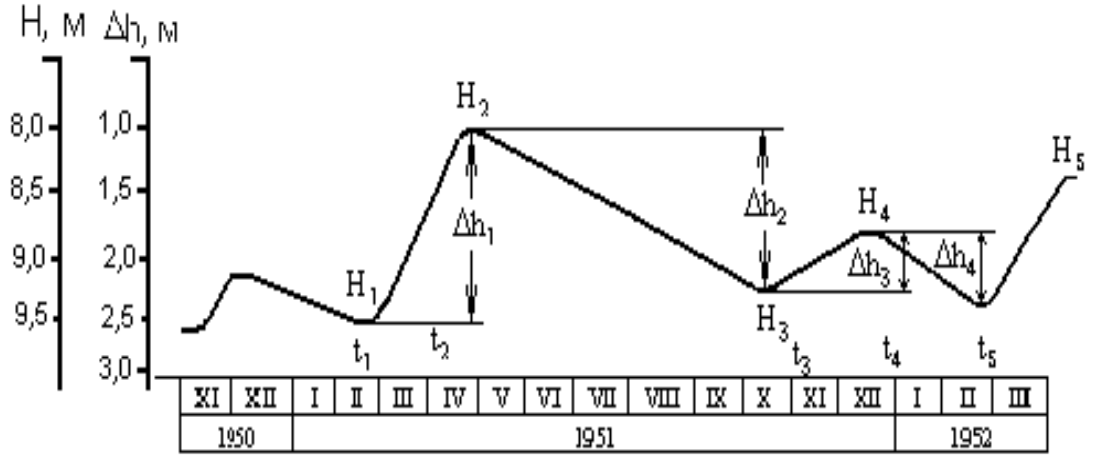



Рис. 2.1. Основные показатели сезонного изменения уровня подземных вод (по М. А. Шинкаревскому)

Определяют минимальные и максимальные значения суточных, декадных, месячных, весенних, летних, зимних, годовых, многолетних амплитуд, подъемов, спадов (для уровней), температур, минерализации воды и других показателей режима. За эти интервалы времени вычисляют средние значения показателей:

$$П_{ñð} = \frac{\sum_{1}^{n} П_i}{n},$$

где $П._i$ – значение показателя; n – число имеющихся показателей за рассматриваемый интервал времени.

К экстремальным точкам графиков относят максимум и минимум уровня, температуры, минерализации и соответственно дату его наступления (см. рис. 2.1). Амплитуды характеризуют разность между максимальным $П_{max}$ и минимальным $П._{min}$ значениям каждого из этих показателей за выделенный период времени

$$A = П_{max} - П._{min}$$

При нарушенном режиме вычисляют характерные показатели от действия техногенных факторов, например, амплитуду многолетнего подъема уровня воды под влиянием орошения или амплитуду снижения уровня воды под влиянием откачки и т. п.

Период колебаний T характеризует интервал времени между двумя значениями какого-либо показателя режима

$$T = t_2 - t_1$$

Чаще всего это интервал между временем наступления максимального и минимального значений показателя.

Задача. В предгорной части долины реки в толще аллювиальных песчано-глинистых отложений оборудованы створ наблюдательных скважин и гидрометрический пост на реке (рис.2.2). Провести первичную обработку

наблюдений, пользуясь фактическими данными (таблица 2.1). Для этого выполнить следующее:

1) построить хронологические графики колебаний уровня воды в реке и скважинах; предварительно вычислить отметки уровня воды, зная, что отметки устьев скважины равны: скв.1 – 211,7 м, скв.2 – 211,65 м, скв 3. – 211,63 м, отметка “0” на гидропосте равна 209,5 м;
2) по графикам определить основные параметры режима подземных вод;
3) установить наличие и характер связи с рекой, для этого нанести на геологический разрез (рис. 2.2) положение уровня грунтовых вод на минимальные и максимальные даты.

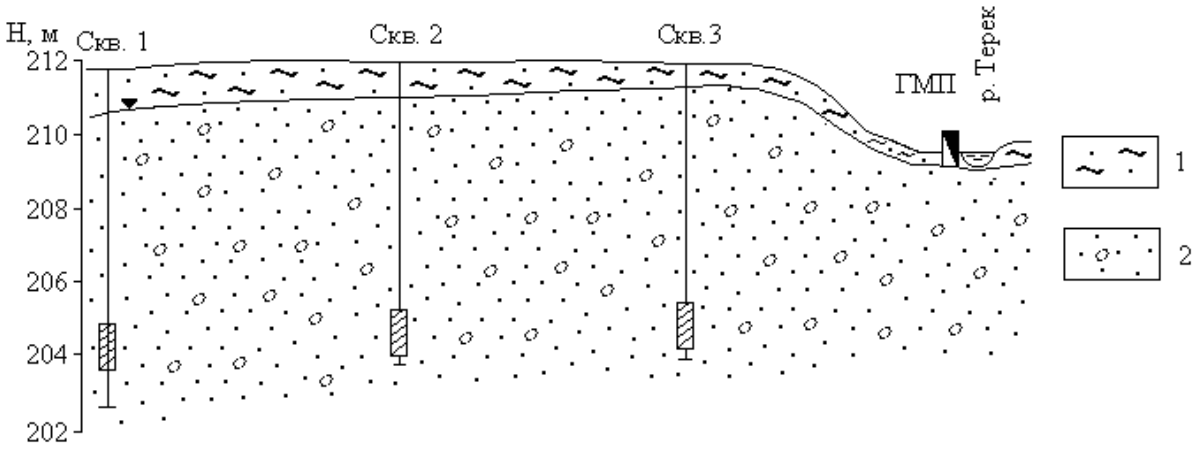



Рис. 2.2. Гидрогеологический створ в предгорной части долины р. Терека ($alQ_4$): 1 – супесчаный почвенный слой; 2 – гравийно-галечниковые отложения; ГМП – гидрометрический створ

**Таблица 2.1**

Данные наблюдений за уровнями грунтовых вод и реки

| Дата наблюдений | Глубина залегания уровня от поверхности земли, м | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Скв.1 | Скв.2 | Скв.3 | Река |
| I/I 2002 г. | 6,05 | 6.55 | 7.05 | 0.50 |
| 15/I | 6,02 | 6.52 | 7.02 | 0.50 |
| I/II | 6,06 | 6.56 | 7.16 | 0.50 |
| 15/II | 6,10 | 6.60 | 7.10 | 0.50 |
| I/III | 6,10 | 6.60 | 7.10 | 0.50 |
| 15/III | 6,10 | 6.60 | 7.10 | 0.50 |
| I/IV | 6,10 | 6.60 | 7.10 | 0.60 |
| 15/IV | 6,10 | 6.60 | 7.10 | 0.60 |
| I/V | 6,10 | 6.60 | 7.10 | 1.00 |
| 15/V | 6,00 | 6.50 | 7.05 | 0.70 |
| I/VI | 5,90 | 6.40 | 6.90 | 1.00 |
| 15/VI | 5,80 | 6.30 | 6.80 | 0.80 |
| I/VII | 5,80 | 6.30 | 6.80 | 1.00 |
| 15/VII | 5,30 | 5.90 | 6.50 | 1.00 |
| I/IX | 4,50 | 5.00 | 5.90 | 1.00 |
| 15/IX | 4,40 | 4.90 | 5.90 | 0.60 |
| I/X | 4,40 | 4.90 | 5.90 | 10.45 |
| I/XI | 4,40 | 4.90 | 6.0 | 0.50 |
| 15/XI | 4,85 | 5.35 | 6.10 | 0.45 |
| I/XII | 4,90 | 5.40 | 6.13 | 0.50 |
| I/I 2003 г. | 5.00 | 5.30 | 6.15 | 0.50 |
| 15/I | 5.90 | 6.40 | 6.90 | 0.45 |

# 3. Водные свойства горных пород

## *3.1. Определение влагоемкости, капиллярных свойств и водоотдачи песчаных пород*

Влагоемкость – способность пород вмещать в порах и удерживать в себе то или иное количество воды. В зависимости от вида воды различают влагоемкость: полную $W_t$ , капиллярную $W_k$ и максимально молекулярную $W_m$. Два первых вида определяют количество свободной воды, последний – физически связанной. Породы разделяются на весьма влагоемкие (торф, глины, суглинки), слабо влагоемкие (мел, рыхлые песчаники) и невлагоемкие

(скальные породы, пески, галечники).

Полной влагоемкостью $W_t$ называется максимальное количество воды, заключенное в породе при полном насыщении ее водой. Для песков она обычно равна пористости, если в них нет защемленного воздуха. Полная влагоемкость песков определяется методом насыщения. Величина $W_t$ зависит от механического состава породы и ее структуры.

Капиллярной влагоемкостью $W_k$ называется максимальное количество воды, удерживаемое в капиллярных порах в результате капиллярных сил.

Максимальной молекулярной влагоемкостью породы $W_m$ называют максимальное количество воды (гигроскопической и пленочной), удерживаемой частицами грунта силами молекулярного притяжения. Величина $W_m$ зависит от состава породы и ее удельной поверхности и для каждой (данной) породы является постоянной. Величина $W_m$ характеризует влажность границы перехода связанной воды в свободную и используется для вычисления величины водоотдачи.

Максимальной гигроскопической влагоемкостью $W_г$ называется предельное количество парообразной воды, которое может быть поглощено породой из воздуха при относительной его влажности 94 %. Для данной породы эта величина является постоянной. Чем больше суммарная поверхность частиц, тем больше гигроскопичность породы.

Водоотдачей породы (μ) называют количество воды, которое отдает единица объема породы при стоке из нее гравитационной воды. Водоотдачу вычисляют по разности полной влагоемкости и максимальной молекулярной влагоемкости:

$$\mu = W_t - W_m$$

Величина водоотдачи зависит от величины пор и трещин в породе, их структуры и т. п. Породы с крупными порами обладают хорошей водоотдачей, супеси, суглинки, тонкотрещиноватые породы плохо отдают воду и

характеризуются весьма малой величиной μ.

Приближенно водоотдачу песков определяют как разность между пористостью и максимальной молекулярной влагоемкостью.

Разность между полной влагоемкостью и данной естественной влажностью W, выраженную в процентах, именуют недостатком насыщения $\mu_н$

$$\mu_н = W_t - W.$$

### 3.1.1. Определение максимальной молекулярной и капиллярной влагоемкости песков методом высоких колонн

Метод заключается в определении величины влажности в колонне породы над капиллярной зоной после полного стекания гравитационной воды.

В работе применяется прибор (рис. 3.1), состоящий из металлического цилиндра диаметром 4-5 см и высотой 90 – 100 см. Сбоку он должен иметь отверстия диаметром 2 см. В дно цилиндра впаяна трубка с сеткой.

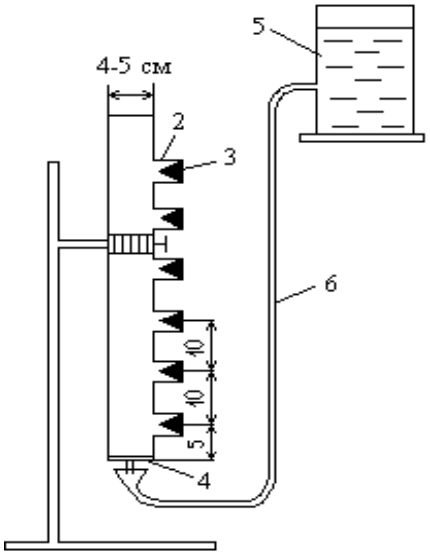



Рис. 3.1. Схема прибора для определения влагоемкости методом высоких колонн: 1 – металлический цилиндр; 2 – боковые отверстия; 3 – резиновые пробки; 4 – сетка; 5 – напорный бак; 6 – резиновая трубка

Ход работы:

1. Закрыть резиновыми пробками боковые отверстия, заполнить цилиндр песком, песок слегка утрамбовать.

2. Насытить песок водой, подаваемой в цилиндр снизу по резиновой трубке из напорного бака, до появления пленки воды на поверхности песка за счет сил капиллярного всасывания.
3. Снять резиновую трубку со дна прибора и дать гравитационной воде свободно стечь.
4. По прекращении стока взять шпателем по 10-15 г песка из каждого бокового отверстия и определить влажность проб.

По полученным данным составить таблицу 3.1. и выделить 3 зоны влажности. Верхняя графа – зона постоянной минимальной влажности, в той зоне влажность наименьшая, т. е. эта влажность и есть максимальная молекулярная влажность грунта $W_m$.

Ниже располагается переходная зона с неустановившимися значениями влажности.

Ниже переходной зоны выделяется зона с наибольшими значениями влажности грунта, которая и соответствует капиллярной влагоемкости $W_k$.

**Таблица 3.1**

Журнал определения капиллярной и максимальной молекулярной влагоемкости

| № отверстия, с которого взята проба | Высота отбора образца (снизу), см | Влажность, % | Зона влажности | Влагоемкость, % | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $W_m$ | $W_k$ |
| 1 | 90 | 1,6 | Зона постоянной влажности | 1,7 | |
| 2 | 80 | 1,7 | | | |
| 3 | 70 | 1,6 | | | |
| 4 | 60 | 1,8 | | | |
| 5 | 50 | 1,7 | | | |
| 6 | 40 | 1,9 | | | |
| 7 | 30 | 6,2 | Переходная зона | | |
| 8 | 20 | 14,9 | Зона максимальной влажности | | 15,2 |
| 9 | 10 | 15,1 | | | |
| 10 | 0 | 15,6 | | | |

### 3.1.2. Определение полной влагоемкости песков

Производится методом насыщения.

Ход работы:

1. Сухой стаканчик фиксированного объема V наполнить песком с легкой трамбовкой. После наполнения подравнять поверхность песка линейкой вровень с краями стаканчика.
2. При помощи бюретки насытить песок в стаканчике водой до появления тонкой пленки воды на поверхности песка. Количество воды, израсходованной на насыщении песка, будет соответствовать объему его пор $V_п$.

$$ï = \frac{V_ï}{V} \cdot 100\%$$

3. Рассчитать пористость по формуле:

Эта пористость численно равна величине полной влагоемкости песка $W_t$.

### 3.1.3. Определение капиллярных свойств пород

Под капиллярными свойствами пород понимают высоту и скорость капиллярного поднятия в них воды.

Скорость капиллярного поднятия зависит от размеров пор, т. е. гранулометрического состава пород, и имеет максимальные значения для крупнозернистых песков и минимальные – для суглинистых и глинистых пород. В песках быстро достигается предельная высота подъема. Для супесей и суглинков этот процесс растягивается во времени на год и более.

Высота капиллярного поднятия также зависит от гранулометрического состава пород: чем меньше поры породы, тем выше величина капиллярного поднятия.

Для песчаных пород капиллярные свойства определяются непосредственным наблюдением в трубках (рис. 3.2).

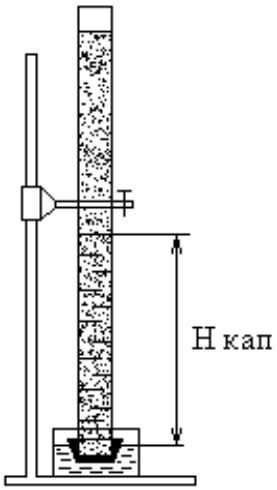



Рис. 3.2. Схема прибора для визуального изучения капиллярных свойств пород

Ход работы:

1. В стеклянную трубку диаметром 3-4 см, обвязанную с одного конца марлей, насыпать сухой песок, слегка утрамбовать его.
2. Конец трубки, укрепленной на штативе, погрузить в сосуд с водой на глубину 1-2 см и заметить время. Уровень воды в сосуде с водой должен быть постоянным.
3. Наблюдать за скоростью и высотой подъема по окраске песка.
4. Построить график изменения высоты во времени. Определить предельную высоту капиллярного поднятия.

## *3.2. Определение коэффициента фильтрации глинистых и песчаных горных пород*

### 3.2.1. Водопроницаемость горных пород

Процесс фильтрации – это механическое движение свободной воды под действием градиента напора в порах и трещинах горных пород в условиях их полного заполнения этой водой. Водопроницаемость горных пород – это способность их пропускать через себя воду.

Водопроницаемость зависит от размера сообщающихся между собой пор и трещин в горных породах и характеризуется коэффициентом фильтрации,

имеющим размерность скорости (см/с, м/с, м/сут).

Такая размерность получается из закона линейной фильтрации – закона Дарси, согласно которому количество фильтрующей воды в единицу времени прямо пропорционально коэффициенту фильтрации $К_ф$, площади фильтрации F и гидравлическому градиенту J:

$$Q = K \cdot F \cdot J \qquad (1)$$

Разделив правую и левую части этого уравнения на F, получим

$$\frac{Q}{F} = K \cdot J, \text{ где } \frac{\text{Q}}{\text{F}} = V \qquad (2)$$

Из формулы (2) следует, что коэффициент фильтрации есть скорость фильтрации при градиенте, равном единице.

$$V = \text{К при J} = 1 \qquad (3)$$

Формулой (3) определяется скоростная размерность коэффициента фильтрации горных пород.

Следует отметить, что расчетная скорость фильтрации отличается от истинной скорости движения воды в породах, так как жидкость движется не через всю площадь, а через площадь поровых и трещинных пространств.

Величина коэффициента фильтрации зависит от физических свойств горных пород (гранулометрический состав, плотность сложения и др.).

Средние значения $К_ф$ для различных горных пород приведены в таблице 3.2.

**Таблица 3.2**

Классификация пород по водопроницаемости

| Группа | $К_ф$, м/сут | Примеры пород |
|---|---|---|
| Весьма проницаемые | >100 | Крупный гравий, закарстованные сильнотрещиноватые известняки, галечник с песчаным заполнителем. |
| Хорошо проницаемые | 100 – 10 | Гравийно-галечниковые отложения, крупнозернистые пески, сильнотрещиноватые породы. |

| Группа | $К_ф$, м/сут | Примеры пород |
|---|---|---|
| Проницаемые | 10 – 1 | Пески разной зернистости, трещиноватые породы. |
| Слабопроницаемые | $1 – 10^{-1}$ | Мелко- и тонкозернистые пылеватые пески, супеси, слабо трещиноватые породы. |
| Весьма слабопроницаемые | $10^{-1}$- $10^{-3}$ | Мелкие и средние суглинки, песчаные породы. |
| Относительно водоупорные | $10^{-3}$ | Средние глины, плотные суглинки. |

В лабораторных условиях коэффициент фильтрации определяется с помощью специальных приборов на образцах естественного и нарушенного сложения.

### 3.2.2. Определение коэффициента фильтрации песчаных грунтов

Определение коэффициент фильтрации песчаных пород с помощью прибора, называющегося трубкой СпецГео, в основе работы которого лежит принцип трубки Дарси, и который дает возможность вести испытания пород при постоянном гидравлическом градиенте.

В состав трубки Спецгео входит:

1) фильтрационная трубка, состоящая из прямого цилиндра с площадью поперечного сечения 25 $см^2$ и высотой 100 мм с заостренными краями, перфорированного дна с отверстиями размером 2х2 мм и муфты с латунными сетками;
2) мерный стеклянный баллон со шкалой объемом 100 $см^3$;
3) приспособление для насыщения грунта водой и регулирования градиента напора, состоящее из подставки, подъемного винта, планки со шкалой градиентов напора от 0,1 до 1.

Последовательность определения.

1. Заполняют цилиндр испытуемым грунтом.

При испытании пород естественного сложения заостренным концом рабочего цилиндра вырезают образец грунта.

При испытании пород нарушенного сложения с высушенным до воздушно-сухого состояния грунтом проводят 2 опыта: в предельно рыхлом и предельно плотном сложении. В 1-ом случае наполнение цилиндра производится насыпанием грунта до необходимой высоты без уплотнения, во 2-ом – цилиндр наполняется слоями грунта толщиной 1-2 см с уплотнением каждого слоя трамбованием.

2. Насыщение грунта водой.

В корпус наливают воду и вращением подъемного винта поднимают подставку до упора. Устанавливают цилиндр с грунтом на подставку, медленно погружают в воду до отметки градиента напора 0,8 и оставляют его в таком положении до тех пор, пока грунт увлажнится. В процессе водонасыщения грунта поддерживают постоянный уровень воды у верхнего края корпуса. Породу водонасыщают снизу, чтобы не произошло защемление воздуха. На полное водонасыщение укажет появившаяся на поверхности грунта пленка воды.

3. После водонасыщения грунта на образец помещают латунную сетку, на цилиндр одевают муфту. Вращением винта устанавливают цилиндр с грунтом до совмещения отметки необходимого градиента напора на пленке с верхним краем крышки корпуса и доливают воду в корпус до верхнего его края.

Замеряют температуру воды, заполняют его мерный стеклянный баллон и, закрывая пальцем его отверстие, быстро опрокидывают отверстием вниз и укрепляют в муфте фильтрационной трубки так, чтоб его горлышко соприкасалось с латунной сеткой.

После установки мерного баллона в него начинают равномерно подниматься мелкие пузырьки воздуха, что указывает на начало фильтрации. Если в баллон прорываются крупные пузырьки воздуха, то его необходимо

опустить глубже, добившись появления мелких пузырьков.

Отметив уровень воды в стеклянном баллоне, заметить соответствующее этому уровню время по секундомеру. Следить за скоростью фильтрации воды.

Замеры расхода воды произвести несколько раз (не менее четырех) и вычислить среднее значение.

4. Обработка результатов. Данные опыта занести в таблицу 3.3.

**Таблица 3.3**

Журнал для определения Кф в трубке СпецГео

| № опыта | Описание породы | Площадь поперечного сечения трубки | Градиент напора | Температура воды | Объем профильтрованной воды | Время фильтрации | $К_ф$ по отдельным замерам | Средний коэффициент фильтрации |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | |

Коэффициент фильтрации $К_{10}$, м/сут, приведенный к условиям фильтрации при температуре воды 10 $^0$С, вычисляют по формуле:

$$K_{10} = \frac{864 \cdot V}{t \cdot A \cdot T \cdot J},$$

где V – объем профильтровавшейся воды при одном замере, см$^3$;

t- время фильтрации;

А – площадь поперечного сечения цилиндра с грунтом, см$^2$;

J - градиент напора;

$T=0,7+0,03T_ф$ – температурная поправка,

где $T_ф$ - фактическая температура воды при опыте;

864 – переводной коэффициент (из см/сек в м/сут).

### 3.2.3. Определение коэффициента фильтрации глинистых пород

Определение коэффициента фильтрации глинистых грунтов в лабораторных условиях производится на приборе ПФ – 1, в состав которого входят:

1) одометр, представляющий собой герметичную камеру, состоящую из перфорированного диска на дне, обоймы для заполнения испытуемым грунтом, уплотнительных колец, перфорированного штампа и крышки. В зависимости от фильтрационных свойств образцов грунта применяются обоймы 3-х типоразмеров;
2) пьезометр, представляющий собой панель, на которой смонтированы пьезотрубки разных сечений, которые соединяются с одометром посредством резиновых трубок;
3) одометр и пьезометр располагаются на единой плите, составляющей основание прибора.

Конструкции прибора должна обеспечивать герметичность всех стыков прибора, отсутствие защемленных пузырьков воздуха, подачу воды к образцу грунта сверху вниз или снизу вверх и отвод ее.

Последовательность определения.

1. Заполняют обойму выбранного размера испытуемым грунтом.

При испытании глинистых грунтов нарушенного сложения обойму заполняют грунтом до величины заданной плотности.

При испытании грунтов естественного сложения из монолита вырезают обоймой образец грунта, исключая возможные зазоры между грунтом и обоймой.

На торцы обоймы с грунтом положить смоченные водой кружки фильтрационной бумаги.

2. Надеть на обойму уплотнительные кольца, установить ее в основании

одометра на перфорированное дно, на верхний торец обоймы положить штамп, установить крышку и затянуть гайки для создания герметичности одометра.

3. Насыщение грунта водой.

Насыщение образца грунта водой производится снизу. Для этого нижний кран одометра соединяют с помощью резинового шланга с сосудом, наполняют сосуд водой и измеряют ее температуру. Сосуд с водой устанавливают выше верхнего торца пьезометра, Водонасыщение образца грунта наступает при полном заполнении части одометра водой, пузырьки воздуха через верхний кран одометра.

4. Сущность опыта состоит в установлении скорости фильтрации воды через породу по понижению уровня воды в пьезометрической трубке.

Левый пьезометр соединяют резиновым шлангом с верхним краном одометра, правый пьезометр – с нижним. Затем открывают эти краны и доводят уровень воды в правом пьезометре до отметки 0, а в левый заливают воду до отметки 35, создавая тем самым напор, под действием которого происходит фильтрация воды из пьезометрической трубки в прибор и в приборе сверху вниз через слой исследуемой породы (условия нисходящей фильтрации). Измеряют температуру воды. При достижении уровней в пьезометрах указанных отметок, записывают время начала фильтрации.

Если в пьезометре уровень воды понижается на одно деление за время более 50 с, следует переключить пьезометр на трубку меньшего сечения.

Наблюдая за изменением уровня воды в трубках, последовательно отмечают время понижения уровня в левом пьезометре по рискам шкалы, обозначенным цифрами.

Количество ступеней отметок и интервалы между ними берутся произвольно (но не менее 6 замеров).

При последнем отсчете проверяют уровни в трубках. Число делений, на которое опустился уровень в левом пьезометре, должно равняться числу

делений, на которое поднялся уровень в правом пьезометре. Это будет свидетельствовать о том, что грунт полностью насыщен, прибор герметичен и фильтрация велась правильно.

5. Обработка результатов.

Данные опыта заносятся в таблицу 3.4.

**Таблица 3.4**

Журнал для определения Кф в приборе ПФ-1

| № опыта | Описание породы | Площадь поперечного сечения пьезометра, | Площадь поперечного сечения обоймы, Ак | Высота слоя грунта, h | Температура воды, Тф | Начальная отметка уровня воды в | Замеренный уровень воды в пьезометре, | Понижение уровня в трубке, S=$H_0$-Sзам | Время понижения уровня воды, t | $\frac{S}{H_0}$ | $\varphi\left(\frac{S}{H_0}\right)$ | Коэффициент фильтрации по данным отдельных замеров | Среднее значение коэффициента фильтрации |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | |

Коэффициент фильтрации $K_{10}$, м/сут, приведенный к температуре $10^0$С, рассчитывается по формуле:

$$K_{10} = \left[\frac{\varphi\left(S/H_0\right)}{t}\right] \cdot \frac{A_П}{A_К} \cdot \frac{h}{T} \cdot 864$$

где $A_п$ - площадь поперечного сечения пьезометра, см$^2$;

$A_к$ - площадь поперечного сечения обоймы с грунтом (по внутреннему диаметру), см$^2$;

h - высота обоймы с грунтом, см;

$T=0,7+0,03T_ф$ - температурная поправка, где $T_ф$ – фактическая температура воды при опыте;

$\varphi (S/H_0)$ - функция, зависящая от наблюдаемого падения уровня и первоначальной высоты уровня $H_0$, определяется по таблице Каменского, табл. 3.5;

t - время понижения уровня воды, с;

864 переводной коэффициент (из см/сек в м/сут).

**Таблица 3.5**

Значения $S/H_0$ и $\varphi (S/H_0)$

| **$S/H_0$** | **$\varphi (S/H_0)$** | **$S/H_0$** | **$\varphi (S/H_0)$** | **$S/H_0$** | **$\varphi (S/H_0)$** |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,01 | 0,010 | 0,34 | 0,416 | 0,67 | 1,109 |
| 0,02 | 0,020 | 0,35 | 0,431 | 0,68 | 1,139 |
| 0,03 | 0,030 | 0,36 | 0,446 | 0,69 | 1,172 |
| 0,04 | 0,040 | 0,37 | 0,462 | 0,70 | 1,204 |
| 0,05 | 0,051 | 0,38 | 0,478 | 0,71 | 1,238 |
| 0,06 | 0,062 | 0,39 | 0,494 | 0,72 | 1,273 |
| 0,07 | 0,073 | 0,40 | 0,510 | 0,73 | 1,309 |
| 0,08 | 0,083 | 0,41 | 0,527 | 0,74 | 1,347 |
| 0,09 | 0,094 | 0,42 | 0,545 | 0,75 | 1,386 |
| 0,10 | 0,105 | 0,43 | 0,562 | 0,76 | 1,427 |
| 0,11 | 0,117 | 0,44 | 0,580 | 0,77 | 1,470 |
| 0,12 | 0,128 | 0,45 | 0,598 | 0,78 | 1,514 |
| 0,13 | 0,139 | 0,46 | 0,616 | 0,79 | 1,561 |
| 0,14 | 0,151 | 0,47 | 0,635 | 0,80 | 1,609 |
| 0,15 | 0,163 | 0,48 | 0,654 | 0,81 | 1,661 |
| 0,16 | 0,174 | 0,49 | 0,673 | 0,82 | 1,715 |
| 0,17 | 0,186 | 0,50 | 0,693 | 0,83 | 1,771 |
| 0,18 | 0,196 | 0,51 | 0,713 | 0,84 | 1,833 |
| 0,19 | 0,210 | 0,52 | 0,734 | 0,85 | 1,897 |
| 0,20 | 0,223 | 0,53 | 0,755 | 0,86 | 1,966 |
| 0,21 | 0,236 | 0,54 | 0,777 | 0,87 | 2,040 |
| 0,22 | 0,248 | 0,55 | 0,799 | 0,88 | 2,120 |
| 0,23 | 0,261 | 0,56 | 0,821 | 0,89 | 2,207 |
| 0,24 | 0,274 | 0,57 | 0,844 | 0,90 | 2,303 |
| 0,25 | 0,288 | 0,58 | 0,868 | 0,91 | 2,408 |
| 0,26 | 0,301 | 0,59 | 0,892 | 0,92 | 2,526 |
| 0,27 | 0,315 | 0,60 | 0,916 | 0,93 | 2,659 |
| 0,28 | 0,329 | 0,61 | 0,941 | 0,94 | 2,813 |
| 0,29 | 0,346 | 0,62 | 0,967 | 0,95 | 2,996 |
| 0,30 | 0,357 | 0,63 | 0,994 | 0,96 | 3,219 |
| 0,31 | 0,371 | 0,64 | 1,022 | 0,97 | 3,507 |
| 0,32 | 0,385 | 0,65 | 1,050 | 0,98 | 3,912 |
| 0,33 | 0,400 | 0,66 | 1,079 | 0,99 | 4,605 |

# 4. Химический состав подземных вод

Природные воды являются растворами сложного состава и разнообразной минерализации, колеблющейся в пределах от единиц миллиграммов до сотен граммов в литре.

Формирование химического состава природных вод происходит в результате выщелачивания, испарения, конденсации, ионного обмена, поглощения и выделения газов, органической жизни и продуктов ее деятельности и других физико-химических процессов взаимодействия вод с породами, почвами и газами. Растворяющая способность воды делает ее важнейшим агентом в геохимических процессах перераспределения элементов в земной коре.

В практике гидрогеологических работ исследование химического состава природных вод решает следующие задачи:

1. Изучение закономерностей формирования и распространения природных вод различного состава.
2. Исследование природных вод как поискового критерия на месторождения полезных ископаемых.
3. Оценка природных вод как химического сырья для получения йода, брома, бора, меди и др. веществ.
4. Оценка состава и свойств природных вод для питьевого, технического, сельскохозяйственного, лечебного и других видов использования.
5. Оценка загрязненности природных вод под воздействием антропогенных факторов.

С целью определения химического состава растворенных в воде веществ производят химический анализ воды.

В зависимости от задач и целей исследований полнота и характер анализа могут быть различными. В практике применяются общие, сокращенные и

специальные анализы воды, производимые в полевых и стационарных условиях.

### *4.1. Обработка результатов химического анализа подземных вод*

Ионно-солевой состав воды принято выражать в виде содержания в воде отдельных ее компонентов ионов.

Результаты химического анализа вод могут быть представлены в различных формах. Различают ионно-весовую, эквивалентную и процент-эквивалентную формы выражения химических анализов.

Ионно-весовая форма – основная форма выражения результатов анализа, представляет собой выражение ионно-солевого состава подземных вод в виде весовых количеств отдельных ионов в миллиграммах или граммах на 1 л воды, а для минерализованных вод и рассолов – на 1 кг воды.

Однако, для полной характеристики свойств воды ионная форма выражения анализа недостаточна. Поэтому наряду с ионной формой пользуются мг/экв формой выражения анализа, наиболее полно отражающей внутреннюю химическую природу входящих в состав воды веществ и ее важнейшие свойства.

Эквивалентная форма основана на том положении, что ионы в растворе реагируют между собой не в равных весовых количествах, а в эквивалентных количествах, зависящих от массы иона и их валентности. Эквивалентным весом иона называется частное от деления его ионной массы на валентность, например: эквивалент $Na^+$ равен 23/1; $Cl^-$ - 35,5/1; $Ca^{2+}$ - 40/2. Следовательно, при реакции реагируют на 1 г Na с 1 граммом $Cl^-$, а 1 эквивалент $Na^+$ с 1 эквивалентом $Cl^-$.

Для перехода от ионно-весовой формы к мг/экв–форме необходимо число миллиграммов каждого иона разделить на его эквивалентный вес, или умножить на коэффициент, представляющий величину, обратную

эквивалентному весу. В таблице 4.1. представлены пересчетные коэффициенты для наиболее распространенных в подземных водах ионов.

**Таблица 4.1**

Таблица эквивалентных масс и пересчетных коэффициентов

| Анионы А | Эквивалентная масса | Пересчетный коэффициент | Катионы К | Эквивалентная масса | Пересчетный коэффициент |
|---|---|---|---|---|---|
| $Cl^-$ | 35,457 | 0,02820 | $Na^+$ | 22,997 | 0,04348 |
| $SO_4^{2-}$ | 48,033 | 0,02082 | $K^+$ | 39,098 | 0,02558 |
| $HCO_3^-$ | 61,018 | 0,01639 | $Mg^{2+}$ | 12,160 | 0,08224 |
| $CO_3^{2-}$ | 30,005 | 0,03333 | $Ca^{2+}$ | 20,040 | 0,04990 |
| $NO_2^-$ | 46,008 | 0,02174 | $NH_4^+$ | 18,040 | 0,05543 |
| $NO_3^-$ | 62,008 | 0,01613 | $Fe^{2+}$ | 27,925 | 0,03581 |
| $PO_4^{3-}$ | 31,658 | 0,03159 | $Fe^{3+}$ | 18,617 | 0,05371 |

Если содержание какого-либо иона выражают в эквивалентной форме, то перед символом ставят знак “r” (реагирующая величина).

Согласно правилу Фрезениуса, все химические соединения, растворенные в водном растворе, реагируют между собой в эквивалентных количествах, т. е.

$$\Sigma rK = \Sigma rA$$

Практически в полном анализе, когда все ионы определены аналитически, точного совпадения цифр ввиду погрешностей анализа не бывает.

Для сопоставления химического состава природных вод различной минерализации и более ясного представления о соотношениях между ионами одной и той же воды проводится пересчет результатов анализа воды в % - эквивалентную форму.

Для вычисления %-экв принимают сумму мг·экв анионов (ΣrA), содержащихся в 1л воды за 100% и вычисляют процент содержания каждого аниона в мг·экв по отношению к этой сумме. Аналогично поступают и с катионами:

$$\%-экв_{(илиК)}A = \frac{100 \cdot rA(илиК)}{\sum rA(илиК)}$$

Результат анализа ионов, выраженный в различных формах, представляют в виде таблицы 4.2:

**Таблица 4.2**

Пример выражения результатов химического анализа воды

| Катионы | Содержание | | | Анионы | Содержание | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | мг/л | мг-экв/л | %-экв/л | | мг/л | мг-экв/л | %-экв/л |
| $Na^+$ | 78 | 3,39 | 34 | $Cl^-$ | 125 | 3,53 | 36 |
| $K^+$ | 9 | 0,23 | 2 | $SO_4^{2-}$ | 83 | 1,73 | 17 |
| $Ca^{2+}$ | 89 | 4,44 | 44 | $NO_3^-$ | 5 | 0,08 | 1 |
| $Mg^{2+}$ | 24 | 1,97 | 20 | $HCO_3^-$ | 282 | 4,62 | 46 |
| Итого pH=7,6 | 200 | 10,03 | 100 | Итого | 495 | 9,96 | 100 |

Определение общей минерализации. Для определения общей минерализации находят сумму миллиграммов всех ионов, молекул и других соединений, содержащихся в воде согласно выполненному анализу. О величине общей минерализации можно судит по сухому, или плотному остатку, полученному после выпаривания воды. Растворенные газы, летучие соединения, в том числе органические вещества, при выпаривании и высушивании улетучиваются, но могут идти процессы гидролиза и образования кристаллогидратов. Все это может приводить к значительным погрешностям в определении сухого остатка. Расхождение между экспериментальным определением сухого остатка и расчетной величиной общей минерализации не должно превышать 3 %.

Определение видов жесткости воды. Общая жесткость определяется как сумма миллиграмм-эквивалент в 1 л ионов $Ca^{2+}$ и $Mg^{2+}$, карбонатная – как величина иона $HCO_3^-$, связанного с $Ca^{2+}$ и $Mg^{2+}$. В случае, когда количество иона $HCO_3^-$ превышает суммарное содержание ионов $Ca^{2+}$ и $Mg^{2+}$, вся жесткость считается карбонатной. Постоянную жесткость воды определяют как разницу между общей и карбонатной.

### *4.2. Графическое изображение результатов химических анализов*

Формула Курлова (или формула состава воды) - прием наглядного изображения химического состава природной воды. Эта формула представляет собой псевдодробь, в числителе которой в убывающем порядке записывают процент-эквивалентное содержание анионов, в знаменателе катионов.

Перед дробью сокращенно указывают величину минерализации (М) в г/л с точностью до одного десятичного знака, и компоненты (в том числе и газы), придающие воде специфические свойства ($CO_2$, $H_2S$, Br, Y, радиоактивность и др.). Справа от дроби указывают показатели, характеризующие Eh, pH, T (ºC), при наличии данных – дебит Q скважины или источника в $м^3$/сут.

Ионы, присутствующие в количествах менее 10 %-экв/л в форму не вносят.

В наименование состава воды включаются анионы и катионы, содержание которых превышает 25 %-экв/л. Наименование состава воды дается в следующем порядке: по минерализации, по анионному, затем по катионному составу (в порядке уменьшения их величин), по специфическим компонентам, по величине pH, по температуре.

В качестве примера рассмотрим формулу состава воды для приведенного выше результата химического анализа подземных вод.

$$M0,7\ \frac{HCO_3 46 Cl 36 SO_4 17}{Ca 44 Na 34 Mg\ 20}\ pH 7,6$$

Т. е. вода хлоридно-гидрокарбонатная натриево-кальциевая пресная, слабощелочная.

Существуют графические способы выражения химического состава природных вод, которые позволяют на небольшой по размерам схеме показать результаты сотен анализов. Рассмотрим 2 из них: метод треугольных координат и график–квадрат Толстихина.

*Метод треугольных координат (графики-треугольники Фере)*. Применение равносторонних треугольников для отображения химического состава природных вод основано на общеизвестном их свойстве: общая длина перпендикуляров, восстановленная из любой точки равностороннего треугольника на его стороны, является величиной постоянной, т. е. перпендикуляры из каждой точки треугольника могут служить координатами (рис. 4.1).

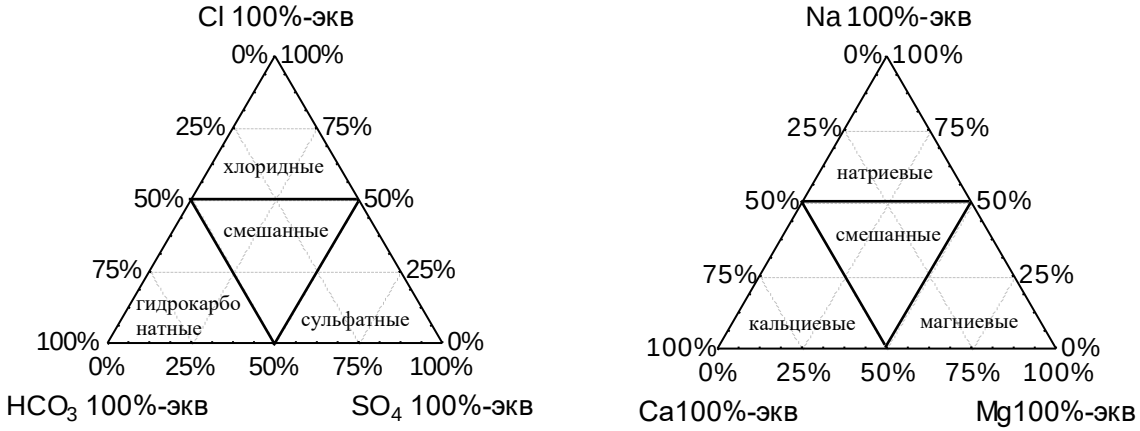



Рис. 4.1. Графическая систематизация химических анализов подземных вод по треугольникам Фере

Графики-треугольники Фере составляются отдельно для катионов и анионов, содержание которых дается в %-экв/л. В вершинах треугольников содержание ионов составляет 100 %-экв/л. Каждая сторона треугольника делится на 10 равных частей по 10 %-экв. Положение анализов определяется пересечением 3-х линий, параллельных основаниям треугольника.

Группировка анализов в вершинах треугольников указывает на преобладание в водах соответствующих ионов; в средней части располагаются смешанные по составу воды. Графики-треугольники дают возможность определения соотношений каждого иона, но сопоставление анализов затрудняется разобщенным изображением анионов и катионов.

*График-квадрат Н. И. Толстихина*. График-квадрат представляет собой квадрат, каждая сторона которого разделена на 10 равных частей – по 10 %-экв.

По горизонтальным сторонам квадрата наносят количество катионов (%-экв), по вертикальным – количество анионов. На левой стороне квадрата сверху вниз откладывается эквивалентное содержание сумы ионов $Cl^-+SO_4^{2-}$; на правой - соответственно, снизу вверх $HCO_3^-$; на верхней стороне слева направо - $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ и тяжелые металлы (Me), внизу - $Na^++K^+$. Положение анализа на квадрате отмечается точкой и определяется пересечением 2-х осей координат (рис. 4.2).

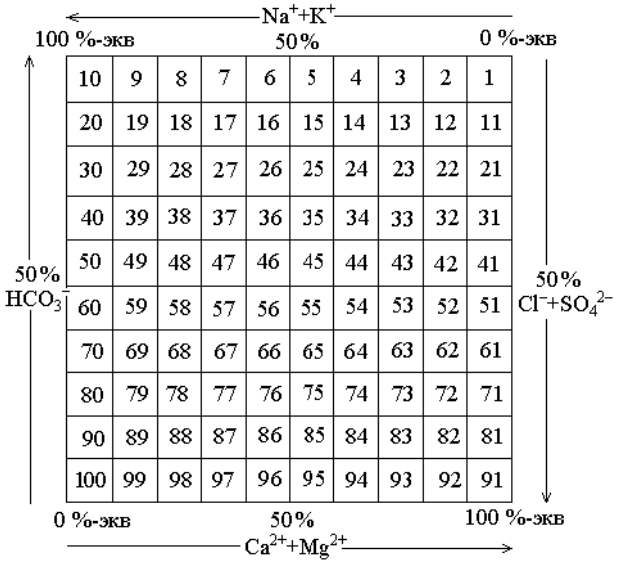



Рис. 4.2. Графическая систематизация химических анализов подземных вод по квадрату Н. И. Толстихина

Группировка анализов в вершинах квадрата указывает на преобладание химического состава воды: если точка находится в верхнем правом углу квадрата, вода, как правило, имеет гидрокарбонатный магниево-кальциевый состав; если в левом верхнем углу – гидрокарбонатный натриевый. В левом нижнем углу сосредоточены преимущественно хлоридные и сульфатные натриевые воды, а в правом нижнем – хлоридно-сульфатные магниево-кальциевые, в центре – смешанные по составу воды.

Недостатком использования графиков-квадратов является суммарное изображение ионов $Cl^-$ и $SO_4^{2}$, $Ca^{2+}$ и $Mg^{2+}$.

Задание. Обработать химический анализ подземный воды, приведенный в таблице 4.3.

**Таблица 4.3**

Результаты химических анализов воды

| № п.п. | Водопункт | Температура воды, $^0C$ | pH | Своб. $CO_2$, мг/л | Сухой ост., мг/л | Анионы, мг/л | | | | Катионы, мг/л | | | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | $CO_3^{2-}$ | $HCO_3^-$ | $SO_4^{2-}$ | $Cl^-$ | $Na^+ + K^+$ | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | |
| 1. | Скважина 1 | 8 | 7,2 | 0,8 | 298 | - | 115,9 | 107,4 | 8,9 | 12,9 | 52,1 | 15,2 | $NO_3$ –1.4 мг/л |
| 2. | Скважина 2 | 7 | 7,7 | 15,0 | 328 | - | 158,6 | 118,8 | 5,3 | 16,0 | 66,1 | 14,6 | |
| 3. | Скважина 3 | 6 | 7,1 | 49,5 | 278 | - | 134,2 | 71,1 | 7,1 | 8,5 | 50,1 | 12,1 | $Fe_{общ}$ - 0,2 мг/л |
| 4. | Шахтный водоотлив | 15 | 7,8 | 21,0 | 3394 | 348,1 | 2041,0 | 4,1 | 585,0 | 1364,0 | 9,0 | 23,1 | $NO_3$ -3,3 мг/л<br>$Fe_{общ}$ – 0,2 мг/л |
| 5. | Скважина 4 | 5 | 8,5 | 57,0 | 468 | 3,0 | 94,6 | 258,4 | 5,3 | 19,1 | 73,2 | 32,8 | $NO_2$ – 0,02 мг/л<br>$NO_3$ – 0,2 мг/л |
| 6. | Скважина 5 | 7 | 7,3 | 1,6 | 798 | - | 405,7 | 261,2 | 24,8 | 170,1 | 50,1 | 36,4 | $NO_3$ – 7,0 мг/л |
| 7. | Шахтный водоотлив | 10 | 7,6 | 33,3 | 1062 | 42,0 | 610,2 | 174,4 | 120,6 | 300,7 | 23,1 | 52,3 | $NO_3$ –7,5 мг/л |
| 8. | Скважина 6 | 8 | 7,7 | 88,0 | 211 | - | 58,0 | 93,4 | 10,6 | 9,4 | 30,1 | 15,8 | $NO_3$ – 0,9 мг/л |
| 9. | Шахтный водоотлив | 13 | 7,3 | 12,4 | 3184 | 9,0 | 485,1 | 1564,7 | 280,1 | 465,3 | 244,5 | 198,2 | $NO_3$ – 1,8 мг/л<br>$NO_2$ – 1,2 мг/л |
| 10. | Скважина 7 | 10 | 7,7 | 43,7 | 688 | 12,0 | 201,3 | 179,7 | 152,4 | 104,8 | 70,1 | 44,9 | $NO_3$ – 0,9 мг/л |
| 11. | Шахтный водоотлив | 12 | 7,6 | 31,5 | 3164 | 24,0 | 521,7 | 811,8 | 921,8 | 826,5 | 86,2 | 149,6 | $NO_3$ – 0,5 мг/л |
| 12. | Скважина 8 | 9 | 7,1 | 8,8 | 390 | - | 67,1 | 206,1 | 7,1 | 14,9 | 62,1 | 21,8 | $NO_3$ – 1,2 мг/л<br>$NH_4$ –1,2 мг/л |
| 13. | Скважина 9 | 9 | 7,1 | 19,2 | 332 | - | 259,3 | 68,8 | 7,5 | 16,3 | 70,1 | 20,6 | $NO_3$ –1,8 мг/л<br>Fe –0,9 мг/л |

Продолжение табл. 4.3

| № п.п. | Водопункт | Температура воды, $^0C$ | pH | Своб. $CO_2$, мг/л | Сухой ост., мг/л | Анионы, мг/л | | | | Катионы, мг/л | | | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | $CO_3^{2-}$ | $HCO_3^-$ | $SO_4^{2-}$ | $Cl^-$ | $Na^+ + K^+$ | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | |
| 14. | Шахта | 14 | 7,7 | 10,5 | 2078 | 66,0 | 744,4 | 161,7 | 657,8 | 703,0 | 28,1 | 53,5 | $NO_3$ – 4,0 мг/л |
| 15. | Скважина 10 | 10 | 8,3 | 22,4 | 328 | 6,0 | 137,3 | 115,6 | 7,1 | 11,3 | 66,1 | 15,2 | |
| 16. | Скважина 11 | 8 | 7,9 | 38,9 | 447 | - | 94,6 | 245,7 | 7,1 | 9,4 | 75,2 | 31,6 | $NO_3$ – 1,2 мг/л<br>$NH_4$ – 2,0 мг/л |
| 17. | Скважина 12 | 7 | 8,1 | 71,8 | 489 | - | 85,4 | 256,0 | 12,4 | 27,1 | 80,2 | 27,3 | $NO_3$ -22,5 мг/л<br>Fe –5,7 мг/л |
| 18. | Скважина 13 | 8 | 8,0 | 13,3 | 304 | - | 125,1 | 104,1 | 14,2 | 29,9 | 56,1 | 7,9 | $NO_3$ – 8,0 мг/л |
| 19. | Шахта | 13 | 7,3 | 46,0 | 1056 | - | 317,2 | 385,4 | 145,3 | 159,3 | 116,2 | 55,3 | $NO_3$ – 1,2 мг/л |
| 20. | Шахта | 14 | 7,4 | 11,0 | 1250 | - | 283,7 | 503,6 | 138,2 | 143,4 | 134,2 | 74,1 | $NO_3$ –0,5 мг/л |
| 21. | Скважина 14 | 9 | 7,5 | 78,5 | 438 | - | 140,3 | 216,3 | 10,6 | 18,6 | 86,1 | 24,3 | |
| 22. | Шахта | 13 | 7,9 | 28,0 | 1842 | - | - | 291,8 | 850,9 | 537,3 | 58,1 | 45,0 | $NH_4$ –0,7 мг/л<br>Fe –2,0 мг/л |
| 23. | Скважина 15 | 10 | 6,4 | 21,1 | 617 | - | 30,5 | 393,4 | 7,1 | 19,8 | 78,2 | 49,8 | $NO_3$ – 1,5 мг/л<br>$NH_4$ – 1,0 мг/л<br>Fe – 1,7 мг/л |
| 24. | Скважина 16 | 8 | 7,1 | 36,5 | 295 | - | 36,6 | 141,1 | 26,6 | 18,8 | 47,1 | 15,2 | $NO_3$ – 8,0 мг/л |
| 25. | Скважина 17 | 9 | 7,6 | 15,4 | 367 | - | 244,0 | 1,0 | 9,0 | 46,3 | 35,3 | 6,0 | |

## *4.3. Оценка качества питьевых вод*

При оценке подземных вод для питьевого водоснабжения пользуются следующими нормативными документами: ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая», СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

Согласно этим документам, питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства.

Безопасность воды в эпидемическом отношении определяют ее соответствием нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям, представленным в таблице 4.4.

**Таблица 4.4**

Микробиологические и паразитологические показатели качества воды

| Показатели | Единицы измерения | Нормативы |
|---|---|---|
| Термотолерантные колиформные бактерии (ТТКБ) | число бактерий в 100 мл | отсутствие |
| Общие колиформные бактерии (ОКБ) | число бактерий в 100 мл | -”- |
| Общее микробное число (ОМЧ) | число образующих колоний бактерий в 1 мл | не более 50 |
| Колифаги | число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл | отсутствие |
| Споры сульфитредуцирующих клостридий | число спор в 20 мл | отсутствие |
| Цисты лямблий | число цист в 50 л | отсутствие |

Безвредность питьевой воды по химическому составу определяется ее соответствием нормативам по:

- обобщенным показателям и содержанию вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах на территории Российской Федерации, а также веществ антропогенного происхождения, получивших глобальное распространение (таблица 4.5);

- содержанию вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения (таблица 4.6);
- содержанию вредных химических веществ, поступающих в источники водоснабжения в результате хозяйственной деятельности человека (приложение 2 СанПиНа 2.1.1074-01).

**Таблица 4.5**

Обобщенные показатели и содержания вредных химических веществ в природных водах

| Показатели | Ед. изм. | Нормативы (предельно-допустимые концентрации (ПДК), не более | Показатель вредности* | Класс опасности |
|---|---|---|---|---|
| Обобщенные показатели | | | | |
| Водородный показатель | Ед. pH | в пределах 6-9 | | |
| Общая минерализация (сухой остаток) | мг/л | 1000 (1500)** | | |
| Жесткость общая | мг-экв/л | 7,0 (10)** | | |
| Окисляемость перманганатная | мг/л | 5,0 | | |
| Нефтепродукты, суммарно | мг/л | 0,1 | | |
| Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные | мг/л | 0,5 | | |
| Фенольный индекс | мг/л | 0,25 | | |
| Неорганические вещества | | | | |
| Алюминий ($Al^{3+}$) | мг/л | 0,5 | с.-т. | 2 |
| Барий ($Ba^{2+}$) | -“- | 0.1 | -“- | 2 |
| Бериллий ($Be^{2+}$) | -“- | 0,0002 | -“- | 1 |
| Бор (B, суммарно) | -“- | 0,5 | -“- | 2 |
| Железо (Fe, суммарно) | -“- | 0,3 (1,0)** | орг. | 3 |
| Кадмий (Cd суммарно) | -“- | 0,001 | с.-т. | 2 |
| Марганец (Mn, суммарно) | -“- | 0,1 (0,5)** | орг. | 3 |
| Медь (Cu, суммарно) | -“- | 1,0 | -“- | 3 |
| Молибден (Mo, суммарно) | -“- | 0,25 | с.-т. | 2 |
| Мышьяк (As, суммарно) | -“- | 0,05 | -“- | 2 |
| Никель (Ni, суммарно) | -“- | 0,1 | -“- | 3 |
| Нитраты (по $NO_3^-$) | -“- | 45,0 | -“- | 3 |
| Ртуть (Hg, суммарно) | -“- | 0,0005 | -“- | 1 |
| Свинец (Pb, суммарно) | -“- | 0,03 | -“- | 2 |
| Селен (Se, суммарно) | -“- | 0,01 | -“- | 2 |

Продолжение табл. 4.5.

| Показатели | Ед. изм. | Нормативы (предельно-допустимые концентрации (ПДК), не более | Показатель вредности* | Класс опасности |
|---|---|---|---|---|
| Стронций ($Sr^{2+}$) | -“- | 7,0 | -“- | 2 |
| Сульфаты ($SO_4^{2-}$) | -“- | 500 | орг. | 4 |
| для климатических районов | | | | |
| - I и II | -“- | 1,5 | с.-т. | 2 |
| - III | -“- | 1,2 | -“- | 2 |
| Хлориды ($Cl^-$) | -“- | 350 | орг. | 4 |
| Хром ($Cr^{6+}$) | -“- | 0,05 | с.-т. | 3 |
| Цианиды ($CN^n$) | -“- | 0,035 | -“- | 2 |
| Цинк ($Zn^{2+}$) | -“- | 5.0 | орг. | 3 |
| Органические вещества*** | | | | |
| γ-ГХЦГ (линдан) | -“- | 0,002 | с.-т. | 1 |
| ДДТ (сумма изомеров) | -“- | 0,002 | -“- | 2 |
| 2,4-Д | -“- | 0,03 | -“- | 2 |

Примечание: * - *лимитирующий признак вредности вещества, по которому установлен норматив: «с.-т.» - санитарно-токсикологический, «орг.» - органолептический;* ** - *величина, указанная в скобках, может быть установлено по постановлению главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки;* *** - *нормативы приняты в соответствии с рекомендациями ВОЗ.*

**Таблица 4.6**

Содержание вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения

| Показатели | Ед. изм. | Нормативы (предельно-допустимые концентрации (ПДК), не более | Показатель вредности | Класс опасности |
|---|---|---|---|---|
| Хлор | | | | |
| - остаточный свободный | мг/л | в пределах 0,3-0,5 | орг. | 3 |
| - остаточный связанный | -“- | в пределах 0,8-1,2 | -“- | 3 |
| Хлороформ (при хлорировании воды) | -“- | 0,2 | с.-т. | 2 |
| Озон остаточный | -“- | 0,3 | орг. | |
| Формальдегид (при озонировании воды) | -“- | 0,05 | с.-т. | 2 |
| Полиакриламид | -“- | 2,0 | -“- | 2 |
| Активированная кремнекислота (по Si) | -“- | 10 | -“- | 2 |
| Полифосфаты (по $PO_4^{3-}$) | -“- | 3,5 | орг. | 3 |
| Остаточные количества алюминий- и железосодержащих коагулянтов | -“- | см. показатели «Алюминий» и «Железо» таблицы 4.5 | | |

При обнаружении в питьевой воде нескольких химических веществ, относящихся к 1 и 2 классам опасности и нормируемых по санитарно-токсикологическому признаку вредности, сумма отношений обнаруженных концентраций каждого из них в воде к величине его ПДК не должна быть больше 1. Расчет ведется по формуле:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + .... + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1$$

Благоприятные органолептические свойства воды определяются ее соответствием нормативам, указанным в таблице 4.7, а также нормативам содержания веществ, оказывающих влияние на органолептические свойства воды, приведенным в табл. 4.5 и 4.6 и в Приложении 2 СанПиН 2.1.4.1074-01.

**Таблица 4.7**

Нормируемые значения показателей органолептических свойств воды

| Показатели | Единицы измерения | Норматив, не более |
|---|---|---|
| Запах | баллы | 2 |
| Привкус | -“- | 2 |
| Цветность | градусы | 20 (35)* |
| мутность | ЕМФ (единицы мутности по формазину) или<br>мг/л (по каолину) | 2,6 (3,5)*<br><br>1,5 (2,0)* |

Примечание: * - *величина, указанная в скобках, может быть установлена по постановлению главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной систему водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки.*

Не допускается присутствие в питьевой воде различимых невооруженным глазом водных организмов и поверхностной пленки.

Радиационная безопасность питьевой воды определяется ее соответствием нормативам по показателям общей $\alpha$ и $\beta$-активности, представленным в таблице 4.8.

**Таблица 4.8**

Нормируемые показатели общей α и β-активности питьевой воды

| Показатели | Единицы измерения | Нормативы | Показатель вредности |
|---|---|---|---|
| Общая α-активность | Бк/л | 0,1 | радиац. |
| Общая β-активность | Бк/л | 1,0 | - « - |

## *4.4. Определение агрессивности природных вод*

Подземные воды определенного состава могут оказывать разрушительное воздействие на различные строительные материалы, в том числе на бетонные сооружения и железные конструкции. Эта разрушительная способность воды получила название агрессивности. Различают следующие виды агрессивности воды: 1) углекислотная; 2) выщелачивающая; 3) общекислотная; 4) сульфатная; 5) магнезиальная; 6) кислородная.

1. **Углекислотная агрессивность** – состоит в разрушении бетона в результате растворения $CaCO_3$ под действием агрессивность углекислоты ($CO_2$) и может быть выражена уравнением:

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \leftrightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^-$$

Этот процесс обратим и до конца не доходит, т. к. часть угольной кислоты остается после реакции в свободном состоянии. Это количество кислоты называется *равновесной углекислотой.* Та часть свободной углекислоты, которая вступает в реакцию с $CaCO_3$ и переводит его в раствор, называется *агрессивной углекислотой.*

Если содержание свободной углекислоты в воде окажется меньше, чем необходимо для равновесия, то из воды будет выделяться $CaCO_3$, который тонкой коркой будет покрывать поверхность бетонной конструкции, защищая его от разрушения.

Если же содержание свободной углекислоты будет больше, чем необходимо для равновесия, то при соприкосновении такой воды с $CaCO_3$

бетона будет происходить его растворение до тех пор, пока не наступит равновесие.

Таким образом, вода будет проявлять углекислотную агрессивность тогда, когда содержание в ней свободной углекислоты будет больше, чем необходимо для равновесия с твердым углекислым кальцием.

2. **Выщелачивающая агрессивность** – происходит за счет выщелачивания (растворения) карбоната кальция, вымывания из бетона гидрата окиси кальция.

Если вода, соприкасающаяся с карбонатом кальция, который тонкой коркой покрывает бетонные конструкции, имеет незначительную жесткость, тогда $CaCO_3$ начинает переходить в раствор и защитная корка разрушается, причем этот процесс можно представить в виде равновесия:

$$CaCO_{3\ воды} \leftrightarrow CaCO_{3\ бетона.}$$

Если концентрация карбоната кальция в воде будет незначительная, то часть карбоната кальция бетона переходит в раствор через гидрокарбонатную стадию – $Ca(HCO_3)_2$. Поэтому выщелачивающая агрессивность воды оценивается гидрокарбонатной щелочностью, выражаемой количеством иона $HCO_3$.

3**. Общекислотная агрессивность** воды объясняется повышенной концентрацией ионов водорода, выражаемой величиной pH.

4. **Сульфатная агрессивность** имеет место при большом содержании ионов $SO_4^{2-}$, в результате чего, в случае проникновения воды в тело бетона, при кристаллизации образуются соли, образование которых сопровождается резким увеличением объема ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$, соль Деваля и др.), производящие вспучивание и разрушение бетона.

5. **Магнезиальная агрессивность** возникает при высоких содержаниях иона $Mg^{2-}$, предельно допустимое количество которого колеблется в зависимости от содержания $SO_4$.

6. **Кислородная агрессивность** вызывается содержащимся в воде растворенным кислородом и проявляется преимущественно по отношению к металлическим конструкциям, и в частности, к водопроводным трубам, в которых кислород образует ржавчину. Процесс окисления происходит по следующей схеме:

$$2Fe + O_2 \rightarrow 2FeO; \quad 4FeO + O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3;$$

$$Fe_2O_3 + 3H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3;$$

При совместном присутствии кислорода с углекислотой агрессивное действие первого повышается.

Степень агрессивности воздействия жидких неорганических сред на конструкции из бетона и железобетона приведены в табл. 4.9, 4.10 и 4.11.

Оценка степени агрессивного воздействия сред, указанных в таблице 4.9, дана по отношению к бетону на любом из цементов, отвечающих требованиям ГОСТ 10178-76 и ГОСТ 22266-76.

Степень агрессивного воздействия сред, указанных в таблицах 4.9 и 4.10, следует снижать на одну ступень для бетона массивных малоармированных конструкций (толщина свыше 0,5 м, процент армирования до 0,5).

Степень агрессивного воздействия сред, указанных в таблицах 4.9, 4.10 и 4.11, приведена для сооружений при величине напора жидкости до 0,1 МПа (1 атм).

**Таблица 4.9**

Степень агрессивности воздействия жидких неорганических сред по отношению к различным маркам бетона

| Показатель агрессивности | Показатель агрессивности жидкой среды (1) для сооружений, расположенных в грунтах с Кф свыше 0,1 м/сут, в открытом водоеме и для напорных сооружений при марке бетона по водопроницаемости: | | | Степень агрессивного воздействия жидкой неорганической среды на бетон |
|---|---|---|---|---|
| | W4 | W6 | W8 | |
| Бикарбонатная щелочность, мг-экв/л * | Св. 0 до 1,05 | - | - | Слабоагрессивная |
| Водородный показатель pH ** | Св. 5,0 до 6,5<br>Св. 4,0 до 5,0<br>Св. 0,0 до 4,0 | Св. 4,0 до 5,0<br>Св. 3,5 до 4,0<br>Св. 0,0 до 3,5 | Св. 3,5 до 4,0<br>Св. 3,0 до 3,5<br>Св. 0,0 до 3,0 | Слабоагрессивная<br>Среднеагрессивная<br>Сильноагрессивная |
| Содержание агрессивной углекислоты, мг/л | Св. 10 до 40<br>Св. 40 *** | Св. 40 ***<br>- | -<br>- | Слабоагрессивная<br>Среднеагрессивная |
| Содержание магнезиальных солей, мг/л, в пересчете на ион Mg | Св. 1000 до 2000<br>Св. 2000 до 3000<br>Св. 3000 | Св. 2000 до 3000<br>Св. 3000 до 4000<br>Св. 4000 | Св. 3000 до 4000<br>Св. 4000 до 5000<br>Св. 5000 | Слабоагрессивная<br>Среднеагрессивная<br>Сильноагрессивная |
| Содержание аммонийных солей, мг/л, в пересчете на ион $NH_4$ | Св. 100 до 500<br>Св. 500 до 800<br>Св. 800 | Св. 500 до 800<br>Св. 800 до 1000<br>Св. 1000 | Св. 800 до 1000<br>Св. 1000 до 1500<br>Св. 1500 | Слабоагрессивная<br>Среднеагрессивная<br>Сильноагрессивная |
| Содержание едких щелочей, мг/л, в пересчете на ионы Na и K | Св. 50000 до 60000<br>Св. 60000 до 80000<br>Св. 80000 | Св. 60000 до 80000<br>Св. 80000 до 100000<br>Св. 100000 | Св. 80000 до 100000<br>Св. 100000 до 150000<br>Св. 150000 | Слабоагрессивная<br>Среднеагрессивная<br>Сильноагрессивная |
| Суммарное содержание хлоридов, сульфатов, нитратов и др. солей, мг/л, при наличии испаряющих поверхностей | Св. 10000 до 20000<br>Св. 20000 до 50000<br>Св. 50000 | Св. 20000 до 50000<br>Св. 50000 до 60000<br>Св. 60000 | Св. 50000 до 60000<br>Св. 60000 до 70000<br>Св. 70000 | Слабоагрессивная<br>Среднеагрессивная<br>Сильноагрессивная |

Примечание: *при оценке степени агрессивного воздействия среды в условиях эксплуатации сооружений, расположенных в слабофильтрующих грунтах с Кф менее 0,1 м/сут, значения показателей данной таблицы должны быть умножены на 1,3.*

** При любом значении бикарбонатной щелочности среда не агрессивна по отношению к бетону с маркой по водонепроницаемости W6 и более, а также W 4 при коэффициенте фильтрации грунта ниже 0,1 м/сут. ** Оценка агрессивности воздействия среды по водородному показателю pH не распространяется на растворы органических кислот высоких концентраций и углекислоту. *** При превышении значений показателя агрессивности, указанных в таблице 5, степень агрессивного воздействия среды по данному показателю не возрастает.*

**Таблица 4.10**

Степень агрессивности воздействия жидких неорганических сред по отношению к бетону на любом типе цемента

| Цемент | Показатель агрессивности жидкой среды (1) с содержанием сульфатов в пересчете на ионы $SO_4$, мг/л, для сооружений, расположенных в грунтах с Кф свыше 0,1 м/сут, в открытом водоеме и для напорных сооружений при содержании ионов $HCO_3$, мг/экв/л | | | Степень агрессивного воздействия жидкой неорганической среды на бетон марки по водонепроницаемости W4 |
|---|---|---|---|---|
| | Св. 0 до 0,3 | Св. 3,0 до 6,0 | Св. 6,0 | |
| Портландцемент по ГОСТ 10178-76 | Св. 1000 до 2000<br>Св. 2000 до 3000<br>Св. 3000 | Св. 1000 до 2000<br>Св. 2000 до 3000<br>Св. 3000 | Св. 1000 до 2000<br>Св. 2000 до 3000<br>Св. 3000 | Слабоагрессивная<br>Среднеагрессивная<br>Сильноагрессивная |
| Портландцемент по ГОСТ 10178-76 с содержанием в клинкере C3S не более 65 %, C3A не более 7 %, C3A+C4AF не более 22 % и шлакопортландцемент | Св. 1000 до 2000<br>Св. 2000 до 3000<br>Св. 3000 | Св. 1000 до 2000<br>Св. 2000 до 3000<br>Св. 3000 | Св. 1000 до 2000<br>Св. 2000 до 3000<br>Св. 3000 | Слабоагрессивная<br>Среднеагрессивная<br>Сильноагрессивная |
| Сульфатостойкие цементы по ГОСТ 22266-76 | Св. 1000 до 2000<br>Св. 2000 до 3000<br>Св. 3000 | Св. 1000 до 2000<br>Св. 2000 до 3000<br>Св. 3000 | Св. 1000 до 2000<br>Св. 2000 до 3000<br>Св. 3000 | Слабоагрессивная<br>Среднеагрессивная<br>Сильноагрессивная |

*Примечание При оценке степени агрессивного воздействия среды в условиях эксплуатации сооружений, расположенных в слабо фильтрующих грунтах с Кф менее 0,1 м/сут, значения показателей данной таблицы должны быть умножены на 1,3.* При оценке степени агрессивного воздействия на бетон марки по водонепроницаемости W6 показатели следует умножать на 1,3, для бетона марки по водонепроницаемости W8 – на 1,7.*

**Таблица 4.11**

Степень агрессивности воздействия жидких неорганических сред на железобетонные конструкции

| Содержание хлоридов в пересчете на Cl, мг/л | Степень агрессивного воздействия жидкой неорганической среды на арматуру железобетонных конструкций | |
|---|---|---|
| | при постоянном погружении | при периодическом смачивании |
| До 500<br>Св. 500 до 5000<br>Св. 5000 | Неагрессивная<br>“<br>Слабоагрессивная | Слабоагрессивная<br>Среднеагрессивная<br>Сильноагрессивная |

*Примечание: 1. Понятие периодического смачивания охватывает зоны переменного горизонта жидкой среды и капиллярного подсоса. 2. При одновременном содержании в жидкой среде хлоридов и сульфатов количество сульфатов пересчитывается на содержание хлоридов умножением на 0,25 и суммируется с содержанием хлоридов.3. Коррозионная стойкость конструкций, подвергающихся действию морской воды средней и сильной степени агрессивности, должна обеспечиваться первичной защитой.*

## *4.5. Обобщенные показатели качества подземных вод*

### 4.5.1. Цветность

Подземные воды обычно бесцветны. Окраску от слабо-желтой до бурой придают гуминовые и фульвокислоты, а также их растворимые соли, в первую очередь, гуматы и фульваты окисного железа. Зеленоватую или красноватую окраску имеют воды, обогащенные соответствующими микроорганизмами, например, водорослями, зеленовато-голубую – закисным железом или сероводородом. Цветность незагрязненных природных вод обусловлена, главным образом, присутствием гумусовых веществ и комплексных соединений трехвалентного железа. Различают «истинный» цвет, обусловленный только растворимыми веществами и «кажущийся» цвет, вызванный присутствием в воде не только растворенных, но и взвешенных частиц. В связи с этим цвет обычно определяют в фильтрованной пробе воды. Определение цветности производится через 2-3 часа после отбора пробы, поскольку при длительном стоянии окраска воды изменяется в результате микробиологических процессов.

Цветность воды обычно определяют визуально или сравнением с искусственными стандартными растворами хлоритината калия и хлорида кобальта или заменяющим его стандартным раствором бихромита калия и сульфата кобальта.

Количественное определение цветности воды основано на сравнении (при просмотре на белом фоне) цвета анализируемой воды со стандартной окраской, создаваемой в растворе. Результаты выражают в градусах цветности. Градус цветности соответствует окраске раствора, содержащего 0,1 мг Pt в 1 мл. Определение производят с помощью шкалы стандартов и колориметрическим титрованием.

При совпадении окрасок цветность воды определяется градусом данного стандартного раствора шкалы. При промежуточной окраске воды (между 2-мя

стандартными растворами шкалы) находят величину цветности воды интерполяцией. Следует избегать переливания стандартного раствора шкалы из одной пробирки в другую.

Определение цветности производят в прозрачной воде. Если вода непрозрачна, ее фильтруют. Для этого берут стеклянную воронку, устанавливают ее в стакан с помощью стеклянного держателя, в воронку кладут фильтр из фильтровальной бумаги, который перед тем, как наливать фильтруемый раствор, слегка смачивают дистиллированной водой. Фильтр следует укладывать в воронку таким образом, чтобы край его не доходил до края воронки на 3-5 мм. После этого осторожно, не взмучивая осадок, сливают на фильтр отстоявшуюся жидкость. Удобнее всего это делать при помощи стеклянной палочки. Прозрачный раствор наливают в пробирку до метки, ставят на белую бумагу и, глядя сверху, определяют цветность воды. Цветность воды характеризуется следующим образом: бесцветная, зеленоватая, желтая, бурая и т. п. Количественное определение цветности воды производят путем сравнения (при просмотре на белом фоне) исследуемой воды, налитой в пробирку из бесцветного стекла со стандартным раствором, налитым в такую же по форме и размерам пробирку. На пробирке указаны градусы цветности, соответствующие различной концентрации стандартного раствора.

Задание:

1. Визуально определить цветность: бесцветная, зеленоватая, желтая и т. п.
2. Количественно определить цветность воды в градусах.

### 4.5.2. Прозрачность

Прозрачность или светопропускание воды обусловлена ее цветом и мутностью, т. е. содержанием в ней различных окрашенных и взвешенных органических и минеральных веществ. Мерой прозрачности служит высота столба воды, при котором можно наблюдать опускаемую в водоем белую

пластину определенных размеров или различать на белой бумаге шрифт определенного размера и типа. Измерение прозрачности с помощью шрифта проводят в лабораторных условиях. Результаты указывают в сантиметрах, отмечая способ измерений.

Ориентировочное определение прозрачности производят в пробирке или стеклянном цилиндре, в котором налито 10 мл исследуемой воды.

В зависимости от степени прозрачности условно различают воды: прозрачные, слабоопалесцирующие, опалесцирующие, слегка мутные, мутные, сильно мутные.

Исследуемую воду перед определением хорошо взбалтывают и наливают в цилиндр. Затем ставят цилиндр неподвижно. Добавляя или отливая воду из цилиндра, находят предельную высоту столба воды, при которой возможно чтение шрифта. Определение производят в хорошо освещенном помещении на расстоянии 1 м от окна, не на прямом свету. Прозрачность воды выражают в сантиметрах высоты столба с точностью до 0,5 см.

Задание:

1. Определить степень прозрачности воды.
2. Количественно определить прозрачность воды.

### 4.5.3. Плотность

Учет плотности воды необходим при расчетах загрязнения подземных вод. При миграции в водоносном горизонте растворов, плотность которых заметно отличается от плотности пластовой воды (например, минерализованные стоки), происходит гравитационная дифференциация. Чаще всего загрязненные воды имеют повышенную плотность. Плотность воды определяется ее минерализацией. Плотность дистиллированной воды равна единице.

Пикнометр, хорошо вымытый дистиллированной водой, а затем

сполоснутый спиртом, высушивают в термостате, охлаждают в эксикаторе и взвешивают на точных аналитических весах. Затем пикнометр наполняют дистиллированной водой несколько выше метки и выдерживают 20-25 мин. в стакане с водой, температура которой должна быть постоянной. Образовавшиеся на стенках пикнометра пузырьки воздуха удаляют осторожным встряхиванием, после чего, не вынимая пикнометра из стакана с водой, доводят воду в пикнометре до метки. Отбирая избыток ее жгутиками из фильтровальной бумаги.

Пикнометр вынимают из стакана, закрывают пробкой, тщательно обтирают снаружи фильтровальной бумагой, помещают в футляр весов и через 20 мин. взвешивают. Этот же пикнометр после удаления из него дистиллированной воды спаласкивают несколько раз испытуемой водой и наполняют ею при той же температуре, при которой его наполняли дистиллированной водой. Затем выполняют все описанные выше операции для установления веса исследуемой воды.

Расчет удельного веса исследуемой воды производится по формуле

$$\frac{(P_1 - P) + A \cdot \gamma}{(P_2 - P) + A \cdot \gamma}$$

где $P_1$ – исследуемая вода;

$P_2$ – дистиллированная вода;

P - вес пустого пикнометра;

A - объем пикнометра;

$\gamma$ - 0,0012.

Удельный вес дает возможность судить о примерной минерализации воды по справочной таблице 4.12.

**Таблица 4.12**

Зависимость между предельным весом воды и ее примерной минерализацией

| Уд. вес при 15°С | Примерная минерализация, г/100 г | Уд. вес при 15°С | Примерная минерализация, г/100 г | Уд. вес при 15°С | Примерная минерализация, г/100 г |
|---|---|---|---|---|---|
| 1,001 | 0,2 | 1,037 | 5,2 | 1,091 | 12,0 |
| 1,002 | 0,4 | 1,040 | 5,5 | 1,095 | 12,5 |
| 1,003 | 0,6 | 1,042 | 5,7 | 1,099 | 13,0 |
| 1,005 | 0,8 | 1,043 | 6,0 | 1,107 | 14,0 |
| 1,007 | 1,0 | 1,046 | 6,2 | 1,116 | 15,0 |
| 1,008 | 1,2 | 1,048 | 6,4 | 1,125 | 16,0 |
| 1,010 | 1,5 | 1,049 | 6,6 | 1,134 | 17,0 |
| 1,012 | 1,7 | 1,051 | 7,0 | 1,143 | 18,0 |
| 1,014 | 2,0 | 1,053 | 7,2 | 1,152 | 19,0 |
| 1,016 | 2,2 | 1,055 | 7,4 | 1,161 | 20,0 |
| 1,018 | 2,5 | 1,056 | 7,6 | 1,170 | 21,0 |
| 1,020 | 2,7 | 1,058 | 7,8 | 1,180 | 22,0 |
| 1,021 | 3,0 | 1,059 | 8,0 | 1,190 | 23,0 |
| 1,023 | 3,2 | 1,063 | 8,5 | 1,200 | 24,0 |
| 1,025 | 3,5 | 1,067 | 9,0 | 1,210 | 25,0 |
| 1,027 | 3,7 | 1,071 | 9,5 | 1,220 | 26,0 |
| 1,029 | 4,0 | 1,074 | 10,0 | 1,230 | 27,0 |
| 1,030 | 4,2 | 1,079 | 10,5 | 1,241 | 28,0 |
| 1,032 | 4,5 | 1,083 | 11,0 | 1,252 | 29,0 |
| 1,033 | 4,7 | 1,087 | 11,5 | 1,262 | 30,0 |
| 1,036 | 5,0 | | | | |

Задание:

1. Определить плотность растворов воды.
2. Определить минерализацию воды по плотности.

### 4.5.4. Водородный показатель

Водный показатель (pH) дает представление об общем щелочно-кислотном состоянии воды и является одной из ее важнейших интегральных характеристик и значение этого явления для химии природных вод трудно переоценить. От щелочно-кислотного состояния воды зависят многие гидрогеологические процессы: осаждение, растворение, миграционная способность, характер микрофлоры и т. д.

Водный показатель представляет собой десятичный логарифм

концентрации водородных ионов, взятый с обратным знаком:

$$pH = - \lg [H^+].$$

Эта величина позволяет судить о формах нахождения в природных водах слабых кислот: угольной, кремневой, сероводородной, а также дает возможность судить о насыщенности воды слабыми основаниями и служит для контроля аналитических определений.

Вода диссоциирует по уравнению:

$$H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-.$$

На основании закона действия масс состояние равновесия реакции диссоциации воды может быть выражено уравнением:

$$K = \frac{[H^+] \cdot [OH^-]}{[H_2O]},$$

где К - константа диссоциации воды, зависящая от температуры;

$[H^+]$ - концентрация ионов водорода;

$[OH^-]$ – концентрация ионов гидроксила;

$[H_2O]$ – концентрация ионов недиссоциированных ионов воды.

Под концентрацией водородных и гидроксильных ионов понимается содержание грамм-молей $H^+$ или $OH^-$ в одном литре раствора. Если реакция водного раствора нейтральна, то концентрация водородных и гидроксильных ионов одинакова и равна $10^{-7}$ моль/дм$^3$, т. е. для нейтральной среды pH = 7,0.

При большей концентрации водородных ионов, т. е. при pH < 7, вода будет иметь кислую реакцию и соответственно при меньшей – щелочную (pH > 7).

Обычные величины pH составляют: для грунтовых вод – 6,4 - 7,5; для артезианских – 7,3 - 8,5. Питьевая вода должна иметь pH в пределах 6,0 - 9,0.

Более низкое значение pH 5,0 - 5,5 могут иметь ультрапресные подземные воды, высокоминерализованные и некоторые углекислые минеральные воды. Еще более низкое значение pH 4,0 - 4,5 наблюдается иногда у болотных

вод. Сильно кислыми свойствами pH 1 - 4 обладают только шахтные (рудничные) воды, кислотность которых обусловлена наличием свободной серной кислоты, образующейся в результате окисления сульфидных рудных месторождений и природной серы.

Щелочной характер (pH до 9) могут иметь воды открытых пресных водоемов в летний период (в результате потребления $CO_2$ водной растительностью при фотосинтезе), еще более высокое значение pH 9 - 10 встречается в содовых озерах и в водах некоторых термальных источников.

На величину pH природной воды также оказывает влияние различные кислоты и щелочи, которые могут попасть в водоем вместе с промышленными сточными водами.

Определение pH производится либо колориметрическим, либо электрометрическим методами. Каждый из методов имеет свои достоинства. Электрометрический более точен. Он позволяет производить измерение с погрешностью 0,05-0,02 единицы pH. При использовании стеклянного электрода в качестве индикаторного на определение не оказывает существенного влияния присутствие в исследуемой воде измеренных количеств окрашенных и взвешенных веществ. Колориметрические методы менее точны, погрешность их составляет 0,1 единицы pH, но они более просты и не требуют специальной аппаратуры.

Электрометрический метод основан на измерении разности потенциалов, возникающих на границах между внешней поверхностью стеклянной мембраны электрода иономера ЭН-12 и исследуемым раствором, с одной стороны, и внутренней поверхностью мембраны и стандартным раствором кислоты – с другой. Так как внутренний стандартный раствор стеклянного электрода имеет постоянную активность ионов водорода, потенциал на внутренней поверхности мембраны не изменяется и измеряется разность потенциалов, определяемая потенциалом, возникающим на границе внешней поверхности электрода и

исследуемого раствора.

Измерения производят относительно потенциала другого электрода, называемого электродом сравнения. В качестве последнего выбирают такой электрод, потенциал которого практически не зависит от активности ионов водорода, например, в нашем случае, хлорсеребряный электрод. Если стеклянный электрод загрязнен и потенциал его поэтому устанавливается медленно, его необходимо вымыть раствором моющего средства с помощью мягкого ватного тампона и затем несколько раз ополоснуть дистиллированной водой.

На результаты измерений, особенно при анализе загрязненных вод могут оказывать влияние  такие вещества, как жиры, минеральные масла, смолы и другие, которые,  оседая на поверхности электрода, загрязняют ее. При работе с такими водами электроды необходимо промывать диэтиловым эфиром, раствором какого-либо моющего средства и после этого несколько раз дистиллированной водой.

Методика эксперимента.

Включают pH-метр и после прогрева и установки «электрического нуля» проверяют и корректируют его шкалу по 2-3-м буферным растворам.

После проверки и коррекции шкалы прибора, исследуемую воду наливают в стакан и измеряют pH следующим образом: в стакан с исследуемой водой помещают стеклянный электрод (так, чтобы раствор покрывал шарик стеклянного электрода) и хлорсеребряный. Последний устанавливают так, чтобы нижний его конец был ниже шарика стеклянного электрода и предохранял его от механических повреждений. В стакан также помещают термокомпенсатор. К измерению pH приступают убедившись, что на поверхности шарика стеклянного электрода нет пузырьков воздуха. Измерив величину pH исследуемого раствора, записывают его значение и, спустя 2-3 мин, повторяют измерение. Если оба значения pH совпадают, то потенциал

электрода считают установившимся. Затем аналогичные операции проводят со 2-м, 3-м и т. д. растворами, предварительно 2-3 раза ополоснув электроды и термометр дистиллированной водой и сняв капли ее кусочками чистой фильтровальной бумаги. Стакан обычно используют другой (чистый) или тот же, тщательно вымыв его дистиллированной водой и ополоснув небольшим количеством нового раствора. Измерения повторяют 2-3 раза с интервалами 2-3 мин.

Задание:

Определить pH талой и питьевой воды, а также сточных вод электрометрическим методом. Результаты занести в таблицу.

### 4.5.5. Окислительно-восстановительный потенциал

В процессах разрушения оруденений, переноса природными водами отдельных элементов и солей, осаждения их с образованием вторичных скоплений существенную, а иногда и решающую роль играют физико-химические условия природной среды. Оценка этих условий очень важна для познания миграционных процессов как при геохимических исследованиях, так и при поисковых и разведочных работах.

Одним из важных факторов, определяющих физико-химические условия среды, является ее окислительно-восстановительное состояние, которое обусловлено наличием в природных водах соединений с переменной валентностью. Источником этих соединений служат минеральные соли, газы и некоторые органические вещества. Совокупность разновалентных ионов и нейтральных молекул одного и того же элемента является отдельной окислительно-восстановительной системой. Совместное существование таких систем в природных водах приводит к установлению некоторого подвижного равновесного состояния, которое и обусловливает окислительно-восстановительное состояние воды. Количественно оно измеряется в вольтах

или милливольтах и носит название окислительно-восстановительного потенциала (Eh).

Величина окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) позволяет судить о состоянии каждой окислительно-восстановительной системы в природной воде.

Сведения о состоянии среды важны потому, что вещества, находящиеся в разных формах валентности, обладают разными физико-химическими свойствами, а следовательно, миграционными способностями.

При гидрохимических исследованиях очень важно уметь определять ОВП и оценить условия, благоприятствующие проявлению высшей и низшей валентности отдельных систем.

ОВП каждой системы зависит от свойства составляющего эту систему элемента, от соотношения концентрации ионов этого элемента, находящихся в окислительной и восстановительной форме, от температуры раствора и от значения pH.

ОВП определяется по уравнению Нернста:

$$Eh = Eh^0 + \frac{0.0001983 \cdot T}{n} \cdot \lg \frac{a_{îêèñ}}{à_{âîññò}}$$

где Eh$^o$ – нормальный окислительно-восстановительный потенциал;

n - число электронов, участвующих в реакции;

T - абсолютная температура системы;

$a_{окис.}$ и $a_{восст.}$ – термодинамические активности окисленной и восстановленной форм.

Для t = 25$^o$C уравнение Нернста имеет следующий вид:

$$Eh = Eh^0 + \frac{0,059}{n} \cdot \lg \frac{a_{îêèñ}}{à_{âîññò}}$$

Например, для системы $Fe^{3+} + \bar{e} \leftrightarrow Fe^{2+}$, $Eh^o = +0,771$ (справочное значение):

$$Eh = 0,771 + 0,059 \cdot \lg \frac{a_{Fe^{3+}}}{\grave{a}_{Fe^{2+}}}$$

Основными потенциалзадающими системами подземных вод являются системы кислорода, серы, в меньшей степени железа, азота, органических веществ.

Например, кислород, входя в состав воды, образует окислительно-восстановительную систему, которая в зависимости от pH может быть выражена уравнениями:

$$O_2 + 4H^+ + 4\bar{e} \leftrightarrow 2H_2O$$

$$O_2 + 2H_2O + 4\bar{e} \leftrightarrow 4OH^-$$

Значение Eh при содержаниях $O_2$ выше 7 мг/л находятся в пределах от +350 до +700 мВ. При меньших содержаниях $O_2$ Eh быстро снижается, оставаясь все же положительным.

Сера занимает особое положение в геохимических процессах и обладает способностью менять валентность от $S^{2-}$ до $S^{6+}$ образуют ряд промежуточных форм. В природных условиях сера устойчива; в восстановительной форме – $S^{2-}$, HS-, $H_2S$; в молекулярной форме – $S_2$; в окисленной форме – $SO_4^{2-}$

В природных водах обратимой потенциалзадающей системой часто является $S_{mb} + 2\bar{e} \leftrightarrow S^{2-}$ (в зависимости от значения pH среды ионы $S^{2-}$ подвергаются гидролизу с образованием $HS^-$ и $H_2S$).

Наличие сероводорода выше 5-10 мг/л указывает на низкий (ниже – 100 мВ) ОВП.

Железо является наиболее распространенным элементом в породах и природных водах. Поэтому система $Fe^{3+} + \bar{e} \leftrightarrow Fe^{2+}$ является важной потенциалзадающей системой и ОВП зависит от значения pH среды, резко

снижаясь при повышении pH. Железо (десятки мг/л) при pH > 5 находится в водах в виде двухвалентного иона, что свидетельствует о восстановительных условиях.

Органические вещества – их роль как потенциалзадающих веществ очень велика. Многие из органических веществ в природных водах обладают восстановительными свойствами.

Значение ОВП подземных вод изменяется в широком диапазоне от +0,7 до –0,3 В. Поверхностные и грунтовые воды – от +0,15 до +0,7 В. Подземные воды глубоких частей артезианских бассейнов – от 0 до –0,5 В; от –0,6 до –0,7 в сильнощелочных рассолах в гипсах. Величины ОВП обычно уменьшаются с глубиной, но в некоторых условиях (участки разгрузки, болота) отрицательные значения ОВП наблюдаются и на дневной поверхности.

Большое распространение получили Eh – pH диаграммы, которые позволяют судить о возможных равновесиях и миграционных формах (рис. 4.3).

Экспериментальное определение абсолютного потенциала системы представляет пока невыполнимую задачу, но поскольку всякой химической реакции соответствует всегда разность потенциалов 2-х систем, то значение абсолютных значений потенциалов не требуется. Условно принимают потенциал одной системы равным нулю и используют эту систему в качестве стандартной для выражения потенциалов отдельных систем. Поэтому всегда измеряют разность потенциалов. Стандартом служит реакция $H_2 = 2H^+ + 2\bar{e}$. Окислительный потенциал этой реакции при $a_{н+}$ и $p_{н2}$, равный единице, условно принимают равным нулю. Соответственно, электродом сравнения, потенциал которого принимают равным нулю, является электродный водород (платина в растворе кислоты, насыщенной водородом при активности ионов $H^+$, равной единице и давлении водорода 0,1 МПа). Но для удобства работы в качестве электрода сравнения может быть использован любой другой электрод, потенциал которого по отношению к водородному электроду известен.

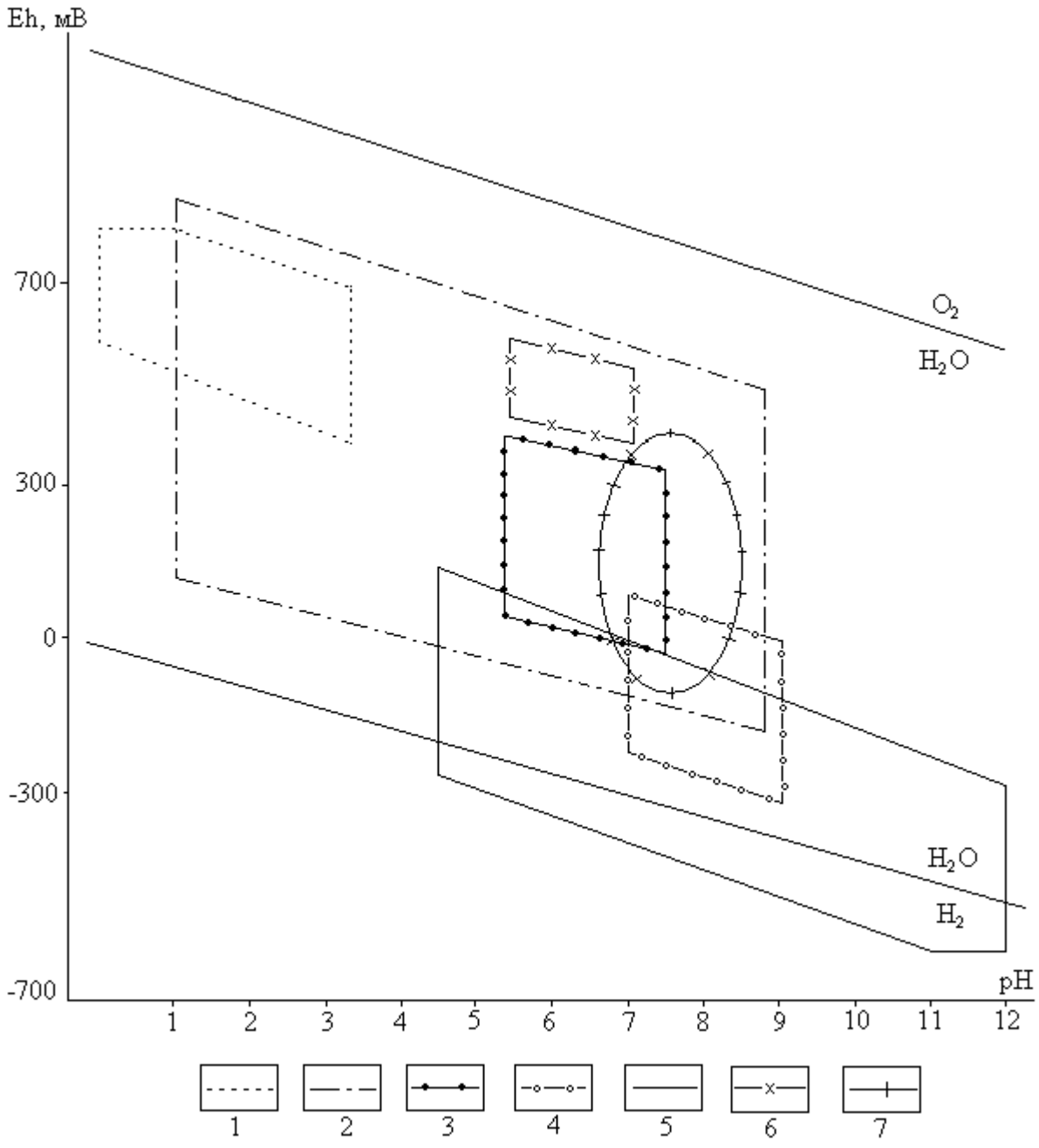



Рис. 4.3. Положение различных типов природных вод на Eh – pH диаграмме

Подземные воды: 1 – кислые термальные, районов современного магнетизма; 2 – грунтовые, в том числе воды зон окисления (pH < 4) и цементации (pH > 6) сульфидных месторождений; 3, 4 – минеральные (3 – углекислые, 4 – азотные термальные); 5 – рассолы артезианских бассейнов, атмосферные; 6 – дождевые. Поверхностные воды: 7 – морские, океанические.

В практике гидрохимических исследований обычно применяют хлорсеребряный электрод. При использовании этого электрода к разности потенциалов добавляют потенциал при 20°С, равный +200 мВ. Поэтому Eh реальных подземных вод равен эдс, возникающей в системе (показания индикаторного электрода), плюс 200 мВ.

В качестве индикаторных электродов употребляют платиновые или платинированные электроды, представляющие собой тонкий слой платины на какой-либо инертной поверхности (стекло, кварц, фарфор).

Воспроизводимые результаты определения Eh подземных вод при наличии в этих водах обратимых систем веществ с переменной валентностью при их содержании более $1 \cdot 10^{-6}$ моль/л.

Техника измерения окислительно-восстановительного потенциала на приборе ЭН-12 не отличается от измерения pH среды.

Задание:

Измерить окислительно-восстановительный потенциал растворов. По графику (рис. 4.3) определить тип исследуемой воды.

## 5. Построение и анализ карт гидроизогипс

Грунтовые воды - подземные воды первого от поверхности постоянно существующего водоносного горизонта, залегающего на первом выдержанном водоупорном пласте.

Форма поверхности грунтовых вод определяется водопроницаемостью пород, условиями питания водоносного горизонта, конфигурацией берегов рек, к которым стекают грунтовые воды, понижением водоупора, мощностью водоносного пласта и т. д.

О форме их поверхности можно судить по карте изогипс.

**Гидроизогипсами** называют линии, соединяющие точки одинаковой абсолютной высоты поверхности грунтовых вод, или иначе - это линии - горизонтали зеркала грунтовых вод.

Для построения карты изогипс пользуются данными замеров глубин залегания уровней грунтовых вод в скважинах, шурфах, колодцах, горных выработках, отметками источников, сведениями водомерных постов на поверхностных водоемах.

Так как уровень грунтовых вод постоянно изменяется под влиянием различных природных и искусственных факторов, все данные, используемые при построении карт изогипс, должны быть взяты на одну дату, т. е. получены по одновременным замерам всех точек наблюдения, поэтому карты изогипс всегда датируются.

Карты изогипс составляют в масштабах от 1:10000 до 1:200000 в зависимости от характера и стадии гидрогеологических исследований. Сечение гидроизогипс выбирают в зависимости от принятого масштаба карты, пустоты пунктов наблюдений за уровнем грунтовых вод, уклона их поверхности. Обычно берут сечения 0,5, 1, 2, 5 и более м.

Глубина залегания грунтовых вод в каждой точке замера пересчитывается на абсолютные или относительные отметки:

$$H_в = H_з - h,$$

где $H_в$ - абсолютная отметка уровня грунтовых вод;

$H_з$ - абсолютная отметка поверхности земли;

h - глубина залегания подземных вод.

Вычисленные отметки уровня грунтовых вод наносятся на топографическую основу и методом интерполяции строят изогипсы.

Наиболее удобно интерполировать отметки по способу треугольников: все точки, по которым производятся замеры, соединяют линиями, образующими треугольники. При интерполяции этим методом должны

соблюдаться следующие правила:

Линии, образующие треугольники, необходимо проводить так, чтобы длинная сторона была перпендикулярна к направлению падения потока.

Нельзя интерполировать точки, расположенные по разные стороны поверхностных водотоков и водоемов. При наличии таких водотоков определять отметки урезов рек по водомерным постам и использовать их при интерполяции как точки выхода грунтовых вод на урезе реки (предварительно должен быть проанализирован характер дренирования грунтовых вод).

Не следует проводить интерполяцию между грунтами скважин, расположенных далеко друг от друга. Лучше проводить интерполяцию для каждой группы скважин отдельно, иначе можно исказить действительную форму поверхности грунтового потока.

При интерполяции удобно пользоваться палеткой на кальке в виде масштабной сетки, состоящей из системы параллельных линий, проведенных на расстоянии 2 - 5 мм. С помощью масштабной сетки пропорционально делят отрезки, соединяющие точки, отметки уровня которых подлежат интерполяции. После интерполяции соединяют точки с одинаковыми отметками; эти кривые и будут гидроизогипсами.

Необходимо отметить, что грунтовый поток обычно разбивается реками и поверхностными водоемами на отдельные, более мелкие потоки. Поэтому не следует интерполировать точки, расположенные по разные стороны поверхностных водотоков и водоемов. При наличии таких водотоков необходимо определять отметки урезов рек по водомерным постам и использовать их при интерполяции как точки выхода грунтовых вод на урезе реки.

Кроме карт гидроизогипс для целей проектирования и строительства могут составляться карты глубин залегания поверхности грунтовых вод, или карты гидроизобат. **Гидроизобатами** называют линии, соединяющие точки с

одинаковыми глубинами залегания грунтовых вод. Карты гидроизобат, так же как и гидроизогипс, строят методом интерполяции глубин залегания уровня грунтовых вод.

Чаще всего для решения различных практических задач, карты гидроизогипс и гидроизобат составляют на одной и той же топографической основе.

Анализ карт гидроизогипс позволяют составить краткую гидрогеохимическую характеристику участка. По карте гидроизогипс можно определить:

- Направление движения грунтовых вод на заданном участке.
- Глубину залегания грунтовых вод в любой точке или на любом участке.
- Уклон грунтового потока.
- Характер взаимосвязи грунтовых вод с поверхностными.
- Условия питания и разгрузки подземных вод.

Направление движения грунтовых вод определяется по нормам к 2-м смежным гидроизогипсам. Движение воды направлено от более высоких отметок уровня к более низким.

Глубину залегания грунтовых вод в любом заданном пункте определяют по разности отметок горизонтами рельефа и гидроизогипсы.

Уклон потока подземных вод (J) определяется для любого заданного участка карты делением сечения карты гидроизогипс на кратчайшие расстояния между двумя гидроизогипсами, взятые в масштабе карты:

$$J = \frac{H_1 - H_2}{L}$$

где $H_1$ и $H_2$ – отметки уровня грунтовых вод в двух точках;

L – расстояние между этими точками в масштабе карты.

Для определения уклона грунтового потока выбирается участка с

наиболее равномерным и прямолинейным распределением гидроизогипс.

Связь грунтовых вод с поверхностными определяется по характеру сопряжения гидроизогипс с водоемами; если грунтовый поток направлен к реке, то он дренируется ею, если потоку грунтовых вод направлен от реки – река дренируется грунтовыми водами.

По соотношению и характеру изменения гидроизогипс могут быть выделены водоразделы подземных вод, участки их питания и разгрузки.

Участки замкнутых гидроизогипс с высокими отметками указывают на положение водоразделов грунтовых вод, где условия питания наиболее благоприятны.

Зоны с нулевой глубиной до воды указывают на участки выхода подземных вод на поверхность земли.

Задание. Построить карту гидроизогипс на топографической основе заданного масштаба, используя данные таблицы 5.1.

Абсолютная отметка горизонта реки (по водомерному посту) = 22,0 м. Уклон реки на всем участке равномерный J=0,0004 (0,4 м на 1 км).

Необходимо:

1. Пользуясь приведенными данными по буровым скважинам, шурфам, колодцам, источникам и водомерному посту на реке – провести на карте гидроизогипсы через 1 м.
2. Определить направление движения подземных вод, показать его стрелками на карте, на характерных участках определить гидравлический уклон потока.
3. Определить по карте, на какой глубине можно встретить подземные воды, выделить зоны с различной глубиной (до 1 м, 1-3 м, 3-6 м, 6 м).
4. Охарактеризовать условия питания и разгрузки подземных вод.
5. Определить характер взаимосвязи реки и подземных вод, выявить влияние оврагов на поверхность подземных вод.

**Таблица 5.1**

Данные для построения карты гидроизогипс

| № на карте | Пункт замера | Абсолютная отметка земли в метрах | Глубина от поверхности земли, м |
|---|---|---|---|
| 1 | Буровая скважина | 35,0 | 5,2 |
| 2 | -“- | 27,5 | 1,5 |
| 3 | Шурф | 23,9 | 1,0 |
| 4 | Буровая скважина | 27,0 | 2,2 |
| 5 | Шурф | 25,2 | 1,2 |
| 6 | Буровая скважина | 31,1 | 4,8 |
| 7 | -“- | 32,3 | 4,7 |
| 8 | -“- | 34,9 | 5,5 |
| 9 | -“- | 32,5 | 6,2 |
| 10 | -“- | 26,0 | 2,0 |
| 11 | Колодец | 23,5 | 1,0 |
| 12 | Буровая скважина | 34,0 | 5,0 |
| 13 | -“- | 37,0 | 6,5 |
| 14 | -“- | 35,1 | 6,3 |
| 15 | -“- | 31,2 | 5,0 |
| 16 | Шурф | 21,8 | 0,8 |
| 17 | -“- | 21,7 | 0,8 |
| 18 | Буровая скважина | 34,7 | 6,5 |
| 19 | -“- | 31,8 | 5,4 |
| 20 | -“- | 28,0 | 3,2 |
| 21 | Шурф | 20,1 | 1,0 |
| 22 | Буровая скважина | 29,5 | 3,5 |
| 23 | -“- | 25,4 | 1,4 |
| 24 | Колодец | 21,9 | 0,4 |
| 25 | -“- | 21,2 | 1,1 |
| 26 | Шурф | 18,9 | 0,2 |
| 27 | Колодец | 21,2 | 0,7 |
| 28 | Шурф | 23,8 | 1,6 |
| 29 | -“- | 26,4 | 2,2 |
| 30 | Буровая скважина | 33,0 | 5,2 |
| 31 | -“- | 34,9 | 6,2 |
| 32 | Источник | 24,0 | - |
| 33 | Источник в обрыве реки | 25,5 | - |
| 34 | Источник | 26,0 | - |
| 35 | Буровая скважина | 25,8 | 0,9 |
| 36 | -“- | 24,0 | 0,3 |

## 6. Построение и анализ карт гидроизопьез

Подземные воды, залегающие между двумя водоупорами и обладающие напором, называют *артезианскими.* Они заполняют водоносный пласт на всю его мощность. При вскрытии таких водоносных пластов буровыми скважинами уровень воды в них поднимается выше кровли водоносного пласта. Этот уровень называется *напорным* или *пьезометрическим.* Иногда уровень воды в скважинах, вскрывших водоносный пласт, поднимается выше поверхности земли, и вода из них изливается на поверхность.

Распределение пьезометрических уровней на площади распространения артезианских вод определяется соотношением их отметок в области питания и разгрузки. Пьезометрическая поверхность не является реальной поверхностью воды, пьезометрический уровень устанавливается только в скважинах, вскрывших артезианский водоносный пласт. На тех участках, где отсутствуют скважины, пьезометрический уровень можно установить по картам гидроизопьез.

**Гидроизопьезами** (пьезоизогипсами) называются линии, соединяющие точки с одинаковыми абсолютными отметками пьезометрического уровня. Совокупность таких линий образует *карту гидроизопьз*. Изопьезы являются линиями напоров, а линии, проведенные перпендикулярно к ним, показывают направление движение потока и называются *линиями токов*. *Избыточный напор ΔНизб* – это высота столба воды над кровлей пласта, характеризующая дополнительный (по отношению к атмосферным условиям) напор, под которым находятся подземные воды в данном водоносном горизонте. Определяется он как разность отметок кровли и пьезометрической поверхности. Аналогичное содержание имеет понятие избыточное пластовое давление.

Для построения карт гидроизопьез необходимо располагать данными о глубине залегания пьезометрического уровня в скважинах, колодцах и других

горных выработках, необходимо иметь абсолютные отметки их устьев. Кроме водопунктов, расположенных в зоне напора артезианских вод, необходимо использовать отметки источников, урезов рек, расположенных в областях питания и разгрузки артезианских вод и имеющих гидравлическую связь с подземными водами. По имеющимся водопунктам вычисляются абсолютные отметки пьезометрического уровня, и методом интерполяции строят карты гидроизопьез.

Карты гидроизопьез строят в масштабах от 1:25000 до 1:200000 в зависимости от характера и стадии гидрогеологических исследований. Сечение гидроизопьез выбирают в зависимости от принятого масштаба карты, густоты пунктов наблюдений за уровнем подземных вод, уклона их поверхности. Обычно берут сечения 0,5, 1, 2, 5 и более м. Карты гидроизопьез могут совмещаться с картами изолиний кровли и подошвы водоносного пласта.

При построении карт гидроизопьез необходимо учитывать некоторые особенности, связанные с условиями залегания артезианских вод. Водоносные горизонты артезианских вод изолированы сверху от влияния метеорологических факторов толщей водоупорных пород, поэтому пьезометрические уровни не испытывают заметных колебаний во времени. Следовательно, при построении карт гидроизопьез можно использовать разновременные замеры уровней воды по водопунктам. Артезианские воды не имеют обычно прямой гидравлической связи с водами поверхностных водотоков и водоемов, поэтому возможно интерполировать между собой точки, расположенные на разных склонах речных долин и оврагов.

Карта гидроизопьез отражает форму пьезометрической поверхности артезианских вод, поэтому по такой карте можно определить важные гидрогеологические показатели водоносного пласта и охарактеризовать основные особенности его строения.

Форма пьезометрической поверхности во многом определяется

водопроницаемостью пород и мощностью водоносного пласта.

Теоретически в однородных по водопроницаемости пластах постоянной мощности пьезометрическая поверхность должна иметь вид плоскости (в сечении – прямая линия), а гидроизопьезы – вид прямых, расположенных друг от друга на одинаковом расстоянии. В действительности, вследствие фильтрации воды через кровлю и подошву пласта и проявления упругих сил в воде и в водоносной породе, пьезометрическая поверхность имеет изогнутый вид. По сгущению и разряжению гидроизопьез судят об изменении мощности водоносного горизонта или водопроницаемости пород. Если водопроницаемость пород увеличивается вниз по потоку, пьезометрическая поверхность выполаживается – гидроизопьезы разреживаются. При уменьшении водопроницаемости пьезометрическая поверхность становится круче, а гидроизопьезы сгущаются. Если мощность водоносного пласта увеличивается по потоку, пьезометрическая кривая выполаживается, а при уменьшении мощности она становится круче.

По карте гироизогипс можно судить о связи напорных вод поверхностными водоемами и водотоками. Если русло реки врезано в водоносный горизонт, связь осуществляется непосредственно: напорные воды стекают в реку. Гидроизопьезы вблизи реки изменяют свою форму, «упираясь» в реку, в пьезометрической поверхности образуется понижение – депрессия. При затрудненной гидравлической связи напорного водоносного пласта пьезометрическая поверхность вблизи реки имеет слабо изогнутый вид. Отметки гидроизопьез значительно выше отметок уровня воды в реке и пересекают ее.

По карте гидроизопьез можно также решить и другие вопросы:

1) определить направление движения подземных вод на заданном участке, вычислить уклон пьезометрической поверхности;
2) выяснить глубину до воды или отметку уровня воды в любой

заданной точке; определить для любой точки высоту напора воды над кровлей водоносного пласта;

3) выделить участки, где отметки пьезометрического уровня превышают отметки поверхности земли, где возможен самоизлив;
4) определить области питания, напора и разгрузки горизонта напорных вод.

Задание. Построить карту гидроизопьез окского и каширского водоносных горизонтов на топографической основе, используя данные таблиц 7.4 и 7.5.

Карты гидроизопьез должны сопровождаться гидрогеологическими разрезами, построенными по данным бурения скважин. На разрезах показывают стратиграфические границы, литологический состав пород, отметки пьезометрического уровня, высоту напора и другие данные.

## 7. Построение и анализ гидрогеологических разрезов

Гидрогеологические разрезы – широко применяемая форма графической обработки и обобщения информации, разрезы характеризуют гидрогеологические условия территории в вертикальном разрезе.

Гидрогеологические разрезы характеризуют условия залегания и приуроченность подземных вод к различным горным породам, их связь с поверхностными водами, положение уровня подземных вод.

Построение разрезов выполняется в следующей последовательности:

1) выбирается наиболее информативный участок, где линия разреза пересекает различные геоморфологические элементы, зоны разломов, долины рек;
2) выбирается горизонтальный и вертикальный масштабы разреза. Горизонтальный масштаб должен соответствовать масштабу карты,

вертикальный масштаб должен обеспечить четкое изображение условий залегания и взаимосвязи водоносных горизонтов и комплексов, рек и т. п.;

3) строится гипсометрический профиль, на котором вертикальными линиями показывается местоположение скважин, отметки их устья и забоя, показывается рельеф поверхности земли. По данным бурения строят геолого-литологические колонки, проводят геологические и литологические границы пород, зоны разломов. Наносят положение уровня подземных вод по замерам в скважинах, колодцах, шурфах, источниках и др. На основании гидрогеологических данных выделяют водоносные горизонты и комплексы, разделяющие их водоупоры, указывают интервалы опробования, количественные показатели изученных свойств.

Для построения разреза необходимы топографическая карта, геологический и геоморфологический профили по выбранному направлению, геолого-литологические колонки скважин, шурфов и других выработок, находящихся на линии разреза или вблизи него, результаты наблюдений за уровнем подземных вод в скважинах, колодцах и др. выработках, результаты наблюдений на гидрометрических постах, специализированные исследования в скважинах и т. п.

Гидрогеологические разрезы анализируют в следующем порядке:

1. Устанавливают водоносные горизонты, условия их залегания, состав пород и данные об уровнях подземных и поверхностных вод.
2. Определяют мощность водоносного пласта как разность отметок его кровли и подошвы, величину напора над кровлей как разность отметок между пьезометрическим уровнем и кровлей пласта. Зоны, где поверхность земли располагается ниже пьезометрической кривой, выделяют как участки возможного самоизлива. Глубина

безнапорных подземных вод определяется как разность отметок поверхности земли и уровня подземных вод, мощность - разностью отметок зеркала подземных вод и водоупорной подошвой водоносного пласта; определяют мощность и строение зоны аэрации, устанавливают наличие относительно водоупорных прослоев в зоне аэрации, т. к. на них может формироваться верховодка, возможно создание и зон местного напора.

3. Характеризуют условия движения подземных вод; направление, уклон потока на разных участках.
4. Выделяют вид, условия питания и разгрузки подземных вод, местоположение областей питания и разгрузки.
5. Устанавливают характер и интенсивность взаимосвязи между водоносными горизонтами из литолого-фациального анализа разреза и соотношений напоров смежных водоносных горизонтов, характера изменения этих соотношений по разрезу.

Задание. Построить гидрогеологические разрезы по карте гидроизогипс и гидроизопьез, используя данные таблиц 7.1 – 7.5.

**Таблица 7.1**

Данные бурения, необходимые для построения гидрогеологического разреза по линии I- I по карте гидроизогипс

| № слоя (сверху вниз) | Мощность слоя, м | Геолог. индекс | Литологическая характеристика пород | Глубина выработки, м |
|---|---|---|---|---|
| | | | скважина 18 | 20 |
| 1 | 4,8 | $Q_{IV}$ | суглинок делювиальный, водонепроницаемый | |
| 2 | 14,0 | $Q_{IV}$ | песок аллювиальный, разнозернистый | |
| 3 | 1,2 | $Q_{III}$ | глина плотная | |
| | | | скважина 19 | 18 |
| 1 | 2,4 | $Q_{IV}$ | суглинок делювиальный, водонепроницаемый | |
| 2 | 12,6 | $Q_{IV}$ | песок аллювиальный, разнозернистый | |
| 3 | 3,0 | $Q_{III}$ | глина плотная | |
| | | | скважина 20 | 15 |
| 1 | 1,3 | $Q_{IV}$ | суглинок делювиальный, водонепроницаемый | |
| 2 | 9,6 | $Q_{IV}$ | песок аллювиальный, разнозернистый | |
| 3 | 4,1 | $Q_{III}$ | глина плотная | |
| | | | колодец 27 | 3 |
| 1 | 3,0 | $Q_{IV}$ | песок аллювиальный, разнозернистый | |
| | | | шурф 28 | 10 |
| 1 | 6,8 | $Q_{IV}$ | песок аллювиальный, разнозернистый | |
| 2 | 3,2 | $Q_{III}$ | глина плотная | |
| | | | шурф 29 | 10 |
| 1 | 1,2 | $Q_{IV}$ | суглинок делювиальный | |
| 2 | 8,8 | $Q_{IV}$ | песок аллювиальный, разнозернистый | |
| | | | скважина 31 | 20 |
| 1 | 4,8 | $Q_{IV}$ | суглинок делювиальный | |
| 2 | 13,2 | $Q_{IV}$ | песок аллювиальный, разнозернистый | |
| 3 | 2,0 | $Q_{III}$ | глина плотная | |

**Таблица 7.2**

Данные бурения, необходимые для построения гидрогеологического разреза по линии II- II по карте гидроизогипс

| № слоя (сверху вниз) | Мощность слоя, м | Геолог. индекс | Литологическая характеристика пород | Глубина выработки, м |
|---|---|---|---|---|
| | | | скважина 1 | 20 |
| 1 | 3,4 | $Q_{IV}$ | суглинок делювиальный, плотный, водонепроницаемый | |
| 2 | 15,2 | $Q_{IV}$ | песок разнозернистый | |
| 3 | 1,4 | $Q_{III}$ | глина плотная | |
| | | | скважина 2 | 15 |
| 1 | 11,4 | $Q_{IV}$ | песок разнозернистый | |
| 2 | 3,6 | $Q_{III}$ | глина плотная | |
| | | | шурф 3 | 3 |
| 1 | 2,8 | $Q_{IV}$ | песок разнозернистый | |
| 2 | 0,2 | $Q_{III}$ | глина плотная | |
| | | | скважина 4 | 15 |
| 1 | 1,8 | $Q_{IV}$ | суглинок делювиальный с дресвой и щебнем | |
| 2 | 9,4 | $Q_{IV}$ | песок разнозернистый | |
| 3 | 3,8 | $Q_{III}$ | глина плотная | |
| | | | шурф 5 | 3 |
| 1 | 3,0 | $Q_{IV}$ | песок аллювиальный, разнозернистый | |
| | | | скважина 6 | 20 |
| 1 | 3,2 | $Q_{IV}$ | суглинок элювиально-делювиальный, плотный | |
| 2 | 11,6 | $Q_{IV}$ | песок разнозернистый | |
| 3 | 5,2 | $Q_{III}$ | глина плотная | |
| | | | скважина 35 | 10 |
| 1 | 8,4 | $Q_{IV}$ | песок разнозернистый | |
| 2 | 1,6 | $Q_{III}$ | глина плотная | |
| | | | скважина 7 | 20 |
| 1 | 2,4 | $Q_{IV}$ | суглинок делювиальный, плотный, водонепроницаемый | |
| 2 | 13,6 | $Q_{IV}$ | песок разнозернистый | |
| 3 | 4,0 | $Q_{III}$ | глина плотная | |

**Таблица 7.3**

Данные бурения, необходимые для построения гидрогеологического разреза по линии III- III по карте гидроизогипс

| № слоя (сверху вниз) | Мощность слоя, м | Геолог. индекс | Литологическая характеристика пород | Глубина выработки, м |
|---|---|---|---|---|
| | | | скважина 13 | 25 |
| 1 | 23,5 | $Q_{IV}$ | песок кварцевый, разнозернистый | |
| 2 | 1,5 | $Q_{III}$ | глина плотная | |
| | | | скважина 14 | 20 |
| 1 | 18,6 | $Q_{IV}$ | песок кварцевый, разнозернистый | |
| 2 | 1,4 | $Q_{III}$ | глина плотная | |
| | | | скважина 15 | 18 |
| 1 | 2,5 | $Q_{IV}$ | суглинок делювиальный | |
| 2 | 12,6 | $Q_{IV}$ | песок кварцевый, разнозернистый | |
| 3 | 2,9 | $Q_{III}$ | глина плотная | |
| | | | шурф 16 | 3 |
| 1 | 0,5 | $Q_{IV}$ | суглинок делювиальный | |
| 2 | 2,5 | $Q_{IV}$ | супесчаные торфяники | |
| | | | шурф 17 | 2 |
| 1 | 2,0 | $Q_{IV}$ | супесчаные торфяники | |
| | | | скважина 36 | 10 |
| 1 | 0,5 | $Q_{IV}$ | суглинок делювиальный | |
| 2 | 6,5 | $Q_{IV}$ | песок кварцевый, разнозернистый | |
| 3 | 3,0 | $Q_{III}$ | глина плотная | |
| | | | скважина 12 | 15 |
| 1 | 0,7 | $Q_{IV}$ | суглинок делювиальный, водонепроницаемый | |
| 2 | 9,0 | $Q_{IV}$ | песок аллювиальный, разнозернистый | |
| 3 | 5,3 | $Q_{III}$ | глина плотная | |

**Таблица 7.4**

Данные бурения, необходимые для построения гидрогеологического разреза по карте гидроизопьез

| № скв. (отметка устья, м) | Мощность слоя, м | Литологическая характеристика пород | Отметка уровня воды, м |
|---|---|---|---|
| 18 (98,7) | 21 | Аллювиальные водоносные пески | 91,0 |
| | 17 | Известняки карбона (подольский горизонт) трещиноватые, водоносные | 91,0 |
| | 12 | Глина карбона (каширский горизонт) | - |
| | 63 | Известняки карбона (каширский горизонт) трещиноватые, водоносные | 64,8 |
| | 23 | Глины карбона (верейский горизонт) | - |
| | 34 (вскрытая) | Известняки карбона (окский горизонт) трещиноватые, водоносные | 72,0 |
| 24 (98,5) | 20 | Аллювиальные водоносные пески | 91,0 |
| | 19 | Известняки карбона (подольский горизонт) трещиноватые, водоносные | 91,0 |
| | 19 | Глина карбона (каширский горизонт) | - |
| | 64 | Известняки карбона (каширский горизонт) трещиноватые, водоносные | 65,0 |
| | 20 | Глины карбона (верейский горизонт) | - |
| | 43 (вскрытая) | Известняки карбона (окский горизонт) трещиноватые, водоносные | 76,8 |
| 35 (152,7) | 15 | Четвертичные суглинки | - |
| | 47 | Юрские глины | - |
| | 28 | Известняки карбона (подольский горизонт) трещиноватые, водоносные | 125,1 |
| | 16 | Глины с песком (каширский горизонт) | - |
| | 53 | Известняки карбона (каширский горизонт) трещиноватые, водоносные | 75,1 |
| | 9 | Глины с песком (верейский горизонт) | - |
| | 21 | Известняки карбона (окский горизонт) трещиноватые, водоносные | 98,3 |
| | 21 | Глины карбона (тульский горизонт) | - |
| 37 (152,5) | 17 | Четвертичные суглинки | - |
| | 45 | Верхнеюрские глины | - |
| | 24 | Известняки карбона (подольский горизонт) трещиноватые, водоносные | 141,6 |
| | 3 | Глины карбона (каширский горизонт) | - |
| | 80 | Известняки карбона (каширский горизонт) трещиноватые, водоносные | 90,4 |
| | 3 | Глины карбона (верейский горизонт) | - |
| | 50 | Известняки карбона (окский горизонт) трещиноватые, водоносные | 100,0 |
| | 53 | Глины карбона (тульский горизонт) | - |

| № скв. (отметка устья, м) | Мощность слоя, м | Литологическая характеристика пород | Отметка уровня воды, м |
|---|---|---|---|
| 33 (162,0) | 10 | Четвертичные суглинки | - |
| | 63 | Юрские глины | - |
| | 40 | Известняки карбона (подольский горизонт) трещиноватые, водоносные | 152,0 |
| | 18 | Глины карбона (каширский горизонт) | - |
| | 65 | Известняки карбона (каширский горизонт) трещиноватые, водоносные | 105,0 |
| | 12 | Глины карбона опесчаненные (верейский горизонт) | - |
| | 42 | Известняки карбона (окский горизонт) трещиноватые, водоносные | 109,8 |

**Таблица 7.5**

Данные бурения, необходимые для построения гидрогеологического разреза по карте гидроизопьез

| № скв. (отметка устья, м) | Мощность слоя, м | Литологическая характеристика пород | Отметка уровня воды, м |
|---|---|---|---|
| 2 (128,8) | 26 | Четвертичные суглинки | - |
| | 46 | Верхнеюрские глины с песком | - |
| | 19 | Известняки карбона (подольский горизонт) трещиноватые, водоносные | 111,5 |
| | 10 | Глины карбона (каширский горизонт) | - |
| | 41 | Известняки карбона (каширский горизонт) трещиноватые, водоносные | 94,0 |
| | 23 | Глины карбона (верейский горизонт) | - |
| | 33 | Известняки карбона (окский горизонт) трещиноватые, водоносные | 102,0 |
| 7 (131,2) | 28 | Четвертичные суглинки | - |
| | 48 | Верхнеюрские глины и пески | - |
| | 24 | Известняки карбона (подольский горизонт) трещиноватые, водоносные | 111,0 |
| | 3 | Глины карбона (каширский горизонт) | - |
| | 48 | Известняки карбона (каширский горизонт) трещиноватые, водоносные | 90,5 |
| | 25 | Глины карбона (верейский горизонт) | - |
| | 47 | Известняки карбона (окский горизонт) трещиноватые, водоносные | 102,0 |
| 8 (118,0) | 29 | Аллювиальные пески, водоносные | 109,3 |
| | 13 | Верхнеюрские глины с песком | - |

Продолжение табл. 7.5

| № скв. (отметка устья, м) | Мощность слоя, м | Литологическая характеристика пород | Отметка уровня воды, м |
|---|---|---|---|
| | 13 | Известняки карбона (подольский горизонт) трещиноватые, водоносные | 109,8 |
| | 5 | Глины карбона (каширский горизонт) | - |
| | 70 | Известняки карбона (каширский горизонт) трещиноватые, водоносные | 80,3 |
| | 12 | Глины с песком (верейский горизонт) | - |
| | 33 | Известняки карбона (окский горизонт) трещиноватые, водоносные | 85,0 |
| 12 (105,6) | 26 | Аллювиальные пески, водоносные | 105,0 |
| | 0,5 | Верхнеюрские глины | - |
| | 15,5 | Известняки карбона (подольский горизонт) трещиноватые, водоносные | 105,0 |
| | 1,0 | Глины карбона (каширский горизонт) | - |
| | 68 | Известняки карбона (каширский горизонт) трещиноватые, водоносные | 85,0 |
| | 29 | Глины карбона (верейский горизонт) | - |
| | 30 | Известняки карбона (окский горизонт) трещиноватые, водоносные | 80,2 |
| 35 (152,7) | 15 | Четвертичные суглинки | - |
| | 47 | Верхнеюрские глины | - |
| | 28 | Известняки карбона (подольский горизонт) трещиноватые, водоносные | 125,1 |
| | 16 | Глины карбона (каширский горизонт) | - |
| | 53 | Известняки карбона (каширский горизонт) трещиноватые, водоносные | 75,1 |
| | 9 | Глины карбона (верейский горизонт) | - |
| | 39 | Известняки карбона (окский горизонт) трещиноватые, водоносные | 98,3 |
| | 21 | Глины карбона (тульский горизонт) | - |
| 32 (163,5) | 17 | Четвертичные суглинки | - |
| | 60 | Верхнеюрские глины и пески | - |
| | 26 | Известняки карбона (подольский горизонт) трещиноватые, водоносные | 125,0 |
| | 10 | Глины карбона (каширский горизонт) | - |
| | 65 | Известняки карбона (каширский горизонт) трещиноватые, водоносные | 95,2 |
| | 6 | Глины карбона (верейский горизонт) | - |
| | 42 | Известняки карбона (окский горизонт) трещиноватые, водоносные | 105,2 |

## Список литературы


1. Гавич И. К., Лучшева А. А., Семенова-Ерофеева С. М. Сборник задач по общей гидрогеологии Уч. пос. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1985, 412 с.
2. Гореев П. В., Шемелина В. А., Шулякова О. К. Руководство к практическим занятиям по гидрогеологии: Уч. пос. для учащихся гидрогеологических специальностей геологоразведочных техникумов. М., Высш. школа, 1981, 152 с.
3. ГОСТ 25584-90. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации.
4. ГОСТ 9.602-89. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии.
5. Кирюхин В. А., Коротков А. И., Павлов А. Н. Общая гидрогеология: Учебник для вузов. Л.: Недра, 1988, 359 с.
6. Методические разработки для лабораторных и практических работ по курсам «Гидрогеология» и «Инженерная геология» для специальностей 0108; 0101; 0105; и «Гидрогеология с основами инженерной геологии» для специальностей 0209; 0202; 0206. Часть 1. Свердловск, изд. СГИ, 1980, 45 с.
7. Основные положения по составлению серийных легенд государственных гидрогеологических карт масштаба 1:200000 и 1:1000000. М.: МПР РФ, 2001, 15 с.
8. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии.

*Лариса Петровна Парфенова*
*Ирина Александровна Долинина*

# ОБЩАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЯ

*Учебно-методическое пособие по лабораторным занятиям по дисциплине «Общая гидрогеология» для студентов специальности 080300 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания (ГИГ)»*

Корректура кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16
Печ. л. Уч.-изд. л. Тираж 100 экз. Заказ №

Издательство УГГГА
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральская государственная горно-геологическая академия
Лаборатория множительной техники

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Исаков

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

## ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

## ПО ДИСЦИПЛИНЕ «СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЧЕТВЕРТИЧНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

## ДЛЯСТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

## 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Автор: Бутин В.В., к.г-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры геологии
*(название кафедры)*
Зав.кафедрой _____
*(подпись)*
Огородников В.Н.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 17.03.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией Факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

**КРАТКАЯ МЕТОДИКА**
**составления курсовой работы**
**по теме ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ УРАЛА**

1. **Задача курсовой работы.**
   Основной задачей курсовой работы по структурной геологии является получение студентами навыков обработки имеющихся геологических материалов по конкретной площади и подготовка комплекса картографических и текстовых материалов по площади. Обязательными компонентами работы являются – Геологическая Карта и текст Проекта (Объяснительная Записка к геологической карте). В тексте работы должны быть отражены основные черты геологического строения рассматриваемой территории (только в пределах проектного листа) – Введение, Географическое положение, Стратиграфия, Магматизм, Тектоника, Полезные ископаемые.

2. **Исходные материалы.**

Для подготовки материалов к курсовой работе студентам выдаются в электронном компьютерном виде (на индивидуальные флеш-носители) следующие материалы:

**а.** Геологическая карта масштаба 1:200 000 района проектной площади с легендой (условные обозначения), стратиграфической колонкой, геологическими разрезами (1-3 разреза). Материалы даются в растровом виде (jpg., tif., bmp….).

**б.** Топографическая карта масштаба 1:500 000 – 1:1 000 000 (растр) с нанесенной координатной сеткой и номенклатурой планшетов масштаба 1:200 000.

**в.** Тектоническая схема района (растр, часть тектонической карты Урала масштаба 1:1 000 000) с координатной сеткой и номенклатурой планшетов масштаба 1:200 000.

**г.** Текст геологического строения листа масштаба 1:200 000 (Word, pdf, ….). Он содержит сокращенную геологическую характеристику района из Объяснительной Записки к Карте или из Геологического отчета.

**д.** Текстовое приложение (Word) СПИСОК ИНТРУЗИЙ. Отмечены номера и названия интрузивных массивов, выделенные на тектонической схеме.

3. **Требуется:**

***А. Подготовка геологической карты.***

**а.** Из геологической карты масштаба 1:200 000 «вырезать» намеченную ¼ часть планшета, соответствующую стандартному листу масштаба 1:100 000 и обозначить его номенклатуру. Необходимо помнить, что номенклатуры листов масштаба 1:200 000 и 1:100 000 обозначаются по-разному. Например, лист О-41-XIII (1:200 000) содержит листы О-41-49, 50, 61, 62 (1:100 000).

**б.** Из общей легенды карты масштаба 1:200 000 выделить («вырезать») только те условные обозначения, которые имеют отношение к выбранному листу масштаба 1:100 000.

**в.** «Обработать» стратиграфическую колонку. В стратиграфической колонке оставить только те подразделения, который имеют распространение на территории описываемого листа масштаба 1:100 000, остальные подразделения из колонки убрать («вырезать»).

**г.** Использование геологического разреза (разрезов). Если линия приведенного к карте масштаба 1:200 000 геологического разреза проходит через описываемую площадь листа 1:100 000, то этот разрез (или его часть) можно в неизмененном виде приложить к

описываемой карте. Если линия разреза находится за пределами выбранного планшета, то геологический разрез к этому планшету необходимо построить самостоятельно, ориентируясь на структурное положение комплексов и их взаимоотношения, показанные на имеющемся разрезе.

**д.** Оформить геологическую карту масштаба 1:100 000.

- Заголовок - аналогичный исходной карте 1:200 000. Здесь необходимо выделить «собственную» номенклатуру, например О-41-62.
- Показать планшет геологической карты масштаба 1:100 000. Форма планшета не должна быть искажена, пропорциональна, для этого масштаба размер планшета (по меридиану) должен составлять 37 см.
- К геологической карте добавить условные обозначения, стратиграфическую колонку, геологический разрез.
- Оформленная геологическая карта предоставляется в бумажном варианте, подготовленном и отпечатанном электронным способом. В виде исключения Геологическая карта проекта может быть подготовлена и раскрашена ручным способом.

***Б. Подготовка текста Объяснительной записки.***

В тексте Объяснительной записки приводится характеристика геологического строения и полезных ископаемых (перечень разделов указан выше), имеющих распространение только в пределах описываемого планшета масштаба 1:100 000. Для этого в тексте оставить только ту информацию, которая имеет отношение к описываемому планшету, удалив все остальное. Общий объем текста 25 – 40 стр.

**4. Защита курсовой работы.**

На защите курсовой работы необходимо показать знание основных черт геологического строения описываемой площади и полезных ископаемых. Наличие структурных этажей, ярусов, стратиграфических комплексов, магматических комплексов, складчатых, блоковых и разрывных структур, генетических типов месторождений и рудопроявлений полезных ископаемых. Знать состав и условия образования основных разновидностей пород, распространенных на площади, и отраженных в легенде и стратиграфической колонке.

На защите можно пользоваться текстом работы, геологической картой и приложениями.

**5. Оценка курсовой работы.**

Общая оценка складывается из оценки качества и полноты текста и геологической карты и оценки защиты работы.

**6. Примерные темы курсовых работ:**

| Название курсовой работы |
|---|
| Геологическое строение листа О-41-111 (Белоярский) |
| Геологическое строение листа О-41-99 (Малышева) |
| Геологическое строение листа N-41-45 (Куртамыш) |
| Геологическое строение листа О-41-112 (Богданович) |
| Геологическое строение листа О-40-131 (Нижние Серги) |

| |
|---|
| Геологическое строение листа O-40-120 (Первоуральск) |
| Геологическое строение листа O-40-108 (Починок) |
| Геологическое строение листа O-40-107 (Новоуральск) |
| Геологическое строение листа O-40-119 (Бисерть) |
| Геологическое строение листа O-40-144 (Верхний Уфалей) |
| Геологическое строение листа O-41-143 (Шемаха) |
| Геологическое строение листа O-40-100 (Артемовский) |
| Геологическое строение листа N-41-34 (Красный Уралец) |
| Геологическое строение листа O-40-132 (Верхние Серги) |

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методической работе
комплексу _____ С.А. Дегтярев

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

## ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

## ПО ДИСЦИПЛИНЕ «СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЧЕТВЕРТИЧНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

## ДЛЯСТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

## 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Автор: Бутин В.В., к.г-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры геологии
*(название кафедры)*
Зав.кафедрой _____
*(подпись)*
Огородников В.Н.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 17.03.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией Факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение ..... 5
1. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТИПОВ РЕЛЬЕФА ..... 6
2. ОСНОВНЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ..... 9
3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ..... 14
Рекомендуемая литература ..... 27

# Введение

Практические занятия студентов геологических специальностей по дисциплине «Структурная геология, геоморфология и четвертичная геология» включают в себя работы по стереоскопическому дешифрированию аэрофотоснимков крупного и детального масштаба. В результате этих работ составляется «Карта четвертичных образований» (приложение 1).

Подготовленные для выполнения практических работ аэрофотоснимки отображают конкретные участки рельефа различных климатических зон, характеризующихся формированием определенных генетических типов четвертичных пород и имеющих различный характер соотношения эндогенных и экзогенных рельефообразующих процессов.

Эндогенные рельефообразующие силы складчатого, дизъюнктивного, магматического типов реализуются в верхней части литосферы обычно в виде вертикальных положительных или отрицательных перемещений блоков земной коры, приводящих к возрастанию контрастности рельефа. Экзогенные силы имеют противоположную направленность по отношению к эндогенным движениям, стремятся компенсировать их и снизить контрастность рельефа путем проявления и сочетания денудационных и аккумулятивных процессов. В связи с этим каждой конкретный тип рельефа представляет собой результат взаимодействия эндогенных и экзогенных сил, фиксируя определенную стадию экзогенной переработки эндогенного рельефа.

# 1. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТИПОВ РЕЛЬЕФА

В морфологическом отношении на аэрофотоснимках представлены следующие основные типы рельефа: высокогорный, низкогорный, холмистый и равнинный.

Высокогорный рельеф развит в областях тектонической активизации, с проявлением интенсивных вертикальных движений, определивших высокую контрастность элементов рельефа и его эрозионную расчлененность. На аэрофотоснимках горного рельефа дешифрируются островершинные хребты, скалистые гребни и склоны, глубоко врезанные ущелья, и V-образные долины рек и их притоков, долинные линейные ледники. Эрозионные формы высокогорного рельефа представлены отпрепарированными участками выходов коренных пород, реликтовыми эрозионными останцами и уступами, эрозионными склонами флювиального, ледникового, криогенного типов. Аккумулятивные формы рельефа сложены делювиальными и коллювиальными площадными развалами и осыпями на склонах, гляциальными, пролювиальными и аллювиальными отложениями речных долин, ручьев, логов.

Низкогорный рельеф характеризуется менее контрастными, сглаженными формами вершин и склонов, что обусловлено активным и длительным развитием денудационных процессов и обычно развитием менее устойчивых и контрастных в эрозионном отношении горных пород. Эрозионные элементы рельефа приурочены к локальным площадям развития относительно более устойчивых к выветриванию горных пород, в пределах которых сохраняются эрозионные останцы на водоразделах, склонах, в бортах речных долин. Рыхлые отложения склонов чаще всего представлены делювиальными или солифлюкционными отложениями.

В формировании речных долин значительную роль играют процессы боковой эрозии. Речные формы рельефа характеризуются сочетанием эрозионных и аккумулятивных элементов рельефа, дешифрируются русловые и пойменные фации аллювия, речные террасы цокольного и аккумулятивного типов.

Холмистый рельеф представляет собой сочетание реликтовых останцовых эрозионных форм с разделяющими их денудационными депрессиями. Эрозионные останцы приурочены к выходам более устойчивых к выветриванию горных пород, образующих отпрепарированные положительные формы различной конфигурации. Коренные выходы пород приурочены к бровкам, уступам эрозионных склонов, реже к нижним частям этих склонов, к эрозионным бортам речных долин. Элювиальные образования развиты на вершинах и уплощенных водоразделах, рыхлые породы склонов представлены делювиальными или солифлюкционными отложениями. У подножий этих склонов и в их основании нередко отмечается образование пролювиальных шлейфов за счет слияния конусов выноса временных потоков. Речные долины характеризуется ящикообразным поперечным профилем с плоским днищем, эрозионными бортами, преобладанием аккумулятивных флювиальных форм и широким развитием русловых, пойменных и террасовых фаций аллювиальных отложений.

Равнины на аэрофотоснимках представлены денудационными и аккумулятивными типами. Аккумулятивные формы рельефа сложены отложениями флювиального, пролювиального, гляциального, флювиогляциального и эолового генезиса. Коренные выходы пород на аккумулятивных равнинах отсутствуют. Элювиальные породы в небольшом объеме могут присутствовать на уплощенных реликтовых положитель-

ных формах рельефа. Более широкое распространение имеют делювиальные отложения по привершинным и склоновым участкам рельефа. Речные формы рельефа представлены аллювиальными осадками русловых, старичных и пойменных фаций, аккумулятивными надпойменными террасами, расположенными в пределах широких разработанных речных долин с меандрирующими или ветвящимися руслами рек.

Пролювиальные равнины слагают относительно ровные или слабоволнистые участки предгорного рельефа, имеющего общий пологий наклон к предгорным равнинам. В строении пролювиальных равнин принимают участие мощные пролювиальные отложения временных горных потоков и слияние конусов выноса в предгорной равнине.

Гляциальные равнинные формы рельефа сложены моренными отложениями донной морены, образующей площадной покров и перекрывающей выходы более древних четвертичных отложений и дочетвертичных коренных пород. Морфологически покров характеризуется относительно ровной поверхностью с образованием небольших холмистых возвышений и впадин, развитием в отрицательных формах рельефа озер, болот. В периферических частях ледников выделяются конечные и боковые морены, образующие линейные валообразные формы рельефа, оконтуривающие ледники, на перигляциальных участках за пределами ледников формируются флювиогляциальные и зандровые аккумулятивные отложения.

Криогенный тип равнинного рельефа, помимо солифлюкционных аккумулятивных форм, в небольшом объеме представлен термокарстовыми и полигональными элементами рельефа, образование которых приурочено к участкам развития многолетнемерзлых аккумулятивных

отложений флювиального, озерно-речного, морского, гляциального и флювиогляциального происхождения.

Эоловый тип рельефа имеет ограниченное распространение и представлен песчаными аккумулятивными формами аридной климатической зоны. Положительные формы рельефа сложены барханами и продольно-грядовыми песками, разделенными дефляционными и глинисто-солончаковыми ложбинами и такырами.

## 2. ОСНОВНЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Из всей обширной группы различных по генезису четвертичных образований остановимся лишь на осадочных четвертичных отложениях, получивших распространение на имеющихся аэрофотоснимках.

***Элювиальные образования*** **(e)** включают в себя продукты физического и химического выветривания, не перемещенные с места своего образования. В зависимости от климатических условий, длительности процессов выветривания и типа субстрата, элювий может быть представлен различными типами обломочных и глинистых кор выветривания. Элювий приурочен к выходам дочетвертичных пород на дневную поверхность и располагается на горизонтальных участках рельефа с углом наклона склона менее 5°. На аэрофотоснимках элювиальные отложения выделяются на уплощенных водоразделах, пологих вершинах, на горизонтальных поверхностях ступенчатого денудационного рельефа.

***Делювиальные отложения*** **(d)** представляют собой разрушенные коренные породы, перемещенные с места своего образования по склону под действием временных безрусловых плоскостных потоков. Состав

пород обусловлен составом исходного субстрата и типом коры выветривания, размер обломков и сортировка могут быть разными. Делювиальные отложения приурочены к склонам с углом наклона до 15° и распространены в верхних привершинных частях положительных форм рельефа и на пологих склонах. Реже, в условиях холмистого рельефа, делювий выделяется также в нижней части и в основании склонов.

***Коллювиальные отложения*** **(c)** представлены продуктами физического выветривания, смещенными по склону под действием гравитационных сил. Наиболее широкое распространение получили осыпи глыбово-щебенчатого материала на склонах с крутизной более 30°. Выделяются также крупноглыбовые и глыбовые обвальные накопления на склонах при угле более 40° и у подножий крутых склонов.

***Солифлюкционные отложения*** **(s)** развиты в районах распространения многолетней мерзлоты. Образуются в результате накопления рыхлого обломочного или глинистого материала, перешедшего в мобильное пластическое состояние вследствие вытаивания подземных льдов и перемещающегося по склонам под действием гравитационных сил. Мелкоземистым материалом на пологих склонах сложены оплывные формы рельефа в виде натечных террас, ступеней высотой до нескольких метров. Грубообломочный материал образует площадные глыбовые развалы на горизонтальных участках, «каменные моря», площадные курумы, линейные скопления на склонах, «каменные реки», приуроченные к отрицательным элементам рельефа. На аэрофотоснимках солифлюкционные отложения, помимо оплывных форм, распознаются также по полосчатым «расчесанным склонам», представляющим результат плоскостно-струйчатого перемещения рыхлого материала («делли»).

***Пролювиальные отложения*** **(р)** представляют собой отложения временных потоков, в разной степени сортированных. Для временных потоков равнинных областей характерно формирование тонкосортированного слоистого овражного аллювия. Отложения временных потоков горного рельефа характеризуются плохой сортировкой и грубообломочным составом. На аэрофотоснимках выделяются три разновидности пролювия. Первую из них составляют отложения, локализованные непосредственно в руслах и тальвегах водотоков и образующие линейные аккумулятивные полосы по дну долин временных потоков. Вторая разновидность пролювия представлена рыхлыми отложениями конусов выноса временных потоков и ручьев при резком выполаживании продольных профилей водотоков в местах их выхода в основную речную долину или на предгорную равнину («сухие дельты»). Третья разновидность представляет собой пролювиальную пологонаклонную равнину, образовавшуюся за счет слияния конусов выноса в предгорных участках.

***Аллювиальные отложения*** **(а)** имеют широкое распространение и присутствуют практически на всех аэрофотоснимках. Из всей группы аллювия наиболее распространенными являются русловые, пойменные и террасовые фации аллювиальных отложений.

Русловые отложения сложены грубообломочным валунно-галечно-песчаным материалом, распределенным по дну узких врезающихся речных долин или локализованным на участках современного русла разработанных долин. Эти отложения хорошо распознаются на аэрофотоснимках по отсутствию растительности и светлому фототону, отражающему состав обломочного аллювиального материала.

Отложения пойменных фаций приурочены к днищам речных долин, находящихся на стадии расширения долин и сочетания процессов боковой эрозии и аккумуляции. Чаще всего для поймы является характерным темный фототон черно-белых аэрофотоснимков, вследствие широкого развития растительности, сравнительно ровная поверхность, меандрирующий характер русла, наличие стариц, озер, болот. Пойменные отложения имеют более тонкий песчано-глинистый или глинисто-илистый терригенно-биогенный состав.

Речные террасы представлены двумя генетическими типами – аккумулятивными и эрозионно-аккумулятивными. В рельефе, в пределах речных долин, речные террасы в виде реликтовых форм отчетливо выделяются по более высокому гипсометрическому положению, ровной поверхностью террасы, они отделяются уступами от поймы и от борта речной долины. Количество надпойменных террас составляет одну-две, достигая на отдельных снимках до трех. Поверхность террас обычно ровная, характеризуется однородным фототоном, наличием бровки и тылового шва, в цоколе эрозионно-аккумулятивных террас выходят коренные дочетвертичные породы.

***Ледниковые (гляциальные) отложения*** **(g)** представлены моренными породами, образующими аккумулятивные формы рельефа. Моренные отложения характеризуются смешанным несортированным глыбово-щебенчатым, валунным, галечным, песчаным и глинистым материалом, образовавшимся в результате накопления на месте ледника и по периферии ледника после его деградации. На аэрофотоснимках отложения донной (основной) морены занимают днища и нижние части бортов ледниковых трогов, каров, образуя покровы, шлейфы, бугристые и холмистые аккумулятивные формы рель-

ефа. В периферических частях ледников моренные отложения слагают линейные валообразные формы боковых и конечных морен.

***Водно-ледниковые (флювиогляциальные) отложения*** **(f)** образуются в результате накопления донных обломочных отложений поверхностных водных потоков внутри ледника и за его пределами на этапе деградации и таяния ледника. Выделяется три основных типа отложений, различающихся по условиям образования, – озы, камы, зандры.

*Озы* представляют собой протяженные положительные аккумулятивные формы рельефа, сложенные песчано-галечным сортированным материалом, аккумулированным водными потоками внутри ледников покровного площадного типа. После отступления ледника эти отложения образуют «насаженные» протяженные линейные аккумулятивные формы рельефа, наложенные на осадки основной морены.

*Камовые* образования формируются в результате аккумуляции рыхлых отложений в озерах, расположенных внутри ледника. Породы характеризуются хорошей сортировкой, слоистостью и образуют холмообразные аккумулятивные формы рельефа, также наложенные на отложения донной морены.

*Зандровые* отложения образуются за пределами ледников и характеризуются площадным зональным распределением терригенного материала, вынесенного талыми водами с ледника. Наиболее удаленные от края ледника участки зандровых полей отличаются мелкообломочным песчано-глинистым составом и пониженной общей мощностью флювиогляциальных отложений.

***Эоловые отложения*** **(v)** на имеющихся аэрофотоснимках представлены лишь одной разновидностью – барханными песками. Барханы

дешифрируются по характерному извилистому полосчатому фоторисунку и однородному светлому фототону слагающих их песчаных отложений.

Из ***техногенных образований*** **(t)** на аэрофотоснимках выделяются рыхлые отложения, перемещенные при хозяйственном освоении территорий. Сюда относятся дамбы, дорожные насыпи, распаханные поля и огороды, застроенные участки, отличающиеся, обычно светлым однородным фототоном.

***Дочетвертичные породы*** **(D'Q)** приурочены к реликтовым денудационным формам и эрозионным элементам рельефа. Выходы дочетвертичных пород фиксируются в крутых эрозионных бортах временных и постоянных водотоков, в цоколе речных террас, в эрозионных уступах на склонах гор. Кроме того, выходы коренных пород приурочены к водораздельным хребтам, бровкам эрозионных склонов, этими породами сложены отпрепарированные эрозионные останцовые формы рельефа. Реже, в условиях литоморфного рельефа, коренные породы слагают более значительные площадные выходы дочетвертичных отложений в современном рельефе, в отдельных случаях представленных структурно-денудационными формами на участках аридного климата или выходами кайнозойских вулканических пород.

## 3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Для практических работ по геоморфологическому дешифрированию подготовлено 30 комплектов черно-белых плановых аэрофотоснимков **(АФС)** масштаба 1:10 000 – 1:43 000. В комплекте имеются 2 или 3 снимка, составляющие стереопары или стереотройки на определенную площадь. Два смежных снимка дают возможность получе-

ния стереоскопической модели местности на перекрывающейся части снимков. Площадь перекрытия на АФС составляет 60-80 % каждого снимка.

Работы по геоморфологическому дешифрированию АФС выполняются в следующей последовательности.

1. ***Определение масштаба АФС***. Масштаб снимка рассчитывается по формуле m = f / H, где f – фокусное расстояние аэрофотокамеры, мм; H – высота фотографирования, м (рис. 1). Оба параметра берутся из текста, приложенного к аэрофотоснимкам и переводятся для расчета в одни единицы (метры или миллиметры). Расчет масштаба АФС проводится с округлением, кратным 1 000 (например, 1:17 000, 1:23 000 и др.).

2. ***Определение границ участка*** для составления карты. Для этого на одном из снимков стереопары определяются и наносятся на кальку границы участка, отображенного на обоих снимках и составляющего стереоскопическую модель рельефа.

3. ***Определение центров аэрофотоснимков***. Центр снимка (главная точка АФС) фиксирует положение оптической оси аэрофотокамеры в момент фотографирования. Положение центра снимка определяется геометрическим путем несколькими методами.

Наиболее точно центр снимка определяется как точка пересечения линий, соединяющих марки противоположных сторон снимка или как точка пересечения диагоналей, соединяющих противоположные углы рамки снимка (рис. 2). Менее точным методом, используемым лишь в учебных целях, является построение центра снимка как точки пересечения линий, соединяющих противоположные углы снимка.

Кроме того, на каждый снимок выносится проекция центра соседнего снимка, составляющего стереопару. Если в комплекте имеется три

снимка, то на среднем из них отображаются центры соседних с ним левого и правого снимков. Вынос центров-проекций с соседних снимков осуществляется под стереоскопом после того, как будут нанесены на каждом снимке собственные центры фотографирования.

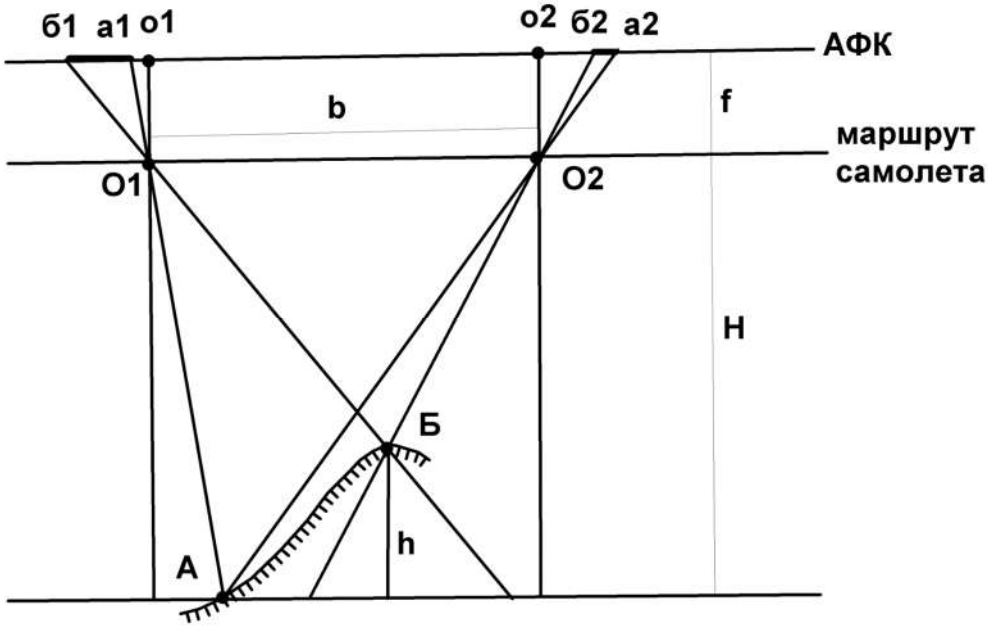



Рис. 1. Основные параметры при фотографировании рельефа:
А, Б – нижняя и верхняя точки участка рельефа (склон горы);
АФК – условное положение плоскости фотографии аэрофотокамеры;
h – относительное превышение точки Б над точкой А;
О1, О2 – центры фотографирования для стереопары снимков на линии маршрута самолета; о1, о2 – проекции центров фотографирования на фотоснимках;
Н – высота фотографирования; f – фокусное расстояние аэрофотокамеры;
b – базис фотографирования; а1б1, а2б2 – горизонтальные проекции отображения склона АБ на фотоснимках

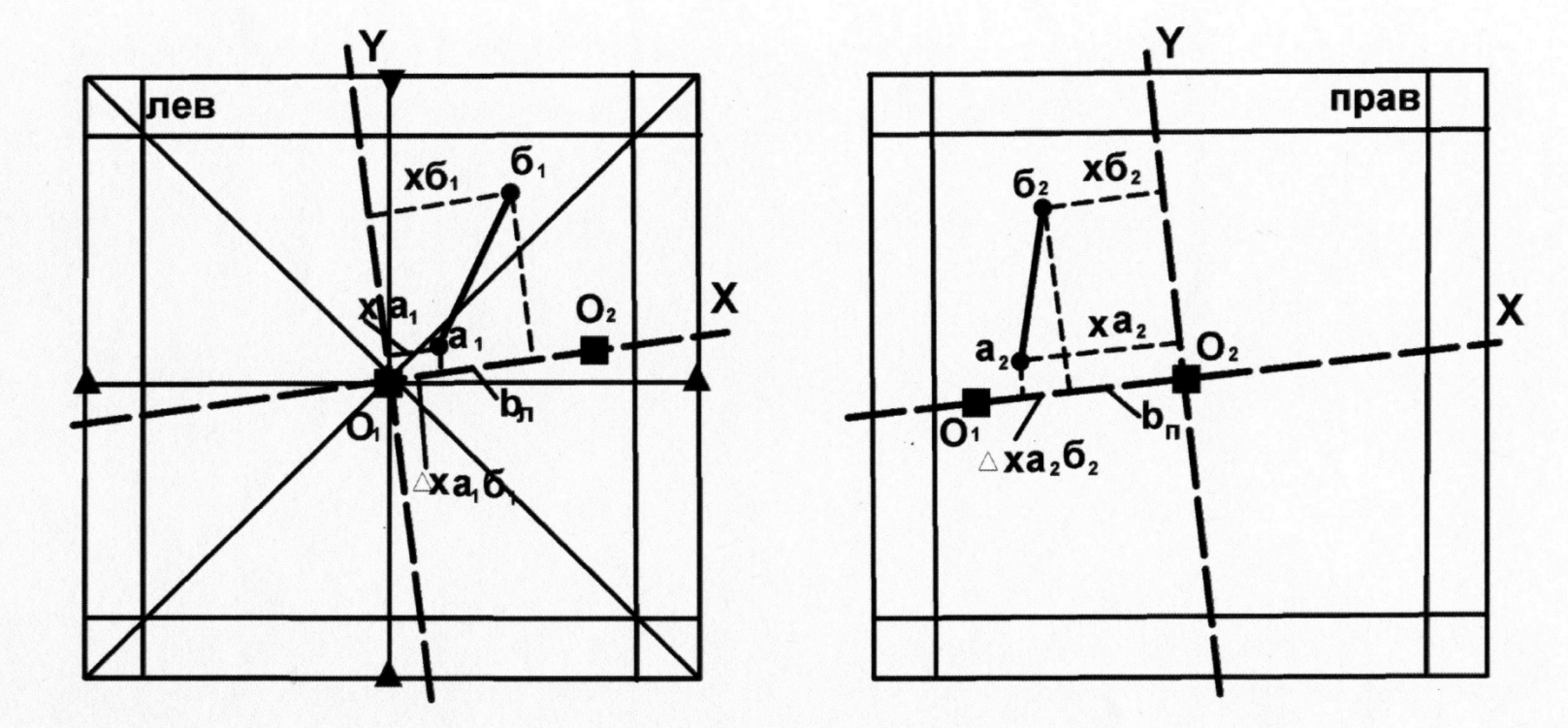



Рис. 2. Определение координат (**ха, хб**) и разностей координат (**Δх**) точек **а** и **б** на левом (**лев**) и правом (**прав**) снимках стереопары:

**$O_1O_2$ = $b_л$, $b_п$** – базисы фотографирования на левом ($b_л$) и правом ($b_п$) снимках;

**$\Delta xa_1б_1$**, **$\Delta xa_2б_2$** – разности координат точек **а** и **б** в проекции на ось **X**

*4.* ***Определение базиса фотографирования***. Линии, соединяющие на каждом снимке центры снимков с центрами-проекциями соседних снимков стереопар, фиксируют маршрут самолета. Расстояние между этими точками ($O_1$-$O_2$, см. рис. 1, 2) составляет базис фотографирования. Необходимо вычислить средний базис фотографирования. Для этого замеряют линейкой или палеткой базисы на левом и правом снимках и определяют средний базис фотографирования (с точностью до 0,1 мм), мм: $b_{ср} = (b_{лев} + b_{прав}) / 2$, мм.

*5.* ***Определение относительных превышений точек рельефа***. Для определения относительных превышений элементов рельефа, крутизны склонов, высоты уступов, уклона речных долин и др. необходимо определить разницу высотных отметок рельефа. С этой целью на снимках нанесены профили, пересекающие основные геоморфологические формы и включающие в себя 7-15 точек, располагающихся на перегибах наиболее характерных элементов рельефа. Вычисленные относительные превышения этих точек дают возможность определить конфигурацию поперечного строения форм рельефа и характера условий образования рыхлых четвертичных отложений склонов.

В основе метода измерительного дешифрирования для определения относительных превышений лежит количественная оценка разности линейных величин аб (см. рис. 1, 2), представляющей собой проекцию части рельефа АБ на аэрофотоснимках стереопары. Линейные размеры аб зависят от параметров АФС (высота фотографирования – H, базис фотографирования – b, фокусное расстояние аэрофотокамеры – f) и от относительного превышения точек между собой ($\Delta h_{АБ}$).

Параметры АФС постоянны для любых участков стереопары и даны в объяснительной записке к снимкам (H, f) или уже определены ($b_{ср}$). В связи с этим, исходя из пропорциональной зависимости величин аб и Δh, работа сводится к измерению на обоих снимках для любой пары точек величин аб; определения их разности и расчета Δh для этих точек. С этой целью на левом и правом снимках стереопары необходимо определить положение точки на снимке и разность координат точек в системе координат XY, лежащих в плоскости снимка. За ось X принимается направление $O_1$-$O_2$, ось Y располагается перпендикулярно оси X и проходит через центральную точку снимка. Расчет относительных превышений точек рельефа выполняем по упрощенной схеме без учета поправок на колебание высоты полета, наклон снимков, приращение координат по оси Y и др. В связи с этим изменение положения точек на снимках и определение разности их координат проводим только относительно оси X. Разность координат какой-либо точки по оси абсцисс называется продольным параллаксом этой точки (продольные по отношению к маршруту самолета, по оси X).

***Определение продольных параллаксов*** точек на АФС можно выполнять несколькими методами (параллаксометрами, параллактическими линейками, палетками). Простейшим методом является определение с помощью палетки геолога-дешифровщика (Михайлов, Рамм, 1975), которая дает возможность расчета величины Δx для любой пары точек на каждом снимке.

***Палетка геолога-дешифровщика*** (рис. 3) представляет собой поперечный масштаб, позволяющий измерять линейные величины с точностью до 0,1 мм. Для удобства работы шкала палетки нанесена на прозрачную пленку, и при измерениях ее можно накладывать непосред-

ственно на снимок. Разность координат точек Δx палеткой определяется без стереоскопа на каждом снимке отдельно, сначала на левом, а затем на правом. Для этого палетку помещают на снимок таким образом, чтобы левая точка располагалась на левой рамке шкалы палетки (точка а, см. рис. 3).

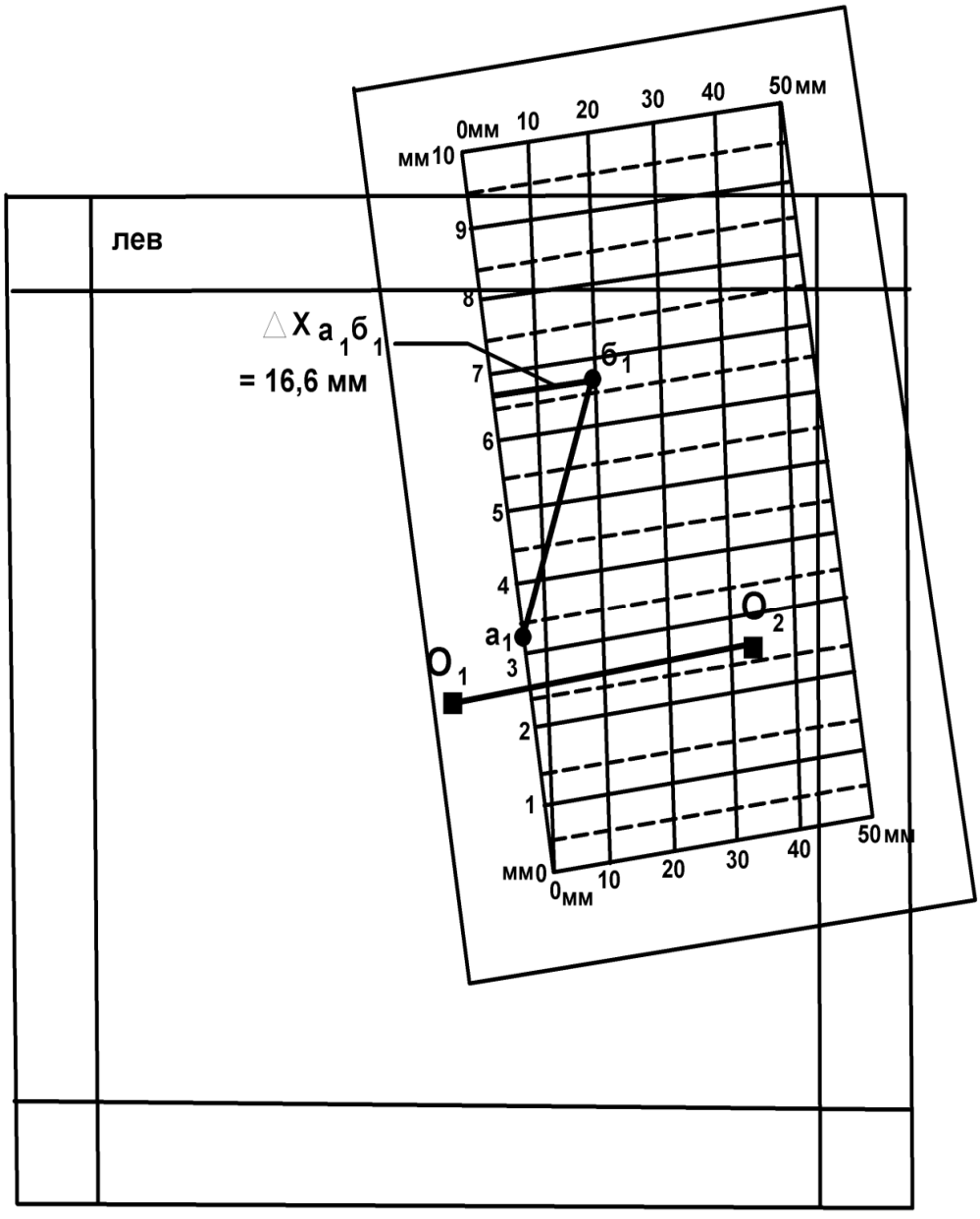



Рис. 3. Определение разности координат точек а и б
с помощью палетки геолога-дешифровщика ($\Delta x a_1 б_1$ = 16,6 мм)

Перемещая палетку по снимку, добиваются такого положения, чтобы точка б разместилась на одной из наклонных линий шкалы. Обязательным условием при этом должно быть ориентированное расположение палетки перпендикулярно линии $O_1$-$O_2$ (рис. 3). При определении $\Delta x_{а1б1}$ измеряется расстояние от точки б до левой части шкалы палетки. Непосредственный отсчет $\Delta x$ определяется следующим образом. Десятки миллиметров надо брать по отметке наклонной линии (на которой расположена точка $b_1$) на нижней части шкалы (10 мм), целые миллиметры считываются по левой шкале палетки (6 мм), доли миллиметра рассчитываются интерполяцией положения точки (0,6 мм). Величина $\Delta x_{а1б1} = 10 + 6 + 0{,}6 = 16{,}6$ мм. Аналогично выполняется измерение $\Delta x_{а2б2}$ на правом снимке.

После определения разностей координат пары точек на обоих снимках рассчитывается разность продольных параллаксов **(**$\Delta p$**)** этих точек, мм: $\Delta p_{аб} = \Delta x_{а1б1} - \Delta x_{а2б2}$.

Расчет относительных превышений двух точек выполняется по формуле $\Delta h_{аб} = (H \times \Delta p_{аб}) / b_{ср}$, где $\Delta h_{аб}$ – относительное превышение точек а и б, м; H – высота фотографирования, м; $\Delta p_{аб}$ – разность продольных параллаксов, мм; $b_{ср}$ – средний базис фотографирования, мм.

При определении относительных превышений точек рельефа по геоморфологическому профилю, нанесенному на АФС, работы выполняются последовательно на левом и правом снимках для каждой пары точек (1-2, 2-3, 3-4 и т. д., рис. 4), все результаты замеров заносятся в таблицу. При этом, кроме расчета непосредственных значений относительных превышений точек, необходимо определить знак превышений, т. е. повышение или понижение рельефа от одной точки до другой. Для определения знака превышений приняты следующие условия. В таблицу

каждая пара точек заносится в порядке возрастания их номеров по профилю. Если при измерении Δx точка с меньшим порядковым номером располагается на снимке левее точки с большим номером (см. рис. 4, таблицу, пары 1-2, 2-3), то величина принимается с положительным знаком. В других случаях, когда точка с более высоким порядковым номером находится левее, ее располагают на левой рамке палетки, а величина Δx принимается с отрицательным знаком (см. рис. 4, таблицу, –Δx 3-4, –Δx 4-5).

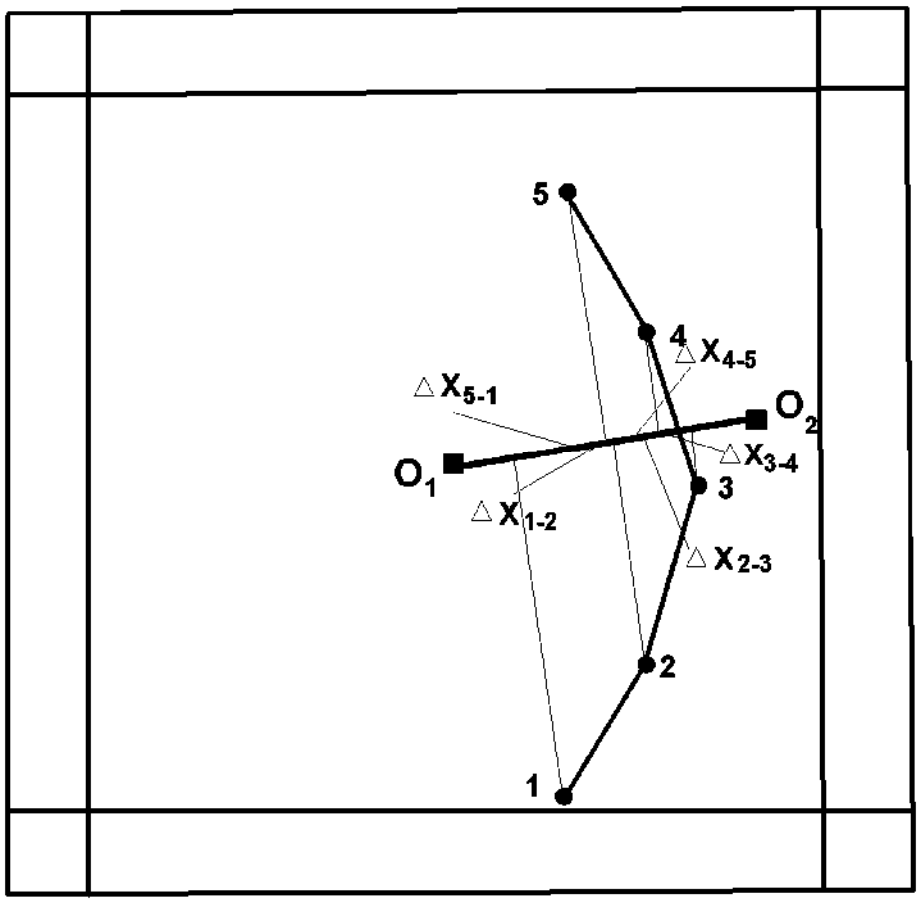



Рис. 4. Определение разностей координат (Δx) пар точек рельефа в проекции на ось X по профилю 1-5 (см. таблицу)

**Расчет относительных превышений точек рельефа, м, по профилю 1-5 на аэрофотоснимках по разности координат точек в проекции на ось X**

| Точки профиля | $\Delta X_{лев}$, мм | $\Delta X_{прав}$, мм | $\Delta p$, мм | $\Delta h$, м |
|---|---|---|---|---|
| 1-2 | 8,9 | 9,2 | -0,3 | -60 |
| 2-3 | 6,1 | 5,4 | 0,7 | 140 |
| 3-4 | -2,3 | -3,4 | 1,1 | 220 |
| 4-5 | -4,6 | -3,2 | -1,4 | -280 |
| 5-1 | -8,2 | -7,9 | -0,3 | -60 |
| $\sum$ | -0,1 | 0,1 | | |

При расчете разностей продольных параллаксов ($\Delta p$) пар точек по профилю определяется алгебраическая разность величин $\Delta x$ с учетом их знака: $\Delta p = \Delta x_{лев} - \Delta x_{прав}$, где $\Delta x_{лев}$ и $\Delta x_{прав}$ – разности координат точек на левом и правом снимках с их знаком. Положительные значения $\Delta p$ указывают на то, что в измеренной паре точек точка с большим порядковым номером имеет положительное превышение по отношению к точке с меньшим номером, т. е. точка с большим номером располагается гипсометрически выше. Отрицательные значения $\Delta p$ свидетельствуют о более низком положении в рельефе точки с большим порядковым номером. При $\Delta p = 0$, независимо от абсолютных значений $\Delta x$ пар точек, эти точки не имеют между собой превышений, т. е. они располагаются на одной высоте.

Вычисленные относительные превышения ($\Delta h$) пар точек рельефа по профилю также имеют положительные и отрицательные значения и отражают высотное положение точки с более высоким порядковым номером по отношению к точке с меньшим номером. Полученные значения $\Delta h$ заносятся в таблицу с округлением до целых значений метров.

Кроме рассчитанных относительных превышений пар точек рельефа в таблице должны быть определены абсолютные гипсометрические высоты этих точек. Для этого преподавателем для каждого комплекта аэрофотоснимков должна быть определена и выдана студенту гипсометрическая отметка какой-либо базисной точки профиля. Конкретное расположение и абсолютная высота базисной точки различны для каждого комплекта АФС. Наиболее благоприятным является определение высоты начальной точки профиля (например, отметка точки 1 = 680 м, см. приложение 1), по отношению к которой должны быть определены отметки других точек профиля по величинам Δh между точками замера.

*6.* ***Построение линии профиля.*** На основе вычисленных относительных превышений точек рельефа отстраивается линия рельефа по профилю (см. приложение 1). Вертикальный масштаб принимается одинаковым с горизонтальным и соответствует масштабу карты. По результатам стереоскопического изучения площади отрисовывается поверхность рельефа по профилю с учетом конфигурации его элементов: плоские, выпуклые, вогнутые, неравномерные или ступенчатые вершины, склоны и впадины рельефа. Анализ характера водоразделов, вершин, впадин, типа и крутизны склонов дает возможность предполагать и обосновать выделение генетических типов рыхлых отложений четвертичного возраста с учетом особенностей форм и элементов рельефа и климатических условий района.

*7.* ***Составление геоморфологического разреза*** по линии профиля (см. приложение 1). Горизонтальный масштаб соответствует масштабу АФС и карты. Вертикальный масштаб с округлением до стандартных значений (1:20 000, 1:10 000, 1:5 000 и др.) выбирается с таким расчетом, чтобы относительные превышения между минимальной и максимальной точками по профилю в этом масштабе составляли 3-5 см. На некоторых,

наиболее контрастных по рельефу АФС вертикальный масштаб принимается одинаковым с горизонтальным.

Мощность рыхлых отложений по разрезу принимается условной, равной 1-2 мм для склоновых образований и до 6-7 мм – в участках максимального развития аккумулятивных форм (аккумулятивные речные долины, предгорные пролювиальные равнины, эоловые отложения и др.). На разрезе должны быть отражены возрастные взаимоотношения четвертичных пород ($Q_{IV}$, $Q_{III}$, $Q_{II}$) и показаны контакты фациальных переходов одновозрастных рыхлых образований.

В пределах изученного участка аэрофотоснимка выделяются и прослеживаются основные элементы рельефа, отмеченные в тексте к снимкам: речные долины, русла рек и ручьев, озера, болота, границы русловых, пойменных и террасовых форм, конусы выноса, водоразделы, гребни, кары, бровки уступов, эрозионные останцы, оси барханных цепей и др. (см. приложение 1).

Выделяются и оконтуриваются поля развития основных генетических типов рыхлых отложений согласно их типизации и приуроченности к определенным типам и формам рельефа и с учетом количественных показателей рельефа (относительные превышения, высота уступов, крутизна и конфигурация склонов и др.). Выделяются участки выхода на поверхность коренных дочетвертичных пород, приуроченных к определенным формам и элементам рельефа.

*8.* ***Оформление практической работы.*** Карта четвертичных образований выполняется на кальке тушью и включает собственно геологическую карту, легенду с условными обозначениями пород и элементов рельефа (приложение 3), геоморфологический разрез, таблицу с результатами измерительного дешифрирования. Размещение этой информации и оформление карты показано в приложении 1.

Геологическая карта ориентирована длинной стороной в меридиональном направлении. Выделенные на карте генетические типы четвертичных пород раскрашиваются в соответствии с легендой (приложение 2). В условных обозначениях легенды четвертичные образования обозначены индексами и размещены сверху вниз в порядке возрастания их возраста ($Q_{IV}$, $Q_{III}$, $Q_{II}$). Дочетвертичные породы независимо от возраста и состава пород обозначаются одним обобщенным знаком и цветом (D′Q). Кроме того, в легенде показаны элементы рельефа (уступы, конусы выноса, хребты и др.).

Ниже карты четвертичных образований располагаются два профиля земной поверхности.

Один профиль отстраивается с сохранением идентичности горизонтального и вертикального масштабов, равным масштабу карты. Он дает возможность установления реального характера земной поверхности с определением крутизны склонов, типов горных вершин, речных долин и интерпретации распределения выявленных геоморфологических элементов по всей площади карты.

Геоморфологический разрез строится по этой же линии профиля с увеличением вертикального масштаба, что дает возможность отображения условий залегания и характера взаимоотношений маломощных и разновозрастных покровных четвертичных образований. На профиле и разрезе должны быть показаны пункты замера превышений рельефа.

Слева от карты помещается таблица с результатами измерительного дешифрирования по определению относительных превышений точек профиля и их абсолютных отметок.

В правом верхнем углу кальки указывается фамилия и группа студента – автора лабораторной работы, номер и параметры аэрофотоснимка.

## Рекомендуемая литература

### Основная литература

Макарова Н. В., Суханова Т. В. Геоморфология: учебное пособие. М.: КДУ, 2007.

Костенко Н. П. Геоморфология: учебник. М.: Изд-во МГУ, 1999.

### Дополнительная литература

Бекшенев О. Г., Бутин В. В., Севальнева Н. М. Геоморфология с основами четвертичной геологии: словарь-справочник. Ханты-Мансийск: ПЦ «Лайн-Арт», 2006. 178 с.

Панов Д. Г. Общая геоморфология: учебник. М.: Высшая школа, 1966. 427с.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по образовательному комплексу
_____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

# Б1.В.02 ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ПАЛЕОНТОЛОГИИ И СТРАТИГРАФИИ

Специальность:
*21.05.02 Прикладная геология*

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания***

Автор: Устьянцева Н.В., Коророва Е.В.

Одобрена на заседании кафедры
*Литологии и геологии горючих ископаемых*
*(название кафедры)*
Зав. кафедрой _____
*(подпись)*
к.г.-м.н., доц. Рыльков С.А.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 05.03.2020
*(Дата)*

Рассмотрена методической комиссией
факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

## Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. По курсу «Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях:

- ✓ выполнение домашних заданий;
- ✓ освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую программу дисциплины [9];
- ✓ подготовка к экзамену;
- ✓ изучение коллекций ископаемых остатков основных систематических групп.

Самостоятельная работа студентов направлена на развитие интеллектуальных умений, повышение творческого потенциала студентов и заключается в:

– поиске, анализе, структурировании и презентации информации, анализе научных публикаций по основным группам руководящих ископаемых и основным методам стратиграфических исследований.

– исследовательской работе и участии в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

Данные методические указания предназначены для организации самостоятельной работы студентов при освоении отдельных тем дисциплины.

## Методические указания к самостоятельной работе студента

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Основы палеонтологии, общая стратиграфия». Здесь указаны наименование и содержание лекционных тем в соответствии с Учебной программой курса [9]. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебниках по курсу [1,3,4,7,8]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература [2, 5, 6]. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины в последнем разделе приведены контрольные вопросы и упражнения, которые являются основой подготовки к экзамену.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебникам [1,3,4,7,8] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.
3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.
4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

Данное учебно-методическое пособие может быть использовано при подготовке ответов на вопросы во время экзамена.

## Содержание курса

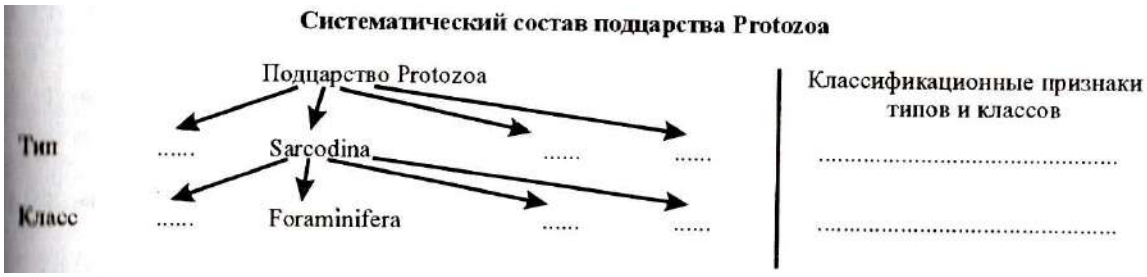
**Тема 1: Основы палеонтологии.** [1,3]

Формы сохранности ископаемых остатков. Среда обитания и образ жизни организмов. Руководящие ископаемые. Царство животных: типы Sarcodina, Spongiata, Cnidaria, Arthropoda, Mollusca, Briozoa, Brachiopoda, Echinodermata, Hemichordata, Chordata. Общая характеристика, геологическое значение. Царство растений.

***Дополнительная литература:*** [2, 6].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Перечислите предмет, задачи и методы палеонтологии.
2. Каково значение палеонтологии для геологии?
3. При каких условиях организмы сохраняются в ископаемом состоянии?
4. По каким критериям проводится классификация ископаемых организмов?
5. Как проводится реконструкция образа жизни и условий существования ископаемых организмов?
6. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, цианобионты, строматолиты, онколиты. На рисунке стрелками покажите основные скелетные элементы.
7. Составьте схему систематического состава подцарства Protozoa, вписав названия недостающих таксонов (тип, класс) согласно схеме. Справа укажите классификационные признаки.




8. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, представителей родов Fusulina, Schwagerina, Nummulites; приведите их систематику и время жизни. Отметьте породообразующую роль фузулинид и нуммулитид.
9. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, губки и археоциаты. На рисунке стрелками покажите основные скелетные элементы.
10. С чем связано наличие у ругоз пережимов стенки кораллита (rugae-морщины)?
11. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, схемы строения днищевиков, четырехлучевых и шестилучевых кораллов. На рисунке стрелками покажите основные скелетные элементы (днища, септы, столбик, пузырчатую ткань). Составить атлас (систематика, диагноз, изображение, время жизни) представителей родов Stromatopora, Amphipora, Chaetetes, Conularia, Favosites, Syringopora, Halysites, Heliolites; Caninia, Cystiphyllum, Lithostrotion? Lithostrotionella, Lonsdaleia.

12. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов Agnostus, Paradoxides, Asaphus, Scutellum, Phillipsia.

13. Геологическое и стратиграфическое значение двустврчатых моллюсков рудистов.

14. Что такое голостомное и сифоностомное устья у гастропод и как они связаны с образом жизни гастропод?

15. Как распределяются во времени типы перегородочных линий у аммонитов?

16. Зарисуйте в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, схемы строения двустворок, гастропод, аммоноидей и колеоидей. На рисунке стрелками покажите основные скелетные элементы [4, рис. 5-8].

17. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов: **Двустворок** (Trigonia, Pecten, Inoceramus, Gryphaea, Ostrea, Exogyra, Aucella, Cardium, Hippuritella; **Гастропод** (Bellerophon, Pleurotomaria, Eoumphalus, Patella, Turritella, Natica); **Головоногих моллюсков** (Nautilus, Endoceras, Orthoceras, Manticoceras, Tornoceras, Paragastrioceras, Ceratites, Cadoceras, Virgatites, Craspedites, Belemnitella). Изображение представителя каждого рода снабдить систематикой, диагнозом и временем жизни.

18. Участвуют ли мшанки в породообразовании и каким образом?

19. С какого времени мшанки известны в палеонтологической летописи.

20. Используются ли мшанки для восстановления палеоэкологической и палеогеографической обстановок древних морских бассейнов?

21. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов: Fenestella, Polypora). Изображение представителя каждого рода снабдить систематикой, диагнозом и временем жизни.

22. Указать наиболее важные в стратиграфическом отношении отряды замковых брахиопод и указать время их существования.

23. Что значит “обратное положение” седла и синуса у одного из представителей (рода) отряда Pentamerida?

24. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов, указанных в Практикуме [4, с.64-69]. Изображение представителя каждого рода снабдить систематикой, диагнозом и временем жизни

25. С какого времени появляются Морские лилии и в чем состоит их породобразующая роль?

26. Каковы особенности морфологии морских пузырей отряда Rhombifera? За что они получили свое название?

27. Из скольких табличек состоит панцирь у большинства представителей класса Морские бутоны?

28. Чем отличается строение панциря у древних палеозойских и новых мезокайнозойских ежей?

29. Что такое “правильные” и “неправильные” морские ежи? Какие две группы выделяются в составе неправильных морских ежей?

30. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов, указанных в Практикуме [4, с.64-69]. Изображение представителя каждого рода снабдить систематикой, диагнозом и временем жизни.

31. В течение какого времени и в каких условиях существовали панцирные рыбы?

32. К какому подклассу относятся представители рода Helicoprion? Время их существования?

33. Каковы основные черты строения лабиринтодонтов?

34. Охарактеризовать основные типы черепа пресмыкающихся.

35. Назвать основные подклассы пресмыкающихся и указать их типичных представителей.

36. Каковы характерные особенности анатомического строения древних птиц?

37. Основные экологические группы ископаемых представителей млекопитающих (наземные, плавающие, летающие). Указать типичных представителей, дать их краткую характеристику.

38. Укажите представители каких типов водорослей участвуют в рифообразовании и в породообразовании.

39. Каковы основные черты строения псилофитов и в какое время они заселили наземные пространства?

40. К какому типу растений относятся лепидодендроны и каковы основные черты их строения? Их геологическое значение.

41. К какому типу растений относятся каламитовые и каковы основные черты их строения? Их геологическое значение.

42. Каковы основные различия анатомического строения представителей классов Бессемянные, Голосеменные и Покрытосеменные растения? Каково их геологическое значение?

**Тема 2: Основы стратиграфии.** [4]

Предмет, задачи и принципы стратиграфии. Общая геохронологическая и стратиграфическая шкала. Биостратиграфические и литостратиграфические методы расчленения и корреляции. Событийная стратиграфия. Секвентная стратиграфия. Геофизические методы расчленения и корреляции. Радиохронологические методы определения возраста. Документация геологических объектов.

***Дополнительная литература:*** [6].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Перечислить задачи стратиграфии в логической их последовательности. Указать конечные цели стратиграфических исследований.

2. С какой задачей стратиграфических исследований связано использование принципа Стенона?

3. С какой задачей стратиграфических исследований связано использование принципа Гексли?

4. С какой задачей стратиграфических исследований связано использование принципа Мейена?

5. Стратифицирующие литологические и палеонтологические признаки, их использование для построения стратиграфических шкал.

6. Для чего используются лимитотипы нижних границ ярусов

7. Каковы основные литологические признаки, которые используются для расчленения и корреляции разрезов?

8. Каковы основные особенности свитной стратиграфии? Как используется петрографический состав для стратификации разрезов?

9. Каковы основные условия для возникновения косой слоистости? Как она используется в целях корреляции?

10. Как используется цикличное строение толщ для их расчленения и корреляции? Методика построения ритмограмм по Н.Б. Вассоевичу.

11. Каковы маркирующие горизонты в области развития прибрежно-морских угленосных серий отложений?

12. Как используются в стратиграфии уровни несогласного залегания пород? Угловое несогласие и его применение для стратификации докембрийских образований

13. Какие вы знаете типы палеонтологических шкал (биостратиграфическая и биохронологическая), их характеристика и возможности практического применения?

14. Каковы основные требования , которые следует предъявлять к биохронологическим шкалам? Основные приемы их построения. Почему необходимо условие минимальной размерности зональных подразделений шкалы?

15. Как создается комплексная характеристика зональных подразделений шкал?

16. Какие стратиграфические шкалы зависимые и какие независимые?

17. В чем состоит операция датировки возраста стратонов в единицах Международной стратиграфической шкалы?

18. Какие задачи решаются с помощью каротажа? Какие методы каротажных наблюдений наиболее оптимально выявляют наличие нефтеносных песчаников в пробуренной толще пород?

19. Каким методом каротажа определяется глубина залегания кровли и подошвы слоев в скважине?

20. Каковы ограничения для применения метода сейсмостратиграфических исследований?

21. Каковы основные гипотезы, лежащие в основе использования магнитостратиграфического метода?

22. Как по определению координат магнитного полюса устанавливается возраст

23. Что такое атомный номер и массовое число элемента? Типы радиактивного распада (бета-распад, выброс позитрона, захват электрона из внутренней К-оболочки).

24. Основная формула датировки возраста пород и минералов. Что такое постоянная распада, период полураспада?

25. Радиоуглеродный метод. Каковы его возможности определения возраста?

26. Рубидий-стронциевый метод. Образцы каких пород и какие минералы используются для проведения этого метода?

27. Калий-аргоновый метод. Образцы каких пород и какие минералы используются для проведения этого метода?

28. Уран-торий-свинцовый метод. Образцы каких пород и какие минералы используются для проведения этого метода?

29. Датирование по свинцово-свинцовому методу. Чем определяется возможность проведения этого метода?

**Тема 3: Методы восстановления палеогеографической обстановки.** [7,8]

Учение о фациях. Важнейшие критерии фациального анализа. Литофациальный и биофациальный анализы. Анализ общегеологических данных. Основные группы фаций. Палеогеографические карты и профили.

***Дополнительная литература:*** [5].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. В чем состоит суть биостратиграфического анализа?
2. Сущность литостратиграфического анализа.
3. Каким способом определяют относительный возраст интрузий?
4. Какие организмы являются стеногалинными?
5. Каким образом газовый режим влияет на расселение водных организмов?

**Тема 4: Строение и главнейшие структуры земной коры.** [7, 8]

Океаническая и континентальная кора. Платформы и складчатые области континентов. Срединно-океанические хребты и талассократоны. Важнейшие геотектонические концепции. Тектоническая периодизация, понятие о тектономагматических эпохах.

***Дополнительная литература:*** [5].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Какие основные типы земной коры выделяют?
2. Назовите структурные элементы океанов.
3. Назовите структурные элементы материков.
4. В чем состоит суть геосинклинальной концепции?
5. В чем состоит суть концепции тектоники литосферных плит?

**Тема 5: Геологическая история Земли.** [7, 8]

Стратиграфическое расчленение и ранги стратиграфических подразделений. Земля в докембрии: общая характеристика, органический мир, структуры земной коры и породообразование, полезные ископаемые. Земля в фанерозое. Основные черты палеозойского этапа: кембрия, ордовика, силура, девона, карбона и перми. Тектоно-магматические эпохи. Органический мир, структуры земной коры и палеогеография. Климатическая зональность. Полезные ископаемые. Основные черты мезозойского этапа: триаса, юры и мела. Отличительные черты осадконакопления. Киммерийская тектономагматическая эпоха. Органический мир, структуры земной коры и палеогеография. Климатическая зональность. Полезные ископаемые. Земля в кайнозое: органический мир, палеогеография, фазы альпийской складчатости, полезные ископаемые. Отличительные черты осадконакопления. Изменения климата и оледенения. Неотектонические движения. Направленность геологического развития земной коры.

***Дополнительная литература:*** [5].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Какова особенность докембрийских образований методика их изучения?
2. Основные черты палеозойской истории развития Земли: органический мир, тектоника и палеогеография.
3. Основные черты мезозойской истории развития Земли: органический мир, тектоника и палеогеография.
4. Основные черты кайнозойской истории развития Земли: органический мир, тектоника и палеогеография.

## Вопросы к зачету по курсу «Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии»

1. Цели, задачи палеонтологии, значение палеонтологии для геологии. Формы сохранности ископаемых остатков. Среда обитания и образ жизни организмов. Руководящие ископаемые.
2. Тип Простейшие. Класс Саркодовые. Подкласс Фораминиферы. Подкласс Радиолярии. Общая характеристика*, геологическое значение.
3. Тип Губки, тип Археоциаты. Общая характеристика, геологическое значение.
4. Тип Кишечнополостные. Класс Коралловые полипы, основные подклассы. Общая характеристика, геологическое значение.
5. Тип Членистоногие. Класс Трилобиты. Общая характеристика, геологическое значение. Класс Остракоды, общая характеристика, геологическое значение.
6. Тип Моллюски. Класс Гастроподы. Класс Двустворчатые моллюски. Общая характеристика, геологическое значение.
7. Тип Моллюски. Класс Головоногие моллюски (Агониатиты, Гониатиты, Цератиты, Аммониты, Белемниты). Общая характеристика, геологическое значение.
8. Тип Брахиоподы. Характеристика классов Беззамковых и Замковых брахиопод, их геологическое значение.
9. Тип Иглокожие. Класс Морские ежи, Морские лилии, Морские пузыри, общая характеристика, геологическое значение.
10. Тип Полухордовые. Класс Граптолиты, общая характеристика, геологическое значение. Конодонты, геологическое значение.
11. Тип Хордовые, подтип Позвоночные. Класс Земноводные. Общая характеристика, геологическое значение.
12. Тип Хордовые, подтип Позвоночные. Класс Рыбы. Общая характеристика, геологическое значение.
13. Тип Хордовые, подтип Позвоночные. Класс пресмыкающиеся. Общая характеристика, геологическое значение.

14. Царство растения. Низшие растения. Систематика, геологическое значение.

15. Царство растения. Высшие растения. Систематика, геологическое значение. Спорово-пыльцевой анализ.

16. Предмет, задачи и принципы стратиграфии.

17. Общая геохронологическая и стратиграфическая шкала: общие, региональные и местные стратиграфические подразделения. Стратотип.

18. Биостратиграфические подразделения (биозона, комплексная зона, филозона, акмезона).

19. Биостратиграфический метод расчленения и корреляции. Точка ТГСГ.

20. Литостратиграфические методы расчленения и корреляции.

21. Типы слоистости, геологическое значение ее изучения.

22. Цикличность. Ритмостратиграфический метод расчленения и корреляции.

23. Перерывы в осадконакоплении. Маркирующие горизонты.

24. Событийная стратиграфия. Примеры глобальных абиотических и биотических событий.

25. Основные понятия секвентной стратиграфии (осадочная секвенция, парасеквенс, пакет парасеквенсов – проградационный, ретроградационный, аградационный).

26. Геофизические методы расчленения и корреляции: метод анализа каротажных диаграмм.

27. Магнитостратиграфический метод в стратиграфии.

28. Сейсмостратиграфический метод в стратиграфии, его достоинства и недостатки.

29. Радиохронологические методы определения возраста.

**Вопросы к экзамену по курсу**
**«Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии»**

1. Задачи, решаемые исторической геологией, ее значение в системе геологических знаний.
2. Методы и принципы историко-геологического анализа. Принцип актуализма.
3. Геологическое летоисчисление. Абсолютная геохронология. Методы ядерной геохронологии, их недостатки и достоинства.
4. Методы относительной геохронологии. Литологические методы.
5. Геофизические методы относительной геохронологии.
6. Ритмостратиграфический и климатостратиграфический методы относительной геохронологии.
7. Общегеологические методы относительной геохронологии.
8. Методы биостратиграфии.
9. Геохронологическая и Стратиграфическая шкалы. Шкалы общие, региональные и местные.
10. Основные структуры земной коры. Типы земной коры.
11. Структуры земной коры континентов.
12. Эволюция и строение подвижных поясов сжатия.
13. Эволюция и строение платформ.
14. Структуры земной коры океанов.
15. Сущность фациального анализа, его задачи и методы; определение «фации».
16. Литофациальный анализ.
17. Биофациальный анализ.
18. Комплекс континентальных фаций.
19. Комплекс переходных фаций.
20. Комплекс морских фаций.
21. Догеологическая и лунная стадии развития Земли.
22. Тектоно-магматические эпохи (ТМЭ) в истории земной коры.

23. Архей и протерозой Земли.
24. Ранний палеозой планеты: стратиграфическое расчленение, климаты, развитие органического мира, палеогеография, полезные ископаемые.
25. Каледонская ТМЭ.
26. Поздний палеозой планеты: стратиграфическое расчленение, климаты, развитие органического мира, палеогеография, полезные ископаемые.
27. Герцинская ТМЭ.
28. Мезозой планеты: стратиграфическое расчленение, климаты, развитие органического мира, палеогеография, полезные ископаемые.
29. Киммерийская ТМЭ.
30. Кайнозой планеты: стратиграфическое расчленение, климаты, развитие органического мира, палеогеография, полезные ископаемые.
31. Альпийская ТМЭ.

**Рекомендуемая литература**


1. Михайлова И.А. Палеонтология [Электронный ресурс]: учебник / И.А. Михайлова, О.Б. Бондаренко. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2006. — 592 c. — 5-211-04887-3. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13102.html Электронный ресурс

2. Словарь терминов по исторической геологии, основам стратиграфии и палеонтологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / . — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский политехнический университет, 2012. — 140 c. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/55209.html Электронный ресурс

3. Черных В.В. Палеонтология беспозвоночных : практикум по дисциплине "Основы палеонтологии и общая стратиграфия": для студентов направления подготовки 130101 / В. В. Черных ; Уральский государственный горный университет. - 2-е изд., стер. - Екатеринбург : УГГУ, 2013. - 85 с. : ил. - Библиогр.: с. 71.

4. Черных В.В. Общая стратиграфия: конспект лекций по дисциплине "Основы палеонтологии и общая стратиграфия": для студентов специальности 21.05.02 / В. В. Черных ; Министерство образования и науки РФ, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ, 2016. - 79 с. : ил. - Библиогр.: с. 72.

5. Историческая геология с основами палеонтологии : учебник для студентов **геологи**ческих специальностей вузов / Е. В. Владимирская [и др.]. - Ленинград : Недра, Ленинградское отделение, 1985. - 423 с.

6 Бондаренко О. Б. Краткий определитель ископаемых беспозвоночных : учебное пособие / О. Б. Бондаренко, И. А. Михайлова ; ред. В. Н. Шиманский. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Недра, 1984. - 536 с. 11

7. Амон Э. О. Введение в историческую геологию : учебник / Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2005. - 511 с. : ил. - Библиогр.: с. 500-504.

8. Историческая геология с основами палеонтологии / Мария Даниловна Парфенова М. Д. - Томск : Изд-во НТЛ, 1999. - 524 с. : ил. - Библиогр.: с. 502. - ISBN 5-89503-063-7 9

9. Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии программа дисциплины для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология специализация № 3 Геология нефти и газа / Н.В. Устьянцева, Е.В. Коровова. Екатеринбург: УГГУ, 2019. 11 с.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

# Б1.В.02 ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ПАЛЕОНТОЛОГИИ И СТРАТИГРАФИИ

Специальность:
*21.05.02 Прикладная геология*

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания***

Автор: Устьянцева Н.В.

Одобрена на заседании кафедры
*Литологии и геологии горючих ископаемых*
*(название кафедры)*
Зав. кафедрой _____
*(подпись)*
к.г.-м.н., доц. Рыльков С.А.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 05.03.2020
*(Дата)*

Рассмотрена методической комиссией
факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

## Введение

Учебным планом специальности 21.05.02 Прикладная геология по дисциплине «Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии» предусматривается написание контрольной работы на тему «Определение систематической принадлежности фоссилий из основных групп руководящих ископаемых». Это – самостоятельный труд студента, который способствует углублённому изучению пройденного материала.

Задания контрольной работы, направлены на оценку уровня умений и навыков, формирующих компетенцию:

**ПК-3:** Способность проводить геологические наблюдения и осуществлять их документацию на объекте изучения.

*Результаты обучения, достижение которых свидетельствует об освоении компетенции:*

*Знания:* основные группы руководящих ископаемых; общие, региональные и местные стратиграфические подразделения; принципы и методы основных стратиграфических исследований

*Умения:* проводить описание ископаемых остатков основных руководящих групп фауны; проводить геологические наблюдения на объекте изучения

*Владения:* навыками документации геологических объектов; навыками построения стратиграфических колонок и геологических разрезов; навыками определения относительного геологического возраста горных пород при помощи палеонтологического метода стратиграфических исследований.

## Порядок выполнения контрольной работы

***Контрольная работа по теме «Основы палеонтологии».***

Пользуясь «Атласом беспозвоночных животных», оформленном студентом процессе самостоятельной работы, определить систематическую принадлежность палеонтологических образцов беспозвоночных животных. Опишите основные морфологические признаки. Проанализируйте условия обитания и установите геологическое значение исследуемых фоссилий.

Каждый вариант контрольной работы составлен из каменного материала в виде пяти палеонтологических образцов беспозвоночных животных.

**Цель выполняемой работы:** получить специальные знания по заданной теме.

**Основные задачи выполняемой работы:**

1) закрепление полученных ранее теоретических знаний;
2) выработка навыков самостоятельной работы;
3) оценка уровня подготовленности студента к будущей практической работе.

Подготовку контрольной работы следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данной теме и конспектов лекций прочитанных ранее. Приступать к выполнению работы без изучения основных положений и понятий науки, не следует, так как в этом случае студент, как правило, плохо ориентируется в материале, не может отграничить смежные вопросы и сосредоточить внимание на основных, первостепенных проблемах рассматриваемой темы.

После выбора темы необходимо внимательно изучить методические рекомендации по подготовке контрольной работы, составить план работы, который должен включать основные вопросы, охватывающие в целом всю прорабатываемую тему.

## Порядок описания ископаемых органических остатков

1. Определение формы сохранности ископаемых остатков.
2. Общие закономерности строения скелета) ископаемого организма ( внутреннее ядро, левая(правая) створка, две створки, панцирь, перистая форма; одиночная или колониальная форма; отчётливо заметны, трудно различимы или неразличимы в лупу внутренние элементы строения скелета).
3. Зарисовать ископаемое, на рисунке указать линейный масштаб. Выделить стрелками и подписать названия всех выявленных элементов строения скелета ископаемого (или следов его жизнедеятельности).
4. Определить и доказать систематическую принадлежность ископаемого, выявляя его *сходство* и *различие* с близкими по строению ископаемыми.
5. Определить условия обитания и образ жизни представителей определенного таксона.
6. Охарактеризовать геологическое значение таксона: стратиграфическое значение, породообразующую роль, использование при проведении палеогеографических реконструкций. Определить возраст горной породы.

Для удобства работы использовать табличную форму записи.

Фамилия_____Группа_____

| | Образец 1 | Образец 2 | Образец 3 | Образец 4 | Образец 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Тип | | | | | |
| Класс | | | | | |
| | | | | | |
| Отряд | | | | | |
| Род | | | | | |
| Экология (условия обитания), образ жизни | | | | | |
| Морфология (характерные черты строения) | | | | | |
| Геологическое значение | | | | | |

## Оценивание результатов контрольной работы

Оценивание результатов контрольной работы должно быть проведено до начала промежуточной аттестации и проводится по традиционной шкале: «зачтено», «не зачтено. Решение об оценке контрольной работы принимается по результатам проверки предъявленной работы и ответов студента на вопросы в случае неполного описания ископаемых органических остатков.

| *Критерии оценивания контрольной работы* | *Количество баллов* |
|---|---|
| Правильность определения систематической принадлежности фоссилий | 0-1 |
| Полнота описания морфологического строения фоссилий | 0-2 |
| Логичность и аргументированность выводов по работе | 0-1 |
| Использование профессиональной терминологии | 0-1 |

| | |
|---|---|
| Итого | 0-5 |

5 баллов (90-100%) - оценка «зачтено»
4 балла (70-89%) - оценка «зачтено»
3 балла (50-69%) - оценка «зачтено»
0-2 балла (0-49%) - оценка «не зачтено».

*Критерии оценки:*

Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся:

- если у всех пяти образцов правильно определена систематическая принадлежность; дано полное описание морфологического строения; выводы по работе логичные и аргументированные, материал изложен профессиональным языком;

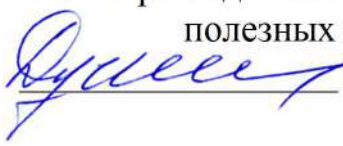
- если правильно определена систематическая принадлежность четырех образцов из пяти; дано полное описание морфологического строения; имеется вывод по работе или его нет, материал изложен профессиональным языком;

- если правильно определена систематическая принадлежность трех образцов из пяти; описание морфологического строения с существенными замечаниями; выводы по работе нелогичны или отсутствуют, материал изложен без использования профессиональной терминологии;

Оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, если правильно определена систематическая принадлежность двух образцов из пяти; описание морфологического строения неполно или неверно; выводы по работе нелогичны или отсутствуют, материал изложен без использования профессиональной терминологии.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых

В.А. Душин

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

## Б1.В.03 Основы учения о полезных ископаемых

Для обучающихся специальности
***21.05.02 Прикладная геология***

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания***

форма обучения: очная, заочная

Авторы: Макаров А.Б., профессор, д.г.-м.н.,
Малюгин А.А., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
*наименование кафедры*
Протокол № 190 от 17.03.2020 г
*Дата*

Екатеринбург
2020

Самостоятельная работа студентов в рамках учебного процесса играет важную роль в изучении дисциплины «Основы учения о полезных ископаемых», поскольку основными объектами труда горных инженеров-геологов – поисков, разведки являются месторождения полезных ископаемых. Поэтому в процессе обучения у студентов формируются представления о месторождения полезных ископаемых как геологических объектах, возникающих в процессах формирования и развития земной коры. Главные задачи профессиональной деятельности – разработка научно обоснованных направлений поисковых работ и выбор рациональной методики разведки месторождений полезных ископаемых могут быть успешно решены при условии овладения студентом современных представлений о геологических и физико-химических условиях их формирования. В процессе самостоятельной работы студент получает представление об особенностях строения каждого типа месторождений как модели месторождений, с которым он будет сталкиваться в процессе своей будущей практической деятельности, и сравнивать с ними конкретные объекты. Для этого в рамках самостоятельной работы в первую очередь следует обратить внимание на изучение имеющегося на кафедре каменного материала, характеризующего большую часть типов промышленных месторождений.

Основное содержание дисциплины и объемы самостоятельной работы по разделам дисциплины приведены в таблице

| №№ тем | Содержание | Часы по СРС |
|---|---|---|
| 1 | Форма и условия залегания рудных тел | 10 |
| 2 | Структуры и текстуры руд | 10 |
| 3 | Изучение генетических типов месторождений полезных ископаемых | 33 |
| 4 | Подготовка к экзамену | 27 |

*Методические указания по организации самостоятельного изучения дисциплины*

**1. Освоение лекционного курса**

Лекции по дисциплине «Основы учения о полезных ископаемых» дают главный материал, как по теории, так и по практике исследований генезиса и геолого-промышленных типов месторождений полезных ископаемых. Современные проблемы, рассматриваемые в данной дисциплине, обусловлены как появлением новых теоретических представлений о геологии месторождений, так и их новых промышленных типов. Это требует после

прослушивания лекций обращаться к рекомендуемой литературе для более глубокой проработки соответствующей темы, детального рассмотрения основных терминов, проблемных вопросов и подходов к их решению, а также изучения дополнительного материала по теме для последующего выполнения лабораторных заданий.

После прослушивания лекции необходимо:

- внимательно просмотреть конспект лекции и (используя поля) сделать необходимые пояснения к сокращениям, аббревиатурам, терминам и т.п.;
- используя рекомендованную литературу уяснить проблемные вопросы и подходы к их решению;
- в письменном виде сформулировать вопросы, которые следует задать преподавателю для окончательного усвоения темы лекции;
- следует взять за правило – выполнять работу с конспектом лекций в тот же день, когда лекция прослушана и в памяти еще осталась часть ее содержания.

## 2. Подготовка, выполнение и оформление лабораторных занятий

Лабораторные занятия расширяют область знаний в изучаемой дисциплине и показывают применение теоретической части в практике исследований, позволяют самостоятельно оперировать знаниями в решении практических задач.

Наиболее важным в этом плане является изучение и закрепление знаний о вещественном составе минерального сырья по методическим указаниям, имеющимся на кафедре ГПР МПИ. Последующим этапом закрепления теоретического материала является изучение новых разрабатываемых месторождений в рамках существующих геолого-промышленных типов и генетической классификации МПИ.

Особое внимание при изучении генетических типов месторождений следует обратить на работу с научной литературой по данной проблематике.

Чтобы лабораторные занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнения в решении практических задач, подготовка к занятиям проводятся по прочитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных разделов лекционного курса. Они вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

В рамках программы изучения дисциплины «Основы учения о полезных ископаемых» предусматривается следующая тематика лабораторных работ.

**Тема 1. Форма и условия залегания рудных тел.**

Цель лабораторных работ – ознакомиться с принципами определения формы рудных тел, изучить геологические разрезы, определить формы рудных тел на реальных геологических разрезах и найти их место в квалификационной таблице; по геологической обстановке на разрезе определить главные факторы, обусловившие форму и место локализации полезного ископаемого.

Места локализации рудных тел и, соответственно, их форма определяется рядом геологических факторов, в частности, условиям образования (эндогенными, экзогенными, или метаморфогенными). Как следствие, при изучении геологических разрезов месторождений, после определения формы рудного тела следует внимательно ознакомиться с геологической обстановкой и попытаться определить, какой из геологических факторов является определяющим: сингенетичность или эпигенетичность руд: отложения или замещения и др.

При выполнении работы следует иметь в виду, что форма природных геологических тел в большинстве случаев далека от идеальной, и при определении названия подбирается наиболее близкий эталон – идеальное геологическое тело.

**Тема 2. Структуры и текстуры руд**

Цель занятий – ознакомиться с основными структурами и текстурами руд, описать особенности минералогического состава и текстур руд различного генезиса. При изучении образцов необходимо, прежде всего, определить рудные минералы, текстуры, определить тип месторождения по типоморфным текстурам. Для этого используются таблицы «Типы текстур руд» по С.А. Вахромееву (1979).

**Тема 3. Изучение генетических типов месторождений полезных ископаемых**

Цель лабораторных работ – изучение теоретического и имеющегося в учебных коллекциях каменного материала, изучить парагенетические ассоциации минералов руд, описать имеющиеся в коллекциях образцы руд и определить их место согласно генетической классификации месторождений полезных ископаемых (по В.Ф. Рудницкому, «Основы учения о полезных ископаемых», стр. 46).

Последовательность изучения генетических типов МПИ рекомендуется следующим образом:

1). Повторение теоретического материала по лекции, учебным пособиям, консультации с преподавателем, просмотр дополнительной литературы из рекомендованного списка.

2). Самостоятельная работа по дополнительному изучению образцов руд из учебных коллекций кафедры.

3). Изучение примеров месторождений данного класса по литературным данным.

4). Проверка усвоения материала по «Вопросам и заданиям для самопроверки» (В.Ф. Рудницкий, «Основы учения о полезных ископаемых», стр. 233-245).

## 3. Рекомендации по работе с литературой

Изучение учебной и научной литературы является основным видом самостоятельной работы, которая сопровождает весь процесс изучения любой дисциплины. Организацию этой работы следует строить, используя следующие рекомендации:

1. Составить перечень книг, с которыми следует познакомиться , ориентируяясь на источники, содержащие необходимый материал.

2. Систематизировать перечень источников (для экзамена, для написания исследовательских работ.

3. Зафиксировать выходные данные по каждой книге.

4. Установить для себя, какие книги (или какие главы книги) следует прочитать более внимательно, а какие – просмотреть. При этом целесообразно проконсультироваться с преподавателем.

5. Все прочитанные книги, учебники и статьи рекомендуется конспектировать с указанием основных идей автора, наиболее ярких цитат (с указанием страниц источника).

6. На собственных книгах допускается делать на полях краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные для Вас мысли и обязательно указываются страницы в тексте – это позволяет экономить время и быстро находить «избранные» места в разных книгах.

7. Рекомендуется широко использовать интернет-источники и базы геологической литературы.

## 4. Подготовка к экзамену

На экзамене будут оценены полученные в процессе обучения знания (примерный перечень рассматриваемых на экзамене вопросов приведен ниже).

1). Понятие о полезных ископаемых и их месторождениях

2).Вещественный состав руд. Вредные и полезные компоненты. Комплексное использование руд.

3). Минеральный состав руд. Массивные и вкрапленные руды.

4). Рудоконтролирующие структуры.

5). Морфологическая классификация рудных тел. Формы рудных тел.

6). Понятия текстуры и структуры руд. Классификация текстур.

7). Гидротермально-метасоматические изменения вмещающих пород.

8). Источники рудного вещества эндогенных месторождений.

9). Источники рудного вещества экзогенных месторождений.

100. Причины и способы рудоотложения.

11). Раннемагматические месторождения- условия образования полезных ископаемых.

12). Позднемагматические месторождения- условия образования полезных ископаемых.

13. Ликвационные месторождения – условия образования и примеры месторождений.

14). Пегматиты: условия формирования месторождений, их типы и примеры.

15). Карбонатиты. Условия формирования, примеры месторождений.

16). Грейзены: факторы их образования, примеры месторождений.

17). Скарновые месторождения: условия формирования и примеры.

18). Порфировые месторождения: условия формирования и примеры.

19).Субвулканические (гидротермально-метасоматические) вулканогенные месторождения

20).Гидротермально-осадочные вулканогенные месторождения, условия их формирования и примеры.

21). Гидротермальные амагматогенные месторождения, условия формирования и примеры.

22). Месторождения выветривания и факторы их формирования.

23). Инфильтрационные месторождения.

24). Остаточные месторождения.

25). Механические месторождения полезных ископаемых и условия их формирования. Россыпные месторождения и их примеры.

26). Химические месторождения и условия их формирования.

27). Биохимические месторождения и условия их формирования.

28). Метаморфогенные месторождения.

Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. В процессе подготовки к экзамену имеющиеся пробелы в знаниях, углубляются, систематизируются и упорядочиваются знания. На экзамене демонстрируются знания и навыки, приобретенные в процессе обучения по данной дисциплине.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, РЕКОМЕНДУЕМОЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ

а) основная

Рудницкий В. Ф. Основы учения о полезных ископаемых. Учебное пособие.- 3-е издание, исправленное и дополненное - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. -245 с.

б) дополнительная

Попова О.М. Полезные ископаемые: Лабораторный практикум с основами теории.-Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. – 97 с.

Рудные месторождения СССР В 3-х томах /под ред. Смирнова В.И., М.: Недра, 1978.

Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. М.: Недра, 1989

Рабочая программа дисциплины Б1.В.03-Основы учения о полезных ископаемых

Интернет ресурсы: Все о геологии http://www.geo.web.ru

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

# Б1.В.04 РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА

Специальность:
*21.05.02 Прикладная геология*

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания***

Авторы: Контарь Е. С., д.г-м.н.; Кисин А. Ю., д.г-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
*Геологии*
*(название кафедры)*
Зав. кафедрой _____
*(подпись)*
д.г.-м.н., проф. Огородников В.Н.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 17.03.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией
факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

## Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. По курсу «Региональная геология, геотектоника и геодинамика» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях:

- ✓ выполнение домашних заданий;
  освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую программу дисциплины [9];
- ✓ подготовка к экзамену;
- ✓ изучение коллекций ископаемых остатков основных систематических групп.

Самостоятельная работа студентов направлена на развитие интеллектуальных умений, повышение творческого потенциала студентов и заключается в:

– поиске, анализе, структурировании и презентации информации, анализе научных публикаций по результатам современных региональных, геотектонических и геодинамических исследований.

– исследовательской работе и участии в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

Данные методические указания предназначены для организации самостоятельной работы студентов при освоении отдельных тем дисциплины.

## Методические указания к самостоятельной работе студента

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Региональная геология, геотектоника и геодинамика». Здесь указаны наименование и содержание лекционных тем в соответствии с Учебной программой курса [9]. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебниках по курсу [1, 2, 5, 6]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература [3, 4, 7, 8 ]. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины в последнем разделе приведены контрольные вопросы и упражнения, которые являются основой подготовки к экзамену.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебникам [1, 2, 5, 6] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.
3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.
4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

Данное учебно-методическое пособие может быть использовано при подготовке ответов на вопросы во время экзамена.

## Содержание курса

**Тема 1: Предмет, объекты, цели и задачи региональной геологии.** [1, 2]

Предмет, объекты, цели и задачи региональной геологии. Взаимоотношения с другими геологическими направлениями. Организационное и научно-методическое обеспечение региональных работ

***Дополнительная литература:*** [3, 4].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Что изучает региональная геология?
2. Как соотносится региональная геология с другими геологическими направлениями?

**Тема 2: Тектоническое и гидрогеологическое районирование территории Российской Федерации.** [1, 2]

Принципы и задачи тектонического и гидрогеологического районирования территории Российской Федерации. Понятия об основных структурах континентальной земной коры (платформы, складчатые области и их элементы строения). Основные признаки тектонических комплексов, соответствующих им режимов и их минерагенические особенности. Тектонические режимы: геосинклинальный, орогенный, платформенный, индикаторные геологические формации, основные полезные ископаемые. Тектоническое и гидрогеологическое районирование территории Российской Федерации. Соотношение тектонических и гидрогеологических структурных элементов.

***Дополнительная литература:*** [3, 4].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Какие основные принципы положены в основу тектонического районирования?
2. Какие крупные области выделяются при тектоническом районировании России?
3. Назовите основные структуры континентальной земной коры.
4. Основные положения тектоники литосферных плит?

**Тема 3: Древние платформы.** [1, 2]

Общая характеристика древних платформ. Восточно-Европейская древняя платформа: районирование, основные особенности строения фундамента, чехла, типы и условия размещения месторождений полезных ископаемых. Сибирская древняя платформа: районирование основные особенности строения фундамента, чехла, типы и условия размещения месторождений полезных ископаемых.

***Дополнительная литература:*** [3, 4].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Границы и основные структурные элементы Восточно-Европейской платформы?
2. Этапы формирования фундамента Восточно-Европейской платформы, характерные черты каждого из них
3. Какие полезные ископаемые связаны с фундаментом и осадочным чехлом Восточно-Европейской платформы?
4. Границы и основные структурные элементы Сибирской платформы?
5. Формирование фундамента сибирской платфомы.

6. Найдите на геологической карте, какие структуры образовали Лено-Тунгусскую, Алдано-Анабарскую и Юдомо-Оленекскую формационные зоны венда.

7. Рассмотрите структурный план Сибирской платформы в девоне, карбоне, перми и триасе.

**Тема 4: Складчатые пояса России.** [1, 2]

Общая характеристика складчатых поясов России. Урало-Монгольский складчатый пояс: районирование, основные черты строения, типы и условия размещения месторождений полезных ископаемых. Средиземноморский складчатый пояс: районирование, основные черты строения, типы и условия размещения месторождений полезных ископаемых. Тихоокеанский складчатый пояс: районирование, основные черты строения, типы и условия размещения месторождений полезных ископаемых.

***Дополнительная литература:*** [3, 4].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Границы и основные тектонические структуры Урало-Новоземельской складчатой области.

2. Развитие Урало-Монгольского складчатого пояса в палеозое?

3. Покажите на геологической карте основные структуры Южного Тянь-Шаня.

4. Какие основные этапы можно выделить в развитии Казахско-Киргизской складчатой области?

5. Полезные ископаемые Алтае-Саянской складчатой области.

**Тема 5. Предмет, объект и структура геотектоники. Основные геотектонические гипотезы.** [6, 7]

Предмет изучения и значение геологии для науки и практики. Мировоззренческая роль геологии. Место курса геологии в подготовке специалиста. Планеты Солнечной системы. Физические свойства Земли. Модели Земли. Химический состав земной коры. Минералы и горные породы. Земная кора: мощность, типы, строение и состав. Современные методы исследования земной коры.

***Дополнительная литература:*** [8, 9].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Опишите строение земной коры. Каковы ее мощность, строение и состав?

2. Какие современные методы исследования земной коры Вы знаете?

**Тема 6.Тектонические движения и методы их изучения.** [6, 7]

Общие сведения о геологических процессах. Тектонические движения: колебательные, дислокационные. Тектонические нарушения: складчатые, разрывные. Землетрясения. Методы изучения современных вертикальных тектонических движений: водомерный и метод повторного нивелирования. Методы изучения горизонтальных современных тектонических движений: метод повторной триангуляции, лазерный метод и метод дифференциальной интерферометрии. Методы изучения вертикальных палеотектонических движений: метод фаций, метод мощностей, метод формаций, объемный метод, метод стратиграфических несогласий, метод сравнительной тектоники. Методы изучения горизонтальных палеотектонических движений: метод наилучшего совмещения контуров, палеомагнитный метод, палеоклиматический метод. Палинспастический метод и петроструктурный анализ.

***Дополнительная литература:*** [8, 9].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Какие типы тектонических движений Вы знаете?

2. Методы изучения современных тектонических движений?

3. Какими методами изучают современные тектонические движения?

4. Какими методами изучают палеотектонические движения?

**Тема 7. Геотектоническая таксономия.** [6, 7]

Тектоносфера, астеносфера, Земная кора, океаническая кора, континентальная кора. Литосферные плиты. Дивергентные, конвергентные и трансформные границы. Срединные океанические хребты. Рифты, абиссальные равнины. Активные окраины континентов. Глубоководные желоба. Аккреционная призма. Вулканические островные дуги и их типы. Окраинное море. Пассивные окраины континентов. Шельф. Континентальный склон. Континентальное подножие. Платформы и их типы: протоплатформы, древние платформы, молодые платформы. Авлакогены. Синеклизы и антеклизы. Складчатые пояса (субдукционные и коллизионные). Развитие складчатых поясов. Структура складчатых поясов. Краевые прогибы (передовые прогибы). Террейны. Срединные массивы. Континентальные рифты. Тектономагматический цикл. Цикл Уилсона. Геодинамический цикл.

***Дополнительная литература:*** [8, 9].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Назовите основные положения концепции тектоники литосферных плит.
2. Какие структурные элементы выделяют в этой концепции?
3. Что такое рифты, механизм и этапность их формирования.
4. Что такое «конвергентный» тип границ литосферных плит и какие геодинамические обстановки им соответствуют?
5. Перечислите современные литосферные плиты.

**Тема 8: Геологические тела и структуры как критериальные признаки геотектонических обстановок.** [6, 7]

Геотектонический парагенез. Складчатые структуры. Классификация складок. Разрывные структуры и их классификация. Вулканические структуры. Геологические формации. Типоморфные осадочные формации различных геотектонических структур. Типоморфные вулканические формации различных геотектонических обстановок. Типоморфные плутонические формации различных геотектонических обстановок. Типоморфные метаморфические формации различных геотектонических обстановок. Геотектонические обстановки формирования структур тектоносферы.

***Дополнительная литература:*** [8, 9].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Какие разрывные структуры Вы знаете? Какова их классификация?
2. Какие складчатые структуры Вы знаете? Какова их классификация?
3. Какие вулканические структуры Вы знаете? Какова их классификация?

**Тема 9: Геотектонические обстановки формирования структур тектоносферы. Геотектоническое районирование. Геотектонические карты.** [6, 7]

Геотектонические обстановки океанических рифтов. Геотектонические обстановки срединных океанических хребтов. Геотектонические обстановки абиссальных равнин. Геотектонические обстановки пул-апарт бассейнов. Геотектонические структуры зон перехода от океана к континенту. Геотектонические обстановки пассивных окраин. Геотектонические обстановки активных окраин континента. Геотектонические обстановки зон орогенеза складчатых поясов. Геотектонические обстановки зон внутриплитной активизации. Геотектоническая обстановка континентальных рифтов. Геотектонические обстановки формирования чехла платформ. Геотектонические карты

***Дополнительная литература:*** [8, 8].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Этапность развития океанических и срединно-океанических рифтов?
2. Этапность развития континентальных рифтовых зон?

3. Какими геотектоническими обстановками характеризуются бассейны пассивных окраин континента?

4. Какими геотектоническими обстановками характеризуются бассейны активных окраин континента?

5. Какими геотектоническими обстановками характеризуются зоны внутриплитной активизации?

**Вопросы к зачету по курсу**
**«Региональная геология, геотектоника и геодинамика»**

1. Геотектоника (определение). Цели и задачи дисциплины, основные разделы.

2. Прикладное (практическое) значение геотектоники.

3. Методы геотектоники, значение актуалистического подхода при геотектонических исследованиях.

4. Основные положения существовавшего ранее учения о геосинклиналях (строение и развитии геосинклинальных систем).

5. Современная интерпретация представлений о геосинклиналях с позиций мобилизма.

6. Идеи фиксизма и мобилизма.

7. Парадигма тектоники литосферных плит (основные положения).

8. Источники сведений о внутреннем строении Земли. Глубинное строение Земли (внутреннее и внешнее ядро, нижняя и верхняя мантия, переходные слои C и D).

9. Понятие о литосфере, астеносфере и тектоносфере.

10. Существующие типы земной коры, разделы Конрада и Мохоровичича их геологический и геофизический смысл.

11. Земная кора континентального типа: строение, состав, возраст.

12. Земная кора океанического типа: строение, состав, возраст.

13. Земная кора переходного типа - субокеаническая и субконтинентальная.

14. Явление изостазии.

15. Современные литосферные плиты (показать и перечислить). 19. Фиксация границ плит, типы их взаимоотношений друг с другом, соподчиненность с материками и океанами.

16. Прямые данные о взаимном перемещении литосферных плит в настоящее время.

17. Дивергентные типы границ плит и соответствующие им геодинамические обстановки (перечислить).

18. Конвергентные типы границ литосферных плит и соответствующие им геодинамические обстановки (перечислить).

19. Процесс рифтогенеза. Возможные модели зарождения рифтовых структур. Континентальный рифтогенез. Этапность развития континентальных рифтовых зон. Океанический рифтогенез (спрединг) и формирование океанической коры. Глобальная рифтовая система Земли.

20. Срединно-океанические хребты (классификация, строение, характерные геологические формации). Окраинные (задуговые) морские бассейны (классификация, строение, характерные геологические образования). Субдукционные геодинамические обстановки (перечислить). Активные континентальные окраины островодужного типа (классификация, строение, характерные геологические образования). Активные континентальные окраины андского типа (строение, характерные геологические образования).

21. Коллизионные геодинамические обстановки. Орогенические пояса шотладского и скандинавского (гималайского) типов (классификация, строение, характерные геологические образования).

22. Процессы обдукции при замыкании океанических бассейнов. Представление об офиолитах.

23. Сдвиговые (трансформные) границы плит. Трансформные разломы океанов: характер перемещений, их структурное выражение и характерные геологические образования.

24. Внутриплитные геодинамические обстановки. Представления о тектонике плюмов, Представление о горячих точках и горячих полях. Характерные магматические образования горячих точек.

25. Континентальный рифтогенез. Главные элементы континентальных рифтовых систем. Континентальные рифты: главные структурные элементы, характерные геологические образования. Периокеанический рифтогенез. Пример - рифт Красного моря.

26. Геодинамические обстановки формирования обширных провинций внутриконтинентальных траппов.

27. Методы изучения современных тектонических движений и деформаций: вертикальные движения, горизонтальные движения.

28. Методы изучения движений и деформаций геологического прошлого: анализ фаций и мощностей, объемный метод, формационный анализ, анализ перерывов и несогласий.

29. Методы изучения современных движений и деформаций: Структурно- геоморфологические методы.

30. Современные представления о происхождении складчатых поясов с позиций тектоники литосферных плит. Области океанов: срединно-океанические хребты (типы, строение, характерные геологические формации), абиссальные равнины (строение, характерные геологические формации), микроконтиненты (строение, характерные геологические формации), глубоководные желоба (строение, характерные геологические формации).

31. Принципы тектонического районирования крупных территорий континентов по возрасту завершающей складчатости и по типам геодинамических обстановок (эндогенных режимов).

32. Понятие о структурных комплексах, этажах и ярусах земной коры.

33. Структурно-формационное районирование территорий. Выделение структурно-вещественных комплексов, отвечающих определенным геодинамическим обстановкам.

34. Складчатые дислокации, разломы и кольцевые структуры, их роль в строении и развитии земной коры. Современное понимание термина «глубинные разломы».

35. Основные принципы составления палеогеодинамических карт. Выделение геодинамических циклов, составление легенд.

36. Террейновый анализ.

37. Существующие представления о палеогеодинамическом развитии Восточной Сибири (принципы построения легенды к тектонической карте Восточной Сибири).

38. Представление о глобальных палеогеодинамических реконструкциях.

39. Источники энергии глубинных геологических процессов. Связь глубинных процессов и процессов, происходящих в земной коре и литосфере. Представление о циклах Уилсона.

## Вопросы к экзамену по курсу «Региональная геология, геотектоника и геодинамика»

1. Основные черты строения чехла Сибирской платформы (юрско-меловой комплекс и кайнозойские отложения).

2. Полезные ископаемые Сихотэ-Алинской области.

3.Основные черты строения чехла Сибирской платформы (среднекаменноугольно-среднетриасовый комплекс, пермо-триасовый трапповый и триасовый ультраосновной магматизм).

4. Полезные ископаемые Байкальской горной области

5. Основные черты строения чехла Сибирской платформы (ордовикско-силурийский и девонско-нижнекаменноугольный комплексы).

6. Полезные ископаемые Саяно-Енисейской области.

7. Основные черты строения Восточно-Европейской платформы

8. (мезозойско-кайнозойский комплекс).

9. Главнейшие угленосные бассейны Сибирской платформы.

10. Основные черты строения Восточно-Европейской платформы

11. (средне-верхнепалеозойский комплекс).

12. Нефтегазоносные провинции Сибирской платформы.

13. Основные черты строения Восточно-Европейской платформы (нижнепалеозойский комплекс).

14. Главнейшие нефтегазоносные провинции Восточно-Европейской платформы

15. Основные черты строения Олюторско-Камчатской складчатой и Курильской геосинклинальной систем.

16. Основные черты строения восточных зон Урала.

17. Полезные ископаемые Верхоянско-Чукотской области.

18. Структурно-тектоническое районирование и основные черты строения Тихоокеанского пояса.

19. Полезные ископаемые Большого Кавказа.

20. Структурно-тектоническое районирование и основные черты строения Средиземноморского пояса (в пределах территории России).

21. Основные черты строения осевой зоны и западного склона Урала.

22. Полезные ископаемые восточных структур Урала

23. Структурно-тектоническое районирование Урало-Монгольского пояса.

24. Полезные ископаемые структур осевой зоны и западного склона Урала

25. Структурно-тектоническое районирование Урала.

26. Полезные ископаемые Западно-Сибирской плиты

27. Основные черты строения чехла Сибирской платформы (рифейский и вендкембрийский комплексы)

28. Основные черты строения фундамента Сибирской платформы.

29. Полезные ископаемые Восточно-Магнитогорского пояса.

30. Основные черты строения Западно-Сибирской плиты.

31. Полезные ископаемые Тагильского пояса

32. Строение чехла Восточно-Европейской платформы (рифейский и вендкембрийский комплексы).

33. Основные черты строения фундамента Восточно-Европейской платформы.

34. Полезные ископаемые чехла Сибирской платформы.

35. Основные признаки тектонических комплексов и соответствующих им режимов.

36. Полезные ископаемые фундамента Восточно-Европейской платформы.

37. Основные черты тектонического районирования территории Российской Федерации.

38. Предмет региональной геологии. Объекты региональной геологии. Организационное и научно-методическое обеспечение региональных геологоразведочных работ.

**Рекомендуемая литература**

1 Контарь Е.С. Региональная геология: учебное пособие / Е. С. Контарь ; Министерство науки и высшего образования РФ, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 126 с.

2 Короновский Н.В. Геология России и сопредельных территорий : учебник / Н. В. Короновский. - Москва : Академия, 2011. - 240 с.

3. Цейслер В.М. и др. Основы региональной геологии СССР : учебник / В. М. Цейслер [и др.]. - Москва : Недра, 1984. - 358 с.

4. Горная энциклопедия : в 5-ти т. - Москва : Советская энциклопедия, 1984 - 1991. Т. 1 : Аа - лава - Геосистема / гл. ред. Е. А. Козловский [и др.]. - 1984. - 560 с.

5 Бабенко В.В. Геотектоника, геодинамика и металлогения: учебник / В. В. Бабенко; Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2009. 734 с.

6 Хаин В. Е., Ломизе М. Г. Геотектоника с основами геодинамики. М.: Изд. КДУ, 2005.

7 Мохнач, М. Ф. Геология. Книга 2. Геодинамика: учебник / М. Ф. Мохнач, Т. И. Прокофьева ; под ред. А. Н. Павлов. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2011. — 280 с. — 978-5-86813-290-2. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/17904.html

8. Хаин В.Е., Михайлов А.Е. Общая геотектоника. - М.: Недра,1985.

9. Региональная геология, геотектоника и геодинамика: программа дисциплины для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология специализация № 3 Геология нефти и газа / Е.С. Контарь, А.Ю. Кисин. Екатеринбург: УГГУ, 2019. 15 с.

Минобрнауки РФ
Уральский государственный горный университет

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой минералогии,
петрографии и геохимии
_____ В.А. Коротеев

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.05 КРИСТАЛЛОГРАФИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ

Специальность 21.05.02 «Прикладная геология»

# Специализация № 2
# *Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания*

Автор: Суставов С.Г., доцент, канд. г.-м. наук

Одобрены на заседании кафедры
Минералогии, петрографии и геохимии

Протокол № 4 от 17.03.2020г.

Екатеринбург
2020



ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.
ПРЕДИСЛОВИЕ . . . . . 4
ВВЕДЕНИЕМ . . . . . 5
ВНЕШНИЕ ПРИЗНАКИ МИНЕРАЛОВ . . . . . 6
Морфология кристаллов . . . . . 7
Строение агрегатов . . . . . 10
Блеск . . . . . 11
Цвет, черта . . . . . 12
Твердость . . . . . 15
Спайность и отдельность . . . . . 17
Упругость, пластичность, хрупкость . . . . . .18
Плотность . . . . . .19
Магнитные свойства . . . . . 19
ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ . . . . . 20
КЛЮЧ К ТАБЛИЦАМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ . . . . . 22
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ . . . . . .23
ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ . . . . . 23
ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА . . . . . 24
ТАБЛИЦЫ МИНЕРАЛОВ . . . . . 26
УКАЗАТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ . . . . . .168

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Знакомство с минералами начинается с восприятия тех или иных внешних признаков, определение которых возможно без каких-либо приборов, с помощью наиболее простых приспособлений. Диагностика по внешним признакам является наиболее простым и универсальным методом при определении минералов. Вместе с тем от диагноста требуется "острая" наблюдательность и хорошая память. В практической минералогии, как правило, невозможно определение минерала по словесному описанию. Практическая минералогия – "чувственная" наука и в ней справедливо правило: лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать, и лучше один раз в руках подержать, чем сто раз увидеть. Рассматривая минерал в витрине музея можно получить информацию только о его цвете и форме выделения. Держа образец в руках дополнительно можно достаточно надежно определить его блеск, плотность, сопутствующие минералы. Внимательный осмотр образцов опытным специалистом дает большую информацию, которая не только позволяет определить минерал, но, в некоторых случаях, указать месторождение. В свое время курс практической минералогии был разра-ботан основателем кафедры – К.К.Матвеевым сразу после революции. Для проведения лабораторных занятий необходим определитель минералов. Первоначально для этой цели использовалось руководство А.Вейсбаха и К.Фукса. В дальнейшем был из-дан определитель Ф.И.Рукавишникова в 1938 году. Позднее этот определитель обновлялся и расширялся в 1956 году В.Н.Свяжиным, а в 1970 году Г.Н.Вертушковым и В.Н.Авдониным.

Минералогия, как и другие науки, не стоит на месте - растет поток информации о минералах. Это привело к физическому и моральному старе-нию определителя 1970 года. Все это послужило причиной к переработке, расширению и некоторому изменению таблиц и принципа расположения мине-ралов в структуре определителя. При написании определителя основной упор делался на те свойства минералов, определение которых может производить любой студент, знакомый с основами геометрической кристаллографии и конституцией минералов. Первое издание таблиц было осуществлено автором в 1995 году, в настоящее время пришла пора несколько изменить



и дополнить существующие таблицы описанием внешних признаков минералов.

Вместе с этим таблицы выполнены в таком виде, что могут быть использованы для диагностики минералов в полевых условиях и в курсах по практической минералогии, в геммологии и других науках.

## ВВЕДЕНИЕ

Таблицы для определения минералов по внешним признакам составлены в соответствии с программой курса "Кристаллография и минералогия" для специальности 21,05.02 – " Прикладная геология". Минеральные виды, представленные в таблицах, приведены в соответствие со сводкой по систематике (Флейшер М.. 1990), лишь некоторые изоморфные ряды описаны как единый минерал при отсутствии данных по крайним членам ряда.

При пользовании определителем необходимо различать понятия: минерал и минеральный вид, которые нередко в некоторой литературе отождествляют. Минерал, как объект исследования науки минералогии, известен с глубокой древности. Первоначально к минералам наряду с кристаллами причислялись "земли", горные породы, торф, каменный уголь. В настоящий период под минералом понимается продукт природной физико-химической реакции, имеющий индивидуализированный химический состав, изменяющийся в определенных границах и обладающий или обладавший кристаллической структурой, которая разрушена под влиянием радиоактивного облуче-ния. По мере детального изучения отдельных минералов было установлено, что они, в свою очередь, состоят из двух или нескольких веществ, имеющих строго индивидуализированный состав, но обладающих однотипной структурой. Эти исследования позволили выделить новое понятие – минеральный вид являющийся фундаментальной единицей современных минералогических классификаций. Таким образом, минеральный вид является частью, более общего, понятия минерал. Например: минерал гранат состоит из отдельных видов: гроссуляр, андрадит, уваровит, пироп, спессартин, альмандин; минерал оливин содержит в своем составе виды: форстерита и фаялита и т.д. В настоящее время для сложных многокомпонентных твердых растворов, которыми являются некоторые минералы, понятие минерал отождествляется с названием группы в классификации.

## ВНЕШНИЕ ПРИЗНАКИ МИНЕРАЛОВ

Каждый минеральный вид имеет определенный химический состав и структуру, которые находятся в тесной взаимосвязи и определяют его конституцию. Конституция определяет свойства, присущие минералу, и его морфологию. Свойства, определяемые визуально или с использованием простых испытаний, называются внешними признаками. Искусство диагностики минералов определяется овладением этими признаками. В отдельных случаях внешние признаки настолько специфичны, что позволяют однозначно определить минерал. В других случаях они позволяют выделить группу минералов, в которой определение конкретного вида требует тщательного анализа.

К внешним признакам относятся морфология кристаллов, строение агрегатов, блеск, цвет, черта, твердость, спайность, отдельность, упругость, пластичность, хрупкость, плотность, магнитные свойства

.

***Морфология кристаллов***

Форма кристалла определяется его структурой и влиянием окружающей среды. Появление тех или иных простых форм на кристалле определяется законом Бравэ, согласно которому при образовании кристаллов развитие и частота появления основных форм зависят от густоты расположения атомов, ионов на их гранях. В соответствии с принципом Кюри, внешняя симметрия кристалла будет сохранять толь-ко те элементы симметрии, которые совпадают с подобными элементами симметрии среды. Степень развития кристалла в разных направлениях определяет его облик. Выделяются следующие типы облика (рис. 1):
1) изометричный (а) – кристалл примерно одинаково развит по трем взаимно перпендикулярным направлениям; 2) увеличение в одном направлении последовательно приводит к короткопризматическому (б), длиннопризматическому (в), игольчатому, волокнистому облику; 3) сжатие в одном на-правлении определяет таблитчатый (г), пластинчатый (д),чешуйчатый, листоватый облик.

Неравномерное развитие кристалла в разных направлениях определяет бочонковидный, клиновидный, скипетровидный, сноповидный и другие облики.



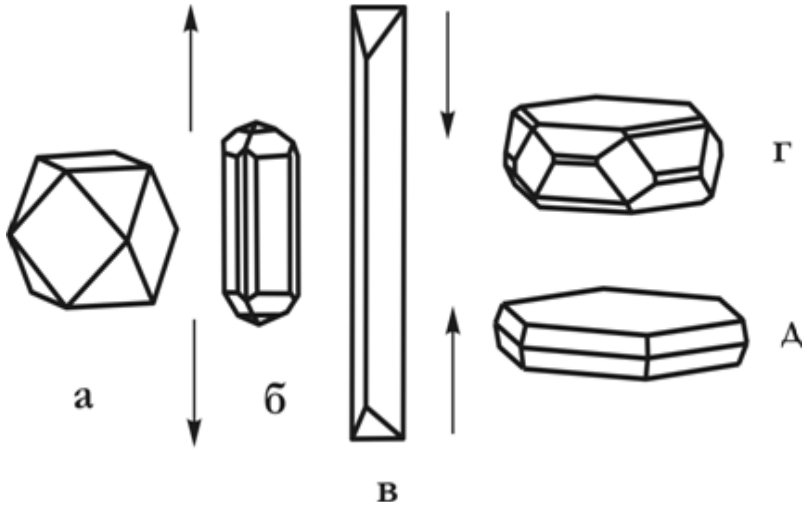



Рис. 1. Типы облика кристаллов.
а-изометричный, б-короткопризматический, в-длиннопризматический, г-таблитчатый, д-пластинчатый

Габитус кристалла определяется преобладающими гранями простых форм, представленных в ограничении. Например, у пирита облик изометричный, а габитус кубический, пента-гондодекаэдрический или октаэдрический.

Грани кристаллов нередко покрыты мелкими бороздами или штрихами. Для ряда минералов присутствие штриховки является важным диагностическим признаком. В одних случаях она наблюдается в виде параллельных штрихов, в других штрихи пересекаются под определенными углами. Так, на гранях призмы кристаллов кварца наблюдается поперечная штриховка, а на гранях призмы топаза и берилла – вертикальная.

По своему происхождению штриховка может быть *комбинационной*, обусловленная узкими вициналь-ными гранями двух простых форм (берилл, турмалин и др.), *двойниковой*, являющейся результатом полисинтетического двойникования минералов (сфалерит, корунд, плагиоклазы и др.) *индукционной*, появляющейся в месте соприкосновения двух одновременно растущих индивидов.

Кристаллы редко бывают одиночными, обычно они образуют сростки. Различают *закономерные и случайные* сростки, среди первых

выделяются параллельные, двойниковые и эпитаксические сростки. Параллельными сростками называются такие срастания кристаллов минералов, в которых все грани первого кристалла параллельны соответствующим граням второго.

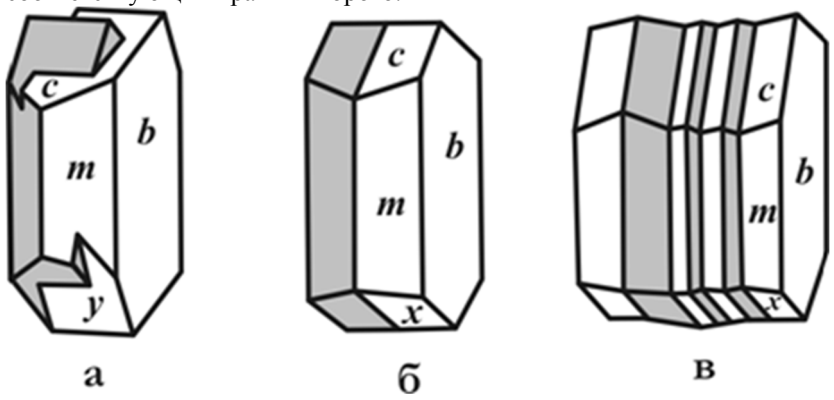



Рис.2. Виды двойниковых срастаний.
а-двойник прорастания, б-двойник срастания,
в-полисинтетический двойник

Двойниками называются закономерные срастания двух кристаллов одного и того же минерала, в которых один индивид может быть выведен из другого отражением в плоскости или поворотом на 180° вокруг оси. В зависимости от количества сросшихся в двойниковом положении индивидов различают тройники, четверники, пятерническийки и т. д. В зависимости от расположения элементов простые двойники подразделяются на *двойники прорастания* (рис.2а) и *двойники срастания* (рис. 2б). Наряду с простыми двойниками широко распространены *полисинтетические двойники*. В них каждые два соседних индивида находятся в двойниковом положении (рис.2в).

Эпитаксическими сростками называются срастания двух различных минералов, в которых хотя бы некоторые кристаллографические элементы оказываются параллельными. Это объясняется сходством кристаллических структур и параметров решеток у минералов в эпитаксическом сростке

***Строение агрегатов***

Незакономерное срастание множества индивидов одного или разных минералов называется агрегатом. Форма минеральных агрегатов



в значительной степени зависит от формы отдельных кристаллов и механизма их образования. В случае изометричных зерен агрегаты по величине их подразделяются на тонкозернистые (зерна на глаз неразличимы), мелкозернистые (зерна менее 1мм, но различимы на глаз), среднезернистые (1-5 мм), крупнозернистые (5-20 мм), гигантозернистые (зерна крупнее 20 мм).

В том случае, если индивиды имеют вытянутую в разной степени форму, то они образуют *шестоватые, игольчатые, волокнистые* агрегаты. Если кристаллы обладают *уплощенной* формой, то агрегаты приобретают *пластинчатое, чешуйчатое, листоватое* строение.

По механизму образования выделяют следующие агрегаты. В открытых полостях из низкотемпературных растворов на стенках осаждаются натечные агрегаты, которые могут иметь *сталактитовое, гроздевидное, сосцевидное или почковидное* строение. Из коллоидных суспензий (гелей) образуются *колломорфные* агрегаты.

В том случае, если открытая полость не полностью заполняется раствором, то на стенках полости происходит образование друз или щеток кристаллов. Друзы сложены удлиненными кристаллами и имеют зону геометрического отбора. Последняя предполагает преимущественный рост тех индивидов, удлинение которых совпадает с нормалью к стенке полости. Щетки обычно представлены изометричными индивидами, в которых геометрический отбор прошел, и все кристаллы имеют одинаковую ориентировку.

Мелкие стяжения сферической или эллипсоидальной формы носят название оолитов и сферолитов. *Оолиты* обычно сцементированы друг с другом в горную породу. Они имеют концентрически-скорлуповатое строение, отдельные слои их отлагаются вокруг центра (например, песчинки или пузырька воздуха). *Сферолиты* обладают радиально-волокнистым строением и образуются в открытой полости. *Конкреции* - стяжения округлой формы, радиально-лучистого или скорлуповатого строения, рост которых происходил от центра к периферии.

При быстрой кристаллизации минерала в трещине или хорошо проницаемой породе образуются плоские или объемные ветвистые агрегаты (*дендриты*). Наряду с основными типами минеральных агрегатов, имеются разности, наименования которых отражают внешние особенности этих агрегатов, например *звездчатые, сетчатые, ячеистые, шлаковидные, землистые*

***Блеск***

*Блеск* – это визуальная характеристика отраженного от поверхности минерала света, учитывающая и долю отраженного света, и особенности отражения. Блеск минералов по мере его усиления подразделяется на *стеклянный, алмазный, полуметаллический и металлический*. У прозрачных и хорошо просвечивающих минералов, с повышением показателя преломления, слабый стеклянный блеск постепенно сменяется более сильный алмазным. Для минералов с высоким коэффициентом поглощения и большой отражательной способностью, т.е. непрозрачных даже в тонком порошке, характерен металлический блеск. У части минералов блеск промежуточный между алмазным и металлическим; такие минералы или просвечивают хотя бы в тонком порошке, или заметно поглощают и рассеивают свет. Промежуточный по степени блеск называют *полуметаллическим*.

Переход от одной градации степени блеска к другой постепенный и достаточно условный. При мелкошероховатой поверхности у сильно поглощающих или непрозрачных минералов характер блеска тусклый (магнетит); у просвечивающих и прозрачных - *матовый* (каолин, любые землистые агрегаты). Характер поверхности нередко зависит от особенностей излома - при отсутствии спайности излом может быть мелкобугорчатым, а блеск - *жирным* (кварц, нефелин).

На вид блеска большое значение оказывают характер поверхности и строение агрегата. *Шелковистый* блеск отмечается у параллельно-волокнистых агрегатов за счет своеобразного отражения и рассеяния света волокнами. Такой блеск особенно заметен при падении света вдоль волокон (селенит, хризотил-асбест). Прозрачные минералы с совершенной спайностью отражают свет не только от внешней плоскости, но и от возникающих в глубине образца трещинок. Подобное мерцающее отражение сопровождается интерференцией света, создающей нежную радужную окраску. Этот вид блеска называют *перламутровым* (гейландит, гипс, кальцит).

***Цвет, черта***

Цвет – это свойство вещества вызывать у человека определенное зрительное ощущение в соответствии со спектральным составом



отражаемого или пропускаемого излучения. Исходя из физической сущности, удобно разделить окраску минералов на собственную и чуждую. *Собственная окраска* обусловлена особенностями конституции минерала – его химическим составом и структурой. Наиболее распространенный вид собственной окраски минералов вызывается характером светопоглощения. При этом возникают разные варианты.

1. Если свет не взаимодействует с минералом, то минерал остается бесцветным и прозрачным, как, например, горный хрусталь. При полном поглощении видимого спектра света минерал становится черным и непрозрачным. При поглощении происходит возбуждение электронов в верхнем слое, которые мгновенно возвращаются обратно, испуская световые лучи, что проявляется в металлическом блеске. Цветовые оттенки у сильно поглощающих минералов возникают в случае энергетической неравнозначности переходов электронов, и потому часть лучей света поглощается минералом.

2. Наиболее характерно проявляется неравномерность поглощения света как причина окраски у прозрачных минералов-диэлектриков, в составе которых находятся химические элементы-хромофоры. Хромофорами являются ионы переходных металлов периодической системы Д.И. Менделеева. Наиболее важные из них V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu. В зависимости от конституции кристаллом поглощаются разные лучи. Минерал окрашивается в цвет, дополнительный к поглощенному. Окраска, вызываемая хромофорами следующая: $V^{3+}$ – зеленый (тсаворит), голубой (танзанит); $Cr^{3+}$ – зеленый (уваровит, изумруд), красный (рубин); $Mn^{2+}$ – розовый (родохрозит, родонит); $Fe^{2+}$ – зеленый (актинолит, хризолит), красный (альмандин); $Fe^{3+}$ – желтый (хризоберилл); $Co^{2+}$ – голубой (шпинель), розовый (эритрин); $Ni^{2+}$ -зеленый (непуит); $Cu^{2+}$ – зеленый (малахит), синий (азурит), голубой (бирюза).

3. В прозрачных минералах окраска может быть вызвана явлением переноса заряда. Так возникает окраска синего корунда (сапфира) с изоморфной примесью железа и титана. Появление окраски объясняется образованием пары $Fe^{2+}$ + $Ti^{4+}$, которая за счет переноса заряда (электрона) внутри пары и поглощения лучей с соответствующей длиной волны образует пару $Fe^{3+}$ + $Ti^{3+}$ и минерал приобретает синий цвет.

4. Неравномерное светопоглощение некоторых минералов может

быть вызвано наличием в их кристаллической решетке электронно-дырочных центров окраски. В черном кварце (морионе) в позициях кремния располагаются ионы $A1^{3+.}$ Для компенсации валентностей в кристаллическую решетку внедряются катионы щелочных металлов или $H^+$. Под действием радиоактивного или рентгеновского излучения происходит смещение электрона от кислорода к $Al^{3+}$ с поглощением части света; ионы $O^-$ становятся центрами окраски. Аналогичным образом возникает окраска у флюорита.

*Чуждая* окраска определяется вростками пигментирующих окрашенных минералов, цветными пленками разной природы и другими причинами, не связанными с особенностями конституции минерала.

Кроме этого окраска зависит от спектра светового пучка и от направления. Наиболее ярко эта особенность проявляется в минералах с незначительной примесью хрома. Например, александрит при дневном освещении зеленый, а при искусственном - красный. Зависимость от направления – это анизотропия окраски. В ромбическом кордиерите с примесью Fe цвет разный по всем трем кристаллографическим осям. Он темно-синий вдоль оси z, светло-синий вдоль оси x, желтовато-серый вдоль оси y. Это явление называется плеохроизмом и наблюдается у всех окрашенных минералов под микроскопом.

Окраска минерала определяется степенью его дисперсности: гематит в кристаллах железо-черный, а в порошке - вишнево-красный. Порошок остается после прочерчивания минералом по фарфоровой пластинке. Цвет черты, наряду с цветом минерала в массе, является важным диагностическим признаком.

Черта минерала помогает при отсутствии навыков правильно определить блеск. У минералов с металлическим блеском черта обычно черная и темнее, чем цвет минерала в массе. У минералов с полуметаллическим блеском черта аналогична цвету минерала в массе или светлее, но всегда отчетливо видна на фарфоровой пластинке. Преобладают коричневые оттенки. Минералы с алмазным блеском имеют черту красной, оранжевой или желтой окраски разной яркости и тона. У бесцветных минералов с алмазным блеском черта белая, но они при этом как бы святятся внутри. У минералов со стеклянным блеском черта белая или светло-серая с неясным оттенком.



Тот участок минерала, которым мы проводили черту, у них белеет.

***Твердость***

Твердость - способность минерала противодействовать внешнему воздействию, будь то царапание, вдавливание или шлифование. Метод динамического определения заключается в диагностике твердости относительно эталонов шкалы Мооса, которая состоит из десяти минералов-эталонов:

1) тальк $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$;
2) гипс $Ca[SO_4] \times 2H_2O$;
3) кальцит $Ca[CO_3]$;
4) флюорит $CaF_2$;
5) апатит $Ca_5[PO_4]_3F$;
6) ортоклаз $K[AlSi_3O_8]$;
7) кварц $SiO_2$;
8) топаз $Al_2[SiO_4](F,OH)_2$;
9) корунд $Al_2O_3$;
10) алмаз C.

Определение твердости осуществляется царапанием острым углом минерала эталона. Появление мельчайшей царапины указывает на более высокую твердость определяемого минерала. Вместо минералов-эталонов нередко используют заменители – ноготь (2), оконное стекло (5), напильник (6,5-7). Минералы с твердостью 1 легко пишут по бумаге. Оконное стекло очень удобно, так как имеет ровную поверхность и любая царапина на нем заметна.

При определении твердости следует помнить, что более мягкие минералы будут на более твердых оставлять черту, которую легко стереть в отличие от царапины. Во многих случаях такую черту принимают за царапину. Во избежание ошибки необходимо провести пальцем-царапина останется на месте, а черта сотрется.

На результаты определения относительной твердости влияет анизотропия, которая достаточно сильно проявляется в низко симметричных минералах и в самих эталонах. Например, у кианита она варьирует от 4,5 вдоль удлинения таблитчатых кристаллов до 6,5-7 в поперечном направлении.

***Спайность и отдельность***

Спайность - способность минералов раскалываться по определенным кристаллографическим направлениям с образованием ровных блестящих поверхностей, параллельных друг другу и заметных по одновременному отблеску при отражении падающего света.

По степени совершенства выделяют следующие виды спайности:

• весьма совершенная – индивид при небольшом усилии легко расщепляется на плоскости большой площади (слюды, молибденит);

• совершенная - требует большее усилие для менгее ровной поверхности (сфалерит, кальцит);

• несовершенная – ровные поверхности проявляются редко, имеют минимальную площадь и обнаруживаются с трудом (кварц, оливин).

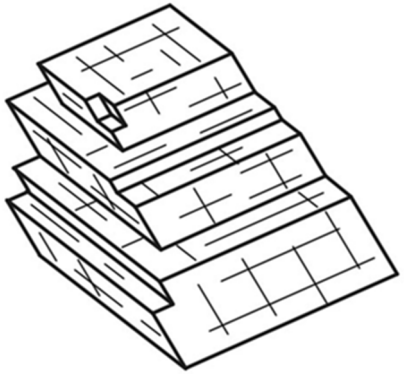


Рис. 3. Совершенная спайность в кальците

Причина возникновения спайности заключается в присутствии ослабленных направлений в структуре, которые проявляются после механического воздействия. Кристаллографическая направленность плоскостей спайности предполагает, что спайность ориентирована по какой-то простой форме. При определении спайности, кроме степени совершенства важно определять количество направлений и угол между плоскостями спайности, так как в ряде случаев является важным диагностическим признаком. Например, у амфиболов и пироксенов спайность в двух направлениях и близкая окраска, но у первых угол между плоскостями спайности 120о, а у вторых – 90о

При определении спайности важно не путать плоскости спайности с гранями кристалла. Плоскости спайности более гладкие и совершенные, чем естественные грани, которые могут иметь штриховку, следы растворения и т.д.

В некоторых минералах при раскалывании образуются ровные, кристаллографичные, иногда блестящие поверхности, напоминающие спайные. Возникновение подобных плоскостей носит название *отдельность* и связано с наличием закономерных включений вдоль зон роста кристалла, в результате возникновения структур распада или полисинтетического двойникования. Отличительным признаком отдельности является конечный размер пластинок, если они вызваны двойникованием, и матовое отражение плоскостей, при наличии включений.



***Упругость, пластичность, хрупкость***

Упругость минералов проявляется в их способности восстанавливать форму и начальный объем после снятия напряжения. Это свойство, например, позволяет различить минералы группы слюд, чешуйки которых возвращаются в первоначальное положение после изгиба, от минералов группы хлоритов внешне достаточно схожих, но не обладающих упругими свойствами.

Пластичность – это свойство минерала необратимо деформироваться под действием механической нагрузки, превышающей предел упругости. Пластические деформации приводят к механическому двойникованию, смятию или изгибу зерен с сохранением их целостности. Это характерно для антимонита, кальцита, гипса, молибденита, кианита, слюд. Некоторые минералы при этом способны к течению с изменением первоначальной формы и претерпевают грануляцию или перекристаллизацию (галенит, галит, арсенопирит). С пластичностью в прямой зависимости находится такое свойство, как ковкость минералов. У металлов это свойство проявляется в расплющивании их в тонкие пластинки. У некоторых сульфидов (халькозин, акантит, галенит), обладающих слабой ковкостью, царапина блестящая, а не пылит, в отличии от хрупких минералов, что является диагностическим признаком.

Хрупкость – это способность минералов разрушаться при небольших деформациях после превышения предела прочности. Хрупкость минералов определяет их способность к измельчению, важную характеристику при обработке руд и их обогащении.

***Плотность***

Плотность – это мера массы в единице объема. Плотность минералов варьирует от 0,8 у некоторых органических минералов до 22,7 г/см$^3$ у осмистого иридия. Она зависит от кристаллической структуры и химического состава минерала. Высокая плотность характерна для минералов с компактной структурой, низкая – для минералов со слоистой и каркасной структурой (например, алмаз - 3,5 г/см$^3$, графит - 2,2 г/см$^3$). Плотность возрастает с увеличением массы атома или иона и уменьшается с увеличением их размеров. Например, плотность плагиоклазов изменяется от 2,61 г/см$^3$ (альбит) до 2,76 г/см3 (анортит).

Основная масса минералов имеет плотность, которая находится в интервале от 2,5 до 5,2 г/см3, и лишь немногие имеют более высокие или низкие значения. По степени распространенности и плотности минералы условно можно разделить на легкие (плотность менее 2,5 г/см3), средние (2,5-4 г/см3) и тяжелые (более 4 г/см3). Плотность мономинерального образца приближенно можно оценить, сравнивая с образцами с известной плотностью и близкого объема.

***Магнитные свойства***

По магнитным свойствам минералы подразделяются на магнитные, слабомагнитные и немагнитные. Магнитные минералы притягиваются постоянным магнитом. К ним относятся магнетит, моноклинный пирротин и некоторые разности ильменита. Некоторые разности магнетита ведут себя как постоянный магнит, т.е. притягивают к себе железные предметы и магнитные минералы. К слабомагнитным отно-сятся те минералы, которые приобретают магнитные свойства под действием электрического поля. Так ведут себя, например, все минералы, содержащие железо: геденбергит, альмандин, железистый сфалерит (марматит) и т. д.

## ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

В определителе все минералы по блеску разделены на четыре группы: с металлическим, полуметаллическим, алмазным и стеклянным блеском. Минералы с металлическим блеском цветные, непрозрачные, черта темнее, чем цвет минерала в массе. Минералы с полуметаллическим блеском цветные, непрозрачные, черта аналогична цвету минерала в массе или светлее, но всегда отчетливая.

Минералы третьей и четвертой групп прозрачны в той или иной степени. Минералы с алмазным блеском могут быть бесцветны или окрашены. Первые встречаются довольно редко и узнаются по сильному блеску, видимому невооруженным глазом. В том случае, если они обладают окраской, черта у них варьирует от бледно-желтой до красной.

Минералы со стеклянным блеском имеют в большинстве белую черту, реже она светлую окраску. Минерал в том месте, с которого получена черта, белеет.

Таким образом, при определении минерала в первую очередь.



необходимо определить: блеск, черту, цвет. Это позволяет достаточно надежно отнести минерал к тому или иному разделу.

Подразделение минералов с металлическим блеском внутри раздела производится по цвету. В подразделе цветности минералы располагаются по твердости.

Минералы с полуметаллическим и алмазным блеском разделены по цве-ту черты и цвету в "массе" или в образце. Расположение минералов в подразделах производится по твердости.

В минералах со стеклянным блеском первоначальное подразделение осуществляется по цвету черты. Это позволяет выделить подраздел цветных минералов, имеющих яркую окраску, близкую или аналогичную цвету минерала в "массе" (зеленую, синюю и др.). В отдельный подраздел объединены минералы темной окраски (темно-зеленая, грязно-зеленая, черная), имеющие серую черту различных оттенков. Черта слабо контраст-на. В последнем, наиболее многочисленном, подразделе находятся минералы с белой чертой. Внутри минералы расположены по твердости.

Такое построение определителя дает возможность, при правильном определении блеска, цвета минерала, его твердости и черты, найти несколько сходных минералов или единственный с данными свойствами. При наличии нескольких минералов, необходимо получение дополнительных данных по морфологии, химизму и генезису определяемого минерала.

При определении необходимо помнить, что все свойства минерала находятся во взаимозависимости и отражают конституцию данного минераль-ного вида. Это не позволяет определить минерал по одному, наугад взятому свойству

## КЛЮЧ К ТАБЛИЦАМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ.

1. Минералы с металлическим блеском. Цветные непрозрачные.
   Черта серая. Темно-серая или черная.
   1.1. Цвет белый, серый до черного. Стр. 20
   1. 2 Цвет желтый, красный. Стр. 36
2. Минералы с полуметаллическим блеском. Цветные, непрозрачные.

Черта аналогична цвету минерала в массе или светлее, но всегда отчетливая.

2.1. Черта бурая, буровато-черная, черная.
Цвет черный, серо-черный. Стр. 44

2. 2. Черта красновато-бурая, желтовато-бурая, зеленовато-серая.
Цвет темно-красный, темно-бурый, черный. Стр.50

3. Минералы с алмазным блеском. Бесцветные или цветные, идеально прозрачные или прозрачные в той или иной степени.

3.1. Черта оранжевая, красная.
Цвет минерала оранжевый, красный до черного. Стр. 56

3.2. Черта желтая, светло-желтая, белая.
Цвет минералов желтый, коричневый до черного, иногда бесцветный. Стр. 60

4. Минералы со стеклянным блеском. Прозрачные в той или иной степени.

Черта чаще белая, реже светлоокрашенная, минерал белеет в том месте, с которого получена черта.

4.1. Черта имеет отчетливую окраску: зеленую, голубую, синюю, желтовато-бурую. Цвет минерала аналогичен цвету черты или несколько темнее. Стр. 74

4. 2. Черта имеет зеленоватый или сероватый оттенок, выраженный неясно. Преобладающая окраска минералов зеленая, темно-зеленая, черная. Стр.82

4.3. Черта белая
Твердость 1 – 3 Стр. 94

4.3. Черта белая
Твердость 3 – 5 Стр. 114

4.3. Черта белая.
Твердость 5 - 7 Стр. 130

4.3. Черта белая.
Твердость 7- 9 Стр. 154

**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ**

X – минералы известные на Урале;
* – минерал широко распространен и образует крупные выделения;
# – минерал открыт на Урале.



Минералы непомеченные символами на Урале не известны. Известные на Урале минералы отмечены по работе [7].

**ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ**

в п.п.тр. — в пламени паяльной трубки;
в. сов. — весьма совершенная;
выд. — выделение;
конц. — концентрированной
м-ния — месторождения;
направл. — направление;
несов. — несовершенная;
раствор. — растворяется
сов. — совершенная;
УФ — ультрафиолетовый свет;
и т.д. — и так далее.

**ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА**

Булах А.Г. Минералогия с основами кристаллографии – М.: Недра, 1989. – 351 с.

Вертушков Г.Н., Авдонин В.Н. Физические и химические свойства минералов и определитель минералов по внешним признакам – Св.:СГИ, 1970. – 172 с.

Годовиков А.А. Минералогия. – М.: Недра, 1975. – 520 с.

Лазаренко Е.К. Курс минералогии. – М.: Высшая школа, 1971. – 608 с.

Минералы. Справочник. /Под ред. Ф.В.Чухрова, Э.Н. Бонштедт-Куплетской. Т.I – IV— Наука, 1960-2004

Флейшер М. Словарь минеральных видов. Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 206 с.

Юшкин Н.П., Иванов О.К., Попов В.А. Введение в топоминералогию Урала. М.: Наука, 1986, - 294 с.

**I. Минералы с металлическим блеском. Цветные непрозрачные**
**Черта серая, темно -серая или черная**

Таблица 1

| Название, химический состав | Сингония, облик кристаллов и строение агрегатов | Спайность, излом | Цвет, черта | Твер-дость | Плот ность | Химические свойства, особые приметы | Сходные минера-лы | Сопутствую -щие минералы | Условия нахождения |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | **1.1. Цвет белый, се** | | **рый до черного.** | | | | |
| * Молибденит (молибдено-вый блеск) $MoS_2$ | Гексагональная, боченковидные кристаллы, чешуйчатые, листоватые агрегаты | В. сов. по {0001} в одном направл | Свинцово-серый с голубоватым оттенком. Серовато-черная при растирании зеленеет | 1 | 4,7-4,8 | Трудно раствор. в $HNO_3$ до $MoO_3$. Мажет руки, жирный на ощупь | Графит, тетради-мит | Шеелит, вольфра-мит, касситерит, висмутин и др | Высоко- и среднетемпера-турные гидротермальные жилы, скарны, меднопорфи-ровые м-ния |
| * Графит C | Гексагональная, пластинчатые кристаллы, чешуйчатые, пластинчатые агрегаты | В.сов. по {0001} в одном направл. | Свинцово-серый до оловянно-белого. Стально-черная | 1 | 2,1-2,2 | При нагрева-нии с дымящей $HNO_3$ чешуйки вспучиваются. Мажет руки, жирный на ощупь | Молиб-денит, валле-риит | Полевой шпат, кварц, биотит, рутил и др | Магматический, пневматолито-гидротермальные жилы, скарны, метаморфические породы |
| X Тетрадимит $Bi_2Te_2S$ | Тригональная, таблитчатый, чешуйчатый, листоватый | В. сов. по (0001) в одном направл | Свинцово-серый до оловянно-белого. Стально-черная | 1,5-2 | 7,2-7,3 | Конц. горяч. $H_2SO_4$ Окрашивает в малиновый цвет. Листочки гибкие, но не упругие, пишет на бумаге | Молиб-денит, теллуро-висмутит | Теллуриды, золото, пирит, халькопи-рит, галенит | Кварцевые жилы |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Теллурвисмутит $Bi_2Te_3$ | Тригональная, пластинчатый, листоватый | Сов. по {0001} в одном направл. | Свинцово-серый . Стальночерная | 1,5-2 | 7,8-7,9 | В откр. трубке дает белый дым $TeO_2$ . Листочки гибкие, но не упругие | Тетрадимит | Теллуриды, золото, сульфиды | Золотоносные кварцевые жилы |
| * Ковеллин CuS | Гексагональная, порошковатые, сажистые массы | В. сов. по {0001} в одном направл | Индигово-синий. Серая до черной | 1,5-2 | 4,6-4,8 | Раствор. в горячей $HNO_3$ с выд, S: раствор приобретает. зеленый цвет. Специфическая окраска | | Халькозин, борнит, халькопирит | Зона окисления медноколчеданных м-ний |
| *Антимонит (сурьмяный блеск, стибнит) $Sb_2S_3$ | Ромбическая, призматические кристаллы, спутанно-волокнистые и зернистые агрегаты | Сов. по {010} в одном направл | Свинцово-серый, слегка голубоватый. Черная, при растирании краснеет | 2 | 4,5-4,7 | Раствор. в HCl с выд. $H_2S$. На плоскостях спайности часто двойниковая штриховка | Висмутин, джемсонит, буланжерит | Обычно один, реже с киноварью, флюоритом, баритом | Низкотемпературные гидротермальные м-ния |
| * Висмутин (висмутовый блеск) $Bi_2S_3$ | Ромбическая, призматические и игольчатые кристаллы, зернистые агрегаты | Сов. по {010} в одном направл | Оловянно-белый до свинцово-серого. Свинцово-серая | 2-2,5 | 6,8 | Легко раствор. в $HNO_3$ и горячей HCl. На плоскостях спайности часто двойниковая штриховка, перпендикулярная удлинению | Антимонит, висмутовые сульфосоли | Самородный висмут, молибденит, касситерит, вольфрамит | Высоко- и среднетемпературные гидротермальные жилы, пегматиты, скарны |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Висмут Bi | Тригональная, шестоватый, зернистый | Сов. по {0001} в одном направл., хорошая по $\{20\bar{2}1\}$ в трех направл. | Серебристо-белый с желтоватым оттенком, красная побежалость. Оловянно-белая | 2-2,5 | 9,8 | Легко раствор в $HNO_3$ , после разбавления выпадает белый осадок. По характерной красной побежалости | Тетрадимит | Касситерит, вольфрамит, молибденит, висмутин и др | Пегматиты, скарны, кварцевые жилы |
| *Акантит $Ag_2S$ | Моноклинная, редко кристаллы, сплошные массы или параморфозы по аргентиту | Отсутствует. Раковистый, неровный | Железо-черный. Черная, блестящая | 2-2,5 | 7,2-7,3 | Раствор. в $HNO_3$ с выд. S. Характерна низкая твердость, сильная ковкость, зерна раздавливаются с трудом | Халькозин, серебро | Серебро, прустит, пираргирит, галенит, кальцит, барит | Кварцевые, кварц-кальцитовые и серебро-арсенидные жилы; зона вторичного сульфидного обогащения |
| * Серебро Ag | Кубическая, волосовидные, моховидные и проволочные фор-мы, дендриты | Отсутствует. Крючковатый | Серебряно-белый, с поверхности серый или черный налет. Белая блестящая | 2,5-3 | 10,1-11,1 | Раствор. в $HNO_3$, при добавлении HCl выпадает белый осадок. Характерен цвет, крючковатый излом, высокая ковкость | Изоферроплатина | Акантит, прустит, пираргирит, галенит, кальцит, барит | Низкотемпературные гидротермальные жилы с арсенидами, зона вторичного сульфидного обогащения |
| * Халькозин (медный блеск) $Cu_2S$ | Ромбическая, Призматические и пластинчатые кристалы, сплошные плотные массы | Несов. по {110}. Раковистый | Несов. по {110}. Раковистый | 2,5-3 | 5,5-5,8 | Раствор. в $HNO_3$ с выд. S. Ковок. Царапина от иглы блестящая | Акантит, джарлеит, дигенит, анилит, блеклые руды | Борнит, ковеллин, халькопирит, самородная медь | Низкотемпературные гидротермальные образования, зона вторичного сульфидного обогащения |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Галенит (свинцовый блеск) PbS | Кубическая, зернистые агрегаты, реже плотные и натечные, обычны кристаллы | Сов. по {100}, в трех направл., иногда отдельность по {111} | Свинцово-серый, у тонко-зернистых агрегатов более светлый. Серовато-черная | 2,0-3,0 | 7,4-7,6 | Раствор. в $HNO_3$ с выд. S, при добавлении HCl выпадает белый осадок. Слабо ковок. Типичен цвет, спайность в трех направл. и высокая плотность | Антимо-нит | Сфалерит, пирит, халь-копирит, кварц, кальцит, барит | Средне- и низко-температурный гидротермальные жилы, скарны |
| * Джемсонит $Pb_4FeSb_6S_{14}$ | Моноклинная, игольчатые и волосовидные кристаллы, перистые и шестоватые агрегаты | Ясная по {001} в одном направл., несов. по {110} и {010}. Неровный | Свинцово-серый, иногда пестрая побежалость. Темно-серая, серовато-черная | 2,0-3,0 | 5,5-6,0 | Раствор. в горячей HCl, при охлажде-нии выпадает $PbCl_2$. Характерна поперечная спайность | Булан-жерит, менеги-нит | Пирит, сфалерит, галенит, тетраэдрит, буланжерит | Второстепенный минерал средне-температурных гидротермальных жил |
| *Буланжерит $Pb_5Sb_4S_{11}$ | Моноклинная, игольчатые, призматичес-кие кристаллы, волокнистые агрегаты | Сов. по {100} в одном направл | Свинцово-серый до железо-черного. Серовато-черная с коричневым оттенком | 2,5-3,0 | 6,0-6,2 | Раствор. в горячей HCl с выд. $H_2S$. От джемсонита отличается отсутствием поперечной спайности | Джемсо-нит, менегинит | Галенит, сфалерит, арсенопи-рит, пирит, джемсонит | Средне- и низко-температурные гидротермальные жилы и метасома-тические залежи |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Мышьяк As | Тригональная, ромбоэдрический, зернистый, концентрически скорлуповатый | Сов. по {0001}. Неровный | Оловянно-белый, на свежем изломе быстро тускнеет до серовато-черного. Серая | 3,5 | 5,6-5,8 | Раствор. в $HNO_3$. При нагревании сублимирует, издавая чесночный запах | Сурьма, висмут | Прустит, пираргирит, аргентит, блеклые руды, кальцит, реальгар | В кварцевых и кварц-карбонатных жилах |
| *Сурьма Sb | Тригональная, зернистый, натечный, почковидный | Сов. по {0001}, ясная по {20$\bar{2}$1}. Неровный | Оловянно-белый с желтой побежалостью. Буровато-серая | 3-3,5 | 6,6-6,8 | Раствор. в $HNO_3$ При нагревании сублимирует, образуя белый осадок | Висмут, мышьяк | Антимонит, бертьерит, арсенопирит, висмут, минералы серебра | В кварц-сульфидых жилах |
| * Теннантит (мышьяковая блеклая руда) $(Cu,Fe)_{12}As_4S_{13}$ | Кубическая, Тетраэдрические кристаллы, сплошные зернистые агрегаты | Отсутствует Раковистый, неровный | Стально-серый до железо-черного. Черная с вишнево-красным оттенком | 3,0-4,0 | 4,4-4,7 | Разлагается в $HNO_3$ с выд. S. Блеклый тон окраски, хрупкость | Тетраэдрит, халькозин | Халькопирит, сфалерит, галенит, пирит, айкинит, бурнонит | Широко распространен, средне- и низкотемпературный гидротермальный минерал |
| * Тетраэдрит (сурьмяная блеклая руда) $(Cu,Fe)_{12}Sb_4S_{13}$ | Кубическая, Тетраэдрические кристаллы, сплошные зернистые агрегаты | Отсутствует Раковистый, неровный | Стально-серый до железо-черного. Черная | 3-4,5 | 4,9-5,1 | Разлагается в $HNO_3$ с выд. S. Блеклый тон окраски, хрупкость | Халькозин, теннантит | Халькопирит, сфалерит, галенит, пирит, айкинит, бурнонит | Широко распространен, средне- и низкотемпературный гидротермальный минерал |
| Станин $Cu_2FeSnS_4$ | Тетрагональная, зернистые массы | Несов. по {110} и {001} | Стально-серый до железо-черного. Черная | 3,0-4,0 | 4,3-4,5 | Разлагается в $HNO_3$ с выд S и $SnO_2$, раствор синий | Блеклые руды | Касситерит, халькопирит, сфалерит, пирит, арсеноприт, пирротин | В кварцевых и пегматитовых жилах |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Железо Fe | Кубическая, изометричный, зернистый | Сов. по {100} в трех направл. Крючковатый | Стально-серый до железо-черного. Стально-серая | 4,0 | 7,3-7,7 | Раствор. в $HNO_3$ и HCl с выд. водорода. Магнитно и ковко | Серебро, висмут | Графит, пирротин, шпинель | В основных изверженных породах |
| X Тетраферро-платина (ферро-платина) PtFe | Тетрагональная, мелкие зерна | Нет. Неровный | Темно-серый до черного. Черная | 4,0 | 12,0-15,0 | Разлагается в царской водке. Магнитна и относительно хрупка | Железо, хромшпинели | Изоферро-платина, туламенит, хромшпинели | Магматический в ультраосновных изверженных породах, россыпях |
| * Изоферро-платина (поликсен) $Pt_3Fe$ | Кубическая, кубические кристаллы, мелкие зерна и самородки | Отсутствует. Крючковатый | Серебряно-белый до стально-серого. Черная | 4,0-4,5 | 14,0-18,65 | Разлагается в царской водке. Слабо магнитна, ковка | Осмий, рутений | Тетраферро платина, иридосмин, хромшпинели | Магматический в ультраосновных изверженных породах, россыпях |
| * Саффлорит $CoAs_2$ | Ромбическая, изометричный, зернистый, шестоватый | Несов. по {110 | Оловянно-белый до свинцово-серого. Серовато-черная | 4,5-5,0 | 7,0-7,3 | Раствор. в $HNO_3$ , раствор розовый | Арсенопирит, леллингит, раммельсбергит | Шмальтин, хлоантит, раммельсбергит, лелленгит, серебро, аргентит | В железорудных скарнах и в карбонатных и кварц-карбонатных жилах |
| * Леллингит $FeAs_2$ | Ромбическая, призматический, зернистый | До ясной по {010} и {101} в трех направл. | Серебряно-белый до стально-серого. Серовато-черная | 5,0-6,0 | 7,0-7,4 | Раствор. в HNO3 Распространен менее, чем арсенопирит | Арсенопирит, раммельсбергит, саффлорит | Никелин, раммельсбергит, мышьяк, касситерит, танталит | В ультраосновных изверженных породах, скарнах, кварц-карбонатных и пегматитовых жилах. |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Раммельсбергит $NiAs_2$ | Ромбическая, призматический, зернистый | До ясной по {110} в двух направл. | Оловянно-белый с красноватым оттенком. Серовато-черная | 5,0-6,0 | 6,9-7,2 | Раствор. в $HNO_3$, раствор зеленый. Слабо ковок | Арсенопирит, саффлорит | Шмальтин, хлоантит, раммельсбергит, никелин, висмут, минералы серебра | В арсенидно-карбонатных и сульфидно-кварцевых жилах |
| * Кобальтин (кобальтовый блеск) CoAsS | Кубическая, зернистые агрегаты, иногда кристаллы | Сов. по {100} в трех направл. Неровный, раковистый | Серебряно-белый с красноватым оттенком. Серовато-черная | 5,5 | 6,1-6,4 | Разлагается в горячей $HNO_3$ с выд. S и $As_2O_3$; раствор розовый. Форма кристаллов и розовый оттенок | Арсенопирит, сперрилит | Пирротин, халькопирит, арсенопирит, сфалерит, висмутин | Высоко- и среднетемпературные гидротермальные жилы, скарны |
| * Герсдорфит NiAsS | Кубическая, {100},{110}, {111}, {311}, зернистый | Сов. по {100} в трех направл. Неровный | Оловянно-белый до стально-белого. Серовато-черная | 5,0-5,5 | 5,6-6,2 | Разлагается в горячей $HNO_3$, раствор зеленый. Редкий | Ульманит, арсенопирит | Арсениды Co и Ni, халькопирит, ульманит, пирит, висмутин | В кварцевых и карбонатно-кварцевых жилах |
| *Арсенопирит (мышьяковый колчедан) FeAsS | Моноклинная, призматические и изометричные кристаллы, зерни-стые и шестоватые агрегаты | Несов. по {101}, {010}. Неровный | Оловянно-белый до стально-серого. Серовато-черная | 5,5-6,0 | 5,9-6,3 | Разлагается в горячей HNO3 с выд. S. Широко распространен. Форма кристаллов, твердость, чесночный запах при ударе | Кобальтин, гудмундит | Пирит, халькопирит, пирротин, сфалерит, висмутин | В кварцевых и пегматитовых жилахТипичный гидротермальный минерал широкого диапазона температур, скарны |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Х Гудмундит FeSbS | Моноклинная, призматические кристаллы, зернистые агрегаты | Отсутствует. Неровный | Серебряно-белый. Черная | 6,0 | 6,7-6,9 | Разлагается в горячей $HNO_3$. Редкий. Реакция на Sb | Арсенопирит, кобальтин | Арсенопирит, молибденит, пирротин, халькопирит | Среднетемпературный гидротермальный минерал |
| Х Скуттерудит (шмальтин) $CoAs_2$ | Кубическая, плотные зернистые агрегаты, нередко кристаллы | Несов. по {100}. Неровный, раковистый | Оловянно-белый. Серовато-черная | 5,5-6,0 | 6,5-6,8 | Раствор. в $HNO_3$ с образованием розового раствора. Ассоциация с другими арсенидами и форма кристаллов | Никельскуттерудит, саффлорит | Кобальтин, арсенопирит, пирротин, арсениды Co и Ni | Среднетемпературный гидротермальный минерал |
| Х Никельскуттерудит (хлоантит) $NiAs_{2-3}$ | Кубическая, плотные зернистые агрегаты, нередко кристаллы | Несов. по {100}. Неровный | Оловянно-белый до стально-серого. Серовато-черная | 5,5-6,0 | 6,4-6,8 | Раствор. в $HNO_3$ с образованием зеленого раствора. Ассоциация с никелином, форма кристаллов | Скуттерудит, рамельсбергит | Арсениды Co и Ni, кобальтин, герсдорфит | Среднетемпературный гидротермальный минерал |
| Пиролюзит $MnO_2$ | Тетрагональная, призматические кристаллы, землистые, скрытокристаллические агрегаты | Сов. по {110} в двух направл | Стально-серый, железо-серый в кристаллах. Черный в землистых агрегатах. Черная | 6,0-6,5 | 4,7-5,2 | Растворяется в HCl с выд. $Cl_2$. | Окислы и гидроокислы Mn | Романешит, криптомелан, браунит, родохрозит, гетит | Типичный минерал коры выветривания, зоны окисления, морских осадков, гидротермальный в жилах |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Сперрилит $PtAs_2$ | Кубическая, {100}, {110}, {111}, {302}, обычно хорошо образованные кристаллы | Несов. по {100}. Раковистый | Оловянно-белый. Темно-серая | 6,0-7,0 | 10,58 | В кислотах не раствор. В п.п.тр. на угле плавится , образуя платину и $As_2O_3$ | Иридистая платина | Пирротин, халькопирит, пентландит, магнетит | Медно-никелевые сульфидные руды, россыпи |
| *Осмий Os (иридосмин, сысерскит) | Гексагональная, Пластинчатые и боченковидные кристаллы | Сов по {0001} в одном направл | Серый, стально-серый | 6,0-7,0 | 21,0-23,0 | В кислотах не раствор., в п.п.тр. темнеет, издавая резкий запах $OsO_4$ . Слабо магнитен, ковок | Платина | Платина, хромит, магнетит, платиноиды | Ультраосновные породы, россыпи |
| X Иридий Ir (невьянскит) | Кубическая, изометричные зерна и кристаллы | Раковистый | Оловянно-белый | 6,0-7,0 | 22,0-25,0 | В кислотах не раствор., сплавы с $KNO_3$ раствор. В воде, образуя синий осадок окиси иридия. Слабо ковок | Сперрилит, платина | Иридосмин, хромит, магнетит, платиноиды | Ультраосновные платиноносные массивы, россыпи |
| **1. 2 Цвет жел** | | | | | **тый, красный** | | | | |
| * Медь Cu | Кубическая, {100}, {111}, (110); дендриты, проволочки | Отсутствует. Крючковатый | Светло-розовая в свежем изломе, мед-но-красная при окислении. Медно красная, блестящая | 2,5-3,0 | 8,4-8,9 | Легко раствор. в $HNO_3$. Ковкость, цвет, вторичные продукты | Аурикуприд | Халькозин, куприт, кальцит, гетит, атакамит | Гидротермальная в основных и ультраосновных изверженных породах, в зоне окисления |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Золото Au | Кубическая, {111}, {100}, {110}; чешуйки, листочки, самородки | Отсутствует. Крючковатый | Золотисто-желтый до светло-желтого, иногда розоватый оттенок. Золотисто-желтая, блестящая | 2,5-3,0 | 15,6-18,3 | Раствор. в царской водке. Цвет, высокая ковкость, отсутствие продуктов окисления | Халькопирит, аурикуприд | Арсенопирит, пирит, галенит, сфалерит, халькопирит и др | Гидротермальное в кварцевых жилах, конгломератах, черных сланцах, в зоне окисления |
| * Борнит $Cu5FeS_4$ | Кубическая, {100}, {110}, {111}; зернистый | Несов. по {111}. Мелкораковистый | Темный медно-красный, с пестрой побежалостью. Серовато-черная | 3,0 | 4,9-5,3 | Раствор. в $HNO_3$ с выд. S. Цвет в свежем изломе и низкая твердость | Никелин, пирротин, ковеллин | Халькопирит, халькозин, галенит, пирит, сфалерит | Гидротермальный в основных изверженных породах и кварцевых жилах, скарнах, зоне окисления |
| X Миллерит Ni S | Тригональная, игольчатый, волокнистый, зернистый | Сов.по $\{10\bar{1}1\}$ и $\{10\bar{1}2\}$. Неровный | Бледно латунно-жел-тый, иногда с побежалостью. Зеленовато-черная | 3,0-3,5 | 5,2-5,6 | Раствор. в $HNO_3$ , раствор в зеленый цвет. Игольчатая форма выделений | Халькопирит | Пирит, Халькопирит, сульфиды и арсениды Ni и Co, кальцит | Медно-никелевые месторождения, кварцевые и кварц-карбонатные жилы |
| *Халькопирит (медный колчедан) $CuFeS_2$ | Тетрагональная, зернистые агрегаты, иногда тетраэдрические кристаллы | Несов. по {112} и {101}. Раковистый, неровный | Латунно-желтый, нередко пестрая побежалость. Зеленовато-черная | 3,0-4,0 | 4,1-4,3 | Раствор. в $HNO_3$ с выд. S. Цвет, твердость, хрупкость | Пирит, золото, талнахит | Пирротин, пирит, арсенопирит, галенит, сфалерит и др. | Высоко- и среднетемпературный гидротермальный минерал в основных породах, скарнах |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Талнахит $Cu_9Fe_8S_{16}$ | Кубическая, зернистый | Несов. Раковистый | Латунно-желтый, на свежем сколе быстро образуется побежалость | 3-4 | 4,3-4,4 | Раствор. В $HNO_3$ | Халькопирит | Кубанит | Медно-никелевые месторождения в основных породах |
| Х Пентландит (никелевый колчедан) $(Fe,Ni)_8S_9$ | Кубическая, зернистые агрегаты и структуры распада в пирротине | Сов. по {111} в четырех направл. Раковистый | Бронзово-желтый. Зеленовато-черная | 3-4,0 | 4,5-5 | Раствор. в $HNO_3$, окрашивая раствор в зеленый цвет. Ассоциация и характерная спайность | Пирротин, пирит | Пирротин, халькопирит, талнахит, магнетит, кубанит | Магматический в основных изверженных породах |
| * Пирротин гексагональный $Fe_{1-x}S$ | Гексагональная, таблитчатые и призматические кристаллы | Несов. по $\{10\bar{1}0\}$, отдельность по {0001}. Неровный | Бронзово-желтый с буроватой побежалостью. Серовато-черная до черной | 3,5-4,5 | 4,6-4,7 | В $HNO_3$ и HCl разлагается с трудом. Бронзово-желтая окраска | Троилит, кубанит | Халькопирит, пентландит, пирит, сфалерит, арсенопирит | Среднетемпературный гидротермальный минерал, в основных породах,скарнах, кварцевых жилах |
| * Клинопирротин (магнитный колчендан) $Fe_7S_8$ | Моноклинная, зернистые агрегаты | Отдельность по {001}. Неровный | Бронзово-желтый. Серовато-черная до черной | 3,5-4,5 | 4,6-4,7 | Раствор. в $HNO_3$. Бронзово-желтая окраска и магнитность | Троилит, кубанит, пирротин гексагональный | Халькопирит, пентландит, пирит, сфалерит, арсенопирит | Среднетемпературный гидротермальный минерал, в основных породах, скарнах,кварцевых жилах |
| Х Троилит FeS | Гексагональная, зернистый | Неровный | Бронзово-желтый. | 4 | 4,6-4,8 | Легко раствор. в HCL с выд. $H_2S$. Парамагнитен | Пирротин | Халькопирит, пенландит | Медно-никелевыу месторождения в основных породах, серпентинизированные гипербазиты, включения в метеоритах |

Окончание таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Х Туламенит PtFeCu (купроплатина) | Кубическая, зернистый | Кубическая, зернистый | Неровный | 4 | 14,6 | В кислотах не раствор. Сильно магнитен | Пирротин | Изоферроплатина, тетраферроплатина, хромшпинелиды | В ультраснов-ных изверженных породах |
| Х Никелин NiAs | Гексагональная, почковидные, зернистые агрегаты | Несов.по $\{10\bar{1}0\}$. Неровный | Бледно медно-красный. Буровато-черная | 5-5,5 | 7,6-7,8 | Легко раствор. в $HNO_3$ | Борнит, пирротин | Шмальтин, хлоантит, саффлорит, раммельсбергит, скуттерудит | В медно-никелевых месторождениях в основных изверженных породах, карбонатных и кварц-карбонатных жилах |
| * Марказит (лучистый колчедан) $FeS_2$ | Ромбическая, копьевидные и таблитчатые кристаллы, конкреции, натечные агрегаты | Ясная по {101}. Неровный | Латунно-желтый с серым оттенком. Черная | 6-6,5 | 4,9 | Разлагается в $HNO_3$ с выд. S. Форма выд | Пирит, арсенопирит | Пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, пирротин | Низкотемпертурный гидротермальный минерал, в зоне окисления |
| * Пирит (серный колчедан) $FeS_2$ | Кубическая, зернистые агрегаты, коломорфные массы, хорошо образованные кристаллы | Несов. по {100}, отдельность по {111}. Раковистый | Светлый латунно-желтый. Зеленовато-черная | 6-6,5 | 4,9-5,2 | С трудом разлагается в $HNO_3$ с выд, S. Форма кристаллов, твердость, окраска | Марказит, халькопирит, арсенопирит | Халькопирит, сфалерит, арсенопирит и др. | Наиболее широко распространенный сульфид |

**2. Минералы с полуметаллическим блеском. Цветные непрозрачные**
**Черта аналогична цвету минерала в массе или светлее, но всегда отчетливая**

Таблица 2

| Название, химический состав | Сингония, облик кристаллов и строение агрегатов | Спайность, излом | Цвет, черта | Твер-дость | Плот ность | Химические свойства, особые приметы | Сходные минера-лы | Сопутству-ющие минералы | Условия нахождения |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | **2.1. Черта бурая, буро вато-черная, черная. Цвет черный, серо-черный** | | | | | | |
| X Ферберит $FeWO_4$ | Моноклинная, зернистые аг-регаты,призма-тические и таблитчатые кристаллы | Сов. по {010} в одном нап-равлении. Неровный | Черный. Черная | 4,5 | 7,3-7,5 | Раствор. в $HNO_3$ и HCl. Ассоциация, окраска, спайность | Танталит, сфалерит, кассите-рит | Касситерит, висмутин, топаз, берилл, флюорит | Высокотемпера-турный гидро-термальный ми-нерал кварцевых жил, грейзенов, пегматитов |
| X Уранинит $UO_2$ | Кубическая, массивный, колломорф-ный - насту-ран, | Неровный, раковистый | Стально-серый до черного. Черная, буровато-черная, слегка блестящая | 5-6,0 | 7,5-10, | Раствор. в $H_2SO_4$ и HCl. Радиоактив-ность, окраска, форма выд | Ильменит | Монацит, ксенотим, циртолит, алланит, биотит | Гидротермаль-ный минерал, в пегматитах, грейзенах, квар-цевых жилах и цементе конгломератов |
| # Ильменит $FeTiO_3$ (титанис- тый железняк | Тригональная, таблитчатый {0001}, $\{10\bar{1}1\}$,$\{10\bar{1}4\}$, зернистый | Неровный, раковистый | Железо-черный до стально-серого. черная | 5-6 | 5,6-6,4 | В кислотах не раствор. Слабо магнитен | Гематит, магнетит, хромит | Гематит, магнетит, циркон, титанит, апатит, полевые шпаты | В основных изверженных горных породах, пегматитовых и кварцевых жилах, амфиболитах |
| X Самарскит $(Y,Ce,U,Fe^{+3})\times$ $\times(Nb,Ta)_5O_{16}$ | Моноклинная, псевдо-ромбический, призматич, метамиктный | Раковистый | Смоляно-чер-ный, бархати-сто-черный. Бурая до черной | 5-6 | 5,6-6,4 | Разлагается в кислотах при кипячении. Сильно радиоактивен | Колумбит | Колумбит, монацит,то-паз, берилл, циркон, шерл | В щелочных пегматитах |

Продолжение таблицы 2

2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Х Эшинит $(Ce,Ca,Th,)\times$ $\times(Ti,Nb)\times$ $\times(O,OH)_6$ | Ромбическая, призматический, отдельные зерна | Раковистый, неровный | Буровато-черный до черного. Бурая | 5-6 | 4,9-5,3 | Разлагается в конц. $H_2SO_4$. Сильно радиоактивен, имеет красные и желто-бурые внутренние рефлексы | Самарскит, колумбит, фергусонит | Монацит, биотит, циркон, магнетит, апатит, алланит | В щелочных пегматитах |
| * Романешит (псиломелан) $(Ba, H_2O) \times$ $\times(Mn^{4+}, Mn^{3+})_5$ $\times O_{10}$ | Моноклин-ная; натеч-ные, почко-видные, плотные агрегаты | Неровный, скорлупова-тый | Темный стально-серый до черного. Коричневато-черная | 5-6 | 4,0-4,7 | Легко с выд. $Cl_2$. Окрашивает пламя в зеленый цвет | Криптомелан, пиролюзит | Пиролюзит, якобсит, браунит, гаусманит | Типичный минерал коры выветривания, зоны окисления, морских осадков, редко гидротермальный |
| * Криптомелан $K(Mn^{4+},$ $Mn^{2+})_8O_{16}$ | Моноклин-ная, псевдотетрагональный, тонкозернистый, тонковолокнистый, почковидный | Неровный | Стально-серый до черного. Коричневато-черная | 6-6,5 | 4,2-4,4 | Раствор. в HCl и $HNO_3$ | Романешит, пиролюзит | Манганит, романешит, пиролюзит, браунит, якобсит, исутит | В метаморфизованных марганцевых м-ниях и их зоне окисления, осадочных марганцевых рудах, в пегматитовых и кварц-карбонатных жилах |
| * Магнетит (магнитный железняк) $Fe^{2+}Fe^{3+}{}_2O^4$ | Кубическая, {111}, {110}, {311},зернистый, землистый. Мушкетовит - псевдоморфоза по гематиту | Отдельность по {111}. Неровный, раковистый | Черный, темно-серый. Черная | 5,5-6 | 4,8-5,3 | Раствор. в HCl при нагревании. Сильно магнитен | Ильменит, гематит, хромит | Ильменит, гематит, фторапатит, андрадит, эпидот, диопсид | Магматический в основных изверженных породах; метасоматический в скарнах; железистые кварциты |

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Х Лопарит (Ce,Na, Ca)× ×(Nb,Ti)$O^3$ | Кубическая, псевдокубический {100}, двой-ники прорас-тания по{111} | Несов. по {100}. Неровный | Черный, серовато-черный. Коричнево-бурая | 5,5-6 | 4,7-4,9 | В кислотах нераствор. Характерно нахождение в щелочных породах | Перовскит | Микроклин, нефелин, альбит, эгирин, арфедсонит, эвдиалит, апатит | В щелочных изверженных породах и их пегматитах |
| Х Якобсит $MnFe_2O_4$ | Кубическая, зернистый | Отдель-ность по{111} | Черный, буро-вато-черный. Бурая, буро-вато-черная | 5,5-6,5 | 4,8-4,9 | Раствор. в HCl с выдел. хлора. Слабо или сильно магнитен | Браунит, магнетит | Гематит,теф-роит, гаусма-нит, гранат, эпидот, родо-хрозит | В гидротер-мальных и мета-морфических месторождениях, скарнах |
| * Хромит (хромистый железняк) $FeCr_2O_4$ | Кубическая, зернистый, нодулярный, редко кристаллы | Отсутству-ет. Неровный | Черный, буровато-черный. Бурая, иногда серая | | | В кислотах раствор. при сплавлении с Бурая черта, высокая твердость, иногда слабая магнитность | Гематит, магнетит, ильменит | Форстерит, серпентин, магнетит, уваровит | Магматический в ультра-основных изверженных породах, россыпях |
| * Ферроколум-бит Fe,Mn)$Nb_2O_6$ | Ромбическая, Призматичес-кий, пластинчатый, сплошной, зернистый | Ясная по Раковистый, неровный | Черный. Черная, буровато-черная | | | В кислотах не раствор. Слабо магнитен | Самарскит, ильменит, вольфрамит | Магнетит, ильменит, альмандин, циркон, ксенотим | В кислых и щелочных изверженных породах их пегматитах и карбонатитах |
| Ферротанталит (Fe,Mn)$Ta_2O_6$ | Ромбическая, Призматичес-кий, пластин-чатый | Ясная по Раковистый | Черный, буровато-черный. Буровато-черная | | | В кислотах не раствор | Самар-скит, ильменит, вольфра-мит | Сподумен, поллуцит, лепидолит, берилл, турмалин, топаз | В гранитных пегматитах |

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2.2. Черта красновато-бурая, же Цвет темно-красный** | | | | | **лтовато-бурая, зеленовато-серая. темно-бурый, черный** | | | | |
| X Манганит | Моноклинная, натечные, плотные и зернистые массы, конкреции, оолиты | В. сов. по {010} и сов. по {110}. Неровный | Темный стально-серый до железо-черного. Красновато-бурая, бурая | | | Раствор. в конц. и конц. HCl с выд. хлора.<br><br>Цвет черты и твердость | Гетит, гаусманит, браунит | Родохрозит, пиролюзит, гетит, романешит, браунит, барит | В осадочных м-ниях марганца, реже, низкотемпературный гидротермальный минерал |
| X Алабандин MnS | Кубическая, {100}, {110}, {111}, зернистый | Сов. по {100} в трех направл | Железо-черный до сталь-но-серого, часто бурая побежалость. Зеленовато-серая | 3,5-4 | 3,9-4,1 | Бурно раствор. в HCl и $HNO_3$ с выдел. $H_2S$. Слабо магнитен | Сфалерит, гауерит | Родохрозит, тефроит, галенит, сфалерит,пирофанит, рододит, пирок-смангит | В низкотемпературных гидротермальных жилах и метаморфогеных марганцевых рудах |
| Мангантаталит Mn $Ta_2O_6$ | Ромбическая, призматически зернистый | Ясная по{010} | Буровато-красный, тем-но-красный. Темно-красная | 6 | 7,5 | В кислотах не раствор. Прозрачен в тонких сколах | Манган-колумбит, гейкелит | Пирофанит, воджинит, эшинит(Ce) | В редкометальных и литиевых пегматитах |
| * Сфалерит (цинковая обманка)<br><br>Fe - марматит | Кубическая, часто кристаллы, зернистый, скорлуповатый, колломорфный, землистый | Сов. по {110} в шести направл. | Бурый, черный, красно-вато-бурый, желтый, зеле-ный. Бурая, желтовато-бурая | | | Раствор. в конц. с выд. серы, в HCl с выд. $H_2S$.<br><br>Форма кристаллов и спайность | Вольфрамит, вюрцит | Галенит, халькопирит, пирит, блеклые руды, кальцит, кварц | Гидротермальный минерал широкого диапазона температур |

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Х Гюбнерит | Моноклинная, призматические кристаллы, зернистые и радиально-лучистые агрегаты | Сов. по {010} в одном направл. Неровный | Красновато-бурый до коричневато-черного.<br>Желтовато-бурая до красновато-коричневой | | | Разлагается в горячих конц. и HCl.<br>Форма зерен, окраска, спайность | Сфалерит, кассите-рит | Триплит, висмутин, шеелит, касситерит, молибде-нит | Высокотемпера-турный гидротермаль-ный минерал, грейзены и пегматиты |
| * Гейкелит | Тригональ-ная, отдельные зерна и сплошные массы, редко кристаллы | Ясная по }, отдельность по {0001}. Раковистый | Красно-бурый до черного.<br>Буровато-красная | | | В кислотах не растворяется.<br>В тонких осколках просвечивает красным. Редок | Пирофа-нит, ильменит | Шпинель, циркон, хромит, диопсид, форстерит | Магматический в ультраоснов-ных изверженных породах, в россыпях, реже гидротермаль-ный |
| * Гетит | Ромбическая, почковидные, натечные выделения параллельно-волокнистого строения | Сов. по {010} и менее сов. по {100}. Занозистый, неровный | Желтовато-бурый до чер-ного.<br>Желтовато-бурая, бурая | | | Медленно раствор. в HCl.<br>Параллельно-волокнистое строение и желтый оттенок черты | Гематит, лепидо-кркит | Гематит, лепидо-крокит, кальцит | Гипергенный минерал зоны окисления и ко-ры выветрива-ния; осадочные образования, ре-же, гидротер-мальный |
| Х Гаусманит $Mn^{2+}Mn^{3+}{}_2O_4$ | Тетрагональ-ная, бипира-мидальный, зернистый | Ясная по {001} в одном направл. неровный | Коричневато-черный до черного.<br>Коричневая, красновато-бурая | 5-5,5 | 4,7-4,9 | В HCl раствор. с выделен. хлора | Браунит, гейкелит, магнетит | Пиролюзит, псилиме-лан, браунит, гематит, тефроит, родохрозит | В метаморфизо-ванных марган-цевых м-ниях, скарнах и гидротермаль-ных жилах |

Окончание таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Х Пирофанит $MnTiO_3$ | Тригональная, тонкотаблитчатый, зернистый | Отчетливая по {02$\bar{2}$1} | Буровато-красный до черно-крас-ного.<br>Охряно-желтая до красновато-бурой | | | В кислотах не раствор.<br>В тонких листочках просвечивает красным | Ильменит, гейкелит, рутил | Пирохроит, родонит, спессартин, родохрозит, алабандин, натролит | В метаморфических марганцевых месторождениях и пегматитах щелочных массивов |
| Мангано-колумбит | Ромбическая, призматический, зернистый | Ясная по {010}, раковистый | Красновато-бурый до черного.<br>Красновато-бурая | 6 | 5,4 | В кислотах не растворяется.<br>Красные рефлексы | Мангано-танталит, гейкелит | Самарскит, эвксенит, фергусонит | В редкометальных пегматитах |
| Х Торианит $ThO_2$ | Кубическая, {100}, {111}, зернистый | Несов по {110}, неровный | Серовато-коричневый до черного.<br>Зеленовато-серая | 6,5-7,5 | 8,4-10,0 | Растворяется в $HNO_3$ и $H_2SO_4$ | Уранинит, торит | Циркон, монацит, берилл, флюорит, ильменит, рутил | В кислых изверженных породах и их метаморфических аналогах, пегматитах, карбонатитах и россыпях |
| * Гематит (железный блеск) | Тригональная, плотные зернистые, тонкочешуйчатые, пластинчатые, натечные агрегаты и кристаллы | Отдельность по {0001} и<br>Раковистый | Стально-серый до черного, землистые агрегаты – буровато-красные.<br>Вишнево-красная | | | Раствор. в конц.<br>Специфическая черта, цвет и магнитность после прокаливания | Вольфрамит, хромит | Магнетит, кварц, рутил, сидерит, шамозит, ильменит | В железистых кварцитах, скарнах, жилах альпийского типа и кварцевых, коре выветривания |

**3. Минералы с алмазным блеском . Или прозрачные в**

**Бесцветные или цветные, идеально прозрачные той или иной степени**

Таблица 3

| Название, химический состав | Сингония, облик кристаллов и строение агрегатов | Спайность, излом | Цвет, черта | Твер-дость | Плот ность | Химические свойства, особые приметы | Сходные минера-лы | Сопутствую -щие минералы | Условия нахождения |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | **3.1. Черта оранжевая, Цвет минерала оранжевый,** | | **красная красный до черного** | | | | |
| X Реальгар AsS | Моноклинная, призматичес-кие кристаллы зернистые агрегаты, налеты | Сов. по {010} в одном направл. Полурако-вистый | Огненно-красный до оранжево-жел-того. Оранжево-красная, огненно-краная | 1,5-2 | 3,56 | Разлагается в $HNO_3$ с выд. S, в HCl выпадают желтые хлопья. Окраска и ассоциация | Крокоит, киноварь | Аурипиг-мент, антимонит, киноварь, сажистый пирит | Низкотемпера-турный гидротер-мальный минерал. В жилах и вулканических возгонах |
| X Глет (литаргит) PbO | Тетрагональ-ная, таблит-чатый, корочки, примазки | Ясная по {110} в двух направл | Красный, оранжево-красный. Красная | 2 | 9,3 | Раствор. в HCl, $HNO_3$ и $H_2SO_4$, в последней образуется осадок $PbSO_4$ | Сурик, киноварь | Церуссит, сурик, англезит, вульфенит, свинец | В зоне окисления свинцовых месторождений |
| X Киноварь HgS | Тригональная, зернистые аг-регаты, сплошные порошкова-тые массы, реже крсталлы | Сов. по $\{10\bar{1}0\}$ в трех направл. Неровный | Ярко-красный, коричневато-красный. Ярко-красная | 2-2,5 | 8,0-8,2 | Разлагается царской водкой. При нагревании сублимирует. Цвет, спайность, высокая плотность | Куприт, кермезит | Антимо-нит, пирит, реальгар, арсенопи-рит | Низкотемпера-турный гидротер-мальный мине-рал. Преимуществен-но, в жилах |

Продолжение таблицы 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Х Прустит $Ag_3AsS_3$ | Тригональная, призматический, ромбоэдрический, зернистый | До ясной по $\{10\bar{1}1\}$. Раковистый | Ярко-красный, темнее на свету. Кирпично-красная | 2,0-2,5 | 5,55-5,64 | Разлагается в с выдел. S | Пираргирит, реальгар | Аргентит, пираргирит, серебро, мышьяк | В карбонатно-кварцевых жилах |
| Х Пираргирит $Ag_3SbS_3$ | Тригональная, призматический, зернистый | До ясной по $\{10\bar{1}1\}$. Раковистый, неровный | Вишнево-красный до красновато-черного. Пурпурно-красная | 2,0-2,5 | 5,8-5,9 | Разлагается в с выдел. S и | Пустит | Галенит, серебро, пустит, аргентит | В карбонатно-кварцевых жилах |
| Х Сурик $Pb^{4+}Pb_2O_4$ | Тетрагональная, плотный или порошковатый | Неровный | Ярко-красный до буровато-красного. Желто-оранжевая | 2,0-3,0 | 8,2-9,2 | Раствор. в HCl с выдел. Cl, в образуется и коричневый осадок $PbO_2$. | Глет | Галенит, церуссит, массикот, вульфенит | В зоне окисления свинцовых месторождений |
| | | | | | | Редок | | | |
| # Крокоит | Моноклинная, призматические и игольчатые кристаллы, массивные агрегаты | Ясная по {110} в двух направл. Раковистый, неровный | Гиацинтово-красный, оранжево-красный. Желтовато-оранжевая | | | Раствор. в HCl с выд. Cl и $PbCl_2$. Ассоциация и окраска | Реальгар, фенико-хроит | Вокеленит, пироморфит, миметезит, церуссит | Зона окисления сульфидных м-ний |

Продолжение таблицы 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Куприт $Cu_2O$ | Кубическая, мелкозер-нистый, по-рошковатый, кубические и столбчатые кристаллы - вискеры | До ясной по {111}. Неровный, раковистый | Темно-крас-ный, кирпич-но-красный до черного. Буровато-красная | 3,5-4 | 5,9-6,2 | Легко раствор. в Ассоциация со вторичными минералами меди | Киноварь, прустит. Пирарги-рит | Медь, малахит, гетит, псевдомал-ахит | Зона богатых окисных руд медносульфид-ных м-ний |
| * Лепидокро-кит (рубиновая слюдка) FeO(OH) | Ромбическая, мелко-чешуйчатый, радиально-пластинча-тый, таблит-атые крис-таллы | Сов. по {010} и {001} в двух направл. Неровный | Рубиново-красный, вишнево-красный. Оранжево-красная | 4-5 | 3,8-4,1 | Раствор. в HCl. Красноватый оттенок черты и парагенезис | Гетит, гематит | Гетит, гематит, пирит | В бурых железняках зоны окисления, бокситах, почвах |
| **3.2. Черта желтая<br>Цвет минералов желтый, коричне** | | | | | **светло-желтая, белая.<br>вый до черного, иногда бесцветный** | | | | |
| *Сера S | Ромбическая, зернистые, порошкова-тые, сливные агрегаты и дипирами-дальные кристаллы | Несов. по {001}, {110}. Раковистый, неровный | Серно-желтый, медово-желтый, зеленовато- и буровато-желтый. Белая | 1-2 | | Легко горит. Раствор. в сероуглероде и скипидаре. Цвет, хруп-кость, блеск, горючесть | Розицкит, аурипиг-мент | Гипс, ангидрит, галит, кальцит, арагонит | В вулканических отложениях, оса-дочных породах и зоне окисления сульфидных м-ний |
| * Ферримолиб-дит | Ромбическая, радиально-волокнистые и порошковатые агрегаты | Сов. по {001}. Неровный | Канареечно-желтый, зеленовато-желтый. Бледно-желтая | | | Раствор. в кис-лотах. Форма выд. и развитие по молибдениту | Ярозит, ферро-тунгстит | Молибде-нит, вольфра-мит, полевой шпат | Зона окисления молибденовых м-ний |

Продолжение таблицы 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Тюямунит $Ca(UO_2)_2 \times \times (VO_4)_2 \times \times 8H_2O$ | Ромбическая, чешуйчатые и пластинчатые агрегаты | Сов. по {001} в одном направл | Канареечно-желтый, зеленовато-желтый. Желтая | 1-2 | 3,7-4,5 | Раствор. в кислотах. Цвет, форма выд. Радиоактивность | Карнотит, урановые слюдки | Карнотит, уранинит, коффинит, роскоэлит | Зона окисления урановых м-ний и терригенные осадочные породы (песчаники) |
| Х Арсенолит $As_2O_3$ | Кубическая, октаэдрический, землистый, | Сов. по {111} в 4-х направл. Раковистый | Бесцветный, белый, желтый. Белая | 1,5 | 3,7-3,9 | Частично раствор. в горячей воде. Возгоняется в виде белого дыма | Сенармон-тит, валентинит | Мышьяк, арсенопирит, теннантит, реальгар, аурипигмент | Зона окисления сульфидных м-ний |
| Х Аурипигмент $As_2S_3$ | Моноклинная, кристаллы, пластинчатые и волокнистые агрегаты, порошковатые массы | В. сов. по {010} в одном направл | Золотисто-желтый, лимонно-желтый. Светло-желтая | 1,5-2 | 3,5 | Раствор. царской водке и щелочах с выпадением бурого осадка. Цвет, низкая твердость и спайность | Сера | Реальгар, антимонит, пирит, арсенопирит, гетчеллит | Низкотемпературные гидротермальные м-ния и отложения горячих источников |
| Х Сенармонтит | Кубическая, октаэдрический, зернистый | Раковистый, неровный | Бесцветный, серовато-белый. Белая | | | Легко раствор. в<br><br>Ассоциация с антимонитом и вторичными минералами Sb | Валентинит, арсенолит | Антимонит, кремезит, сурьма | Зона окисления сурьмяных м-ний |

Продолжение таблицы 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Карнотит $K_2(UO_2)_2(VO_4)_2\times\times 3H_2O$ | Ромбическая, пластинчатый, землистый | Сов. по {001} в одном направл | Ярко-желтый до лимонно-желтого. Желтая | 2-2,5 | 4,5-5,0 | Легко раствор. в кислотах. Яркий цвет, приуроченность к осадочному комплексу, радиоактивность | Отенит, тюямунит | Тюямунит, фольбортит, россит, уранинит, асфальтит | Зона окисления урановых м-ний и в песчаниках |
| Х Вульфенит $Pb(MoO)_4$ | Тетрагональная, дипирамидальный, пластинчатый, зернистый | Ясная по {011} | Оранжево-желтый, серовато-желтый. Белая | 2,5-3 | 6,5-7 | Раствор. в кислотах | Штольцит, шеелит | Пироморфит, ванадинит, церуссит, галенит, миметизит | Зона окисления сульфидных м-ний |
| Х Штольцит $Pb(WO)_4$ | Тетрагональная, дипирамидальный, зернистый | Несов. по {011}. Раковис-тый, неровный | Красновато-желтый, желтовато-серый, соломенно-желтый. Белая | 2,5-3 | 7,9-8,3 | Раствор. в HCl с выдел. $WO_3$ | Вульфенит, шеелит | Ванадинит, миметизит, вульфенит, церуссит, лимонит | Зона окисления сульфидных м-ний |
| # Вокеленит | Моноклинная, клиновидный, зернистый | Неровный | Оливково-зеленый до черного. Зеленовато-желтая | | | Раствор. в $HNO_3$ | Лаксманит, форнасит | Крокоит, пироморфит, миметизит, ванадинит | Зона окисления сульфидных м-ний |

Продолжение таблицы 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X Ванадинит | Гексагоальная, призматические кристаллы и мелкозернистые корочки | Раковистый, неровный | Оранжево-красный, коричнево-красный, коричнево-желтый.<br>Бледно-желтая | 2,5-3 | 6,5-7,1 | Легко растворяется в HCl и<br>Форма кристаллов, цвет и ассоциация | Миметезит | Миметезит, пироморфит, деклуазит, церуссит, вульфенит | Зона окисления свинцовых м-ний |
| * Ярозит $KFe_3(SO_4)_2$ × | Тригональная, ромбоэдрические кристаллы, тонкочешуйчатые плотные агрегаты | В. сов. по {0001} в одном направл. | Охристо-желтый до коричнево-желтого.<br>Желтая | 2,5-3,5 | 3,1-3,3 | Раствор. в кислотах.<br>Жирный на ощупь | Гетит, лимонит | Лимонит, гематит, гетит | Зона окисления сульфидных м-ний |
| * Церуссит | Ромбическая, пластинчатые и бипирамидальные кристаллы, зернистые и натечные агрегаты | Ясная по {110} и<br>Раковистый | Бесцветный, белый, серый, желтый.<br>Белая | 3-3,5 | 6,5 | Раствор. в кислотах с выд.<br>Форма кристаллов, блеск, плотность и ассоциация | Англезит | Англезит, смитсонит, вульфенит, малахит, галенит | Зона окисления свинцовых м-ний |
| * Сфалерит (цинковая обманка) | Кубическая, тетраэдрические кристаллы, зернистый, реже землистый - брункит | Сов. по{110} в шести направл. Раковистый | Желтый, зеленый (клейофан), красный, бурый.<br>Светло-желтая | | | Раствор. в конц. с выд. S, в HCl с выд. $H_2S$.<br>Форма кристаллов, спайность и блеск | Гринокит, вюрцит | Галенит, блеклая руда, халькозин, борнит | В полиметаллических м-ниях, в известняках и колчеданных рудах |

Продолжение таблицы 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X Миметизит Cl | Гексагональная, призматический, зернистый | Неровный | Бесцветный, белый, желтый, бурый.<br>Белая | 3,5-4 | 7,2-7,3 | Раствор. в и HCl, где выпадает $PbCl_2$ | Пироморфит, ванадинит | Пироморфит, ванадинит, церуссит, вульфенит, бедантит | Зона окисления свинцовых м-ний |
| * Пироморфит | Гексагональная, призматические кристаллы и зернистые агрегаты | Неровный | Желтый, желтовато-зеленый, бурый.<br>Белая | 3,5-4 | 7-7,1 | Раствор. в кислотах.<br>Легко плавится, после охлаждения приобретает полиэдрическую форму | Миметезит, ванадинит | Церуссит, лимонит, крокоит, вокеленит, вульфенит | Зона окисления свинцовых м-ний |
| * Шеелит | Тетрагональная, дипирамидальные кристаллы и зернистые агрегаты | Ясная по<br>Неровный | Белый, серый, бледно-желтый, оранжево-красный.<br>Белая | 4,5-5 | 5,8-6,2 | Раствор. в HCl с выд. $WO_3$<br>Плотность, форма кристаллов, люминесцирует в УФ-лучах | Кварц | Вольфрамит, касситерит, гранат, эпидот, флюорит | Кварцевые жилы и скарны |
| * Пирохлор | Кубическая, октаэдрические кристаллы и мелкокристаллические агрегаты | Отдельность по {111}<br>Раковистый | Желто-бурый, янтарно-желтый, зеленовато-желтый.<br>Светло-желтая | | | С трудом раствор. в HCl. Разлагается в конц. $H_2SO_4$.<br>Форма кристаллов, цвет | Циркон, шеелит, перовскит | Циркон, ильменит, биотит, апатит, титанит, алланит | Нефелиновые сиениты, альбитизированные граниты, щелочные основные породы и карбонатиты |

Продолжение таблицы 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Перовскит $CaTiO_3$ | Ромбическая (псевдокубическая), кубический, октаэдрический, зернистый редко | Несов. по {100}. Раковис-тый, неровный | Черный, буровато-черный, красновато-бурый, буровато-желтый. Белая, буровато-серая | 5,5 | 4,1-4,3 | Раствор. в HF и при кипячении в конц. $H_2SO_4$ | Хромит | Хлорит, кальцит, гранат, диопсид, магнетит, ильменит | В ультраосновных и щелочных породах, карбонатитах и контактово измененных известняках |
| Анатаз | Тетрагональная, остродипирамидальные кристаллы, зернистые агрегаты | Сов. по {001} и {111} в пяти направл. Раковистый | Синий до черного, лимонно-желтый, красновато-коричневый. Белая | 5-6 | 3,9-4 | В кислотах не раствор. Цвет и форма кристаллов | Кассите-рит, рутил | Адуляр, брукит, ильменит, титанит, апатит | Жилы альпийского типа, акцессорный минерал магматических и метаморфических пород |
| * Брукит | Ромбическая, уплощенно-призматические и призматические кристаллы | Несов. по {110}. Раковистый | Желтый, желтовато-коричневый до черного. Белая до бледно-желтой | 5,5-6 | 4--4,1 | В кислотах не раствор. Уплощенная форма кристаллов, цвет и ассоциация | Рутил | Анатаз, титанит, адуляр, рутил, ильменит | Жилы альпийского типа, акцессорный минерал метаморфических пород |
| * Рутил | Тетрагональная, призматические и игольчатые кристаллы, коленчатые двойники и зернистые агрегаты | Сов. по {110} в двух направл. Раковистый, неровный | Светло-желтый, красновато-бурый до черного (нигрин). Светло-желтая до бледно-коричневой | | | В кислотах не раствор. Широко распространен. Форма кристаллов, твердость | Кассите-рит, циркон, турмалин | Апатит, ильменит, брукит, гематит | В апатитовых жилах и гнездах, в основных изверженных и метаморфических породах и кварцевых жилах |

Окончание таблицы 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Х Касситерит | Тетрагональная, призматические кристаллы, зернистые и колломорфные агрегаты (деревянистое олово) | Несов. по {110} и<br>Полураковистый, неровный | Желтый, красновато-бурый до коричнево-черного.<br>Белая до темно-бурой | 6-7 | | Зерна при кипячении с цинком в HCl покрываются пленкой олова.<br>Плотность, форма кристаллов | Рутил, циркон | Вольфрамит, касситерит, висмутин, арсенопирит, шеелит | В кварцевых и пегматитовых жилах, грейзенах, скарнах, кислых магматических породах и россыпях |
| * Циркон | Тетрагональная, обычно призматические или дипирамидальные кристаллы, иногда метамиктные | Несов. по {110} и<br>Раковистый | Желтый (жаргон), желто-бурый, красный (гиацинт), красно-коричневый.<br>Белая до светло-желтой | 7-7,5 | 3,9-4,6 | Слабо разлагается в конц.<br>Преимущественно в кристаллах, люминесцирует в УФ-лучах, иногда радиоактивен | Рутил, касситерит, монацит | Монацит, ксенотим, титанит, алланит, биотит, ильменит | Акцессорный минерал кислых и щелочных изверженных пород и их пегматитов, россыпи |
| Х Алмаз | Кубическая, округлые кристаллы, зернистые сростки (борт, баллас, карбонадо) | Сов. по {111} в четырех направл. Раковистый | Бесцветный, голубой, желтый, зеленый, розовый, коричневый до черного.<br>Белая | | | В кислотах не растворяется.<br>Форма кристаллов, блеск, ассоциация, люминесценция в УФ и рентгеновских лучах | Лонсдейлит, муассанит | Пироп, гейкелит, хромдиопсид, форстерит, флогопит | Кимберлитовые и лампроитовые трубки взрыва, россыпи |

**3. Минералы с алмазным блеском. Черта чаще белая, реже светло окрашенная, прозрачные в той, или иной степени минерал белеет в том месте, с которого получена черта**

Таблица 4

| Название, химический состав | Сингония, облик кристаллов и строение агрегатов | Спайность, излом | Цвет, черта | Твер-дость | Плот ность | Химические свойства, особые приметы | Сходные минералы | Сопутству-ющие минералы | Условия нахождения |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| **4.1. Черта имеет отчетливую окраску: Цвет минерала аналогичен цвету черты, или несколько темнее** | | | | | | | | | |
| * Вивианит<br>O | Моноклинная, призматичес-кие до игольчатых кристаллы, землистые агрегаты, конкреции, стяжения | Сов. по {010} в одном направл. Неровный | Свежий - бесцветный, на воздухе быстро синеет до сине-черного.<br>Голубоватая до синей | 1,5-2 | 2,68 | Легко раствор. в кислотах.<br>Окраска и приурочен-ность к органическим остаткам | | Анапаит, фосфаты железа и марганца | Осадочные железорудные м-ния, торфяники |
| * Эритрин $Co_3(AsO_4)_2\times$ | Моноклинная, призма-тические и игольчатые кристаллы, землистые агрегаты, выцветы, налеты | Сов. по {010} в одном направл. Неровный | Малиново-красный, пер-сиково-крас-ный, бледно-розовый.<br>Бледно-розовая, розовая | 1,5-2,5 | 3-3,1 | Раствор. в кислотах, окрашивая раствор в розовый цвет.<br>Окраска и развитие по арсенидам и сульфоар-сенидам | Родохрозит | Кобальтин, саффлорит, скуттеру-дит, аннабергит, кальцит | Зона окисления арсенидных и сульфоарсенид-ных м-ний кобальта и никеля |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Глауконит $K(Fe^{+3}Mg)\times$ $\times(OH)$ | Моноклинная, землистые массы, червеобразные и шаровидные мелкие стяжения | В. сов. по | Зеленый, зеленовато-бурый до зеленовато-черного. Зеленая | 2-3 | | Разлагается в с образованием скелета $SiO_2$. Цвет, форма выд. и парагенезис | Хлориты, селадонит | Селадонит, слоистые силикаты | В осадочных терригенных горных породах и почвах |
| Лампрофиллит $\times(SiO_4)_4$ $(OH,F)_2$ | Моноклинная, призматический, радиально-лучистый | В. сов. по {001} | Золотисто-бурый, бронзово-желтый. Буровато-желтая | 2-3 | | Разлагается в царской водке с выдел. кремнезема. Грубопластинчатый | Астрофиллит | Эвдиалит, мурманит, эгирин, рамзаит, нефелин | В щелочных изверженных породах и их пегматитах |
| * Аннабергит $\times$ O | Моноклинная, призматические и игольчатые кристаллы, землистые агрегаты, выцветы, налеты | Сов. по Неровный | Яблочно-зеленый, гряз-но-зеленый до белого. Бледно-зеленая до белой | 2,5-3 | 3,0-3,2 | Раствор. в кислотах, окрашивая раствор в нежно-зеленый цвет. Окраска и развитие по арсенидам и сульфоарсенидам никеля | Моренозит | Симплезит, моренозит, малахит, адамин, эритрин | Зона окисления арсенидных и сульфоарсенидных м-ний кобальта и никеля |
| Х Астрофиллит $(Fe^{2+},Mn)_7\times Ti2$ $\times[Si_8O_{24}]\times$ $(O,OH)_7$ | Триклинная, таблитчатые, игольчатые кристаллы, радиально-лучистые, волокнистые агрегаты | В. сов. по {001} в одном направл | Золотисто-желтый, бронзово-желтый. Буровато-желтая | | | Легко раствор. в HCl. Магнитен после прокаливания | Лампрофиллит | Эгирин, арфедсонит, канкринит, аьбит, натролит, титанит, апатит | В щелочных изверженных породах и их пегматитах |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Х Атакамит $Cu_2Cl(OH)_3$ | Ромбическая, призматический, пластинчатый, мелкозернистый | Сов. по {010}. Раковистый | Изумрудно-зеленый до черно-зеленого. Яблочно-зеленая | 3-3,5 | | Легко раствор. в кислотах. Окрашивает пламя в голубой цвет | Малахит, брошантит | Куприт, гипс, пара-атакамит, брошантит, малахит и др | В зоне окисления медных м-ний в областях с засушливым климатом |
| * Малахит $Cu(CO_3) \times \times Cu(OH)_2$ | Моноклинная, натечные, почковидные и радиально-лучистые агрегаты, редко призматические кристаллы | Сов. по {201} и {010}. Неровный раковистый | Ярко-зеленый, темно-зеленый до черно-зеленого. Бледно-зеленая | 3,5 | | Легко раствор. в кислотах с выдел. $CO_2$. Широко распространен, положительная реакция на $CO_2$ | Атакамит, адамин | Медь, куприт, азурит, хризоколла | В зоне окисления медных сульфидных м-ний |
| * Азурит $Cu_3(CO_3)_2 \times \times (OH)_2$ | Моноклинная, таблитчатые кристаллы, зернистые и землистые агрегаты | Сов. по {001} ясная по Раковистый | Лазурно-синий до темно-синего, голубой в землистых агрегатах. Голубая | 3,5-4 | 3,7-3,9 | Легко раствор. в кислотах с выд. $CO_2$. Окраска, форма кристаллов и ассоциация | Линарит | Малахит, куприт, тенорит, кальцит, хризоколла | В зоне окисления медных сульфидных м-ний |
| * Брошантит $Cu_4(SO_4) \times \times (OH)_6$ | Моноклинная, призматический, игольчатый, зернистый, плотный | Сов. по Неровный | Светло-зеленый, изумрудно-зеленый, черно-зеленый. Бледно-зеленая | | | Раствор. в кислотах | Малахит, атакамит | Малахит, азурит, куприт, линарит, церуссит, атакамит | В зоне окисления медных сульфидных м-ний |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Х Псевдомалахит $\times(OH)_2$ | Моноклинная, призматический, натечный, радиально-волокнистый | Ясная по {010} | Голубовато-зеленый, темно-зеленый. Бледно-зеленая | 4,5-5 | | Легко раствор. в кислотах. Специфический голубоватый оттенок | Малахит, хризоколла | Малахит, хризоколла, тенорит, пироморфит, лимонит | В зоне окисления сульфидных медных м-ний |
| Диоптаз $Cu_6[Si_6O_{18}] \times 6H_2O$ | Тригональная, призматический, сливной | Со вершенный Раковистый | Голубовато-зеленый, ярко-зеленый. Голубовато-зеленая | 5 | | Разлагается в HCl и $HNO_3$ с выдел. Студенистого кремнезема | Хризоколла, планшеит | Хризоколла, планшеит, азурит, малахит, церуссит, вульфенит | В зоне окисления сульфидных медных м-ний на контакте с известняками |
| Х Людвигит | Ромбическая, шестоватые и тонкоигольчатые агрегаты, сплошные зернистые массы | Неровный, занозистый | Темно-зеленый до черного. Зеленовато-серая, серая | 5 | | Раствор. в кислотах. Форма выделения, ассоциация | Шерл, геденбергит | Гумит, форстерит, диопсид, магнетит | Контактово-метасоматические м-ния |
| Х Лазурит $6Na[AlSiO_4] \times 2Ca(SO_4,S,Cl_2)$ | Кубическая, Зернистые агрегаты, редко ромбододекаэдрические кристаллы | Несов. по Неровный | Голубой, ярко-синий, сине-фиолетовый, темно-синий. Голубая | 5,5-6 | | Раствор. в кислотах с выд. студенистого кремнезема и сероводорода. Цвет, ассоциация | Содалит, вишневит, нозеан | Кальцит, диопсид, скаполит, пирит | Контакт щелочных изверженных пород и известняков |
| Пьемонтит $\times[SiO_4][Si_2O_2] \times O(OH)$ | Моноклинная, призматический, зернистый | Сов. по {001}, несов. по {100}. Неровный | Вишнево-красный, красновато-бурый, тем-но-коричневый. Вишнево-красная | | | В кислотах не раствор., в п.п.тр. вспучивается, легко плавится | Тулит, родонит | Спессартин, браунит, гаусманит | В метаморфизованных марганцевых осадках, глаукофановых и зеленых сланцах |

**4.2. Черта имеет зеленоватый или се**
**Преобладающая окраска минералов**

**роватый оттенок, выраженный неясно.**
**Зеленая, темно-зеленая, черная**

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Вермикулит $(Mg, Fe^{2+},Al)_3 \times$ $\times[(Al,Si)_4O_{10}] \times$ $\times(OH)\times 4H_2O$ | Моноклинная, пластинчатый, чешуйчатый | В. сов. по{001} в одном направл | Золотисто–желтый, желто-бурый, бурый. Бледно-коричневая, бледно-зеленая | 1,5-2 | 2,3 | Легко разлагается в кислотах с образованием порошковатого $SiO_2$. Вспучивается при нагревании | Гидробиотит | Калиевые полевые шпаты, апатит, циркон | Образуется при выветривании в виде псевдоморфоз по биотиту и флогопиту, встречается в почвах |
| Х Гриналит | Моноклинная, пластинчатый, чешуйчатый | В. сов. по{001} | Темно-зеленый, темно-бурый. Зеленая, бурая | 2-2,5 | 2,8-3 | Раствор. в HCl. Сплавляется в черное стекло | Кронштедтит | Сидерит, пирит, марказит | Образуется при гидролизе железистых силикатов |
| * Шамозит $(Fe^{2+},Mg,)_5Al\times$ $\times[Al\ (Si,Al)_3\times$ $\times O_{10}]\ (OH)_8$ | Моноклинная, листо-атые, мелко- и тонкоче-шуйчатые агрегаты | В. сов. по | Темно-зеленый до черного. Серо-зеленая | 2,5-3 | 3-3,4 | Раствор. в HCl с выд. студенистого $SiO_2$. Форма выд., цвет, сплавляется в черное стекло | Гриналит | Сидерит, пирит, марказит | Осадочные железорудные м-ния |
| * Аннит $K(Mg,Fe)_3\times$ $\times[AlSi_3O_{10}]$ $(OH)_2$ | Моноклинная, столбчатые и пластинчатые кристаллы, чешуйчатые и пластинчатые агрегаты | В. сов. по {001} в одном направл | Черный с зеленоватым, красноватым или золотистым оттенком. Коричневая | 2-3 | 3-3,1 | Разлагается в с обра-зованием скелета $SiO_2$. Цвет, упругость листочков и ассоциация | Биотит, флогопит | Полевые шпаты, титанит, циркон, кварц | Кислые и средние магматические горные породы и их пегматиты, метаморфические породы |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Рибекит<br>$Na_2Fe_3^{2+}Fe_2^{3+}\times$<br>$\times[Si_4O_{11}]_2\times$<br>$\times(OH,F)$ | Моноклинная, призматический, зернистый | Сов. по {110} в двух направл. под углом 124° | Светло-зеленый, серо-зеленый до зеленовато–черного. | 5-6 | | В кислотах не раствор. | Глаукофан | Полевые шпаты, мусковит, кварц | Акцессорный минерал в кислых изверженных породах, фенитах, железистых кварцитах, пегматитах |
| *Паргасит<br>$NaCa_2$<br>$(Mg,Fe^{2+})_4\times$<br>$\times Al[Al_2Si_6O_{22}]$<br>$\times(OH)_2$ | Моноклинная, шестоватые и зернистые агрегаты | Сов. по {110} в двух направл. под углом 124°. Неровный | Зеленовато-серая до белой<br>Светло-зеленый, серо-зеленый до зеленовато-черного.<br>Зеленовато-серая | 5-6 | | В кислотах не раствор.<br>Цвет, ассоциация и оп-тические конс-танты | Гастингсит | Кальцит, доломит, форстерит, диопсид, флогопит | Метаморфизованные карбонатизированные ультраосновные породы, скарны, эклогиты |
| *Гастингсит<br>$NaCa_2($<br>$Fe^{2+},Mg)_4\times$<br>$Fe^{3+}[Al_2Si_6O_{22}\times$<br>$\times(OH)_2$ | Моноклинная, несовершенные кристалы, шестоватые и зернистые агрегаты, | Сов. по {110} в двух направл. под углом 124° Неровный | Зеленовато-коричневый, коричневый до зелено-вато-черного.<br>Серо-зеленая | 5-6 | | В кислотах не раствор.<br>Цвет, ассоциация и оптические константы | Паргасит | Пироксен, форстерит, плагиоклаз, ильменит, апатит | Основные магматические, метаморфические и метасоматические породы |
| * Гиперстен | Ромбическая, плотные зернистые агрегаты, пластинчатые сростания с клинопироксенами | Сов. по {110} в двух направл. под углом 88°. Неровный | Темно-зеленый, серовато-чер-ный, томпаково-бурый.<br>Серая, коричневато-серая | 5-6 | | Частично раствор. в HCl. Сплавляется в черную эмаль<br>Форма зерен, угол между плоскостями спайности | Энстатит, бронзит | Авгит, салит, плагиоклаз, гастингсит, магнетит, биотит | Породообразующий минерал магматических и метамофических пород |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Грюнерит | Моноклинная, игольчатый, радиально-лучистый, волокнистый | Сов. по {110} в двух направл. под углом 124° | Желтый, бурый, зеленовато-серый.<br>Зеленовато-серая | 5.5 | 3-3.5 | В кислотах не раствор.<br>Плавится в чер-ное магнитное стекло | Даннеморит | Актинолит, кварц, магнетит, гематит, анкерит, биотит | В контактово и регионально метаморфизованных породах и метасоматических жилах |
| * Арфедсонит | Моноклинная, призматические и игольчатые кристаллы, радиально-лучистые, шестоватые агрегаты | Сов. по {110} в двух направл. под углом 124°. Неровный, занозистый | Зеленый, зеленовато-черный, черный.<br>Зеленовато-серая, голубовато-серая | 5.5-6 | 3-3.5 | В кислотах не раствор. Легко плавится в магнитное стекло<br>Форма зерен, окраска, спайность, ассоциация | Гастингсит, эгирин | Эгирин, гастингсит, куммингтонит, микроклин, плагиоклаз | Щелочные изверженные породы и их пегматиты, щелочные граниты, карбонатиты, метасоматиты |
| X Ильваит<br>$(OH)_2$ | Ромбическая, призматический, изометричный, зернистый, шестоватый | Сов. по {010} и {001} в двух направл. | Черный с буроватым или зеленоватым оттенком.<br>Темно-серая с зеленоватым оттенком | 5.5-6 | 3.8-4.1 | Разлагается в HCl с образованием студенистого осадка<br>Сплавляется в черный стекловатый магнитный шарик | Людвигит, энигманит | Кварц, кальцит, геденбергит, даннеморит, магнетит, гранат, эпидот | В известковых скарнах, медно-никелевых сульфидных м-ниях и гидротермально измененных породах |
| *Авгит<br>$(Ca,Na)\times$<br>$\times(Mg,Fe,Al,Ti)$<br>$[(Si,Al)_2O_6]$ | Моноклинная, короткопризматические кристаллы, сплошные зернистые массы | Сов. по {110} и отдельность по {100}. Раковистый, неровный | Зеленый, черно-зеленый до черного.<br>Зеленовато-бурая | 5.5-6 | 3.2-3.6 | Частично разлагается в HCl.<br>По форме кристаллов в эффузивах или оптически | Диопсид | Плагиоклаз, оливин, магнетит, пижонит | Породообразующий минерал магматических пород, в гнейсах и кварцитах |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Актинолит | Моноклинная, шестоватые, тонко-лучистые и волокнистые (асбест) агрегаты, плотные массы - нефрит | Сов. по {110} в двух направл. под углом 124°. Неровный, занозистый | Зеленый, серовато-зеленый, голубовато-зеленый. Белая до бледно-зеленой | 5-6 | 3.1-3.2 | В кислотах не раствор. Плавится с трудом в серо-зеленоватое стекло. Окраска, форма кристаллов и ассоциация | Тремолит, эпидот, турмалин | Альбит, эпидот, клинохлор, кальцит, доломит, глаукофан | Породообразующий минерал зеленосланцевой фации метаморфизма |
| * Тефроит $Mn_2[SiO_4]$ | Ромбическая, призматический, зернистый | Сов. по {010} и {001}. Раковистый | Пепельно-серый, бурый, оливково– и черно-зеленый. Серая | 5.5-6 | 3.8-4.3 | Раствор. в HCl с выдел. студенистого кремнезема. Иногда слабо магнитен | Фаялит | Родонит, спессартин, родохрозит, барит, гаусманит, бустамит | В железо-марганцевых м-ниях, скарнах, метаморфизованных марганцевых осадках |
| Алланит-Ce (ортит) $(Ce,Ca,Y)_2(Al,$ $[Si_2O_7]O(OH)$ | Моноклинная, пластинчатые, досковидные кристаллы, сливные агрегаты | Отсутству-ет. Неровный, раковистый | Темно-зеленый, смоляно-черный, светло-коричневый. Серая, светло-зеленая | 5.5-6 | 3.3-4.2 | Раствор. в HCl с выд. порошковатого $SiO_2$. Нередко радиоактивен. Форма кристаллов, цвет, радиоактивность | Меланит, стенструпин | Альбит, апатит, флюорит, биотит, гастингсит, магнетит | Акцессорный минерал гранитов и сиенитов, их пегматитов, карбонатиты |
| Диопсид | Моноклинная, призматические кристаллы зернистые шестоватые и радиально-лучистые агрегаты, | Сов. по {110} в двух направл. под углом 88˚, отдельность по {100}. Неровный | Светло-зеленый, серо-фиолетовый, розовый, белый. Белая до бледно-зеленой | 5.5-6 | 3.2-3.4 | Слабо раствор. в HCl. Форма кристаллов и окраска | Геденбергит, гиперстен | Кальцит, флогопит, апатит, магнетит, клинохлор, шпинель | Породообразующий минерал магматических пород, их пегматитов, метаморфических пород, скарнов |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Геденбергит | Моноклинная, крупношестоватые и радиально-лучистые агрегаты, иногда зонально-концентрические | Сов. по {110} в двух направл. под углом 88˚, отдельность по {100}. Неровный | Темно-зеленый до черно-зеленого. Светло-серая с зеленоватым оттенком | 5,5-6,5 | | Частично разлагается в HCl. Легко сплавляется в черный магнитный шарик. Спайность и ассоциация | Людвигит, шерл | Фаялит, магнетит, кварц, ильваит, полевые шпаты | Породообразующий минерал оливинсодержащих сиенитов, железистых кварцитов, скарнов |
| * Глаукофан × × | Моноклинная, призматические кристаллы, шестоватые и волокнистые (асбест) агрегаты | Сов. по {110} в двух направл. под углом 124˚. Занозистый, неровный | Серо-синий, ярко-синий, голубовато-черный. Голубовато-серая | 6-6,5 | | В кислотах не раствор. Окраска и нахождение в метаморфических породах | Рибекит, рихтерит | Эпидот, альмандин, альбит, лавсонит, пумпеллиит | Кристаллические сланцы, эклогиты, метасоматиты |
| * Эгирин $NaFe[Si_2O_6]$ | Моноклинная, радиально-лучистые,спутанно-волокнистые агрегаты, реже игольчатые кристаллы | Сов. по {110} в двух направл. под углом 88˚. Занозистый, неровный | Светло-зеленый, зеленовато-черный до черного. Светло-зеленая | 6-6,5 | | В кислотах не раствор. Форма кристаллов, окраска, спайность, ассоциация | Арфедсонит, энигманит | Полевые шпаты, нефелин, корунд, магнетит | Кислые и щелочные породы, их пегматиты, железистые кварциты, гидротермалиты |
| * Жадеит $NaAl[Si_2O_6]$ | Моноклинная, плотные агрегаты спутанно-волокнистого строения, зернистые массы | Сов. по {110} вдвух направл. под углом 88˚.Неровный до занозистого | Белый, серый, зеленовато-серый, зеленый, синий. Белая | 6-6,5 | | В кислотах не раствор. Форма выд., окраска, высокая вязкость | Нефрит | Альбит, кварц, анальцим, натролит, эпидот, цоизит | Метаморфические породы, контактово-метасоматические тела, ультраосновные породы |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Х Рамзаит $Na_2Ti_2[Si_2O_6]O_3$ | Ромбическая, призматический, зернистый, волокнистый | В. сов. по {100}, сов. по | В. сов. по {100}, сов. по | 6-6,5 | | Раствор. в HF. Легко плавится в черный непрозрачный шарик | Катаплеит, эльпидит | Эгирин, лопарит, эвдиалит, астрофиллит, альбит, натролит | В щелочных породах и их пегматитах |
| *Хлоритоид | Моноклинная, чешуйчатые агрегаты, плохо ограненные порфиробласты | Сов. по {001} в одном направл. Неровный | Темно-зеленый, зеленовато-черный. Светло-зеленая, зеленовато-серая | 6,5 | | Разлагается в . Сплав-ляется в черное слабомагнитное стекло. Высокая твердость и плотность, ассоциация | Клинохлор, клинтонит | Биотит, альмандин, кварц, мусковит, ильменит, эпидот | Метаморфические породы, роговики, кварцевые жилы |
| * Фаялит $Fe_2[SiO_4]$ | Ромбическая, зернистые агрегаты, редко призматические кристаллы | Ясная по Раковистый, неровный | Темно-зеленый до черного, темно-бурый. Зеленовато-серая | 6-6,5 | | Раствор. в HCl с выд. студенистого Сплавляется в магнитный шарик. Цвет, твер-дость, ассоциация | Оливин | Флогопит, шорломит, перовскит, апатит, мелилит | Кислые и щелочные породы, их пегматиты, железорудные скарны, карбонатиты |
| * Шерл $NaFe^{2+}{}_3Al_6 \times \times [Si_6O_{18}] \times \times (BO_3)_3(OH,F)_4$ | Тригональная, призматические кристаллы, шестоватые, радиальнолучистые, зернистые агрегаты | Отсутствует, Раковистый, неровный | Зеленовато-черный, черный. Зеленовато-серая, серая | 7-7,5 | | В кислотах не раствор. Легко сплавляется в темно-коричневую эмаль. Форма поперечного сечения, твердость | Эгирин, людвигит | Кордиерит, кварц, ортоклаз, биотит, апатит, магнетит | Кислые и щелочные изверженные и метаморфические породы и их пегматиты, грейзены, кварцевые жилы, скарны |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Бюргерит $NaFe_3^{3+}Al_6 \times \times (BO_3)_3 \times \times [Si_6O_{18}]\ O_3F$ | Тригональный, призматический, игольчатый | Сов. по | Темно-бурый, буровато-черный. Буровато-серая | 7 | | В кислотах не раствор. | Везувиан, кварц | Геденбергит, волластонит, форстерит, плагиоклаз | В магнезиальных скарнах с борной минерализацией, пегматитах и кислых вулканитах |
| **4.3 Чертвертая белая дость 1-3** | | | | | | | | | |
| * Тальк | Моноклинная, листоватые, чешуйчатые и скрытокристаллические (стеатит) агрегаты | В. сов. по {001} в одном направл. Неровный | Бледно-зеленый, белый с желтоватым или розоватым оттенком | 1 | | В кислотах не раствор. Твердость, жирный на ощупь | Пирофиллит, каолинит | Тремолит, флогопит, серпентин, доломит, гематит | Гидротермально измененные ультраосновные породы и метаморфические породы |
| Сассолин $B(OH)_3$ | Триклинная, таблитчатый, чешуйчатый, натечный | В. сов. по {001} | Бесцветный, белый | 1 | | Растворяется в воде, спирте. Раствор спирта окрашивает пламя в бледно-зеленый цвет. Редок | Бура | Бораты и сульфаты | В вулканических озерах и источниках, в отложениях фумарол |
| Пирофиллит | Моноклинная, листоватые, чешуйчатые и скрытокристал-лические (агальматолит) агрегаты | В. сов. по {001} в одном направл. Неровный | Белый, светло-зеленый, буроватый, красноватый | 1-1,5 | | Раствор. в кислотах. Твердость, жирный на ощупь, ассоциация | Тальк, каолинит | Каолинит, монтмориллонит, хлорит, кварц | В метаморфических породах, околорудных метасоматитах, вторичных кварцитах и кварцевых жилах |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Термонатрит $Na_2(CO)_3 \times H_2O$ | Ромбическая, таблитчатый, выцветы, мучнистый | Несов. по {010} | Бесцветный, белый, серый, желтый | 1-1,5 | | Легко раствор. в воде | Сода, трона | Сода, трона, гейлюссит, кальцит | В отложениях соляных озер и фумарол, выцветы в аридных областях |
| * Сода (натрон) О | Моноклинная, призматический, зернистый, рыхлый | Ясная по{001}. Раковистый | Бесцветный до белого, серый, желтый | 1-1,5 | | Легко раствор. в воде, в кислотах с шипением выделяет $CO_2$ | Термонатрит, трона | Термонатрит, трона, гейлюсит, кальцит | В отложениях содовых озер и вулканических областей |
| * Бейделлит $(Na,Ca)_{0,5}Al_2 \times \times[(Si,Al)_4O_{10} \times \times(OH)_2 \times nH_2O$ | Моноклинная, пластинчатый, землистый | В. сов. по {001} | Белый, желтый, бурый | 1,5 | | Раствор. в кислотах | Монтморилонит, сапонит | Каолинит, монтморилонит, галлуазит, кварц, полевые шпаты | В коре выветривания основных вул-анических пород, в продуктах гидротермального изменения рудных м-ний |
| * Нашатырь $NH_4)$ Cl | Кубическая, тетрагонтриоктаэдрический {110}, {211}, {100}, зернистый, рыхлый | Несов. по {111}. Раковистый | бесцветный, белый, желтый, коричневый | 1-2 | | Легко раствор. в воде. При нагревании сублимирует | Сильвин, галит, масканьит | Буссенготит, масканьит, копейскит, аммониоярозит, сильвин | В отложениях фумарол и продуктах горения угольных терриконов |
| Бишофит $MgCl_2 \times 6H_2O$ | Моноклинная, призматический, зернистый, волокнистый | Раковис-тый, неровный | Бесцветный, белый, красный | 1-2 | | Легко раствор. в воде. Вкус горький, жгучий | Карналит | Галит, кизерит, карналлит, сильвин, ангидрит | В м-ниях морских солей и осадках озер |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Сапонит $(Ca_{0,5}, Na)_{0,3} \times \times (Mg, Fe^{2+})_3 \times \times [(Si,Al)_4O_{10}] \times \times (OH)_2$ | Моноклинная, пластинчатый, землистый | В. сов. по {001}. Ровный до раковистого | Буро-зеленый до шоколадно-ко-ричневого | 1-2 | | Раствор. в кислотах. Жирный на ощупь | Нонтронит | Кальцит, монтморил-лонит, каолинит, хлорит, тальк, тремолит, флогопит | В коре выветривания основных вулканических пород, в продуктах гидротермально-го изменения рудных м-ний |
| * Нонтронит О | Моноклинная, пластинчатые и землистые агрегаты | В. сов. по Неровный | Желтовато-зеленый до буро-зеленого и темно-бурого | 1-2 | | Раствор. в кислотах. Окраска и условия нахождения | Сапонит, монтмо-риллонит | Монтмо-риллонит, магнезит, арагонит, кварц | Кора выветривания ультраосновных пород |
| * Галлотрихит $FeAl_2 [SiO_4] \times \times 22H_2O$ | Моноклинная, игольчатый, волокнистый, спутанно-волокнистый | Несов. по {010} | Бесцветный, белый, желтоватый, зеленоватый | 1,5-2 | | Раствор. в воде | Пиккерин-гит, били-нит, дитрихит | Алуноген, мелантерит, копиапит, гипс | Продукт окисле-ния пирит-содержащих пород колче-данных м-ний и угленосных отложений |
| * Мирабилит $Na_2(SO_4) \times \times 10H_2O$ | Моноклинная, призматичес-кий, зернистый | Сов. по {100}. Раковистый | Бесцветный, белый | 1,5-2 | | Легко раствор. в воде. Вкус солонова-то-горький, при нагревании теряет воду и переходит в тенардит | Глауберит | Гипс, галит, тенардит, трона, глауберит, астраханит, эпсомит | В отложениях соляных озер в засушливых областях |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Монтмориллонит | Моноклинная, землистые агрегаты | В. сов.по<br><br>Ровный | Белый, розовый, красный | 1-2 | | Раствор. в кислотах.<br>Жирный на ощупь, сильно разбухает в воде, становится пластичным | Каолинит, галлуазит | Иллит, хлорит, каолинит, галлуазит, палыгорскит, сепиолит | Кора выветривания вулканических пород, продукты изменения околорудных пород, почвы |
| * Гипс $H_2O$ | Моноклинная, зернистые, волокнистые (селенит) агрегаты | Сов. по {010} в одном направл. Ясная по {100}. Ровный, до занозистого | Бесцветный, белый, голубова-тый, розовый, желтый, оранжевый | 2 | | Слабо раствор. в воде, растворяется в HCl.<br>Спайность , твердость, отсутствие реакции на $CO_2$ | Брушит, бобьерит | Ангидрит, сера, арагонит, кальцит, кварц | Хемогенные осадочные породы, зона окисления сульфидных мний, кварцевые жилы и фумаролы |
| * Сильвинl | Кубическая, зернистые, землистые, волокнистые, шестоватые агреганы, натеки, выцветы | Сов. по {100} в трех направл. Раковистый | Бесцветный, белый, голубой, желтый, красный | 2 | | Раствор. в воде. Окрашивает пламя в фиолетовый цвет.<br>Пластичен, вкус горьковато соленый | Галит | Ангидрит, галит, кизерит, карналит, каинит, эпсомит, полигалит | Соляные залежи морского происхождения, выцветы на почве, вулканические продукты |
| * Мелантерит<br><br>$Fe(SO_4)\times 7H_2O$ | Моноклинная, призматический, зернистый, сталактиты | Сов. по {001} и {110}. Раковистый | Травяно-зеленый, синевато-зеленый | 2 | | Легко раствор. в воде | Моренозит | Пизанит, галотрихит, пиккерингит, копиапит, алуноген | В зоне окисления сульфидных мний |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Х Госларит О | Ромбическая, зернистый | Сов. по {010} | Бесцветный, белый, желтый | 2 | | Легко раствор. в воде | Эпсомит, мирабилит | Меланте-рит, дитри-хит, гало-трихит, ко-пиапит, алуноген | В зоне окисления сульфидных м-ний |
| * Галит l | Кубическая, зеристые агрегаты, сталактиты | Сов. по {100} в трех нап-равл. Раковистый | Бесцветный, белый, синий, желтый, красный | 2-2,5 | | Легко раствор. в воде. Окрашивает пламя в жел-тый цвет. Спайность, соленый вкус, ассоциация | Сильвин | Сильвин, карналит, лангбей-нит, гипс, ангидрит, полигалит | Соляные залежи, солончаки |
| Х Пирохроит $Mn(OH)_2$ | Тригональная, таблитчатый, ромбоэдричес-кий, чешуйчатый, волокнистый | Сов. по {0001} в одном направл | Бесцветный, на свету становится бронзово-бу-рым, черным. При окислении бурая | 2-2,5 | | Легко раствор. в HCL | Брусит | Манганит, доломит, магнетит, гаусманит, родохрозит, кальцит, пироаурит | В кварц-карбонатных жилах |
| Х Бура О | Моноклинная, призматически й, зернистый | Несов. по {110}. Неровный | Бесцветный, белый, розовый, серый | 2-2,5 | | Раствор. воде. Вкус сладкова-то-щелочной, на поверхнос-ти теряет воду и белеет | Соссолин | Галит, тро-на, тенар-дит, глаубе-рит, гипс, гейлюсит, углексит | В хемогенных отложениях озер |
| * Эпсомит $Mg(SO_4)\times7H_2O$ | Ромбическая, призматичес-кий, зернистый, волокнистый | Сов. по {001} | Белый, серый, бурый | 2-2,5 | | Легко раствор. в воде. Вкус горький, вяжущий | Госларит, мирабилит | Ангидрит, гипс, поли-галит, ме-лантерит, галотрихит, квасцы | В соляных отло-жениях, в зоне окисления суль-фидных м-ний |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Каолинит | Триклинная, тонкочешуйчатые, землистые агрегаты | В. сов. по<br>Плоскораковистый | Белый, серый, бурый | 2-2,5 | | В кислотах не раствор. С водой становится пластичным.<br>Окраска, высокая пластичность, мылкий на ощупь | Монтмориллонит, галлуазит | Монтмориллонит, галлуазит, иллит, палыгорскит, сепиолит | Кора выветривания кислых пород |
| *Галлуазит<br>4 | Моноклинная, землистые, плотные агрегаты | В. сов. по<br>Плоскораковистый | Белый, голубоватый, бурый | 2 | | В кислотах не раствор.<br>Генезис и специальные методы | Каолинит, монтмориллонит | Каолинит, бейделлит, иллит, монтмориллонит | Кора выветривания кислых пород и гидротермальные жилы |
| Сепиолит<br>О | Ромбическая, спутано-волокнистый, глиноподобный | Неровный, плоскоракови стый | Белый, серовато-белый, желтый, бурый | 2-2,5 | | Раствор. в HCl с выд. $SiO_2$ | Палыгорски | Кальцит, барит, арагонит, опал, магнезит | В коре выветривания серпентинитов, карбонатных осадочных породах |
| * Палыгорскит<br>О | Ромбическая, моноклинная, войлокоподобный (горная кожа), листы, пленки | Неровный | Белый, желтовато-серый, буроватый, зеленоватый | 2-2,5 | | Разлагается в конц. $H_2SO_4$ с выд. скелета | Сепиолит | Доломит, магнезит, монтмориллонит, каолинит | В коре выветривания серпентинитов, осадочных породах и гидротермальным путем |
| * Флогопит<br>× $(OH)_2$ | Моноклинная, пластинчатые, листоватые, чешуйчатые агрегаты | В. сов. по {001} в одном направл | Бесцветный, буровато-желтый, красновато-коричневый | 2-2,5 | | Разлагается в концентрированной $H_2SO_4$ Ассоциация | Биотит | Диопсид, форстерит, шпинель, гиалофан, гумит, апатит | Перидотиты, кимберлиты, контактово-метасоматические породы и метаморфизованные карбонатные толщи |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Карналлит | Ромбическая, зернистые агрегаты, смеси с галитом, волокнистые образования | Раковистый | Бесцветный, розовый, желтый, красный, бурый | 2,5 | | Легко раствор. в воде, сорбируя ее из атмосферы. Вкус горький, жгучий | Галит, сильвин | Галит, сильвин, ангидрит, кизерит, каинит, эпсомит | В залежах калийных солей |
| * Криолит | Моноклин-ая, зернистые агрегаты | Отдельность по {001} и<br>Неровный | Бесцветный, белый, сероватый, грязно-бурый | 2,5 | | Раствор. в кислотах. Легко плавится, окрашивая пламя в желтый цвет | Хиолит, флюорит | Томсенолит, колумбит, пирохлор, топаз, рибекит, альбит, герксутит | Акцессорный минерал щелочных гранитов и пегматитов |
| * Гиббсит (гидраргиллит) | Моноклинная, землис-тые агрегаты, червеобраз-ные выд., оолиты, натечные образоания | В. сов. по {001} в одном направл. Ровный, раковистый | Бесцветный, белый, сероватый | 2,5-3 | | Легко раствор. в горячих щелочах и Спайность, форма выд., ассоциация | Бемит, брусит, норстрандит | Каолинит, галлуазит, аллофан, нефелин | Бокситы, щелочные породы как продукт изменения натролита и нефелина |
| * Брусит | Тригональ-ная, чешуй-чатые, волок-нистые (немалит), натечные выд., сфероиды | В. сов. по {0001} в одном направл. Чешуйча-тый до занозистого | Бесцветный, белый, сероватый, желтоватый, зеленоватый, голубоватый | 2,5 | | Легко раствор. в кислотах. В пламени паяльной трубки не плавится.Растворимость в HCl | Гипс, гиббсит | Серпентины, перикласз, доломит, арагонит,тальк, гидромагнезит | Метаморфизованные доломиты, мраморы, серпентиниты, известковые скарны |
| * Хризотил $Mg_3[Si_2O_5] \times \times (OH)_4$ | Моноклинная, волокнистые и параллель-ношестова-тые (асбест), плотные агрегаты | В. сов. по<br>Ровный до занозистого | Белый, желтоватый, зеленый разных оттенков | 2,5 | | Раствор. в HCl с образованием волокнистого скелета. Форма выд., окраска, ассоциация | Лизардит, амфибо-лы, Ni - хлориты | Лизардит, антигорит, тальк, магнетит, брусит, гидромагнезит | Гидротермально-измененные гипербазиты и контактово-измененные карбонатно-магнезиальные породы |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Лизардит × | Моноклинная, тонкозернистые агрегаты | В. сов. по Ровный до раковистого и занозистого | Зеленый, желтовато-зеленый, темно-зеленый | 2,5 | | Раствор. в HCl с образованием порошковатого Высокая распространенность | Хризотил, Ni-хлориты, Ni-монтмориллониты | Хризотил, актинолит, тальк, магнетит, брусит, гидромагнезит | Гидротермально-измененные и контактово-измененные карбонатно-магнезильные породы |
| Х Кукеит $LiAl_4$ × ×[Al $Si_3O_{10}$]× ×$(OH)_8$ | Моноклинная, таблитчатый | В. сов. по {001} | Зеленый, желтовато-зеленый, темно-зеленый | 2,5 | | В кислотах не раствор | Донбасит, тальк, хлорит | Поллуцит, петалит, амблигонит, рубеллит, танталит | В литиевых пегматитах |
| *Халькантит О | Триклинная, пластинчатые и зернистые агрегаты, натечные образования | Несов. по Раковистый | Небесно-голубой до ярко-синего | 2,5 | | Легко раствор. в воде. Вкус металлический, вяжущий. Окраска и условия нахождения | Пизанит | Меланте-рит, пик-керингит, алуноген, копиапит | Зона окисления медно-колчеданных м-ний |
| Улексит О | Триклинная, тонковолокнистый, спутанноволокнис-тый | Сов. по {010} и несов. по | Бесцветный, белый | 2,5 | | Раствор. в горячей воде. Плавится со вспучиванием | Ашарит, тонковолокнистые бораты | Бура, галит, глауберит, трона, мирабилит, колеманит | В бороносных соляных залежах морского и озерного происхождения |
| * Клинохлор $(Mg, Fe^{2+})_5Al$× ×[$AlSi_3O_{10}$]× ×$(OH)_8$ | Моноклинная, таблитчатый, пластинчатый, листоватый, чешуйчатый | В. сов. по {001} в одном направл | Белый, серый (лейхтенбергит), зеленый, фиолетовый (кеммеририт) | 2,5 | | Раствор. при кипячении в Окраска, спайность, чешуйки не упругие | Хлориты, мусковит | Магнетит, перовскит, гранат, эпидот, везувиан, титанит | В метаморфических породах фации зеленых сланцев, скарнах, в измененных ультраосновных породах |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Мусковит $KAl_2[AlSi_3O_{10}\times$ $\times(OH,F)_2$ | Моноклинная, коротко-столбчатые кристаллы, листоватые, чешуйчатые агрегаты (серицит) | В. сов. по {001} в одном нап-равл, несов. по {110} и {010} | Бесцветный, белый, зеленый, изумрудно-зеле-ный (фуксит) | 2,5-3 | | В кислотах не раствор. Ассоциация | Лепидолит, циннваль-дит, парагонит | Кварц, полевые шпаты, хлорит, доломит | Кислые изверженные и мета-морфические породы, пегма-ти-ы, грейзены |
| * Парагонит | Моноклинная, листова-тые, чешуй-чатые агрегаты | В. сов. по {001} в одном нап-равл | Бесцветный, белый, зеленовато-белый | 2,5-3 | | В кислотах не раствор | Мусковит | Роговая обманка, альмандин, плагиокла-зы, кианит | Метаморфичес-кие породы богатые Na |
| *Лепидолит $K(Li,Al)_3\times$ $\times[AlSi_3O_{10}]\times$ $(F,OH)_2$ | Моноклин-ная, таблитчатые, чешуйчатые, скорлупова-тые агрегаты | В. сов. по {001} в одном нап-равл | Белый, розо-вато-фиолето-вый, персиково-красный | 2-3 до 4 | | В кислотах не раствор. Цвет, характер ассоциации | Мусковит | Сподумен, петалит, альбит, рубеллит, флюорит, топаз | Гранитные пегматиты и грейзены |
| * Судоит (рипидолит, прохлорит) | Моноклин-ная, листоватые, чешуйчатые агрегаты | В. сов. по {001}, в одном нап-равл | Белый, бледно-зеленый, зеленый | 2-3 | | Частично разлагается кислотами. Цвет, спай-ность, ассоциа-ция, гибкость | Клинохлор | Эпидот, альбит, актинолит, кварц, рутил, титанит | Зеленокаменные породы. Жилы альпийского типа |
| Х Гидроборацит $CaMgB_6O_8\times$ $\times(OH)_6\times 3H_2O$ | Моноклинная, игольчатый, спутанно-волокнистый | Сов. по {010}. Неровный, занозистый | Бесцветный, белый, сероватый, желтоватый | 2,5-3 | | Легко раствор. в кислотах Форма выд., ассоциация | Улексит | Колеманит, иньоит, индерит, улексит, кальцит | В бороносных соляных залежах озерного и морского происхождения |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Виллиомит | Кубическая, зернистые агрегаты | Сов. по {100} в трех направл. Раковистый, неровный | Карминово-красный, темно-вишневый | 2-0,2 | | Легко раствор. в воде. Цвет, спайность, ассоциация | Флюорит | Эвколит, астрофиллит, содалит, ловчоррит, полевой шпат | Щелочные породы и их пегматиты |
| Х Тенардит $Na_2(SO_4)$ | Ромбическая, дипирамидальный, пинакоидальный, зернистый, выцветы | Сов. по {010}, ясная по {101} | Бесцветный, белый, сероватый, желтоватый | 2,5-3 | | Легко раствор. в воде. Вкус горько-соленый (глауберова соль) | Мирабилит, эпсомит | Мирабилит, глауберит, эпсомит, гипс, сода, галит | В озерных отложениях засушливых областей и отложениях фумарол |
| Х Полигалит О | Триклинная, таблитчатый, шестоватый, волокнистый | Средняя по {110 | Бесцветный, белый, розовато-красный, кирпично-красный | 2,5-3,5 | | Раствор. в воде с выд. гипса и сингенита | Пикромерит | Галит, гипс, ангидрит, карналлит | В соляных зележах и вулканических продуктах |
| * Амезит $Mg_2Al[AlSiO_5]\times$ | Триклинная, Пластин-чатые и чешуйчатые агрегаты | В. сов. по {001} в одном направл | Белый, бледно-зеленый, фиолетовый (хром-амезит) | 2,5-3 | | Медленно раствор. в HCl. Спайность, форма выд., ассоциация | Клинохлор | Диаспор, рутил, магнетит, лейкоксен, миллерит | Измененные ультраосновные породы и метаморфические м-ния наждака |
| Иниоит О | Моноклин-ная, толсто-таблитчатый, зернистый | Сов. по{001} и {010} | Бесцветный, белый | 2,5-3 | | Раствор. в горячей воде | Колеманит, гипс | Гипс, колеманит, гидроборацит, улексит, курнаковит | В бороносных соляных залежах |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Х Англезит $Pb(SO_4)$ | Ромбическая, призматичес-кий, бипира-мидальный, зернистый, натечный | Сов. по {001}, ясная по {210} | Бесцветный, белый, желтоватый, коричневатый | 2,5-3 | | Медленно раствор. в<br>Парагенезис | Церуссит | Церуссит, галенит, лимонит, малахит, азурит | Зона окисления свинцовых м-ний |
| Циннвальдит $KLiFe^{2+}Al\times$ $\times[AlSi_3O_{10}]\times$ $\times(F,OH)_2$ | Моноклинная, листова-тые, чешуй-чатые агрегаты | В. сов. по {001} в одном направл | Серый, бу-ровато- или зеленовато-серый | 2,5-3,5 | | В кислотах не раствор.<br>Цвет. Тип ассоциации | Мусковит, лепидолит | Вольфра-мит, шее-лит, топаз, флюорит, турмалин, кварц | Грейзены и олово-вольфрамовые кварцевые жилы |
| | | | **4.3 Черта Твер** | | **белая ость 3-5** | | | | |
| Х Ссайбелиит (ашарит)<br>$\times(OH)$ | Моноклинная, спутанно-волокнистый, землистый | Сов. по<br>Неровный, раковистый | Белый, сероватый, желтоватый | 3 | | Медленно раствор. в кислотах.<br>Форма выд., ассоциация | Гидроборац ит | Улексит, гидроборац ит, пандермит, гипс | Скарны, хемогенные бороносные залежи, серпентинит |
| Х Ньюбериит О | Ромбическая, призматичес-кий, порош-коватый, землистый | Сов. по | Бесцветный, белый, серый, голубой, розовый | 3 | | Легко раствор. в HCl | Брушит | Грейгит, аллофан, брушит | В отложениях гуано и ископаемых бивнях мамонтов |
| * Кальцит $Ca(CO_3)$ | Тригональная, хорошо образован-ные кристал-лы, сталакти-ты, зернис-тые агрегаты | С<br>о<br>Раковистый<br>в<br>.<br>п<br>о | Бесцветный, белый, серый, голубой, розовый | 3 | | Легко раствор. в кислотах с выд. $CO_2$.<br>Штриховка полисинтити-ческого двойникования | Арагонит | Кварц, доломит, флюорит, барит, сульфиды и арсениды | Карбонатные, кварц-карбонат-ные жилы, метаморфичес-кие и осадочные породы |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Витерит $Ba(CO_3)$ | Ромбическая, дипирамидальный, зернистый | Ясная по {010}, несов. по {110}. Неровный | Бесцветный, белый, серый, желтый | 3-3,5 | | Раствор. в кислотах. Имеет высокую плотность | Стронциа-нит | Барит, галенит, кальцит, сфалерит | В гидротер-мальных барит-витеритовых жилах |
| * Целестин | Ромбическая, Чечевице-образные кристаллы, пластинчато-волокнистые прожилки, зернистые агрегаты | Сов. по {001} и {210} в трех напр-равл. Неровный | Бледно-голубой, голубо-вато-серый, белый, красный | 3-3,5 | | Слабо раствор. в кислотах. Голубая окраска, форма выд., спайность | Барит | Доломит, гипс, стронциа-нит, галит, галенит, сфалерит | Хемогенные осадочные толщи эвапоритов и кварцевые жилы |
| * Барит $Ba(SO_4)$ | Ромбическая, пластинчатые и зернистые агрегаты, сферические конкреции | Сов. по {001} и {210} в трех напр-равл. Неровный | Бесцветный, белый, голу-боватый, светло-сиреневый | 3-3,5 | | В кислотах не раствор. Форма кристаллов. Спайность, твердость, плотность | Целестин, ангидрит | Флюорит, кальцит, кварц, галенит, сфалерит, витерит | Гидротермальны е жилы, желваки и конкреции осадочных пород |
| *Ангидрит $Ca(SO_4)$ | Ромбическая, хорошо образованные кристаллы, зернистые агрегаты | Сов.по {001} в трех напр-равл. Неровный | Бесцветный, белый, голу-боватый, светло-сиреневый | 3,5 | | Раствор. в кислотах. Спайность, отсутствие реакции на $CO_2$ | Гипс, карбонаты | Гипс, кальцит, доломит, пирит и другие сульфиды | Хемогенные осадочные породы, гидротермальные жилы, колчеданные и скарновые м-ния |
| Х Кизерит $Mg(SO_4)\times H_2O$ | Моноклинная, бипирамидальный, зернистый, выцветы | Сов. по {111} и {110}. Неровный | Бесцветный, белый, желтый | 3,5 | | Раствор. в воде | Эпсомит, ссомольно-кит | Эпсомит, госларит, лимонит | В соляных залежах и зоне окисления колчеданных м-ний |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Бемит AlO(OH) | Ромбическая, Скрытокристаллические, землистые, фарфоровидные агрегаты | Сов. по<br>Неровный до раковистого, иногда мелкозанозистый | Бесцветный, белый, желтый | 3,5-4,0 | | В кислотах не раствор. Ассоциация, форма выд., спайность | Гиббсит | Гиббсит, диаспор, каолинит, гидроокислы Fe | Бокситы и продукты изменения фельдшпатоидов и натролита в щелочных пегматитах |
| * Арагонит $Ca(CO_3)$ | Ромбическая, игольчатые и зернистые плотные агрегаты. Корки, натеки | Ясная по<br>Неровный | Бесцветный, белый, желтоватый, серый | 3,5-4,0 | | Раствор. в кислотах с выд.<br>Форма кристаллов, ассоциация | Кальцит, доломит | Кальцит, магнезит, опал, лимонит | Хемогенные и биогенные осадки, кора выветривания ультраосновных пород |
| * Доломит $CaMg(CO_3)_2$ | Тригональная, грубозернистые, тонкозернистые агрегаты | Сов. по<br>Неровный. по | Бесцветный, белый, желтый, буроватый | 3,5-4,0 | | Медленно раствор. в HCl. Характер двойникования, ассоциация, спайность | Кальцит, магнезит | Сидерит, кальцит, кварц, арсениды, Co и Ni, магнезит | Хемогенные осадочные породы, кварц-карбонатные жилы и измененные ультраосновные породы |
| * Анкерит $Ca(Mg, Fe)\times\times(CO_2)$ | Тригональная, ромбоэдрический, зернистый | Сов. по | Бесцветный, белый, желтоватый, бурый | 3,5-4,0 | | Слабо раствор. в холодной | Доломит, сидерит | Кварц, доломит, сидерит, гематит, пирит, галенит, сфалерит | В карбонатитах, гидротермальных, полиметаллических м-ниях и кварц-карбонатных жилах |
| X Алунит $K\ Al_3(SO_4)_2\times\times(OH)_6$ | Тригональная, мелкозернистые,скрытокристалличесские плотные агрегаты | Сов. по<br>Неровный | Белый, желтоватый, серый | 3,5-4,0 | | Медленно раствор. в разбавленной<br>Точная диагностика осуществляется оптически | Каолинит, зуниит | Гиббсит, каолинит, гипс, кварц, галлуазит | Измененные вулканогенные породы, зона гипергенеза осадочных толщ |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Лангбейнит $Mg(SO_4)\times$ $\times K_2(SO_4)$ | Кубическая, почковидный, зернистый | Раковистый | Бесцветный, желтоватый, розоватый, серый | 3,5-4,0 | | Очень медленно раствор. в воде | Каинит | Галит, сильвин, карналлит, тенардит | Морские соляные отложения |
| Х Вавеллит<br>О | Ромбическая, призматический, радиально-волокнистый, опаловидный | Сов. по {110} и {010}. Неровный | Бледно-зеленый, зеленый, желтый, бурый, голубой, белый | 3,5-4,0 | | Легко раствор. в кислотах | Варисцит | Апатит, марказит, воксит, варисцит | В бокситах, углисто-кремнистых сланцах, лимонитах, кварцевых жилах |
| * Стильбит (десмин)<br>О | Моноклинная, пластинчатый, сноповидный, радиально-лучистый | Сов. по {010}, ясная по {100} | Белый, желтоватый, красноватый | 3,5-4,0 | | Раствор. в HCl с выд. порошковатого $SiO_2$.<br>Наиболее распространен | Цеолиты | Эпидот, натролит, гейландит, ломонтит, кальцит | В пустотах траппов и других эффузивов, рудных жилах, скарнах, сланцах |
| * Гейландит<br>$\times Si_{2+x}O_8]_2\times$ $\times 5H_2O$ | Моноклинная, пластинчатый, чешуйчатый | Сов. по {010} в одном направл | Бесцветный, белый, розоватый, красно-коричневый | 3,5-4,0 | | Раствор. в HCl с выд. студенистого | Клиноптилолит | Кварц, кальцит, стильбит, гранат, аксинит | В пустотах основных эффузивов, скарнах, жилах альпийского типа |
| * Скородит $Fe(AsO_4)\times 2H_2O$ | Ромбическая, плотные, шлакоподобные массы, корки, желваки, землистые скопления | Несов. по<br>Раковистый, неровный | Серовато-зеленый, яблочно-зеленый, буровато-серый | 3,5-4,0 | | Раствор. в HCl. Вторичный по арсенопириту<br>Окраска, приуроченность к зоне окисления сульфоарсенидов | Мансфильдит, халькосидерит | Фармакосидерит, бедантит, вивианит, лимонит, гипс | Зона окисления сульфидных м-ний |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Сидерит | Тригональная, зернистые и землистые агрегаты. Оолиты, конкреции | Со Неровный в. по } в трех | Желтовато-серый, горохово-желтый, желтовато-бурый | 3,5-4,5 | | Раствор. в HCl с выд. $CO_2$. Цвет, спайность, твердость | Анкерит | Доломит, лимонит, пирротин, марказит, кварц | Хемогенные осадочные породы и кварц-карбонатные жилы |
| * Родохрозит | Тригональная, зернистые агрегаты | Со Неровный в. по в трех направл. | Розовый, темно-красный, желтовато-серый | 3,5-4,5 | | Раствор. в HCl с выд. $CO_2$. Твердость, пленка гидроокислов и окислов Mn | Родонит, кальцит | Кварц, арсенопирит, сфалерит, галенит, родонит, спессартин | Гидротермальные жилы, контактово-метаморфические м-ния и осадочные толщи |
| *Маргарит $CaAl_2\times$ $\times [Al_2Si_2O_{10}]\times$ | Моноклинная, листоватые, чешуйчатые агрегаты | Сов. по {001} в одном направл. Неровный | Жемчужно-белый с сероватым, розоватым, желтоватым оттенками | 3,5-4,5 | | С трудом раствор. в Парагенезис, блеск, твердость | Клинтонит | Парагонит, хлоритоид, графит, эпидот, наждак, диаспор | Кристаллические сланцы, наждаки и слюдиты |
| * Флюорит | Кубическая, зернистые и землистые (ратовкит) агрегаты | Сов. по {111} в четырех направл. Раковистый, неровный | Бесцветный, зеленый, фиолетовый, голубой, синевато-черный | 4,0 | | Раствор. в концентрированной $H_2SO_4$ с выд. HF. Отсутствие реакции на $CO_2$ | Криолит, карбонаты | Кварц, берилл, турмалин, касситерит, вольфрамит, топаз, халцедон | Грейзены, скарны, гидротермальные и пегматитовые жилы |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Магнезит $Mg(CO_3)$ | Тригональная, зернистые, фарфоровид-ные, мелопо-добные агрегаты | Сов. по в трех направл. Раковистый | Бесцветный, белый, желтый, серый | 4,0-4,5 | | Раствор. в HCl при нагревании с выд. $CO_2$. Форма выд. | Кальцит, доломит | Опал, арагонит, лимонит, доломит, кальцит, барит | Коры выветривания ультраосновных пород и гидро-термально-мета-мофические залежи |
| X Бастнезит Ce, La)$(CO_3)F$ | Гексагональ-ная, таблитчатый, зернистый | Несов. по {0001}, часто отдельность | Желтый до красно-коричневого | 4,0-4,5 | | Раствор. в крепких кис-лотах при нагревании | Паризит, синхизит | Альбит, эгирин, титанит, циркон, ортит, барит, кальцит | В фенитах и щелочных пегматитах, карбонатитах, карбонатных жилах |
| Колеманит $Ca_2(Ba_2O_{11})\times$ $\times 5H_2O$ | Моноклинная, изометричный, призматический, зернистый, шестоватый | Сов. по 010} в одном направл. Неровныйр аковистый | Бесцветный, белый, серый | 4,5 | | Раствор. в HCl | Индеборит, иньоит | Гидроборац ит, иньоит, улексит, ашарит, карналлит, бишофит | Лагунные отложения солей и диапировые купола |
| Варисцит $Al(PO_4)\times 2H_2O$ | Ромбическая, дипирамидаль-ный, зернистый | Сов по {010}в одном направл. Неровный | Бледно-зеленый, голубовато-зеленый до бесцветного | 4,5 | | Раствор. в кислотах при нагревании | Вавеллит, штренгит | Вавеллит, крандаллит, апатит, халцедон, лимонит | В корах выветривания пород богатых алюминием |
| Хлорапатит $Ca_5(PO_4)_3(Cl,F)$ | Моноклинный, псевдогекса-гональный, призматичес-кий, зернистый | Несов. по {001} | Бесцветный, белый | 4,5-5,0 | | Раствор. в кислотах | Фтор-апатит | Диопсид, андрадит, магнетит, эпидот | Некоторые основные интру-зивные породы и контактово-ме-тасоматические м-ния |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Х Ксенотим | Тетрагональная, зернистые агрегаты | Сов. по {100} в двух направл. Раковистый | Желтовато-бурый, красный, серый | 4,0-5,0 | | Раствор. в HCl при нагревании с выд. $CO_2$. Форма выд | Кальцит, доломит | Опал, арагонит, лимонит, доломит,кальцит, барит | Коры выветривания ультраосновных пород и гидротермально-метаморфические залежи |
| * Шабазит (Na. Ca)[Al×<br>×$Si_2O_6]_2$×$6H_2O$ | Тригональная, ромбоэдрический, зернистый | Ясная по Раковистый | Бесцветный, белый с красноватым или буроватым оттенком | 4,0-5,0 | | Раствор. в крепких кислотах при нагревании | Паризит, синхизит | Альбит,эгирин, титанит,циркон, ортит,барит кальцит | В фенитах и щелочных пегматитах, карбонатитах, карбонатных жилах |
| Х Смитсонит | Тригональная, скорлуповатые, почковидные, натечные выделения | Сов. по<br><br>Неровный | Белый, желтовато-коричневый, зеленый, голубой | 4,0-4,5 | | Раствор. в HCl | Индеборит, иньоит | Гидроборацит, иньоит, улексит, ашарит, карналлит, бишофит | Лагунные отложения солей и диапировые купола |
| * Фторапофиллит<br><br>О Гидроксилапофиллит $KCa_4[Si_4O_{10}]_2$×<br>О | Тетрагональная, дипирамидальный, призматический, шестоватый | Сов. по {001} в одном направл. Раковистый | Бесцветный, белый, розовый, красный, зеленый | 4,5-5,0 | | Раствор. в кислотах при нагревании | Вавеллит, штренгит | Вавеллит, крандаллит, апатит, халцедон, лимонит | В корах выветривания пород богатых алюминием |
| * Волластонит | Триклинная шестоватые, радиально-лучистые, тонковолокнистые, листоватые агрегаты | Сов. по {100}, средняя по<br><br>Неровный | Белый, сероватый, желтоватый | 4,5-5,0 | | Раствор. в кислотах | Фторапатит | Диопсид, андрадит, магнетит, эпидот | Некоторые основные интрузивные породы и контактово-метасоматические м-ния |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Х Пектолит | Триклинная призматический, шестоватый, волокнистый | Сов. по {100} и {001} вдвух нап-равл | Белый, светло-серый, бледно-розовый | 4,5-5,0 | | Раствор. в HCl с выд. студенистого | Волласто-нит | Кальцит, цеолиты | В миндалинах и трещинах эффузивных пород |
| * Фторапатит (апатит) | Гексагональная, призматические и пластинчатые кристаллы, зернистые агрегаты | Ясная по<br>Раковистый, неровный | Бесцветный, белый, желтый, синий, фиолетовый, розовый | 5,0 | | Раствор. в кислотах.<br>Форма кристаллов, твердость | Берилл | Нефелин, эгирин, титанит, скаполит, форстерит, магнетит | Кислые и щелочные породы, карбонатиты и пегматиты |
| * Карбонат-фторапатит F | Ромбическая, пластинчатый, шестоватый, волокнистый | Сов. по {110} в двух направл. Неровныйраковис-тый | Бесцветный, голубой, зеленый, серый, бурый до черного | 3,5-5,0 | | Раствор. в HCl с выд. $CO_2$. Форма выдел | Фторапа-тит, хлорапатит | Монтмориллонит, каолинит, кварц, кальцит | В терригенных и хемогенных осадочных породах |
| Гемиморфит (каламин) О | Тетрагональный, призматический, зернистый | Сов по {110} и<br>раковистый | Бесцветный, белый | 5,0 | | После прокаливания легко раствор. в кислотах с выд. студенистого $SiO_2$ | Смитсонит | Смитсонит, виллемит, цинкит, малахит и др. | В зоне окисления полиметаллических м-ний |
| Х Селлаит $MgF_2$ | | | | 5,0 | | Раствор. в конц. $H_2SO_4$.<br>Относительно редок | Флюорит | Ангидрит, гипс, флюорит, молибденит, касситерит, флогопит | В кварцевых жилах, фумаролах, доломитах и мраморах |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Х Клинтонит (ксантофиллит) $Al)_4O_{10}] (OH)_2$ | Моноклинная, пластинчатый, чешуйчатый | Сов по {001} в одном направл | Бледно-зеленый, желтовато-зеленый, белый | 5,0 | | В кислотах не раствор | Маргарит | Диопсид, хондродит, гуммит, кальцит, апатит | В магнезиальных скарнах богатых алюминием |
| *Анальцим $Na[AlSi_2O_6] \times \times H_2O$ | Кубическая, тетрагонтриоктаэдрический, зернистый | Несов. по {100}. Неровный | Бесцветный, белый, розовый | 4,5-5,5 | | Раствор. в HCl с выд. студенистого | Лейцит | Кальцит, натролит, нефелин | В щелочных магматических породах, миндалинах основных эффузивов |
| * Вишневит $6Na[AlSiO_4]\times \times Ca(SO_4)2H_2O$ | Гексагональная, зернистые агрегаты, реакционные каймы и псевдоморфозы по нефелину | Сов. по } в трех нап-равл. Неровный, раковистый | Светло-голу-бой до голу-бовато-синего | 5,0 | | Легко раствор. в HCl с выд. студенистого<br>Окраска и ассоциация | Содалит, лазурит | Нефелин, полевые шпаты, эгирин, циркон, титанит | Позднемагматический в нефелиновых сиенитах и их пегматитах |
| | | | **4.3. Черта** | | **белая** | | | | |
| | | | **Тверд** | | **ость 5-7** | | | | |
| Х Датолит | Моноклинная, призматический, зернистый, плотный | Ясная по {100}. Неровный | Бесцветный, белый, голубовато-зеле-ный, желтовато-зеленый | 5,0-5,5 | | Раствор. в HCl с выд. студенистого $SiO_2$. Окрашивает пламя в желтовато-зеленый цвет | Кварц, топаз, андалузит | Цеолиты, пренит, кальцит, кварц, аксинит, гранат, волластонит, данбурит | Жилы альпийского типа, контактово-метасоматические м-ния |
| * Канкринит $6Na[AlSiO_4]\times \times Ca(CO_3)2H_2O$ | Гексагональная, зернистые агрегаты, реакционные каймы по нефелину | Сов. по } в трех нап-равл. Неровный | Белый, серый, желый, красноватый | 5,0-5,5 | | Раствор. в HCl с выд. $CO_2$ и студенистого Спайность, окраска | Нефелин, ортоклаз, микроклин | Нефелин, альбит, титанит, циркон, эгирин | Позднемагматический в нефелиновых сиенитах и их пегматитах |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| # Монацит $(Ce,La,Nd) \times \times (PO_4)$ | Моноклинная, таблитчатые кристаллы, реже зернистые агрегаты | Сов. по {100}, отдельность по {001}. Раковистый | Желтый, красно-ко-ричневый, коричне-вый, иногда белый | 5,0-5,5 | | С трудом раз-лагается кисло-тами. Форма кристаллов, твердость, плотность | Ксено-им, титанит | Ксенотим, алланит, уранинит, циртолит, биотит, молибденит | Акцессорный минерал гранитов, пегматитов, фенитов, грейзе-нов, гнейсов и жил альпий-ского типа |
| Эвдиалит $Na_4(Ca,Ce)_2 \times \times FeZr[Si_8O_{22}] \times \times (OH, Cl)_2$ | Тригональная, ромбоэдричес-кий, таблитчатый, зернистый | Неровный, раковистый | Красный, малиново-красный, вишнево-красный | 5,0-5,5 | | Раствор. в HCl с выд. студенистого | Гранаты | Апатит, био-тит, магне-тит, титанит, эгирин, поле-вые шпаты | Нефелиновые сиениты и их пегматиты |
| * Натролит O | Ромбическая, призматичес-кие до игольча-тых кристаллы; шестоватые,ра-диально лучис-тые агрегаты | Сов. по{110} в двух направл. Неровный, раковистый | Бесцветный, белый, желтый, красный | 5,0-5,5 | | Легко раствор. в HCl с выд. студенистого<br><br>Спайность, форма выд., ассоциация | Томсонит | Анальцим, шабазит, сколецит, гейландит | Постмагмати-ческий минерал щелочных по-род, их пегмати-тов; гидротер-мальный в жи-лах и миндали-нах эффузивов |
| Гаюин $Na_6Ca_2[SiO_4]_6 \times \times (SO)_2$ | Кубическая, додэкаэдричес кий, октаэдрически й, зернистый | Несов. по {110} | Ярко-синий, голубой, зеленовато-синий, белый | 5,0-5,5 | | Раствор. в HCl с выд. геля , добавление –осадок $BaSO_4$ | Содалит, лазурит, вишневит | Санидин, лейцит, нефелин, титанит | В вулканичес-ких щелочных породах |
| * Титанит (сфен) O | Моноклинная, конвер-тообразные кристаллы; зернистые агрегаты | Сов. по<br><br>Неровный до занозистого | Желтый, коричневый до черного, изумрудно-зеленый, белый | 5,0-6,0 | | Раствор. в<br><br>Форма кристаллов, окраска, спайность | Циркон, гранаты | Нефелин, канкринит, циркон, биотит, апатит, флогопит, диопсид | Первичный ми-нерал щелочных пород и грани-тов; встречается в скарнах, гней-сах, жилах аль-пийского типа |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Виллемит $Zn_2[SiO_4]$ | Тригональная, призматический | Несов. по {0001} и }. Раковистый | Бесцветный, белый, желтоватый, розоватый | 5,0-6,0 | | Раствор. в HCl с выд. студенистого | Гемиморфит | Кварц, гентгельвин, ганит, циркон, фенакит, сфалерит | В зоне окисления полиметаллических м-ний, скарнах и кварцевых жилах |
| Бирюза $CuAl_6(PO_4)\times\times(OH)_8\times 4H_2O$ | Триклинная, плотные тонкозернистые агрегаты | Сов. по Мелкораковистый | Голубой, синевато-зеленый | 5,0-6,0 | | С трудом раствор. в HCl. Окраска и форма выд | Халькосидерит | Вавеллит, амблигонит, халцедон, каолинит, гетит | Кора выветривания фосфатсодержащих осадочных и вулканических горных пород |
| * Антофиллит | Ромбическая, лучистые, радиально-сноповидные, шестоватые, волокнистые (асбест) агрегаты | Сов. по {110} в двух направл. Неровный | Бесцветный, серовато-зеленый, зеленовато-бурый | 5,5-6,0 | | В кислотах не раствор. От других амфиболов отличается оптически; от хризотил-асбеста по ассоциации | Тремо-лит, жед-рит | Энстатит, тальк, кордиерит, паргасит, плагиоклаз | Метаморфизованные ультрабазиты, магнезиальные скарны, регионально метаморфизованные породы |
| Куммингтонит | Моноклинная, волокнистый, зернистый | Сов. по {110}в двух направл. под углом | Белый, светло-зеленый, серый, бурый | 5,5-6,0 | | В кислотах не раствор | Антофиллит, тремолит | Стильпномелан, грюнерит, анкерит, ильменит, кварц | В контактово и регионально-метаморфизованных породах |
| Х Рихтерит $\times[Si_8O_{22}](OH)_2$ | Моноклинная, призматический, зернистый, волокнистый | Сов. по }в двух направл. под углом | Желтый, бурый, буровато-красный, светло-зеленый | 5,0-6,0 | | В кислотах не раствор. Мало распространен | Актинолит, тремолит, жедрит | Кальцит, магнетит, доломит, флогопит, актинолит, хлорит, титанит | В метаморфизованных карбонатных породах, гидротермально-измененных породах |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Тремолит | Моноклинная, шестоватые, волокнистые агрегаты, иногда призматические кристаллы | Сов. по {110} в двух направл. Плоскораковистый (нефрит) | Бесцветный, белый, светло-серый, светло-зеленый | 5,5-6,0 | | В кислотах не раствор. От других амфиболов отличается оптически; от эпидота по спайнсти | Антофиллит, жедрит | Диопсид, форстерит, флогопит, скаполит, кварц, серпентин | Метаморфические и метасоматические породы, образовавшиеся по карбонатным и ультраосновным породам |
| Нозеан $Na_8[AlSiO_4]_6\times$ $\times(SO_4)$ | Кубическая, зернистый | Несов. по {110} | Серый, синий, белый | 5,5-6,0 | | Раствор. в HCl с выд. геля , добавление —осадок | Содалит, лазурит, гаюин | Санидин, слюда, титанит | В вулканических щелочных породах |
| * Содалит | Кубическая, Зернистые агрегаты, псевдоморфозы по нефелину, ромбододекаэдрические кристаллы | Ясная по Неровный | Синий, се-рый, зеленоватый, розовый (гакманит) | 5,5-6,0 | | Раствор. в HCl с выд. студенистого Спайность, окраска, ассоциация | Вишневит, лазурит, гаюин | Нефелин, канкринит, эгирин, микроклин, титанит, апатит | Щелочные породы и их пегматиты |
| * Лейцит | Тетрагональная, тетрагонтриоктаэдрические кристаллы, реже зернистые агрегаты | Отсутствует. Раковистый | Бесцветный, белый, серый | 5,5-6,0 | | Раствор. в HCl с выд. порошковатого $SiO_2$. Форма выд. и условия нахождения | Анальцим | Ортоклаз, нефелин, санидин | Молодые щелочные эффузивные породы |
| * Нефелин $Na[AlSiO_4]$ | Гексагональная, вкрапленники, зернистые массы; реже короткопризматические кристаллы | Несов. по Неровный | Желтый, красный, зеленый, бесцветный | 5,5-6,0 | | Легко раствор. в кислотах с выд. геля $SiO_2$ | Канкринит, кальсилит | Полевые шпаты, аннит, арфведсонит, эгирин, титанит, апатит | Щелочные магматические горные породы |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Мариалит $Na_4[AlSi_3O_8]_3Cl$ | Тетрагональная, призматические кристаллы, зернистые, шестоватые и сливные агрегаты | Сов. по {100}, несов. по {110}. Неровный | Бесцветный, белый, серый, желтоватый | 5,5-6,0 | | В кислотах практически не раствор. Форма кристаллов, спайность, ассоциация | Мейонит, полевые шпаты | Диопсид, плагиоклаз, флогопит, апатит, волластонит | Метаморфические и контактово-метасоматические м-ния |
| Мейонит $Ca_4[Al_2Si_2O_8]_3\times$ | Тетрагональная, призматические кристаллы, зернистые, шестоватые и сливные агрегаты | Сов. по {100}, несов. по Неровный | Бесцветный, серый, фиолетовый (главколит), грязно-зеле-ный, бурый | 5,5-6,0 | | Частично раствор. в HCl с выд. геля $SiO_2$. Форма кристаллов, спайность, ассоциация | Мариа-лит, по-левые шпаты | Флогопит, диопсид, апатит, кальцит, эпидот, гранат | Метаморфические и контактово-метасоматические м-ния |
| Амблигонит $LiAl(PO_4)F$ | Триклинная, зернистый | Сов. по несов. по {110}. Неровный | Белый, кремово-белый, желтовато-белый | 5,5-6,0 | | С трудом раствор. в кислотах. Окрашивает пламя в красный цвет | Монтебразит, сподумен | Сподумен, литиофиллит, апатит,лепидолит, петалит,поллуцит | В гранитных пегматитах богатых литием |
| Х Мелилит промежуточный член ряда окерманит-геленит) | Тетрагональная, призматический, зернистый | Сов. по {100}, несов. по Неровный | Белый, бледно-желтый, зеленовато-желтый, розовый | 5,5-6,0 | | Раствор. в HCl с выд. геля | Хондродит, гумит | Форстерит, диопсид, шпинель, паргасит, флогопит, кальцит | Щелочные ультраосновные породы, контакты основных пород и известняков |
| Х Клиногумит | Моноклинная, изометричный, зернистый | Несов. по {001}. Неровный, раковистый | Желтый, желтовато-серый, красно-коричневый | 5,5-6,0 | | Раствор. в HCl с выд. геля | Хондродит, гумит | Форстерит, диопсид, шпинель, паргасит, флогопит, кальцит | Магнезиальные скарны, кальцефиры и пегматиты |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Диопсид | Моноклинная, зернистые, шестоватые и радиально-лучистые агрегаты, призматические кристаллы | Сов. по {110} в двух направл. под угл 88˚, отдельность{100}. Неровный | Светло-зеленый, серо-фиолетовый, розовый, белый. Белая до бледно-зеленой | 5,5-6,0 | | Слабо раствор. в HCl. Форма кристаллов и окраска | Геденбергит, гиперстен | Кальцит, флогопит, апатит, магнетит, клинохлор, шпинель | Породообразующий минерал магматических пород, их пегматитов, метаморфических пород, скарнов |
| * Опал | Аморфный; плотный, натечный | Аморфный; плотный, натечный | Отсутствует. Раковистый | 5,5-6,5 | | Раствор. в HF. Форма выд. и условия нахождения | Аллофан | Магнезит, арагонит, нонтронит | Кора выветривания ультраосновных пород, в миндалинах эффузивов среднего и кислого состава |
| * Родонит | Триклинная, зернистые агрегаты, редко призматические кристаллы | Сов. по {100}, {010} и Неровный | Розовый, ярко-красный и коричнево-красный | 5,5-6,5 | | Раствор. в HCl выд.порошковатого$SiO_2$.Окраска,спайность, твер-до-ть и ассоциация | Родохрозит, пироксмангит | Тефроит, спессартин, пироксмангит, гиалофан, алабандин | Метаморфические горные породы и скарны |
| * Жедрит $(Mg,Fe^{+2})_5Al_2\times$ $\times[(Al,Si)_2\times$ $\times Si_6O_{22}](OH)_2$ | Ромбическая, призматический, шестоватый, волокнистый | Сов. по {110}в двух напрвл. под углом 124° | Буровато-коричневый, зеленовато-коричневый, желтовато-серый | 6,0 | | В кислотах не раствор.Окраска,наличие пертитовых вростков, спайность | Микроклин, плагиоклазы | Кварц, слюды, силлиманит, ставролит, альмандин | Породообразующий в кислых и щелочных изверженных породах, их пегматитах и метаморфических породах |
| * Ортоклаз | Моноклинная, призматические кристаллы зернистые агрегаты | Сов. по {001} и {010} в двух направл. под углом 90°. Неровный | Серый, желтоватый, красноватый; иризирует (лунный камень) | 6,0 | | В кислотах не раствор. Окраска, наличие пертитовых вростков, спайность | Микроклин, плагиоклазы | Кварц, слюды, силлиманит, ставролит, альмандин | Породообразующий в кислых и щелочных изверженных породах, их пегматитах и метаморфических породах |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Микроклин | Триклинная, зернистые агрегаты и призматические кристаллы | Сов. по {001} и {010} в двух направл. под углом<br><br>Неровный | Серо-желтый, красный, зеленый (амазонит); иризирует (лунный камень) | 6,0 | | В кислотах не раствор.<br>Окраска, наличие пертитовых вростков, спайность | Ортоклаз, плагиоклазы | Ортоклаз, плагиоклазы | В кислых и щелочных изверженных породах и их пегматитах |
| Плагиоклазы: непрерывный ряд твердых растворов от * альбита<br><br>до * анортита | Триклинная, призматические и пластинчатые кристаллы, зернистые агрегаты | Сов. по {001} и {010} в двух направл. под углом<br><br>Неровный | Бесцветный, белый, зеленоватый, серый | 6,0 | | Богатые анортитовой молекулой раствор. в HCl с выд. геля<br><br>Окраска, полисинтетическое двойникование<br><br>Ассоциация | Ортоклаз, мейонит, мариалит | Кварц, слюды, микроклин, пироксены, амфиболы | Породообразующий в изверженных породах, их пегматитах, метаморфических породах, жилах альпийского типа |
| * Цоизит $Ca_2Al_3[SiO_4] \times \times [Si_2O_7]O(OH)$ | Ромбическая, призматические кристаллы и зернистые агрегаты | Сов. по{100} и несов. по<br><br>Неровный | Белый, серый, зеленоватый, розовый (тулит), голубой (танзанит) | 6,0 | | Раствор. в HCl после прокаливания с выд. геля $SiO_2$.<br>Окраска | Клиноцоизит, эпидот | Альбит, эпидот, кальцит, серицит, кварц, рутил | Метаморфизованные основные породы и кварцевые жилы |
| * Энстатит | Ромбическая, Призматические кристаллы и зернистые агрегаты | Сов.по {110} в двух направл. под углом 88°. Неровный | Белый, серый, желтоватый, зеленоватый, оливково-зеленый, бурый | 6,0 | | В кислотах не раствор.<br>Окраска, спайность, ассоциация | Диопсид, бронзит | Кианит, оливин, тальк, шпинель, флогопит, антофиллит | Породообразующий ультраосновных и основных магматических пород и кимберлитов |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Х Петалит | Моноклинная, призма-тический, зернистый, плотный | Сов. по {001}, несов, по{201}. Неровный | Бесцветный, белый, серый, розовый | 6,0 | | В кислотах не раствор | Диопсид, бронзит | Лепидолит, сподумен, амблигонит, альбит, кварц, титанит | Литиевые пегматиты |
| * Кианит $Al_2[SiO_4]O$ | Триклинная, радиально-лучистые, шестоватые агрегаты, призматичес-кие кристаллы | Сов. по {100}, ясная по {010}. Занозистый | Голубой, синий, серый, белый, зеленый, желтый | 4,5-7,0 | | В кислотах не раствор. Окраска, форма выд., спайность | Силлима-нит | Кварц, мусковит, хлоритоид, ставролит, альбит | Породообразу-ющий в метаморфичес-ких породах и кварцевых жилах |
| * Пренит $Ca_2Al[AlSi_3O_{10}]\times\times(OH)_2$ | Ромбическая, призматичес-кий, пластин-чатый, корки, радиально пластинча-тый | Сов. по {001}. Неровный | Зеленоватый, белый, серый, желтый | 6,0-6,5 | | Медленно раствор. в HCl | Халцедон, цеолиты | Кварц, дио-псид, грос-суляр, цеоли-ты, халцедон, кальцит | В метаморфи-зованных ос-новных поро-дах и скарнах |
| Х Хондродит | Моноклин-ная, изомет-ричный, зернистый | Несов. по {001}. Раковистый | Медовый, желтый, коричневый | 6,0-6,5 | | Раствор. в HCl с выд. геля | Гумит, клиногумит | Оливин, диопсид, шпинель, флогопит, магнетит | В магнезиаль-ных скарнах и кальцефирах |
| Х Гумит | Ромбическая, изометрич-ный, боченковидный | Несов. по Раковистый | Желтый до коричневого | 6,0-6,5 | | Раствор. в HCl с выд. геля Распро-странен менее хондродита и клиногумита | Хондродит, клиногумит | Оливин, флогопит, тремолит, шпинель, апатит | В магнезиаль-ных скарнах, кальцефирах и бруситовых мраморах |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Жадеит $NaAl[Si_2O_6]$ | Моноклинная, плотный, спутанно-волокнистый, реже зернистый | Сов. по {110} в двух направл. под углом 88°. Неровный | Бесцветный, белый, зеленый, серый | 6,0-6,5 | | В кислотах не раствор. Высокая прочность, форма выд., окраска | Нефрит, тремолит | Альбит, анальцим, натролит, тремолит, кварц, альмандин | В метаморфических и контактово-метасоматических м-ниях по гипербазитам |
| * Клиноцоизит | Моноклинная, призматические кристаллы, зернистые агрегаты | Сов. по {001} и несов. по Неровный | Бесцветный, светло-серый, желтый, серовато-зеленый | 6,5 | | После прокаливания раствор. в HCl с выд. студенистого $SiO_2$. Форма выд. и условия нахождения | Цоизит, эпидот | Альбит, кальцит, серицит, эпидот, пренит, титанит | Метаморфические основные породы и жилы альпийского типа |
| X Поллуцит O | Кубическая, Зернистый | Отсутствует. Раковистый | Бесцветный, белый | 6,5 | | С трудом раствор. в HCl с выд. порошковатого $SiO_2$. Форма выд. и условия нахождения | Кварц, чкаловит | Петалит, альбит, кварц, лепидолит, амблигонит | Литиевые пегматиты |
| # Диаспор | Ромбическая, призматческие кристаллы, пластинчатые и чешуйчатые агрегаты | Сов. по {010} в одном направл | Бесцветный, белый, желтовато-бурый, серый, розовый | 6,5-7,0 | | В кислотах не раствор. Форма выд., спайность, ассоциация | Гиббсит | Пирофиллит, серицит, корунд, хлоритоид, зуниит, андалузит | Вторичные кварциты, метаморфические породы, жилы альпийского типа |
| * Везувиан $Ca_{10}Al_4(Mg,Fe)_2 \times \times [SiO_4][Si_2O_7] \times$ | Тетрагональная, призматические кристаллы, зернистые и сливные агрега-ты | Несов. по{110} и Неровный, раковистый | Зеленый, желтый, бурый, серый, черно-бурый, фиолетовый | 6,5 | | После прокаливания раствор. в HCl с выд. геля $SiO_2$. Форма кристаллов, окраска, ассоциация | Гранаты, эпидот | Диопсид, гроссуляр, волласто-нит, эпидот, монтичеллит, флогопит, геленит | Скарны, родингиты,метасоматические породы по ультрабазитам, пегматиты и карбонатные жилы |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Эпидот $Ca_2(Al,Fe)_3 \times \times [SiO_4] \times [Si_2O_7]O(OH)$ | Моноклинная, призматические и таблитчатые кристаллы, зернистые агрегаты | Сов. по {001} и несов. по<br><br>Неровный | Желтовато-зеленый, темно-зеленый (пушкинит), коричневый, черный | 6,0-7,0 | | После прокаливания раствор. в HCl с выд. геля $SiO_2$.<br>Окраска, спайность, ассоциация | Везувиан, гранаты | Альбит, гастингсит, андрадит, везувиан, скаполит | Метаморфические основные породы, скарны и жилы альпийского типа |
| * Силлиманит | Ромбическая, игольчатые кристаллы, волокнистые агрегаты (фибролит) | Сов. по<br><br>Неровный, занозистый | Бесцветный, белый, серый, бурый, зеленоватый | 6,5-7,5 | | В кислотах не раствор.<br>Форма выд. и условия нахождения | Кианит, тремолит | Андалузит, диаспор, корунд, кварц, кианит, ставролит, плагиоклаз | Метаморфичес-кие породы, вторичные кварциты, пегматиты и жилы альпийского типа |
| * Форстерит $Mg_2[SiO_4]$ | Ромбическая, призматические и таблитчатые кристаллы, зернистые агрегаты | Ясная по {100} и {010}. Неровный | Белый, желтоватый, зеленоватый, фиолетовый | 6,5-7,0 | | Раствор. в HCl с выд. геля<br><br>Форма выд., окраска, ассоциация | Апатит, пироксены, гумит | Диопсид, энстатит, хромит, магнетит, лабрадор, перовскит, флогопит, пироп | Ультраосновные породы, кимберлиты, базальты, магнезиальные скарны |
| * Ферроаксинит $Ca_2FeAl_2 \times \times [BSi_4O_{15}](OH)$ | Триклинная, клиновидный, зернистый | Сов. по {100}, несов. по {001}, {110}. Неровный | Серо-фиолетовый, буро-фиолетовый | 6,5-7,0 | | В кислотах не раствор. | Серендибит, данбурит | Кварц, хлорит, эпидот, титанит, адуляр, датолит | Жилы в основных породах, околоскарновая минерализация и жилы альпийского типа |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Х Манганак-синит ×[$Si_4O_{12}$] (OH) | Триклинная, клиновидный, зернистый | Сов. по {100}, несов. по {001}, {110}. Неровный | Желтовато-бурый, зеленовато-бурый | 6,5-7,0 | | В кислотах не раствор. | Тиценит | Кварц, барит, браунит, пиролюзит, бустамит, волластонит, гранат | Марганцевые метаморфические и скарновые м-ния |
| * Сподумен | Моноклинная, уплощенно-призматические кристаллы и зернистые агрегаты | Сов. по {110}в двух направл., отдельность по {100} и Раковистый | Белый, серый, розовый (кунцит), зеленый (гидденит), желтый | 6,5-7,0 | | Слабо раствор. в HCl. Пламя окрашивает в алый цвет (Li). Форма выд., спайность, ассоциация | Микроклин, пироксены | Кварц, альбит, микроклин, лепидолит, эльбаит, поллуцит | Литиевые гранитные пегматиты |
| * Гроссуляр $Ca_3Al_2[SiO_4]_3$ | Кубическая, кристаллы простые формы {110} и {211}, зернистые до сливных агрегаты | Отсутствует, иногда отдельность по {110}. Раковистый, неровный | Белый, желтый, зеленый (цаворит-Cr), розовато-красный (гессонит) | 6,5-7,0 | | В кислотах не раствор. Форма кристаллов, твердость, окраска | Спессартин, везувиан | Диопсид, волластонит, титанит, датолит, везувиан, скаполит | Скарны, метаморфизованные известняки |
| * Андрадит | Кубическая, кристаллы простые формы {110} и {211}, зернистые до сливных агрегаты | Отсутствует. Раковистый, неровный | Желтовато-бурый, зеленый (деманоид), бурый до черного (шорломит) | 6,5-7,5 | | После прокаливания разлагается в HCl с выд. геля Форма кристаллов, твердость, окраска | Везувиан, гроссуляр | Диопсид, геденбергит, эпидот, везувиан, актинолит | Скарны, кремнистые известняки, гидротермальные жилы в гипербазитах |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Андалузит | Ромбическая, зернистые и шестоватые агрегаты, призматические кристаллы | Сов. по {110} по {100} до ясной. Неровный | Серый, желтый, бурый, розовый, красный, зеленый (виридин) | 6,5-7,5 | | В кислотах не раствор. Форма кристаллов, твердость, окраска | Кианит, кордиерит | Кордиерит, силлима-нит, став-ролит | Метаморфические породы, роговики, вторичные кварциты и жилы альпийского типа |
| * Халцедон (тонковолокнистая разновидность кварца) | Тонковолокнистые агрегаты, концентрически-полосчатый (агат), сталактиты | Отсутствует. Раковистый | Белый, се-рый, голубой, желтовато-красный (сердолик), зеленый (хризопраз) | 6,5-7,0 | | Растворяется в Форма выд., окраска, излом | Люссатин, кварцин | Кварц, кальцит, цеолиты | Миндалины эффузивных пород, кора выветривания гипербазитов, гидротермальные жилы |
| * Кристобалит (высокотемпературный ) | Тетрагональная; скрыто-кристаллический, натечный | Неровный, раковистый | Бесцветный, белый | 6,5-7,0 | | Растворяется в Форма выд. и условия нахождения | Тридимит, кварц | Тридимит, кальцит, цеолиты, опал | Эффузивные породы и кора выветривания гипербазитов |
| Х Данбурит $Ca[B_2Si_2O_8]$ | Ромбическая, призматический, зернистый | Несов. по {001}. Раковистый | Бесцветный, желтый, розовый, бурый | 7,0 | | В кислотах не раствор | Топаз, кварц | Волластонит, геденбергит, датолит, аксинит, кварц | Скарны и гипс-ангидритовые толщи |
| * Эльбаит $Na(Li,Al)_3Al_6 \times \times [Si_6O_{18}](BO_3)_3 \times \times (OH)_4$ | Тригональная, зернистые, шестоватые агрегаты и призматические кристаллы | Несов. по {1011} и {11$\bar{2}$0} Раковистый, неровный | Бесцветный (ахроит), красный, розовый (рубеллит), зеленый | 7,0 | | В кислотах не раствор. Сечение кристаллов, окраска, твердость | Дравит, корунд, шпинель | Альбит, лепидолит, петалит, берилл | Гранитные пегматиты богатые литием |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Кварц | Тригональная, зернистые и шестоватые агрегаты и призматические кристаллы | Несов. по $\bar{2}0\}$ Раковистый | Бесцветный, белый, дымчатый, желтый, розо-вый, фиоле-товый, чер-ный | 7,0 | | Раствор. в HF. Форма выд., твердость, окраска | Топаз, данбурит, нефелин, кордиерит | Полевые шпаты, слюды, сульфиды | Породообразующий в кислых изверженных породах, в пегматитовых, кварцевых жилах и жилах альпийского типа |
| Х Увит $CaMg_4Al_5 \times \times(BO_3)_3[Si_6O_{18}]\times \times(OH)_4$ | Тригональная, призматический, игольчатый, волокнистый | Несов, по $\bar{2}0\}$ Раковистый | Голубовато-серый, синевато-черный | 7,0 | | В кислотах не раствор. Сечение кристаллов, окраска, твердость | Кордиерит, сапфирин | Флогопит, плагиоклаз, ортоклаз | В известковых скарнах, апокарбонатных грейзенах, метаморфических породах |
| | | | **4.3. Черта белая** | **Тверд ость 7-9** | | | | | |
| *Дравит $NaMg_3Al_6\times \times[Si_6O_{18}] \times \times(BO_3)_3 (OH)_4$ | Тригональная, зернистые, шестоватые, волокнистые агрегаты и призматические кристаллы | Несов. по $\bar{2}0\}$ | Бесцветный (ахроит), бурый, зеленовато-бурый, травянисто-зеленый, синий | 7,0-7,5 | | В кислотах не раствор. Сечение кристаллов, окраска, твердость | Везувиан, ставролит | Касситерит, кварц, полевой шпат, флюорит, доломит | Метаморфизованные или скарнированные карбонатные породы, метасоматиты по основным и ультраосновным породам |
| * Пироп $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$ | Кубическая, округлые зерна | Отсутствует. Раковистый, неровный | Огненно-красный, кроваво-красный, рубиновый, розовый | 7,0-7,5 | | В кислотах не раствор. Форма кристаллов, окраска, ассоциация | Альманди-н, шпинель | Сапфирин, силлиманит, гиперстен, кордиерит | В эклогитах, кимберлитах, перидотитах и серпентинитах |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * Спессартин | Кубическая, кристаллы с простыми формами {110},{211}и зернистые агрегаты | Отсутствует. Раковистый, неровный | Оранжево-красный, розовый, желтый, красно-коричневый | 7,0-7,5 | | После прокаливания разлагается в HCl с выд. геля<br>Форма кристаллов, окраска, ассоциация | Гроссуляр, гумит | Шерл, мусковит, кварц, трифилин, апатит, альбит, родонит, тефрои | Пегматитовые жилы, метаморфизованные марганцевые м-ния |
| * Альмандин | Кубическая, зернистые до сливных агрегаты, кристаллы с простыми формами {110} и {211} | Отсутствует. Раковистый, неровный | Красно-коричневый, темно-красный, фиолетово-красный | 7,0-7,5 | | В кислотах не раствор. В п. п.тр. сплавляется в магнитный шарик.<br>Форма кристаллов, окраска, ассоциация | Пироп | Силлиманит, кианит, ставролит, полевой шпат, биотит | Мусковитовые пегматиты, регионально метаморфизованные породы |
| Ставролит $FeAl_4[SiO_4]_2O_2\times$ $\times (OH)_2$ | Ромбическая, призматические крсталлы, крестообразные двойники, зернистые агрегаты | Сов. по {010} и {100}. Неровный | Желтовато-коричневый до буровато-черного | 7,0-7,5 | | В кислотах не раствор.<br>Форма кристаллов, твердость, ассоциация | Шерл, пироксены | Мусковит, кианит, силлиманит, альмандин, кварц, ильменит | Гнейсы и кристалличес-кие сланцы |
| * Циркон | Тетрагональная, призматические и дипирамидальные кристаллы, зерна, радиальнолучистые агрегаты | Несов. по {110} и<br>Раковистый | Желтый (жаргон), желто-бурый, красный (гиацинт), красно-коричневый | 7,0-7,5 | | Слабо разлагается в конц. $H_2SO_4$. Преимущественно в кристаллах, люминесцирует в УФ-лучах, иногда радиоактивен | Кассите-рит, рутил | Полевые шпаты, ильменит, титанит, алланит, магнетит, монацит | Акцессорный минерал кислых и щелочных изверженных пород и их пегматитов, в гнейсах и кристаллических сланцах |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Борацит $Mg_3[B_7O_{13}]Cl$ | Ромбическая, призматический, зернистый | Раковистый | Бесцветный, белый, сероватый, желтоватый, зеленоватый | 7,0-7,5 | | Медленно расвор. в HCl | | Доломит, гипс, ангидрит, галит, сильвин, ашарит | В соляных минях |
| * Кордиерит $(Mg,Fe)_2Al_3 \times$ $\times[AlSi_5O_{18}]$ | Ромбическая, призматический, зернистый | Средняя по {010} и {100}, отдельность по {001}. Раковистый | Синий, фиолетовый, дымчато-синий, бурый | 7,0-7,5 | | Частично раствор. при кипячении в | Кварц, сапфир, осумилит | Кварц, биотит, полевой шпат, силлиманит, андалузит, корунд | В метаморфических породах, кислых изверженных породах и их пегматитах |
| * Уваровит | Кубическая; зернистые агрегаты и кристаллы с простыми формами {110} и {211} | Отсутствует. Раковистый, неровный | Изумрудно-зеленый до темно-зеленого | 7,5 | | В кислотах не раствор. Окраска, форма кристаллов, ассоциация | Демантоид, цаворит | Хромит, хромовые хлориты, хромвезувиан, хромтитанит | Ультраосновные породы и залежи хромита |
| * Берилл $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$ | Гексагональная, зернис-тые агрега-ты, призматические кристаллы | Несов. по {0001} и Раковистый | Бесцветный, белый (гошенит), желтый (гелиодор), голубой (аквамарин), зеленый (изумруд), розовый (воробьевит) | 7,5-8,0 | | В кислотах не раствор. Твердость, форма кристаллов, ассоциация | Апатит, фенакит, топаз | Морион, микроклин, биотит, шерл, сподумен, колумбит, флогопит | Пегматиты, грейзены, высокотемпературные кварцевые жилы, контактово-метасоматические породы |
| * Фенакит $Be_2[SiO_4]$ | Тригональная, чечевицеобразный, призматический, зернистый | Несов. по | Бесцветный, желтоватый, розовый, коричневый | 7,5-8,0 | | В кислотах не раствор | Кварц, топаз | Морион, альбит, топаз, берилл, флогопит, шерл, гранат | Пегматиты, слюдиты контактового типа, гидротермальные жилы |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Топаз $Al_2[SiO_4](F,OH)_2$ | Ромбическая, зернистые агрегаты, призматичес-кие кристаллы | Сов. по<br><br>Раковистый, неровный | Бесцветный, желтый, голубой, фиолетово-голубой, розовый | 8,0 | | В кислотах не раствор.<br>Форма кристаллов, спайность, плотность | Кварц, фенакит | Кварц, берилл, флюорит, полевые шпаты, турмалин | Гранитные пегматиты и грейзены, реже вторичные кварциты и кварцевые жилы |
| * Шпинель | Кубическая, октаэдричес-кие кристаллы, зернистые агрегаты | Раковистый, неровный | Бесцветный, красный, зеленый, синий, черный | 8,0 | | С трудом раствор. в конц. $H_2SO_4$.<br>Форма крис-таллов, твердость, ассоциация | Гранат, корунд | Форстерит, диопсид, кальцит, флогопит, гумит, паргасит, андрадит | Магнезиальные скарны, роговики, гнейсы, акцессорный в основных и кислых породах |
| * Хризоберилл | Ромбическая, зернистые агрегаты, пластинчатые и дипирамидаль-ные кристаллы, тройники | Сов. по {011}, несов. по {010}. Раковистый, неровный | Желтый, зеленовато-желтый, зеленый (александрит), бесцветный | 8,0 | | В кислотах не раствор.<br>Окраска, форма кристаллов, твердость | Берилл | Берилл, фенакит, флюорит, апатит, турмалин, гранат | Пегматиты и скарны |
| * Корунд | Тригональная, зернистые агрегаты (наждаки), таблитчатые и дипирамидаль-ные кристал-лы | Отдельность по {0001} и<br><br>Раковистый, неровный | Серый, синий (сапфир), красный (рубин), бесцветный, желтый, зеленый | 9,0 | | В кислотах не раствор.<br>Твердость, окраска, ассоциация | Шпинель | Полевой шпат, биотит, гранат, маргарит, диаспор, андалузит | Сиениты, пегматиты, плагиоклазиты, гнейсы и высокоглино-земистые метаморфиты (наждаки) |

Указатель минералов


стр.

гальматолит . . . . . 94

р . . . . . 140

ит . . . . . 24
квамарин . . . . . 158
тинолит. . . . . 88
абандин . . . . . 50
Александрит . . . . . 160
Алланит –Ce. . . . . 88

ит . . . . . 118
ит . . . . . 142
Альмандин . . . . . 156
азонит 142
Амблигонит . . . . . 138
т . . . . . 112
альцим . . . . . 130

идрит . . . . . 116
езит . . . . . 114
далузит . . . . . 152
радит . . . . . 150
рит . . . . . 118
набергит . . . . . 76

ртит . . . . . 142
нтимонит . . . . . 22
Антофиллит . . . . . 134
агонит . . . . . 118
Арфедсонит . . . . . 86
рсенолит . . . . . 62
Арсенопирит . . . . . 32

стр.
Астрофиллит 76
акамит . . . . . 78
Аурипигмент . . . . . 62
роит . . . . . 152
ас 72
т . . . . . 116
астнезит . . . . . 124
ейделлит . . . . . 96
ит . . . . . 118
рилл . . . . . 158
тит . . . . . 82
рюза . . . . . 134
ишофит . . . . . 96
рацит . . . . . 158
нит . . . . . 38

Брошантит . . . . . 78
ит . . . . . 70
нкит 66
сит . . . . . 106
Буланжерит . . . . . 26

юргерит . . . . . 94
авеллит . . . . . 120
анадинит . . . . . 66
арисцит . . . . . 124
виан . . . . . 146
рмикулит . . . . . 82
нит . 74
лемит . . . . . 134
ллиомит . . . . . 112
дин . . . . . 152

лластонит . . . . . 126

утин . . . . . 22
ит . . . . . 116
невит . . . . . 130
т . . . . . .64
робьевит . . . . . 158
ьфенит . . . . . 64
т . . . . . 26

луазит . . . . . 104
аллотрихит . . . . . 98
тингсит . . . . . 84
сманит . . . . . 52

денбергит . . . . . 90
лит . . . . . 52
ландит . . . . . 120
ит . . . . . 138
одор . . . . . 158
т . . . . . 54
Гемиморфит . . . . . 128
сдорфит . . . . . 32
нит 150

нт 72
ит . . . . . 106
енит 150
Гидраргиллит . . . . . 106
Гидроборацит . . . . . 110
Гидроксантофллит . . . . . 126
стен . . . . . 84

колит . . . . . 138
конит . . . . . 76
кофан . . . . . 90

рная кожа 104

нит 158
арит . . . . . 102

лит . . . . . 82
суляр . . . . . 150
ерит . . . . . 86
мундит . . . . . 34

ерит . . . . . 52
бурит . . . . . 152
ит . . . . . 130
мантоид . . . . . 150
Деревянистое олово 72
н . . . . . 120
емсонит . . . . . 26
г 88
ор . . . . . 146
опсид . . . . . 88, 140
з . . . . . 80
мит . . . . . 118

еит . . . . . 90, 146
т . . . . . 140

Изоферроплатина . . . . . 30
руд . . . . . 158
т . . . . . 86
енит . . . . . 44
т . . . . . 112
й . . . . . 36
мин . . . . . 128
льцит . . . . . 114
Канкринит . . . . . 130
Карбонадо 72
Каолинит . . . . . 104
Карбонат-фторапатит . . . . . 128

Карналлит . . . . . 106
арнотит . . . . . .64
сситерит . . . . . 72

Кеммеририт 1 08
ит . . . . . 144
ерит . . . . . 116
оварь . . . . . 56
ейофан . . . . . 66
Клиногумит . . . . . 138
Клинопирротин . . . . . 40
Клинохлор . . . . . 108
Клиноцоизит . . . . . 146
Клинтонит . . . . . 130
обальтин . . . . . . 32
веллин . . . . . 22
Колеманит . . . . . 124
олофан 128
Кордиерит . . . . . 158
унд . . . . . 160
иолит . . . . . 106
Криптомелан . . . . . 46
Кристобалит . . . . . 152
коит . . . . . 58
Ксантофиллит . . . . . 130
Ксенотим 126
еит . . . . . 108
Кумингтонит . . . . . 134
цит . . . . . 150
ит . . . . . 60
рит . . . . . .80
Лампрофиллит . . . . . 76
Лангбейнит . . . . . 120
Лейхтенбергит 108
цит . . . . . 136
ллингит . . . . . 30
Лепидокрокит . . . . . 60
долит . . . . . 110
ит . . . . . 108

гит . . . . . 80
зит . . . . . 124
ит . . . . . 46

нит . . . . . 50
Манганоаксинит . . . . . 150
Манганоколумбит 54
Манганотанталит 50
арит . . . . . 122
риалит . . . . . 138
зит . . . . . 42
атит . . . . . 50

нит . . . . . 138
лантерит . . . . . 100
лилит . . . . . 138
икроклин . . . . . 142
ерит . . . . . 38
етизит . . . . . 68
абилит . . . . . 98
либденит . . . . . 20
цит . . . . . 132
Монтмориллонит . . . . . 100
ковит . . . . . 110
ушкетовит 46
як . . . . . 28
ран . . . . . 44
олит . . . . . 132
атырь . . . . . 96
лит 106
елин . . . . . 136
т . . . . . 88
н 70
ин . . . . . 42

Никельскуттерудит . . . . . 34
Нозеан . . . . . 136
ронит . . . . . 98
Ньюберит 114

Ортоклаз . . . . . .140
Осьмий . . . . . .36
Палыгорскит . . . . . 104
Парагонит . . . . . .110
гасит . . . . . .84
Пектолит . . . . . 128
Пентландит . . . . . .40
Перовскит . . . . . 70
Петалит . . . . . .144
Пираргирит . . . . . 58
Пирит . . . . . .42
Пиролюзит . . . . . 34
Пироморфит . . . . . .68
Пироп . . . . . 154
Пирофанит . . . . . .54
Пирофиллит . . . . . 94
Пирохлор . . . . . .68
Пирохроит . . . . . 102
Пирротин . . . . . 40
Плагиоклазы . . . . . 142
Полигалит . . . . . 112
Поллуцит . . . . . 146
Пренит . . . . . 144
Прустит . . . . . 58
Псевдомалахит . . . . . 80
Псиломелан . . . . . .46
шкинит 148
Пьемонтит . . . . . 80
аит . . . . . 92
Раммельсбергит . . . . . 32
Ратовкит 122
ьгар . . . . . 56
Рибекит . . . . . 84
Рихтерит . . . . . .134
Родонит . . . . . . 140
Родохрозит . . . . . 122
Романешит . . . . . 46

Рубеллит . . . . . .150

Самарскит . . . . . 44
онит . . . . . 98
фир . . . . . .160
ссолин . . . . . 94
Саффлорит . . . . . .30
нчак 26
Селенит 100
лаит . . . . . .128
Сенармонтит . . . . . 62
Сепиолит . . . . . 104
Сера . . . . . 60
Сердолик . . . . . 152
Серебро . . . . . 24
Серицит . . . . . 110
Сидерит . . . . . .122
Силлиманит . . . . . 148
вин . . . . . 100
Скородит . . . . . .120
куттерудит . . . . . 34
Смитсонит . . . . . 126

Содалит . . . . . .136
Сперрилит . . . . . 36
Спессартин . . . . . 156
подумен . . . . . 150
Ссайбелиит . . . . . 114
авролит . . . . . 156
н . . . . . 28
ит . . . . . 94

тильбит . . . . . 120
доит . . . . . 110
к . . . . . 58
ьма . . . . . 28
Сфалерит . . . . . 50, 66
Сфен 132

нахит . . . . . .40
Танзанит 142
Теллуровимутит . . . . . 22
енардит . . . . . 122
ннантит . . . . . 28
Термонатрит . . . . . 96
Тетрадимит . . . . . 20
Тетраферроплатина . . . . . .30
етраэдрит . . . . . 28
фроит . . . . . 88
анит . . . . . 132

ианит . . . . . 54
емолит . . . . . 136
лит . . . . . 40
ламенит . . . . . 42
Тулит 142
мунит . . . . . 62
ровит . . . . . 158

ексит . . . . . 108
анинит . . . . . 44
ит . . . . . 92
енакит . . . . . 158
рберит . . . . . 44
Ферримолибдит . . . . . 60
Ферроаксинит . . . . . 148
Ферроколумбит . . . . . 48
Ферротанталит . . . . . 48
логопит . . . . . 104
люорит . . . . . 122

Форстерит . . . . . 148
Фторапатит . . . . . .128
Фторапофиллит . . . . . 126
сит . . . . . 110
алцедон . . . . . 152
Халькантит . . . . . 108
алькозин . . . . . .24
Халькопирит . . . . . 38
Хлорапатит . . . . . 124
лоритоид . . . . . 92
Хондродит . . . . . 144
Хризоберилл . . . . . 160
ризопраз . . . . . 152
изотил . . . . . 106
мит . . . . . 48
Цаворит 148
лестин . . . . . 116
уссит . . . . . 66
Циннвальдит . . . . . 114
иркон . . . . . 72, 156
зит . . . . . .142
базит . . . . . 126
мозит . . . . . 82
лит . . . . . 68

Шорломит 150
пинель . . . . . 160
тольцит . . . . . 64
вдиалит . . . . . 132
ин . . . . . 90
ьбаит . . . . . .152
статит . . . . . 142
дот . . . . . 148
сомит . . . . . 102
трин . . . . . 74
нит . . . . . 46
бсит . . . . . 48
ит . . . . . 66

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

## ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.В.06 «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ГЕОЛОГИИ» ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания***

Автор: Петрова И. Г., к.г-м.н.

| | |
|---|---|
| Одобрены на заседании кафедры Гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии | Рассмотрены методической комиссией Факультета геологии и геофизики |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Тагильцев С. Н. | Бондарев В.И. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 19 от 12.02.2020 | Протокол № 7 от 20.03.2020 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург
2020

# ВВЕДЕНИЕ

В пособии рассматриваются методы обработки статистической информации и создания статистических моделей при обработке гидрогеологической, инженерно--геологической и геоэкологической информации. Эти методы в настоящее время являются наиболее широко применяемыми при различных видах исследований. С их помощью можно получить качественно новые выводы и обобщения, которые имеют как практическую, так и научную ценность.

Целью освоения дисциплины «Математические методы моделирования в геологии» является формирование у студентов навыков статистического анализа. Для этого необходимо освоение теоретического материала, методики анализа и его практическая реализация с помощью «ручной» обработки, а также использования специальных программ, наиболее широко распространённой из которых в настоящее время является STATISTICA (StatSoft) и модуль «Анализ данных» в Excel.

В теоретической и методической части учебного пособия из всего многообразия методов статистической обработки данных описываются наиболее важные аспекты математического анализа гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических характеристик, а именно:

1. Законы их распределения.

2. Статистические оценки гидрогеологических, инженерно-геологичес - ких и геоэкологических параметров.

3. Проверка статистических гипотез.

4. Определение нормативных и расчетных показателей гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических характеристик и необходимого числа проб.

5. Корреляционно- регрессионный анализ.

6. Многомерные статистические методы моделирования гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических характеристик.

7. Пространственно-временные модели гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических характеристик.

В практической части учебного пособия приведены задания, а в приложениях - числовые значения гидрогеологических, инженерногеологических и геоэкологических характеристик, которые включают в себя несколько вариантов:

1) характеристики инженерно-геологических свойств рыхлых связанных и скальных горных пород (инженерно-геологические показатели);

2) характеристики фильтрационных свойств интрузивных, эффузивных и осадочных образований на контактово-метасоматических месторождениях (гидрогеологические показатели);

3) характеристики химического состава подземных вод Гороблагодатского железорудного месторождения (геоэкологические показатели).

# 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## *1.1. Законы распределения гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических характеристик*

При исследовании сложных геологических явлений всегда остается некоторый элемент неопределенности, связанный с тем, что при одном и том же сочетании поддающихся учету факторов изучаемое явление может в одном случае произойти, а в другом не произойти. В математике такие явления, рассматриваемые в абстрактной форме, вне зависимости от их природы и конкретного содержания, называют случайными событиями. При этом предполагается, что реализация комплекса условий, при котором происходит событие, обычно обозначаемая такими терминами, как испытание, опыт, наблюдение, можно повторить сколь угодно большое число раз.

Случайными называются любые события, которые происходят в условиях неполной информации о причинах, их порождающих и требуют для своего изучения применения методов теории вероятностей и математической статистики.

Гидрогеологические, инженерно-геологические и геоэкологические показатели получают в ходе испытаний, на результаты которых оказывает влияние большое число факторов, и поэтому их можно принимать за случайные величины. Под случайной понимается величина, принимающая в результате испытаний (при неизменном комплексе основных факторов) различные числовые значения, которые нельзя заранее предсказать исходя из условий испытания и другой априорной информации. Случайная величина принимает различные значения с разной вероятностью. Для того чтобы располагать полной информацией о случайной величине, необходимо знать не только все возможные ее значения, но и отвечающие им вероятности, или закон распределения.

В практике гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических исследований исходные данные распределены обычно по нормальному и логнормальному законам. При нормальном законе кривая плотности вероятности имеет форму колокола. При логнормальном законе распределения исходных данных она имеет длинную правую ветвь и вершину, смещенную влево.

### *1.1.1. Группировка данных, построение гистограмм и их анализ*

Результаты наблюдений и экспериментальных исследований, отраженные в количественных показателях, обычно заносят в таблицу, где каждое значение отвечает точке наблюдения, номеру образца или пробы.

Большую наглядность обеспечивает расположение исходных данных в таблице в определенной последовательности. Такую последовательность называют вариационным рядом.

Далее разбивают вариационный ряд на определенные интервалы, количество которых можно вычислить по формуле

$$K \approx a\log n + 1 \qquad (1.1)$$

где $n$ - количество исходных данных (объем выборки);

$a$ - коэффициент, который следует принимать от 3 до 5 при $n < 30$, $a = 3$, при $n = 30$ -70, $a$ - 4; при $n > 70$,α= 5.

Количество интервалов всегда является целым числом, поэтому необходимо применять правило округления.

После определения количества интервалов вычисляется шаг

$$\Delta h \frac{x_{\max} - x_{\min}}{K} \qquad (1.2)$$

где $X_{max}$ и $X_{min}$ - максимальное и минимальное значения в исходных данных (крайние значения вариационного ряда).

Затем определяются границы интервалов группировки:

1 интервал – от $X_{min}$ до $X_{max}$ + Δ $h$;

2 интервал - от $X_{min}$ Δ $h$ до $X_{min}$ + 2Δ $h$;

$K^n$ интервал - от $X_{min}$ + (К-1 ) Δ $h$ до $X_{max}$.

Далее подсчитывается количество исходных данных, попавших в каждый интервал группировки, которое обычно обозначается щ и называется частотой. Относительная частота рассчитывается по формуле

$$\omega_i = \frac{n_i}{n} \qquad (1.3)$$

Гистограммой называется диаграмма, построенная в прямоугольной системе координат, на оси абсцисс которой наносятся в принятом масштабе значения изучаемого признака, а на оси ординат — частоты или относительные частоты (рис. 1.1).

Термин гистограмма ввел Карл Пирсон в 1895 году. Гистограммы позволяют увидеть, как распределены значения переменных по интервалам группировки, то есть как

часто переменные принимают значения из различных интервалов. Особенно полезен этот график для большого числа наблюдений, например больше 100. Гистограмма наглядно показывает, какие значения или диапазоны значений исследуемой переменной являются наиболее частыми, насколько сильно они различаются между собой, как сконцентрировано большинство наблюдений вокруг среднего, является распределение симметричным или нет, имеет ли оно одну моду или несколько мод, то есть является ли мультимодальным. На простой гистограмме отображаются частоты значений одной переменной.

Гистограммы дают возможность визуально оценить сходство наблюдаемых распределений с теоретическими или ожидаемыми распределениями. Гистограмма, или распределение частот значений переменной по интервалам, представляет интерес по следующим причинам: по форме распределения можно охарактеризовать природу исследуемой переменной (например, наличие двух мод — наиболее высоких столбцов гистограммы, или, как говорят, бимодальность распределения может означать, что выборка неоднородна и состоит из наблюдений, принадлежащих двум различным генеральным совокупностям); многие статистики критериев основаны на определенных предположениях о виде распределения, например на предположении нормальности; гистограммы помогают визуально проверить выполнение этих предположений.

После построения гистограмм производят их визуальный анализ. При формальном законе построенная гистограмма будет иметь симметричную форму (рис. 1.1, а). При логнормальном законе распределения исходных данных гистограмма асимметрична. Она имеет длинную правую ветвь и вершину, смещенную влево (рис. 1.1,6).

Логнормальное распределение можно привести к нормальному закону, используя метод нормировки исходных данных. Для этого истинные значения исходных данных заменяют, например, их логарифмами. Далее процедуру обработки необходимо повторить. В результате этого преобразования вновь построенная гистограмма с «исправленными» исходными данными будет иметь симметричную форму.

### *1.1.2. Ввод данных и построение гистограмм с помощью программы STATISTICA*

Знакомство с системой STATISTICA, конечно, следует начать с ввода данных. Исходные данные в системе STATISTICA организованы в виде таблиц, которые схожи с электронными таблицами (типа MS Excel). Табличная структура данных STATISTICA позволяет естественно отобразить большинство реальных данных. Электронная таблица

состоит из строк и столбцов. Столбцы таблицы STATISTICA называются Variables (Количество) — Переменные, а строки Cases (Число регистров) — Наблюдения.

Для того чтобы создать таблицу с данными, проделайте следующее:

1. Запустите программу STATISTICA.

2. После запуска программа создаст пустую таблицу, содержащую 10 строк и 10 столбцов (рис. 1.2):

3. Если при запуске программы открылся последний сохраненный файл, то, нажав в строке меню «Файл», в выпадающем меню выберите команду «Новый». Перед вами появится окно, в котором вы сможете указать количество строк и столбцов вашей таблицы (рис. 1.3):

4. Находясь в рабочем окне модуля «Основные статистики и таблицы» системы STATISTICA, в основном рабочем окне системы подведите курсор мыши к строке меню «Файл» и щелкните левой кнопкой. В выпадающем меню выберите команду «Сохранить как...». На экране компьютера сразу же появляется окно «Сохранение как...»(рис. 1.4). В этом окне можно ввести имя файла, например «analyze 1 .sta» (файл может быть назван и по-русски, однако по ряду причин целесообразнее использовать английские имена). Теперь поместите курсор мыши в поле «Имя файла» и наберите *с* клавиатуры нужное имя.

5. Можно увеличить или уменьшить как количество строк, так и количество столбцов этой таблицы. Создайте в таблице столько строк и столбцов, сколько нужно. Для этого используйте кнопку «Вставка» на панели инструментов. После нажатия кнопки «Вставка» на экране возникнет меню, предлагающее следующий выбор для наблюдений таблицы: «Добавить» и «Копировать переменные (столбцы) и случаи (строки)»

Выберите, например, пункт «Добавление случаев», щелкнув левой кнопкой мыши. Откроется окно, в котором можно задать число строк, добавляемых в таблицу (рис. 1.5).

Нажмите ОК, и количество строк (регистров) в таблице увеличится на 1, то есть станет равным 11. Аналогичным образом измените число переменных в таблице. С помощью курсора мыши в выпадающем меню выберите пункт «Добавление переменных». На экране появится окно, в котором необходимо выполнить установки, как показано ниже на рис. 1.6.

Итак, вы сделали первый шаг к достижению цели — создали электронную таблицу, которая имеет 12 столбцов и 11 строк.

6. Необходимо ввести название таблицы (ее заголовок) и названия переменных. Вы работаете, используя мышь и клавиатуру. Запомните основной принцип: дважды щелкая мышью по полям заголовков, вы можете вводить заголовки, описывать переменные и т. д.

Введите заголовок таблицы. Для этого дважды щелкните мышью на пустой верхней строке таблицы, которая находится над переменными, и введите заголовок таблицы (рис. 1.7).

7. Для того чтобы описать переменную, необходимо дважды щелкнуть мышью по ее имени. Например, после щелчка по заголовку переменной 1 (VAR1) откроется окно (рис. 1.8), в котором можно задать ее имя (или переименовать ее), формат переменной, метку, связь и т. д.

8. Заполните созданную таблицу данными. Данные вводятся непосредственно с клавиатуры. Если нужно ввести числовые данные, используйте клавиатуру и стрелки перемещения курсора. Поставьте курсор на нужную ячейку таблицы и введите числовые данные.

Таким образом, вы научились создавать таблицы и вводить в них данные. Повторив несколько раз описанные действия с другими данными, вы прочно закрепите полученные навыки. Поскольку система STATISTICA является обычным Windows -приложением, можно легко и быстро импортировать данные, полученные в системе STATISTICA, в другое Windows - приложение, например в MS Word. Лучше всего проделать это следующим образом: нажмите одновременно кнопки ALT и F3. На экране вместо курсора мыши появится значок «прицел». Используя мышь, поместите прицел в верхний левый угол таблицы. Затем нажмите левую кнопку мыши, зафиксируйте прицел и, удерживая кнопку мыши, переместите прицел в новое место таблицы. Выделенная часть таблицы будет отмечена прямоугольной рамкой. После того как вы отпустите кнопку мыши, отмеченная часть таблицы будет помещена в буфер обмена. Если теперь открыть нужный документ Word и набрать на клавиатуре комбинацию кнопок CTRL и V, то выбранный сегмент таблицы будет скопирован в документ.

9. После ввода данных для построения гистограмм в основном рабочем окне системы подведите курсор мыши к строке меню «Статистика» и щелкните левой кнопкой. В выпадающем меню выберите команду «Основная статистика/таблицы». На экране компьютера сразу же появится окно (рис. 1.9), в котором нужно выбрать строку «Описательная статистика» и нажать ОК.

10. На экране появляется окно «Описательная статистика» (рис. 1.10), в котором выбираем закладку «Быстрый».

11. Нажав в этом окне кнопку Variables, появляется окно (рис. 1.11), в котором выбираем параметры (столбцы таблицы данных), по которым хотим построить гистограммы, и нажимаем ОК.

Затем в окне «Описательная статистика» следует установить курсор мыши на клавишу Histograms, и, нажав ее, программа автоматически выведет на экран гистограмму по интересующим вас параметрам (рис. 1.12).

## *1.2. Статистические оценки гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических параметров*

Законы распределения дают полное представление о поведении случайных величин, но в практических приложениях использовать их непосредственно трудно, так как в различные расчетные формулы можно «вставить» только какую-нибудь одну или, в крайнем случае, несколько числовых характеристик, описывающих свойства этих величин. Необходимо, следовательно, заменить функцию распределения такими числовыми характеристиками, которые бы несли в себе как можно более полную информацию о свойствах соответствующих случайных величин и как бы представляли их в различных расчетах или логических построениях.

Числовые величины, отвечающие этому требованию, получили в статистике название обобщенных статистических характеристик. Использование I

обобщенных статистических характеристик позволяет свернуть информацию, заменив все ее многообразие небольшим числом величин, которые и используются во всех дальнейших расчетах, выводах или сопоставлениях.

Теоретические параметры распределения могут быть вычислены только при наличии полной информации о генеральной совокупности. В связи с этим в различных практических приложениях используют не сами эти параметры, а их оценки, вычисляемые по эмпирическим данным. Их называют также параметрами выборочных,- или эмпирических, распределений. Как показывает опыт, применение оценок вместо теоретических параметров позволяет решить многие практические задачи с надежностью и точностью, вполне удовлетворяющими запросам практики.

Обобщенные статистические характеристики делятся на три группы: а) центральные значения; б) показатели рассеяния; в) показатели формы кривых распределения.

### *1.2.1. Вычисление обобщенных статистических характеристик*

Центральные значения

Выборочным аналогом математического ожидания, характеризующим положение центра, является среднее арифметическое

$$X_{ср} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \qquad (1.4)$$

Выборочная медиана представляет собой срединное значение вариационного ряда. Если вариационный ряд имеет нечетное число членов $2k+1$, медиане отвечает средний, $k+1$, член ряда, если четное – 2k, медиана равна среднему арифметическому из значений центральных членов ряда:

$$m_e = \frac{x_i + x_{k+1}}{2} \tag{1.5}$$

Модой называется абсцисса точки, имеющая максимальную ординату кривой распределения.

Если исходные данные распределены по логнормальному закону, необходимо вычислить логарифмы среднего по формуле

$$\overline{\log X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \log X_i \tag{1.6}$$

Характеристики рассеяния

Основной мерой рассеяния является дисперсия. Выборочная дисперсия вычисляется по формуле

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n} \quad \text{при n} > 30 \tag{1.7}$$

Или

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1} \quad \text{при } n < 30 \tag{1.8}$$

Квадратный корень из дисперсии называется среднеквадратичным отклонением или стандартом:

$$S = \sqrt{S^2} \tag{1.9}$$

Относительной характеристикой изменчивости является коэффициент вариации, выборочное значение которого вычисляется по формуле

$$V = \frac{S}{\bar{X}} \tag{1.10}$$

Он измеряется в долях единицы или процентах.

Если эмпирические данные имеют логнормальный закон распределения, то для характеристики рассеяния нормализованных исходных данных используются Для вычисления этих характеристик в формулах 1.7, 1.8, 1.9, 1.10 натуральные величины необходимо заменить логарифмами.

Характеристики симметрии и степени сжатости кривых распределения

Степень симметричности кривой по оси абсцисс характеризует коэффициент асимметрии, выборочное значение которого вычисляется по
Формуле

$$\hat{A} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{nS^3} \qquad (1.11)$$

Коэффициент асимметрии может быть отрицательным или положительным. Положительные значения коэффициента асимметрии свидетельствуют о том, что распределение вытянуто в сторону больших значений (положительная или правосторонняя асимметрия), отрицательное значение – о его вытянутости в сторону малых значений (отрицательная или левосторонняя асимметрия). При строго симметричных распределениях коэффициент асимметрии равен нулю. Если $\left|\hat{A}\right| < 0.1$, распределение практически симметрично, при $0.1 \le \left|\hat{A}\right| < 0.25$ – слабосимметрично, при $0.25 \le \left|\hat{A}\right| < 0.5$ – асимметрично и при $\left|\hat{A}\right| > 0.5$ – резко асимметрично.

Для характеристики степени сжатости или растяжения кривой распределения по оси ординат служит эксцесс, выборочное значение которого вычисляется по формуле

$$E' = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^4}{nS^4} \qquad (1.12)$$

Как и показатель асимметрии, коэффициент эксцесса может быть положительным и отрицательным. Положительный эксцесс свидетельствует о скоплении исходных данных в середине вариационного ряда и о сжатой форме кривой распределения, отрицательный - о более равномерном распределении вариант и распластанной форме кривой. Нулевое значение коэффициента эксцесса отвечает нормальному распределению.

При логнормальном законе распределения для вычисления коэффициентов асимметрии и эксцесса используются логарифмы исходных данных. В этом случае $A_{lg}$ и $E_{lg}$ будут характеризовать соответственно асимметрию и степень сжатости кривой нормального закона распределения.

Оценка точности вычисления обобщенных статистических характеристик

Величину стандартной ошибки среднего арифметического вычисляют по формуле

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} \tag{1.13}$$

Показатель точности вычисляется по формуле

$$\overline{P_{\bar{x}}} = \frac{S\bar{x}}{\overline{X}} \tag{1.14}$$

Стандартная ошибка медианы вычисляется по формуле

$$S_{m_e} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} * \frac{S}{\sqrt{n}} = 1.253\frac{S}{\sqrt{n}} \tag{1.15}$$

Стандартная ошибка стандартного отклонения вычисляется по формуле

$$S_s = \frac{S}{\sqrt{2\pi}} \tag{1.16}$$

Стандартная ошибка коэффициента вариации вычисляется по формуле

$$S_\nu = \frac{V}{\sqrt{n}}\sqrt{0.5 + (0.01V)^2} \tag{1.17}$$

Стандартная ошибка асимметрии вычисляется по формуле

$$S_A = \sqrt{\frac{6(n-1)}{(n+1)*(n+3)}} \tag{1.18}$$

Стандартная ошибка эксцесса вычисляется по формуле

.

$$S_E = \sqrt{\frac{24n(n-2)*(n-3)}{(n-1)^2*(n+3)*(n+5)}} \tag{1.19}$$

*1.2.2. Вычисление обобщенных статистических характеристик с помощью программы STATISTICA*

После первых двух этапов (создания таблицы данных и построения гистограмм) обычно переходят к вычислению статистических показателей.

Далее приводится последовательность действий, которую рекомендуется соблюсти, используя систему STATISTICA.

1. Запустите модуль «Основная статистика/таблицы».

2. В стартовой панели модуля выберите «Описательная статистика» и нажмите ОК (см. рис. 1.10 на с. 16).

3. В появившемся окне «Описательная статистика» выберите закладку «Расширенный», отметьте галочками статистические показатели, которые вас интересуют, нажмите кнопку Variables (переменные) и выберите переменные, по которым вы будете считать показатели (рис. 1.13).

4. Нажмите ОК в окне выбора переменных и далее нажмите Summary (или «Итог: Описательная статистика» в появившемся окне «Описательные статистики». Следующая таблица с результатами появится на экране (рис. 1.14).

### *1.3. Проверка статистических гипотез*

К кругу задач, решаемых этим методом, относятся такие, как проверка вида статистического распределения, оценка однородности статистических совокупностей, установление вида изменчивости показателя, определение сходства и различия между статистическими выборками.

Все эти задачи решаются по одной логической схеме. Сначала, исходя из теоретических предпосылок или предварительного качественного анализа эмпирического материала, намечается определенная статистическая гипотеза, затем она сопоставляется с имеющимся эмпирическим материалом. Если опытные данные не противоречат гипотезе, она принимается; если они с ней несовместимы, то гипотеза отвергается.

Для сравнения используются специальные критерии. Принцип их применения основан на вероятностной оценке наблюдающихся отклонений опытных данных от принятой гипотезы. Если эти отклонения невелики и имеют высокую вероятность, их всегда можно объяснить влиянием случайных различных неучтенных факторов. Следовательно, и сами эти отклонения можно рассматривать как случайные. Очевидно, что основанием для отказа от выбранной гипотезы такие отклонения служить не могут. Наоборот, если отклонения велики, то их нельзя уже объяснить влиянием случайных факторов.

При решении таких задач изложенные положения трактуются в качестве так называемого принципа практической невозможности маловероятных событий. Предполагается, что события, имеющие очень низкую вероятность, практически наблюдаться не должны, и при решении – задач широкого класса они могут во внимание не приниматься. События, величины или расхождения в величинах, которые по причине

их малой вероятности нельзя считать случайными, именуются в математической статистике значимыми, а наибольшее значение вероятности, при котором событие можно считать значимым (или соответственно наименьшая вероятность, при которой событие можно считать случайным), носит название уровня значимости.

При решении большинства задач гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии уровень значимости принимается 0.05, а в отдельных случаях
0.15.

Практическое применение методов проверки статистических гипотез начинается с формулировки статистической гипотезы. Такая гипотеза носит название нулевой. Противоположная ей, отвергающая сделанное предположение, носит название альтернативной гипотезы. Далее выбирают подходящий критерий - некоторую математическую функцию, построенную с расчетом проверки статистических гипотез определенного класса и обычно подчиняющуюся какому-нибудь хорошо изученному закону распределения.

Квантили распределения функции сведены в специальные таблицы.

После этого устанавливается уровень значимости $\propto$. При выборе критической функции по таблицам, кроме уровня значимости, учитывается также число степеней свободы $f$ ,представляющее собой разность между числом наблюдений и числом параметров, которые вычисляются по этим наблюдениям при выполняемой проверке.

Область между доверительными пределами, где нулевая гипотеза оправдывается, носит название области нулевой гипотезы. Если эмпирические точки или функции попадают в область нулевой гипотезы, то она оправдывается; если не попадают - то оправдывается альтернативная гипотеза.

### 1.3.*1. Проверка гипотезы о нормальности распределения*

Нормальное распределение симметрично и характеризуется определенной степенью сжатости. Коэффициент асимметрии и эксцесс нормального распределения равны нулю. У эмпирических распределений значения этих характеристик всегда отличаются от нуля, но эти отклонения могут быть случайны. Принято считать, что если выборочные значения коэффициента асимметрии и эксцесса удовлетворяют неравенствам; **?**, то гипотеза о нормальном распределении может быть принята. Если же не выполняется хотя бы одно из приведенных неравенств, то гипотеза о нормальности распределения должна быть отвергнута.

### *1.3.2. Проверка принадлежности вариант к статистической совокупности*

Статистическая совокупность должна быть однородна, то есть каждое значение в ней не должно сильно отклоняться. Если такие отклонения в выборке существуют, нужно проверить на однородность. Наиболее употребимым критерием является «правило трех сигм». Критические точки при применении этого критерия вычисляются по формуле A + 3S . Далее все варианты проверяются исходя из следующего неравенства

$$\overline{X} - 3S\langle Xi\langle \overline{X} + 3 \qquad (1.20)$$

Если все значения в выборке входят в этот интервал, то выборка считается однородной. Те варианты, которые не попадают в установленный интервал из выборки, должны быть удалены.

*1.3.3. Проверка независимости определений (установление вида изменчивости)*

Определения независимы друг от друга - стационарная изменчивость (нулевая гипотеза), или имеет место пространственная зависимость – тренд (альтернативная гипотеза). Для проверки используется величина

$$\frac{\Delta^2}{S^2} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(X_i - X_{i+1}\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(X_i - \overline{X}\right)^2} \qquad (1.21)$$

Нулевая гипотеза отвергается в пользу альтернативной, если эта величина будет меньше или равна критическому значению (табл. 1.1).

*1.3.4. Проверка различия между выборочными совокупностями (выделение гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических элементов)*

В практике гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических исследований возникают задачи, требующие сравнения результатов двух или нескольких серий испытаний. Эти серии испытаний могут быть выполнены на образцах, отобранных из различных частей исследуемой толщи горных пород, литологических разновидностей и т.д.

Таблица 1.1

**Критическое значение критерия $\Delta^2/S^2$ для установления тренда**

| Объем выборки n | Уровни значимости | |
|---|---|---|
| | α=0,05 | α=0,01 |
| 4 | 0,780 | 0,626 |
| 6 | 0,890 | 0,561 |

| | | |
|---|---|---|
| 8 | 0,981 | 0,663 |
| 10 | 1,062 | 0,752 |
| 12 | 1,128 | 0,828 |
| 15 | 1,205 | 0,922 |
| 20 | 1,300 | 1,041 |
| 25 | 1,367 | 1,128 |
| 30 | 1,418 | 1,195 |
| 40 | 1,492 | 1,293 |
| 50 | 1,544 | 1,363 |
| 60 | 1,581 | 1,414 |
| ∞ | 2,000 | 2,000 |

Если сравниваются две Серии испытаний, то есть две выборки, то нулевая гипотеза сводится к утверждению, что обе сравниваемые выборки отобраны из одной генеральной совокупности. Если нулевая гипотеза принимается, у нас нет оснований считать, что выборки отличаются друг от Друга; если7 нулевая гипотеза отвергается - различия между выборками можно считать доказанными.

В первом случае выборки можно объединить, считая, что показатели свойств определены в пределах одного гидрогеологического, инженерно-геологического и геоэкологического элемента. Во втором случае выборки объединить нельзя - они принадлежат разным элементам. Аналогичным образом решаются задачи при сравнении нескольких выборок.

Для сравнения двух выборочных совокупностей используют средние и дисперсии. Для проверки по среднему применяется критерий Стьюдента

$$T = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \qquad (1.22)$$

Величина $T$ при выполнении нулевой гипотезы распределена по закону Стьюдента**?**. Критические точки распределения Стьюдента можно найти в таблице 1.2.

Для проверки по дисперсии используется критерий Фишера

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \qquad (1.23)$$

Критические точки распределения Фишера представлены в таблице 1.3.

Расчетные значения $T$ и $F$ сравниваются с критическими $T_{кр}$ и $F_{кр}$ при соответствующем уровне значимости и числе степеней свободы. Если расчетные значения меньше критических, то подходит нулевая гипотеза. Если хотя бы одно из расчетных значений больше критического, то нулевую гипотезу нужно отвергнуть.

## *1.4. Определение нормативных и расчетных показателей гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических свойств и установление необходимого числа определений*

### *1.4.1. Определение нормативных и расчетных параметров*

Показатели, устанавливаемые в результате единичных определений в лабораторной или полевой обстановке получили название индивидуальных или частных значений показателей свойств.

Под влиянием неоднородности, свойственной в той или иной степени геологической среде, погрешностей, допускаемых при определениях и

Таблица 1.2

**Значения $T_{\alpha/2f}$(для двустороннего ограничения) и $T_{\alpha f}$ для одностороннего ограничения) (распределение Стьюдента)**

| Число степеней свободы, $f$ | Уровень значимости α/2 (двустороннее ограничение) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,30 | 0,20 | 0,10 | 0,05 | 0,02 | 0,01 |
| 1 | - | - | 6,31 | 12,71 | 31,82 | 63,66 |
| 2 | - | - | 2,92 | 4,30 | 6,97 | 9,93 |
| 3 | 1,25 | 1,64 | 2,35 | 3,18 | 4,54 | 5,84 |
| 4 | 1,19 | 1,53 | 2,13 | 2,78 | 3,75 | 4,60 |
| 5 | 1,16 | 1,48 | 2,02 | 2,57 | 3,37 | 4,03 |
| 6 | 1,13 | 1,44 | 1,94 | 2,45 | 3,14 | 3,71 |
| 7 | 1,12 | 1,41 | 1,90 | 2,37 | 3,00 | 3,50 |
| 8 | 1,11 | 1,40 | 1,86 | 2,31 | 2,90 | 3,36 |
| 9 | 1,10 | 1,38 | 1,83 | 2,26 | 2,82 | 3,25 |
| 10 | 1,10 | 1,37 | 1,81 | 2,23 | 2,76 | 3,17 |
| 11 | 1,09 | 1,36 | 1,80 | 2,20 | 2,72 | 3,11 |
| 12 | 1,08 | 1,36 | 1,78 | 2,18 | 2,68 | 3,06 |
| 13 | 1,08 | 1,35 | 1,77 | 2,16 | 2,65 | 3,01 |
| 14 | 1,08 | 1,34 | 1,76 | 2,15 | 2,62 | 2,98 |
| 15 | 1,07 | 1,34 | 1,75 | 2,13 | 2,60 | 2,95 |
| 16 | 1,07 | 1,34 | 1,75 | 2,12 | 2,58 | 2,92 |
| 17 | 1,07 | 1,33 | 1,74 | 2,11 | 2,57 | 2,90 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 1,07 | 1,33 | 1,73 | 2,10 | 2,55 | 2,88 |
| 19 | 1,07 | 1,33 | 1,73 | 2,09 | 2,54 | 2,86 |
| 20 | 1,06 | 1,32 | 1,73 | 2,09 | 2,53 | 2,85 |
| 21 | 1,06 | - | 1,72 | 2,08 | 2,52 | 2,83 |
| 22 | 1,06 | - | 1,72 | 2,07 | 2,51 | 2,82 |
| 23 | 1,06 | - | 1,71 | 2,07 | 2,50 | 2,81 |
| 24 | 1,06 | - | 1,71 | 2,06 | 2,49 | 2,80 |
| 25 | 1,06 | 1,31 | 1,71 | 2,06 | 2,48 | 2,79 |
| 26 | - | 1,31 | 1,71 | 2,06 | 2,48 | 2,78 |
| 27 | - | 1,31 | 1,70 | 2,05 | 2,47 | 2,77 |
| 28 | - | 1,31 | 1,70 | 2,05 | 2,47 | 2,76 |
| 29 | - | 1,31 | 1,70 | 2,04 | 2,46 | 2,76 |
| 30 | 1,05 | 1,31 | 1,70 | 2,04 | 2,46 | 2,75 |
| 40 | 1,05 | 1,30 | 1,68 | 2,02 | 2,42 | 2,70 |
| 60 | 1,05 | 1,30 | 1,67 | 2,00 | 2,39 | 2,66 |
| 120 | - | - | 1,66 | 1,98 | 2,36 | 2,62 |
| ∞ | - | - | 1,64 | 1,96 | 2,33 | 2,58 |
| Уровень значимости α (одностороннее ограничение) | | | | | | |
| | 0,15 | 0,10 | 0,05 | 0,025 | 0,01 | 0,005 |

Таблица 1.3

**Значения $F_{0.5;f1;f2}$(распределение Фишера)**

| | Уровень значимости 0,05 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $f_2/f_1$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 12 | 24 | ∞ |
| 1 | 164.4 | 199.5 | 215.7 | 224.6 | 230.2 | 234.0 | 244.9 | 249.0 | 254.3 |
| 2 | 18.5 | 19.2 | 19.2 | 19.3 | 19.3 | 19.3 | 19.4 | 19.5 | 19.5 |
| 3 | 10.1 | 9.6 | 9.3 | 9.1 | 9.0 | 8.6 | 8.7 | 8.6 | 8.5 |
| 4 | 7.7 | 6.9 | 6.6 | 6.4 | 6.3 | 6.2 | 5.9 | 5.8 | 5.6 |
| 5 | 6.6 | 5.8 | 5.4 | 5.2 | 5.1 | 5.0 | 4.7 | 4.5 | 4.4 |
| 6 | 6.0 | 5.1 | 4.8 | 4.5 | 4.4 | 4.3 | 4.0 | 3.8 | 3.7 |
| 7 | 5.6 | 4.7 | 4.4 | 4.1 | 4.0 | 3.9 | 3.6 | 3.4 | 3.2 |
| 8 | 5.3 | 4.5 | 4.1 | 3.8 | 3.7 | 3.6 | 3.3 | 3.1 | 2.9 |
| 9 | 5.1 | 4.3 | 3.9 | 3.6 | 3.5 | 3.4 | 3.1 | 2.9 | 2.7 |
| 10 | 5.0 | 4.1 | 3.7 | 3.5 | 3.3 | 3.2 | 2.9 | 2.7 | 2.5 |
| 11 | 4.8 | 4.0 | 3.6 | 3.4 | 3.2 | 3.1 | 2.8 | 2.6 | 2.4 |
| 12 | 4.8 | 3.9 | 3.5 | 3.3 | 3.1 | 3.0 | 2.7 | 2.5 | 2.3 |
| 13 | 4.7 | 3.8 | 3.4 | 3.2 | 3.0 | 2.9 | 2.6 | 2.4 | 2.2 |
| 14 | 4.6 | 3.7 | 3.3 | 3.1 | 3.0 | 2.9 | 2.5 | 2.3 | 2.1 |
| 15 | 4.5 | 3.7 | 3.3 | 3.1 | 2.9 | 2.9 | 2.5 | 2.3 | 2.1 |
| 16 | 4.5 | 3.6 | 3.2 | 3.0 | 2.9 | 2.8 | 2.4 | 2.2 | 2.0 |
| 17 | 4.5 | 3.6 | 3.2 | 3.0 | 2.8 | 2.7 | 2.4 | 2.2 | 2.0 |
| 18 | 4.4 | 3.6 | 3.2 | 2.9 | 2.8 | 2.7 | 2.3 | 2.1 | 1.9 |
| 19 | 4.4 | 3.5 | 3.1 | 2.9 | 2.7 | 2.6 | 2.3 | 2.1 | 1.8 |
| 20 | 4.4 | 3.5 | 3.1 | 2.9 | 2.7 | 2.6 | 2.3 | 2.1 | 1.8 |
| 22 | 4.3 | 3.4 | 3.1 | 2.8 | 2.7 | 2.6 | 2.2 | 2.0 | 1.8 |
| 24 | 4.3 | 3.4 | 3.0 | 2.8 | 2.6 | 2.5 | 2.2 | 2.0 | 1.7 |
| 26 | 4.2 | 3.4 | 3.0 | 2.7 | 2.6 | 2.4 | 2.1 | 1.9 | 1.7 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 28 | 4.2 | 3.3 | 2.9 | 2.7 | 2.6 | 2.4 | 2.1 | 1.9 | 1.6 |
| 30 | 4.2 | 3.3 | 2.9 | 2.7 | 2.5 | 2.4 | 2.1 | 1.9 | 1.6 |
| 40 | 4.1 | 3.2 | 2.9 | 2.6 | 2.5 | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.5 |
| 60 | 4.0 | 3.2 | 2.8 | 2.5 | 2.4 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.4 |
| 120 | 3.9 | 3.1 | 2.7 | 2.5 | 2.3 | 2.2 | 1.8 | 1.6 | 1.3 |
| ∞ | 3.8 | 3.0 | 2.6 | 2.4 | 2.2 | 2.1 | 1.8 | 1.5 | 1.0 |

испытаниях, и ряда других причин, частные показатели свойств всегда заметно различаются по величине.

Для того чтобы снизить влияние этого фактора в расчетах, обычно используются не индивидуальные значения показателей, а так называемые обобщения или нормативные и расчетные значения показателей.

Согласно ГОСТ 20522-96 (Грунты. Методы статистической обработки) при инженерно-геологических изысканиях в качестве нормативного показателя $X_н$ всех характеристик грунтов за исключением удельного сцепления *C* и угла внутреннего трения α принимают среднее арифметическое значение *X* и вычисляют по формуле

$$x_n = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \qquad (1.24)$$

Среднее квадратичное отклонение *S* все*х* характеристик грунта также, за исключением удельного сцепления и угла внутреннего трения, вычисляют по формуле 1.7, 1.8.

В практике гидрогеологических и гидрохимических исследований принято определять эффективный параметр, то есть имеющий наименьшую дисперсию. Данную оценку находят обычно по формуле 1.24. Однако при распределениях значительно отличающихся от нормального среднее является неэффективным параметром. Поэтому для его нахождения, например при логнормальном законе распределения, применяется зависимость

$$X = \gamma * e^{\frac{S^2 \ln}{2}} \qquad (1.25)$$

где у - выборочная медиана.

Возможно использование также такой формулы:

$$X = 10^{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \lg Xi} \qquad (1.26)$$

Точность вычисления средних во многом зависит от объема используемой выборки. При больших выборках (n>30) выборочные средние приближаются к своим генеральным аналогам и могут рассматриваться как вполне надежные характеристики.

При малых же выборках ошибка может оказаться весьма значительной. По этой причине использование таких значений в расчетах всегда сопряжено с определенным риском и может повлечь за собой опасные деформации строящихся сооружений, неверной оценке эксплуатационных запасов подземных вод, неверному прогнозу гидрогеологических условий месторождений полезных ископаемых и другое.

Во избежание подобного рода ошибок при расчетах, требующих повышенной точности и надежности, применяются не обобщенные, нормативные или эффективные, а расчетные значения показателей. Для вычисления расчетных показателей наиболее часто применяется метод доверительных пределов, основанный на вычислении такого значения показателя, которое с заданной надежностью не будет меньше (больше) истинного среднего.

Согласно ГОСТ 20522-96 расчетное значение характеристик *X?* устанавливают для модуля деформации, временного сопротивления одноосному сжатию скальных грунтов, влажности, плотности, пластичности нескальных грунтов, и вычисляют по формуле

$$Xp = Xн(1 \pm p) \qquad (1.27)$$

где  - показатель точности оценки среднего значения характеристики вычисляемый по формуле

$$p = \frac{T_a V}{\sqrt{n}} \qquad (1.28)$$

где - коэффициент, применяемый в зависимости от заданной односторонней доверительной вероятности а и числа степеней свободы.

Расчетные значения гидрогеологических, геоэкологических и прочих характеристик также можно вычислить по зависимости (1.27) при показателе точности, определяемом по формуле (1.28).

### *1.4.2. Установление числа определений*

В гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии большое значение имеет решение вопроса об установлении минимального необходимого объема наблюдений, то есть такого объема, который необходим для вычисления обобщенных и расчетных показателей с желаемой точностью и надежностью.

Одним из методов установления числа определений для вычисления обобщенных показателей является метод, основанный на стабилизации выборочной дисперсии или коэффициента вариации при увеличении объема
выборки. Для удобства строят графики в координатах $S^2$ от $n$ или $V$ от $n$ (рис. 1.15).

Число определений можно считать достаточным, когда изменения характеристик рассеяния становятся меньше 5-10 % от их значения.

Количество частных определений для установления нормативного и расчетного значения инженерно-геологических характеристик вычисляют по формуле

$$n = T_a^2 \frac{V^2}{p^2} \qquad (1.29)$$

Значения *Ta* принимают по таблице 1.2 (на с.28) при односторонней доверительной вероятности а = 0.95 и числе степеней свободы $f = n - 1$.

Коэффициенты вариации и показатель точности определяют на начальной стадии изысканий. При отсутствии предварительных данных их значения принимают по таблице 1.4.

### *1.5 Корреляционно-регрессионный анализ*

В гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии значительно чаще имеют место зависимости, когда фиксированному значению *X* соответствует не одно, а ряд значений Y, каждое из которых появляется с определенной вероятностью.

Статистической называют такую зависимость между X и Y, при которых одна из них реагирует на изменение другой изменением своего закона распределения.

На практике нас интересует изменение условных математических ожиданий *MY/X* величины Y в зависимости от значений, которые принимает величина *X*. Такие зависимости называются корреляционными. Методы исследования зависимостей такого рода получили название корреляционного анализа, а раздел математической статистики - теории корреляции.

Основные задачи теории корреляции относятся к области обоснования прогнозов. Величины, используемые для прогноза называются независимыми, а полученные в результате прогноза - зависимыми или прогнозируемыми.

Различаются парная и множественная корреляция. В этом разделе мы уделим внимание парной корреляции.

Геометрическое место точек, соответствующее значение условного математического ожидания *MY/X,* то есть график функции *Y/X,* называют линией регрессии, а соответствующее ей уравнение - регрессионным. Так как на практике мы работаем с выборочными значениями, уравнение вида $\overline{Y_x} = f(x)$ называют эмпирической регрессией, а величина $\overline{Y_x}$, - условным средним. Соответствие эмпирической линии регрессии и теоретической зависит от объема выборки.

*1.5.1. Методика корреляционно-регрессионного анализа при «ручной» обработке данных*

Корреляционный анализ начинается с построения точечной корреляционной диаграммы, на которую наносят результаты парных измерений величин X и Y. Если точки, располагающиеся на диаграмме, образуют эллипс, оси которого не параллельны осям координат, то это говорит о наличии корреляционной связи между показателями. Во всех остальных случаях корреляционная связь отсутствует.

Далее вычисляют коэффициенты корреляции и коэффициенты уравнения регрессии. Выборочное значение коэффициента корреляции вычисляют по формуле

$$r = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(Xi - \overline{X}\right)\left(Yi - \overline{Y}\right)}{SxSy} \qquad (1.30)$$

Коэффициент корреляции находится в пределах $-1 \le |r| \le 1$. При значениях $r \ge 0$ связь между показателями прямая, при $r \le 0$ - связь обратная.

При $|r| \le 0.25$ - связь отсутствует, при $0.25 \le |r| \le 0.5$ - связь слабая, при $0.5 \le |r| \le 0.75$ - связь средней силы, при $0.75 \le |r| \le 1$ — связь сильная.

Регрессионное уравнение в общем виде может быть выражено полиномом -n степени:

$$Y = a + b_1 X + b_2 X^2 + ... + b_n X^n \qquad (1.31)$$

При нормальном распределении обоих показателей степень полинома понижается и линии регрессии представляет собой прямую:

$$Y = a + bX . \qquad (1.32)$$

Коэффициенты уравнения регрессии вычисляют по формулам:

$$b = \frac{n\sum_{i=1}^{n} XiYi - \sum_{i=1}^{n} Xi \sum_{i=1}^{n} Yi}{n\sum_{i=1}^{n} Xi^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} Xi\right)^2} \qquad (1.33)$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{n} Yi \sum_{i=1}^{n} Xi^2 - \sum_{i=1}^{n} Xi \sum_{i=1}^{n} XiYi}{n\sum_{i=1}^{n} Xi^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} Xi\right)^2} \quad (1.34)$$

Для удобства вычисления коэффициента корреляции и коэффициентов уравнения регрессии можно использовать форму таблицы 1.5.

После заполнения таблицы вычисляют специальные коэффициенты:

$$Qx = \sum_{i=1}^{n} Xi^2 - \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n} Xi\right)^2 \quad (1.35)$$

$$Qy = \sum_{i=1}^{n} Y_1^2 - \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n} Y_1\right)^2 \quad (1.36)$$

$$Qxy = \sum_{i=1}^{n} XiYi - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Xi \sum_{i=1}^{n} Yi \quad (1.37)$$

Тогда коэффициент корреляции и коэффициент уравнения регрессии находятся по формулам:

$$r = \frac{Qxy}{\sqrt{QxQy}} \quad (1.38)$$

$$b = \frac{Qxy}{Qx} \quad (1.39)$$

$$a = \bar{Y} + b\bar{X} \quad (1.40)$$

После вычисления коэффициентов уравнения регрессии на графике рассеяния строится линия регрессии. Используя уравнение регрессии, можно вычислить прогнозные инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические характеристики.

### *1.5.2.Методика корреляционно-регрессионного анализа при обработке данных с помощью программы STATISTICA*

В стартовой панели «Основная статистика и таблицы» выберите процедуру «Корреляционные матрицы» (рис. 1.16) и щелкните ОК (или можете просто дважды щелкнуть на процедуре «Корреляционные матрицы»).

После выбора этой процедуры откроется диалоговое окно «Момент продукции и частичные корреляции» (рис. 1.17).

Вы можете выбрать переменные как из одного списка (матрица будет квадратной), так и из двух списков (прямоугольная матрица).

В данном примере для простоты выберем все переменные (рис. 1.18)
для анализа.

Нажмите ОК, чтобы вернуться в диалоговое окно «Момент продукции и частичные корреляции» (рис. 1.19) и нажмите Summary (или «Итог: матрица корреляций») для получения корреляционной матрицы (рис. 1.20).

Вы можете указать уровень значимости (~ 0,05 по умолчанию) для выделения значимых коэффициентов корреляции в таблице результатов. Чтобы изменить уровень, щелкните по кнопке «Параметры» в окне «Момент продукции и частичные корреляции» (рис. 1.21).

Легко обнаружить высокие корреляции (например, корреляция между Cuп — Pbп равна 0,89).

После того как получена оценка корреляций, посмотрим зависимости на графиках. Чтобы визуализировать значения корреляций между переменными, можно построить график корреляций. Если щелкнуть по соответствующему коэффициенту корреляции (0,89) правой кнопкой мыши, то появится меню (рис. 1.22).

Теперь перейдите в подменю «Графы входных данных», затем в подменю «Точечное вычерчивание...» выберите «Регрессия, 95% доверительности», нажав левую клавишу мыши.

Будет построен график (рис. 1.23) с параметрами, заданными по умолчанию (диаграмма рассеяния для выбранного коэффициента корреляции с прямой регрессии, 95% доверительная полоса и уравнение регрессии в заголовке).

### *1.7. Контрольные вопросы*

1. Что показывают гистограммы? Напишите и раскройте основные формулы для их построения.

2. Какие параметры относятся к центральным значениям? Дайте им определения.

3. Какие параметры относятся к характеристикам рассеяния? Дайте им определения.

4. Какие параметры относятся к характеристикам симметрии и степени сжатости кривых распределения? Дайте им определения.

5. Назовите оценки точности вычисления обобщенных статистических показателей.

6. Охарактеризуйте основные законы распределения.

7. Как проверить гипотезу о нормальности распределения?

8. Как проверить принадлежность вариант к статистической совокупности?

9. Как проверить независимость определений?

10. Как проверить различия между выборочными совокупностями (выделение гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических элементов)? Что такое критерий Стьюдента и критерий Фишера?

11. Как вычисляются нормативные и расчетные показатели?

12.Как установить минимальный необходимый объем наблюдений?

13.Что показывает корреляционная матрица? Напишите уравнение регрессии. Нарисуйте график.

14.Что характеризуют коэффициенты корреляции? Как рассчитываются коэффициенты корреляции и коэффициенты уравнений регрессии?

15. Расскажите о многомерном корреляционном и регрессионном анализе. Напишите уравнение множественной регрессии.

## 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### *2.1. Практические задания для «ручной» обработки*

Обработать результаты полевых и лабораторных исследований свойств горных пород и подземных вод. Варианты числовых значений этих характеристик приведены в приложении 1.

*Задание 1*.

1. Построить гистограммы распределения показателей, выявить законы распределения, при необходимости нормализовать исходные данные.

2. Вычислить обобщенные статистические характеристики, оценить точность их вычисления.

*Задание 2.* Проверить гипотезы:

1) о законе распределения выборок;

2) об однородности выборок;

3) об изменчивости показателей;

4) сравнить выборки между собой.

*Задание 3.*

1. Рассчитать нормативные (эффективные) и расчетные показатели.

2. Определить необходимое количество наблюдений.

*Задание 4.* Провести корреляционный анализ, включающий:

1) построение графиков рассеяния;

2) вычисление коэффициентов уравнения регрессии и коэффициентов корреляции;

3) вычисление прогнозных значений гидрогеологических и инженерно-геологических характеристик.

### *2.2. Практические задания для обработки данных с помощью программы STATISTICA*

*Задание 1.* На железорудном месторождении произведена подземная гидрогеологическая съемка горизонта отработки. При этом фиксировались дебиты выходов подземных вод ***(****Q,* л/сек), замерялась температура (Т, ***°****C),* *pH* - источников. Проведено гидрохимическое опробование с целью определения основных макрокомпонентов (Ca, Mg, Na, HCO3, Cl, SO4). Выполнена топогеодезическая привязка *(X, Y).* Результаты съемки систематизированы и приведены в приложении 2.

1. Ввести исходные данные, распечатать и проверить их.

2. Выявить законы распределения, вычислить эффективные оценки.

3. Выявить взаимосвязь между показателями и описать их. Рассчитать основные уравнения регрессии.

4. Определить закономерности изменения характеристик подземных вод по шахтному полю. Построить карты и описать их.

*Задание 2.* На железорудном месторождении проведена гидрогеологическая разведка, включающая в себя бурение гидрогеологических скважин и проведение опытно-фильтрационных работ. В результате разведки определены водопроводимость пород (T, $м^2$/сут), глубина залегания статического уровня (S, м), мощность водоносного горизонта *(M,* м), а также по интервальным опробованиям - коэффициент фильтрации *(K,* м/сут). Выполнена топогеодезическая привязка скважин *(X, Y).* Результаты разведки систематизированы и приведены в приложении 3.

1. Ввести в исходные данные, распечатать и проверить их.

2. Выявить законы распределения, вычислить эффективные оценки водопроводимости, мощности и коэффициента фильтрации водоносного горизонта.

3. Выявить взаимосвязи между показателями и описать их. Рассчитать основные уравнения регрессии.

4. Определить закономерности изменения характеристик по площади. Построить карты и описать их.

*Задание 3.* На железорудном месторождении проведена инженерно-геологическая разведка. Она включала в себя бурение скважин, опробование и лабораторное определение физико-механических свойств скальных пород.

Были определены следующие показатели: плотность (ρ, г/$см^3$), водонасыщение свободное *(*$W_{СР}$, %), пористость открытая ($\eta_О$, %), предел прочности породы на разрыв ($R_Р$, МПа), предел прочности породы на одноосное сжатие ($R_{СЖ}$, МПа), угол внутреннего трения (φ, град.), сцепление в образце (С, МПа), коэффициент крепости пород по Протодьяконову *( f,* ед.), скорость распространения упругих продольных волн ($V_Р$, м/с), скорость распространения упругих поперечных волн ($V_S$, м/с), коэффициент Пуассона (μ, ед.), Модуль Юнга *(E,* кг/$см^2$ n·$10^{-5}$). Произведена топогеодезическая привязка скважин *(X, Y).* Результаты разведки систематизированы и приведены в приложении 4.

1.Исходные данные ввести, распечатать и проверить их.

2.Выявить законы распределения, вычислить нормативные и расчетные оценки инженерно-геологических характеристик.

3.Выявить взаимосвязь между показателями и описать их. Рассчитать основные уравнения регрессии.

4.Определить закономерности изменения инженерно-геологических характеристик по шахтному полю. Построить карты и описать их.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учебное пособие направлено на формирование у студентов методического подхода к построению статистических моделей при обработке гидрогеологической, инженерно-геологической и геоэкологической информации. Такой подход является наиболее универсальным, так как содержит множество методов, использование которых позволяет сделать новые научные и практические выводы. Реализация данного подхода может быть применима для любых природных условий и любых типов объектов при обработке гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических показателей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### *Основная*

1. Комаров *И. С.* Накопление и обработка информации при инженерно-геологических исследованиях. - М.: Недра, 1972. - 206 с.

2. ГОСТ 20522-96. Грунты. Методы статистической обработки.

3. Гмурман Е. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. - М.: Высшая школа, 1977. - 479 с.

4. Гавич И. К., Семенова С. М., Швец В. М. Методы обработки гидрогеологической информации с вариантами задач. - М.: Высшая школа, 1981.-115 с.

### *Дополнительная*

5. Методические пособия по инженерно-геологическому изучению горных пород / Под. ред. Е. М. Сергеева. - М.: Недра, 1984. - Т.2. - 481с.

6. Комаров И. С., Хайме Н. М., Бабенышев А. П. Многомерный статистический анализ в инженерной геологии. - М.: Недра, 1976. - 196 с.

7. Девис Д. Статистика и анализ геологических данных. - М.: Мир, 1977.-571 с.

8. Чесалов С. М., Шмагин В. А. Статистические методы решения гидрогеологических задач на ЭВМ. - М.: Недра, 1989. - 130 с.

МИНОБРНАУКИ
ФГБОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методической работе
_____ А. Г. Кулаков

О. А. Суставов

# ПЕТРОГРАФИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД, ПЕТРОЛОГИЯ

*Учебно-методическое пособие*
к лабораторным занятиям (часть 1)
для студентов специализации «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания
направления «Прикладная геология»

Одобрено на заседании кафедры
Минералогии, петрографии и геохимии
*(название кафедры)*
Зав. кафедрой _____
*(подпись)*
Коротеев В.А.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 4 от 17.03.2020
*(Дата)*

Рассмотрено методической комиссией
Факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

С 89

Рецензент – *В. И. Русин*, доктор геол.-минер. наук, профессор кафедры МПГ Уральского государственного горного университета

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры минералогии, петрографии и геохимии 2 ноября 2017 г. (протокол № 2 ) и рекомендовано для издания в УГГУ.

**Суставов О. А.**

С 89 ПЕТРОГРАФИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД, ПЕТРОЛОГИЯ : Учебно-методическое пособие к лабораторным занятиям (часть 1) / О. А. Суставов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. - 64 с.

Рассматривается методика изучения минералов в петрографических шлифах и дается микроскопическая характеристика наиболее распространенных минералов магматических и метаморфических пород. Приводятся некоторые понятия кристаллооптики, данные об устройстве и поверках микроскопа, о методах изучения минералов при выключенном анализаторе и в скрещенных николях, с использованием параллельного и сходящегося света. Подробно описываются практические приемы работы с микроскопом при диагностике и описании породообразующих минералов. Пособие может быть использовано при проведении аудиторных лабораторных занятий и для самостоятельной работы студентов.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов специальности 080100 - «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых» (РМ) направления 130301 – «Прикладная геология».

© Суставов О. А., 2011
© Уральский государственный горный университет, 2011

# Оглавление

1. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ МИНЕРАЛОВ ПОД МИКРОСКОПОМ 4

1.1. Некоторые понятия кристаллооптики ..... 4

1.2. Устройство и поверки микроскопа ..... 6

1.3. Исследования при выключенном анализаторе ..... 11

1.4. Исследования при включенном анализаторе в параллельном свете ..... 17

1.5. Исследования при включенном анализаторе в сходящемся свете ..... 27

1.6. План описания минерала под микроскопом ..... 30

1.7. Примеры описания минералов в шлифе ..... 31

1.8. Контрольные вопросы ..... 33

2. ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ 34

2.1. Минералы магматических пород ..... 34

2.2. Минералы метаморфических пород ..... 52

2.3. Контрольные вопросы ..... 60

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 61

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ 61

# 1. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ МИНЕРАЛОВ ПОД МИКРОСКОПОМ

## 1.1. Некоторые понятия кристаллооптики

Кристаллооптика – раздел физики, изучающий законы распространения света в кристаллах и возникающие при этом оптические эффекты.

В *естественном (неполяризованном)* свете векторы напряженности электрического поля ориентированы во всех направлениях, перпендикулярных световому лучу. В *плоскополяризованном* свете эти векторы расположены в одной плоскости, перпендикулярной направлению распространения светового луча; эта плоскость называется *плоскостью колебаний* света.

В *оптическикически изотропных* веществах свет распространяется во всех направлениях с равной скоростью. То есть показатель преломления *n* таких веществ во всех направлениях одинаков. Оптически изотропными являются жидкости, аморфные твердые тела (стекла, смолы) и кристаллы кубической сингонии.

Кристаллы остальных сингоний, кроме кубической, *оптически анизотропны.* Луч естественного света, попадая в оптически анизотропный кристалл, разделяется на два плоскополяризованных луча, имеющих неодинаковые скорости распространения и взаимно перпендикулярные плоскости колебаний. Скорость одного или обоих лучей зависит от направления их распространения в кристалле. Поэтому соответствующие этим лучам показатели преломления изменяются в зависимости от направления в кристалле. Разность наибольшего ($n_g$) и наименьшего ($n_p$) показателей преломления кристалла ($n_g$ - $n_p$) называется его *двойным лучепреломлением (двупреломлением).*

В оптически анизотропных кристаллах имеются направления, по которым двойного лучепреломления не происходит (скорости распространения обоих лучей в этих направлениях одинаковы). Эти направления называются *оптическими осями*. Кристаллы средних сингоний: гексагональной, тетрагональной и тригональной, имеют одну оптическую ось (*оптически одноосные* кристаллы; оптическая ось в них совпадает с осью симметрии высшего порядка – $L_6$, $L_4$, $L_3$). Кристаллы низших сингоний: ромбической, моноклинной и триклинной, имеют две оптических оси (*оптически двуосные* кристаллы).

Поверхность, построенная на величинах показателей преломления, значения которых откладываются по направлению колебаний светового луча называется о*птической индикатрисой*.

В кристаллах кубической сингонии оптическая индикатриса имеет форму шара – показатели преломления имеют одинаковую величину во всех направлениях.

В одноосных кристаллах (гексагональная, тетрагональная и тригональная сингонии) индикатриса представляет собой эллипсоид вращения, ось вращения которого совпадает с оптической осью.

В двуосных кристаллах (ромбическая, моноклинная и триклинная сингонии) оптическая индикатриса имеет форму трехосного эллипсоида – с тремя взаимно перпендикулярными и неравными друг другу по величине осями $N_g$ , $N_m$ и $N_p$.

В кристаллах ромбической сингонии оси $N_g$ , $N_m$ и $N_p$ совпадают с осями $L_2$ или нормалями к плоскостям симметрии.

В кристаллах моноклинной сингонии одна из осей индикатрисы совпадает с кристаллографической осью ***b***. Часто с осью ***b*** совпадает ось $N_m$, а плоскость $N_g$ $N_p$ совпадает с кристаллографической плоскостью (010). Оси $N_g$ и $N_p$, лежащие в этой плоскости, образуют с кристаллографическими осями ***a*** и ***c*** некоторые углы, постоянные для каждого минерала.

В кристаллах триклинной сингонии оси индикатрисы $N_g$, $N_m$ и $N_p$ не совпадают с кристаллографическими осями.

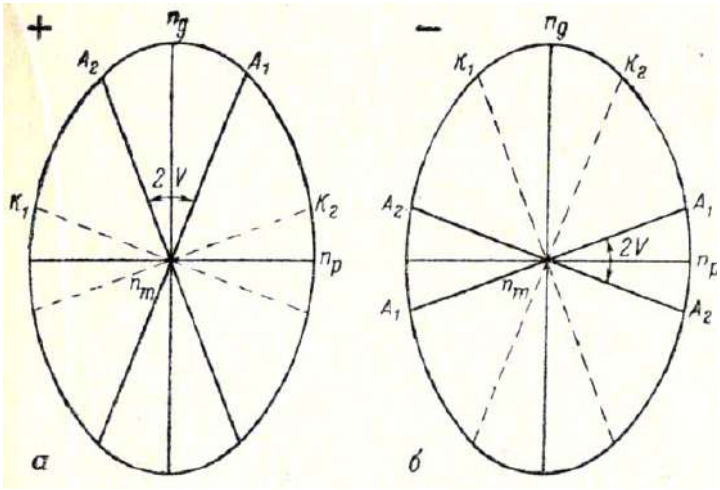



Рис. 1. Разрез индикатрисы оптически положительного (*а*) и оптически отрицательного (*б*) кристаллов; $A_1$ и $A_2$ – оптические оси, $K_1$ и $K_2$ – соответствующие им круговые сечения

В оптических индикатрисах двуосных кристаллов имеется два перпендикулярных оптическим осям *круговых сечения* с радиусом $N_m$ ($K_1$ и $K_2$ на рис. 1). Сечение $N_g$ $N_p$ называется *плоскостью оптических осей* (в этом сечении располагаются оптические оси). Острый угол между оптическими осями называется *углом оптических осей* (*2V*). Оси индикатрисы $N_g$ и $N_p$ являются биссектрисами угла *2V* (рис. 1). Одна из них делит пополам острый угол между оптическими осями и поэтому называется *острой биссектрисой*, другая является биссектрисой тупого угла между оптическими осями и называется *тупой биссектрисой*.

Если острой биссектрисой является $N_g$, кристалл называется *оптически положительным* (+), если острой биссектрисой является $N_p$ – *оптически отрицательным* (-).

Произвольное сечение индикатрисы двуосного кристалла представляет собой эллипс, большая полуось которого меньше $N_g$ (обозначается $N_g'$), а малая полуось больше $N_p$ (обозначается $N_p'$).

## *1.2.* Устройство и поверки микроскопа

***Устройство микроскопа***

Микроскопы серии **ПОЛАМ** (рис. 2) состоят из осветительной и наблюдательной систем.

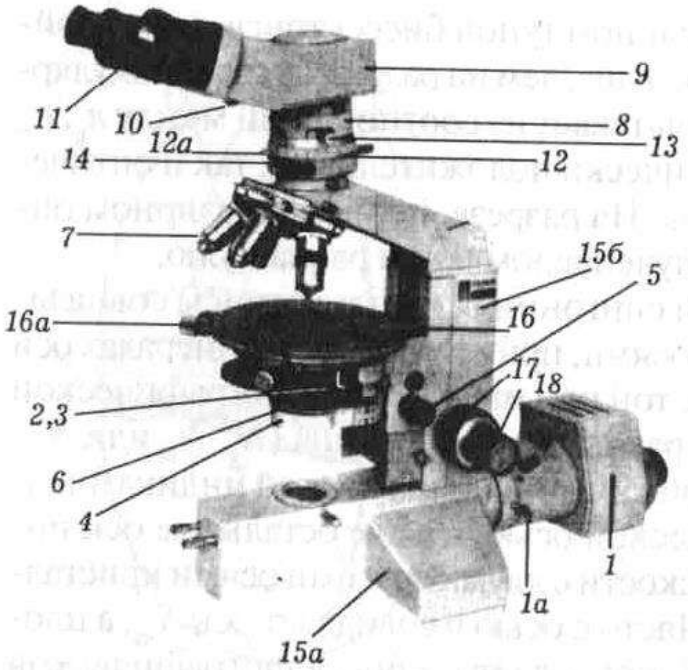



Рис. 2. Схема устройства поляризационного микроскопа серии Полам (объяснения в тексте)

Осветительная система включает в себя *осветитель 1*, закрепленный с помощью винта *1а*, и *конденсорное устройство 2*, состоящее из двух линз, верхняя из которых съемная. Выше конденсора помещена *диафрагма* с рукояткой *3*. *4* – откидная осветительная линза в оправе. Конденсорное устройство может перемещаться вверх и вниз вращением рукоятки *5*. В нижней части конденсорного устройства помещен *поляризатор* 6, закрепленный винтом. При ослаблении винта поляризатор можно вращать за кольцо оправы.

Наблюдательная система состоит из сменных объективов *7*, тубуса *8*, а также монокулярной насадки *9* с диафрагмой *10* и окуляром *11*. В некоторых микроскопах имеется бинокулярная насадка.

В тубусе размещены *анализатор* и *линза Бертрана*. Анализатор можно поворачивать с помощью кольца *12* и фиксировать винтом. Анализатор вводится и выводится рукояткой *12а*. Рукоятка *13* служит для включения и выключения линзы Бертрана. В нижней части тубуса имеется расположенный под углом 45 ° к плоскости симметрии микроскопа паз *14*, предназначенный для введения компенсаторов.

Все узлы микроскопа укреплены на *штативе* с основанием *15а* и тубусодержателем *15б*, в который смонтирован механизм фокусировки, перемещающий *предметный столик 16*. Грубое перемещение направляющей механизма фокусировки осуществляется рукоятками *17*, точное – рукоятками

*18*. Предметный столик представляет собой вращающийся диск, имеющий по окружности лимб с градусными делениями. Два нониуса *16а* дают возможность измерять углы поворота столика. Винты у нониусов обеспечивают фиксацию предметного столика.

Главными частями микроскопа **МП-6** (рис. 3) является штатив, тубус, предметный столик и осветительное устройство.

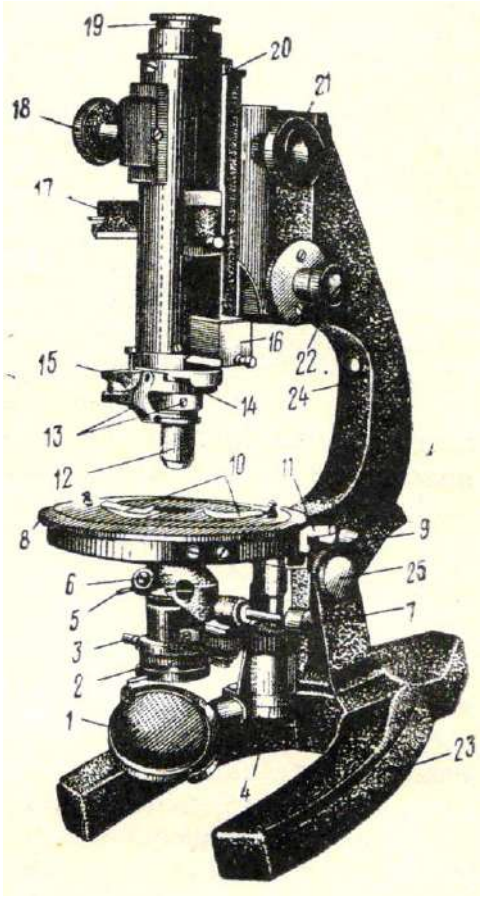



Рис. 3. Поляризационный микроскоп МП-6:
1 – осветительное зеркало; 2 – поляризатор; 3 – стопорный винт поляризатора; 4 – винт подъема поляризатора; 5 – рукоятка диафрагмы; 6 – линза Лазо; 7 – рукоятка линзы Лазо; 8 – предметный столик; 9 – стопорный винт столика; 10 – зажимы для крепления шлифа; 11 – нониус; 12 – объектив; 13 – центрировочные винты; 14 – прорезь для компенсатора; 15 – щипцы для крепления объектива; 16 – анализатор; 17 – линза Бертрана; 18 – винт линзы Бертрана; 19 – окуляр; 20 – тубус; 21 – винт грубой наводки; 22 – винт тонкой наводки; 23 – основание штатива; 24 – ручка тубусодержателя; 25 – стопорный винт штатива

*Штатив* состоит из массивной неподвижной нижней части *23* и верхней подвижной части *24*, на которой закреплены все другие устройства микроскопа. Обе части штатива соединены шарнирно, что позволяет наклонять верхнюю часть микроскопа на наблюдателя и закреплять ее с помощью стопорного винта в удобном для работы положении.

*Тубус* – цилиндр, который может перемещаться с помощью винта грубой наводки *21* и микрометренного винта *22*, позволяющих ставить объект на фокус. В нижней части тубуса имеются щипцы *15*, закрепляющие *объектив*. Выше располагается *анализатор*, который можно вводить и выводить из тубуса. Выше анализатора находится *линза Бертрана*, которую также можно вводить в тубус и выводить из него; эта линза используется при исследованиях в сходящемся свете, а при работе в параллельном свете выключается. В верхнее отверстие тубуса вставляется *окуляр 19*.

*Предметный столик* – массивный диск, вращающийся вокруг вертикальной оси. Внешний край столика градуирован, что позволяет с помощью нониусов *11* производить отсчеты углов поворота. Препарат закрепляется на столике с помощью пружинящих зажимов *10*.

*Осветительное устройство* располагается под предметным столиком. В его нижней части находится двустороннее осветительное *зеркало 1*. В большинстве случаев можно пользоваться его вогнутой стороной. Над зеркалом расположен *поляризатор 2*, выше которого находится *диафрагма*, регулирующая степень освещенности объекта и изолирующая боковые лучи. Над диафрагмой установлен *конденсор*, направляющий поток параллельных световых лучей на исследуемый объект. Выше располагается *линза Лазо 6,* которая используется для получения сходящегося светового пучка, необходимого при исследованиях коноскопическим методом. При изучении минералов в параллельном свете линза Лазо не используется и с помощью специального рычага *7* выводится из оптической системы микроскопа.

Осветительное устройство поднимается и опускается с помощью винта *4*, расположенного вертикально под столиком слева.

К каждому микроскопу приложен набор объективов с увеличениями $3^x$, $8^x$, $20^x$, $40^x$ и $60^x$.

***Шлиф***

Горные породы изучают под микроскопом в срезах толщиной около 0,03 мм, которые называются *шлифами*. Шлиф изготавливают следующим образом. С помощью алмазной пилы отпиливают небольшую пластинку горной породы, пришлифовывают ее с одной стороны на специальном станке, а затем приклеивают ровной стороной на *предметное* стекло. В качестве клея используют канадский бальзам – прозрачное смолоподобное вещество с показателем преломления около 1.537. Приклеенную к стеклу пластинку горной породы шлифуют с противоположной стороны до толщины около 0.03 мм, покрывают вторым слоем канадского бальзама и тонким *покровным стеклом.*

***Подготовка микроскопа к работе***

Для подготовки микроскопа к работе необходимо:

1. Установив микроскоп на рабочем месте, поворотом тубусодержателя придать тубусу удобный для работы наклон.

2. Поднять осветительное устройство винтом вверх до упора. Вывести из оптической системы микроскопа линзу Бертрана, анализатор, линзу Лазо, полностью открыть диафрагму.

3. Поставить объектив нужного увеличения (при рядовой работе обычно $8^x$ или $9^x$). На оправе объектива имеется два стерженька для установки центрировочных винтов и наклонный фиксирующий штифт для закрепления объектива щипцами тубуса. Для установки объектива нужно сначала с помощью винта грубой наводки несколько приподнять тубус, а затем, сжав

пальцами левой руки щипцы, **правой** рукой надеть объектив на кольцеобразный выступ тубуса микроскопа. Затем нужно повернуть объектив против часовой стрелки так, чтобы фиксирующий штифт вошел в прорезь зажима, после чего отпустить щипцы.

4. Поворотами осветительного зеркала добиться наиболее яркой и равномерной освещенности поля зрения.

5. На предметный столик положить шлиф (покровным стеклом кверху) и с помощью зажима закрепить его.

6. Навести изображение шлифа на резкость при помощи винтов грубой и точной наводки (чтобы не повредить шлиф, лучше это делать, постепенно увеличивая расстояние между шлифом и объективом). Работая с объективами с увеличением $20^x$, $40^x$ и $60^x$, фокусные расстояния которых очень малы, наведение на резкость следует производить с особой осторожностью, чтобы не раздавить шлиф и не повредить линзы объективов. Для этого сначала нужно, глядя сбоку на конец объектива, осторожно с помощью винта грубой наводки подвести объектив близко к поверхности шлифа, а затем, смотря в окуляр, увеличивать фокусное расстояние до появления отчетливого изображения объекта.

7. Чтобы глаза не уставали, рекомендуется научиться, глядя одним глазом в окуляр микроскопа, оставлять другой глаз при работе открытым. Для этого вначале можно работать с надетым на тубус бумажным экраном.

Перед тем, как приступать к изучению шлифа, следует выполнить **поверки микроскопа.**

1. *Поверка скрещенности николей*.

Скрещенным называется такое положение поляризатора и анализатора, при котором плоскость колебаний света, пропускаемого анализатором, перпендикулярна плоскости колебаний света, пропускаемого поляризатором.

Поверка делается без шлифа. При выключенном анализаторе устанавливается освещенное поле зрения. Затем включается анализатор. Если николи скрещены, поле зрения при включенном анализаторе будет темным, почти черным. Если же при включенном анализаторе поле зрения просветлено, то николи не скрещены. В этом случае нужно открепить стопорный винт поляризатора, повернуть поляризатор за оправу на некоторый угол до полного угасания поля зрения и в этом положении закрепить винт.

Эту же поверку подобным образом можно делать и по участку канадского бальзама в шлифе.

2. *Поверка совпадения нитей окуляра с направлениями колебаний поляризатора и анализатора.*

Находим в шлифе зерно мусковита или биотита с хорошо различимыми трещинами спайности и устанавливаем это зерно при включенном анализаторе на угасание (делаем зерно максимально темным). Выключаем анализатор. Трещины спайности в зерне должны быть параллельны одной из нитей окуляра.

Если такой параллельности нет и в положении угасания трещины спайности ориентированы под некоторым (обычно небольшим) углом к нити окуляра, то следует несколько повернуть окуляр - до совпадения нити окуляра с направлением трещин спайности.

3. *Определение направления колебаний света в поляризаторе.*

Поверка производится при выключенном анализаторе с помощью зерна биотита с хорошо заметными трещинами спайности. Вращая столик микроскопа, наблюдаем, как при повороте столика биотит меняет окраску (плеохроирует). В тот момент, когда биотит приобретает самую густую окраску, трещины спайности ориентированы параллельно плоскости колебаний света в поляризаторе (совпадающей либо с вертикальной, либо с горизонтальной нитью окуляра). Следут записать, с какой именно нитью сопадает направление колебаний света в поляризаторе.

4. *Центрировка объектива.*

Центрировка объектива заключается в совмещении оптической оси объектива с осью микроскопа. При отцентрированном объективе зерно, поставленное на пересечение нитей окуляра, при вращении столика не смещается и все время остается на пересечении нитей окуляра. Если же объектив не отцентрирован, то при вращении столика зерно будет отклоняться от пересечения нитей окуляра.

Для этой поверки выбираем в шлифе какую-либо хорошо заметную точку и, передвигая шлиф на столике, ставим ее на перекрестие нитей окуляра (*1* на рис. 4), а затем вращаем столик микроскопа, следя за точкой. Если при вращении столика точка смещается относительно центра креста нитей, то объектив следует центрировать (обнаружив нарушение центрировки, следует сначала проверить, правильно ли вставлен объектив).

Для центрировки нужно повернуть столик микроскопа в положение, когда наблюдаемая точка максимально отклонилась от перекрестия нитей окуляра (*2* на рис. 4), надеть на специальные штифты на корпусе объектива

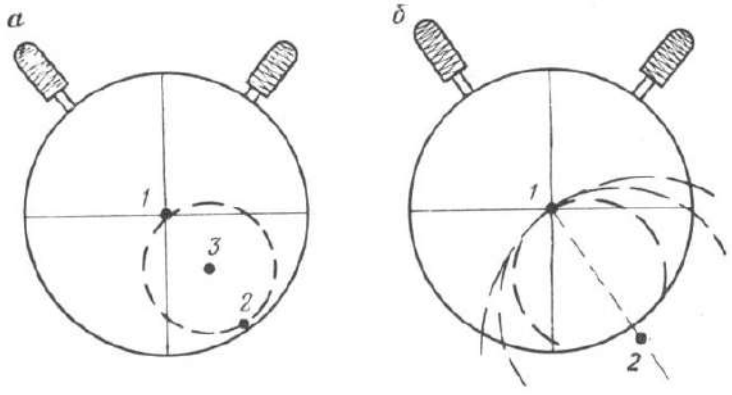



Рис. 4. Схема центрировки

центрировочные ключи и, вращая их, переместить точку в сторону перекрестия нитей на половину расстояния от точки до перекрестия нитей (в положение *3* на рис. 4, *а*). Затем передвинуть шлиф руками на столике так,

чтобы точка вновь попала в центр креста нитей. Повторять эти операции, пока точка при вращении столика не будет отклоняться от центра креста нитей.

Иногда, при сильной расцентрированности объектива, наблюдаемая точка при повороте столика микроскопа уходит за пределы поля зрения. В этом случае следует поворачивать предметный столик на некоторый угол то в одну, то в другую сторону, чтобы мысленно определить, где располагается центр окружности, которую описывает точка (направление *1 – 2* на рис. 4, *б*). Затем вращением центрировочных винтов перемещаем предполагаемый центр окружности, которую описывает точка, к перекрестию нитей окуляра. После этого, передвигая шлиф руками, снова ставим точку на центр поля зрения и повторяем описанные выше операции (иногда это приходится делать несколько раз) до достижения центрировки.

## 1.3. Исследования при выключенном анализаторе

***Размер зерен.*** Приближенно размеры зерен в шлифах можно оценить, сравнивая зерна с диаметром поля зрения микроскопа. Величину диаметра поля зрения (с точностью до десятых долей миллиметра) можно определить, поставив на столик микроскопа вместо шлифа линейку с миллиметровыми делениями.

Для более точного измерения размеров зерен используется окуляр $6^x$ с микрометрической шкалой. Цена минимального деления этой шкалы при использовании объектива $8^x$ или $9^x$ - около 0.02 мм.

Для точного определения цены деления шкалы окуляра используется объект-микрометр, представляющий собой металлическую пластинку, в центре которой вставлено стекло с нанесенной линейной шкалой длиной 1 мм, разделенной на 100 делений. Объект-микрометр устанавливается на столике микроскопа как обычный шлиф. В тубус микроскопа вставляется окуляр со шкалой. Перемещая на столике объект-микрометр, совмещаем начало обеих шкал. Определяем, скольким делениям шкалы окуляра соответствует шкала объект-микрометра и вычисляем цену деления окуляра. Например: длина всей шкалы объект-микрометра (1 мм) соответствует 54 малым делениям шкалы окуляра. Отсюда 1 малое деление шкалы окуляра равно 1 мм : 54 = 0,0185 мм.

***Форма зерен.*** Зерна минералов могут иметь призматическую, таблитчатую, пластинчатую, а также изометрическую и неправильную форму. При изучении шлифов объемная форма зерен минерала устанавливается на основе сопоставления между собой имеющихся в шлифе плоских разрезов минерала. На рис. 5 представлены продольные и поперечные разрезы кристаллов призматической, таблитчатой и пластинчатой формы.

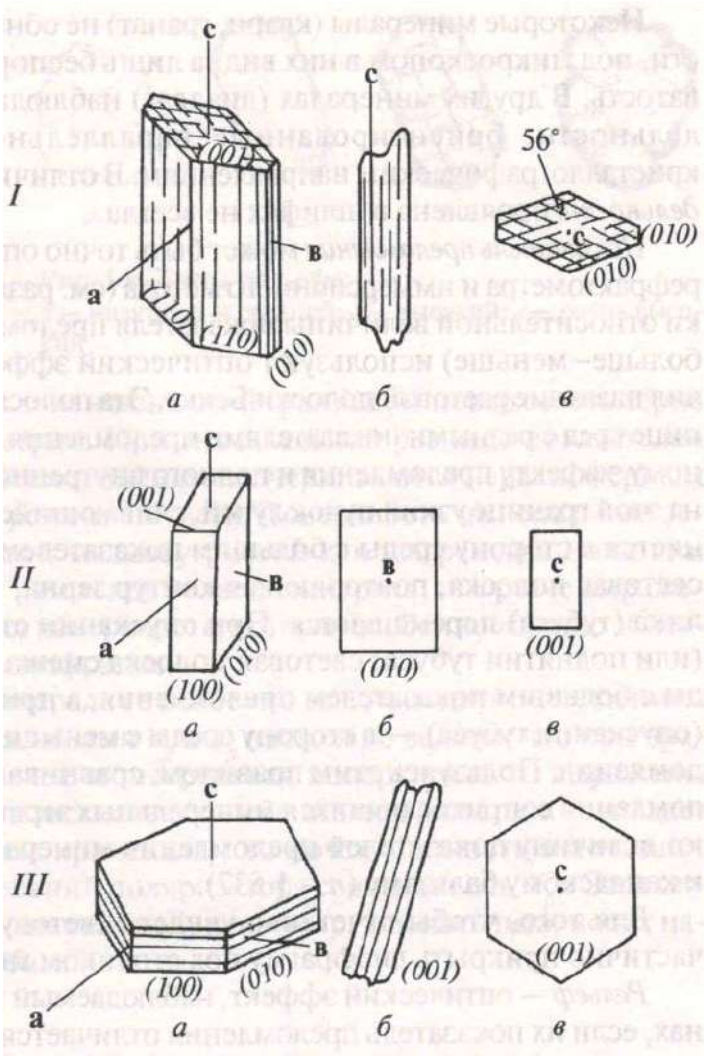



Рис. 5. Кристаллы призматической (*I*), таблитчатой (*II*) и пластинчатой (*III*) формы:
*а* – объемная форма кристаллов;
*б, в* – разрезы:
*б* – продольные,
*в* - поперечные

***Спайность.*** Спайность наблюдается в шлифе в виде серии трещин, пересекающих минерал. Она видна не во всех сечениях кристаллов, а хорошо различается лишь там, где трещины спайности ориентированы по отношению к плоскости шлифа под углом, близким к 90 °. Так, у слюд в разрезах, перпендикулярных уплощенности кристаллов, видны четкие трещины спайности, а в разрезах, проходящих параллельно уплощенности кристаллов, трещин спайности не видно (см. рис. 5, *III*). У минералов, обладающих спайностью в двух направлениях, в шлифе чаще всего наблюдаются разрезы с трещинами спайности, проходящими лишь в одном направлении (см. рис. 5, *I, б*). Поэтому заключение о спайности минерала следует основывать на просмотре в шлифе всех зерен данного минерала.

У минералов с *весьма совершенной* спайностью (слюды) тонкие параллельные трещины спайности идут через весь кристалл (см. рис. 5, *III, б*). Минералы с *совершенной* спайностью (пироксены, амфиболы) характеризуются общим параллельным расположением трещин, но эти трещины прерывисты и не всегда строго параллельны друг другу (см. рис. 5, *I, б*). *Несовершенная* спайность (оливин) характеризуется отсутствием строгой параллельности, прерывистостью, иногда ветвлением и пересечением трещин, при наличии

общего направления в их расположении. Иногда несовершенная спайность проявлена в виде редких и коротких трещин (нефелин). Если минерал спайностью не обладает, то трещины отсутствуют или имеют неровную форму и ориентированы беспорядочно.

При наличии спайности по двум направлениям (см. рис. 5, *I* ) измеряется угол между плоскостями спайности. Порядок работы при определении угла между плоскостями спайности следующий:

1) находим разрез, перпендикулярный трещинам спайности обоих направлений: трещины должны быть тонкими и не смещаться в сторону при подъеме и опускании тубуса микроскопа;

2) совмещаем трещины спайности одного направления с одной из нитей окуляра; берем отсчет по лимбу столика;

3) вращением столика совмещаем с той же нитью окуляра трещины спайности второго направления; снова берем отсчет. Разность отсчетов - угол между плоскостями спайности. Принято измерять острый угол между плоскостями спайности.

***Цвет***. При работе с выключенным анализатором различают зерна *непрозрачные*, которые выглядят совершенно черными (это главным образом рудные минералы, их определение проводится на специальных микроскопах в отраженном свете), и *прозрачные* – бесцветные и окрашенные.

Цвет минерала в шлифе отличается от цвета того же минерала в образце. Многие минералы, отчетливо окрашенные в образцах, под микроскопом оказываются бесцветными. Цвет минерала обычно характеризуется словом из двух частей: например, сине-зеленый, светло-коричневый. Некоторые минералы в анизотропных сечениях при вращении столика микроскопа изменяют интенсивность окраски, а иногда и цвет (*плеохроируют).*

***Показатель преломления.*** Показатель преломления минерала оценивается в шлифе путем его сравнения с показателем преломления канадского бальзама (1.537 ± 0.004) или с показателями преломления окружающих минералов. Эта оценка производится исходя из наблюдения у изучаемого минерала описываемых ниже рельефа, характера ограничений, шагреневой поверхности и полоски Бекке (лучше всего они видны при частично прикрытой диафрагме и опущенном осветительном устройстве).

*Рельеф* – оптический эффект, свойственный зернам минералов, показатели преломления которых отличаются от показателя преломления канадского бальзама. У минералов с показателями преломления, более высокими, чем у канадского бальзама, рельеф *положительный* – минерал кажется более толстым, чем другие минералы, как бы рельефно выступающим над общей поверхностью шлифа. У минералов с показателями преломления, более низкими, чем у канадского бальзама, рельеф *отрицательный* – кажется, что минерал образует впадину на поверхности шлифа.

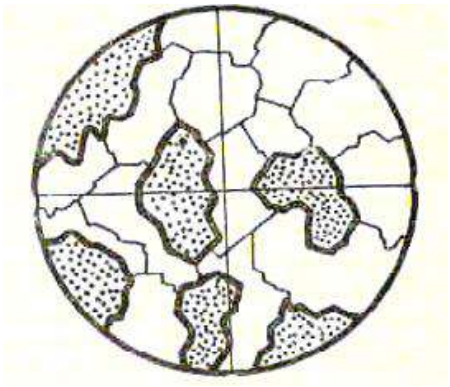


Рис. 6. Резкие ограничения и шагреневая поверхность у минералов с высоким показателем преломления

Чем больше отличается показатель преломления изучаемого зерна от канадского бальзама или соседних зерен, тем сильнее выражен рельеф данного зерна. При равенстве показателей преломления минерала и канадского бальзама рельеф у минерала отсутствует.

*Ограничения*. Граница между минералом и канадским бальзамом, или между двумя бесцветными минералами, находящимися в непосредственном контакте друг с другом, четко заметна в том случае, если их показатели преломления различны. Чем больше разница в показателях преломления соприкасающихся минералов, или минерала и канадского бальзама, тем ограничения становятся более резкими (рис. 6).

*Шагреневая поверхность*. При изготовлении шлифов на поверхностях срезов зерен образуются микроскопические неровности. У минералов с показателями преломления, близкими к канадскому бальзаму, эти неровности не заметны и поверхность зерен выглядит гладкой. Если же показатели преломления минерала значительно отличаются от канадского бальзама, то неровности на поверхности зерна становятся заметнее и поверхность зерна кажется шероховатой, мелкобугристой - как шагреневая кожа или кожура апельсина. Чем больше отличие показателей преломления зерна от показателя преломления канадского бальзама, тем резче выражена шагреневая поверхность этого зерна (см. рис. 6).

На границе двух соприкасающихся бесцветных минералов, обладающих близкими показателями преломления, при внимательном наблюдении заметно явление окрашивания минералов в зеленоватые и розоватые тона (*дисперсионный эффект*). Бесцветный минерал, имеющий более высокий показатель преломления, приобретает светло-зеленоватую окраску, а бесцветный минерал с более низким показателем преломления - розоватую окраску. Этот эффект становится более отчетливым при прикрытой диафрагме и некотором расфокусировании изображения.

Умение видеть дисперсионный эффект особенно важно при расмотрении мелких бесцветных включений одного минерала в другом, например, мелких вростков плагиоклаза в калиевом полевом шпате (пертиты) или, наоборот, калиевого полевого шпата в плагиоклазе (антипертиты). Отличить калиевый полевой шпат от кварца и плагиоклаза в мелкозернистых агрегатах иногда можно только по дисперсионному эффекту.

По характеру ограничений, рельефу и шагреневой поверхности В. Н. Лодочников подразделяет все бесцветные минералы на 7 групп (табл. 1).

Для более точного определения относительного показателя преломления используется так называемая световая *полоска Бекке*. Это возникающая при расфокусировании микроскопа узкая световая полоска, повторяющая контур зерна. Наиболее четко она видна при использовании объективов с увеличением

$20^x$ и более. При увеличении расстояния между объективом и шлифом полоска Бекке перемещается в сторону вещества с *бóльшим* показателем преломления,

Таблица 1

**Группы В. Н. Лодочникова**

| Группа | Показатель преломления | Ограничения, шагреневая поверхность | Рельеф | Примеры минералов |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.41 - 1.47 | ясные | отрицательный | опал |
| 2 | 1.47 - 1.53 | слабые | « | калиевый полевой шпат |
| 3 | 1.53 - 1.55 | отсутствуют | нет | кварц, кислый плагиоклаз |
| 4 | 1.55 - 1.60 | слабые | положительный | мусковит, основной плагиоклаз |
| 5 | 1.61 - 1.66 | ясные | « | апатит |
| 6 | 1.66 - 1.78 | резкие | « | пироксен, оливин |
| 7 | более 1.78 | очень резкие | « | титанит, циркон |

а при уменьшении расстояния между объективом и шлифом – в сторону вещества с *меньшим* показателем преломления.

*Порядок работы* при определении показателя преломления минерала:

1) Находим зерно определяемого минерала на границе с канадским бальзамом (на краю шлифа или на границе с заполненной канадским бальзамом трещиной внутри шлифа). При включенном анализаторе зерно имеет некоторую интерференционную окраску, а канадский бальзам черный и остается черным при вращении столика микроскопа.

2) Выключаем анализатор, несколько опускаем осветительное устройство и частично прикрываем диафрагму.

3) Определяем рельеф, характер ограничений и шагреневой поверхности изучаемого зерна.

4) Находим границу между зерном и канадским бальзамом. При подъеме и опускании тубуса наблюдаем полоску Бекке и отмечаем направление ее перемещения.

5) По таблице 1 оцениваем величину показателя преломления минерала.

Для оценки показателя преломления по определенной оси индикатрисы ($N_g$, $N_m$, $N_p$) нужно совместить эту ось с направлением колебаний света в поляризаторе (как определять наименования осей индикатрисы – см. в разделе 1.3). Для этого зерно ставится на угасание при включенном анализаторе, а затем анализатор выключается и производится наблюдение. Видимые рельеф,

ограничения, шагреневая поверхность и поведение полоски Бекке определяются величиной показателя преломления по той оси индикатрисы, которая совмещена с направлением колебаний света в поляризаторе.

*Псевдоабсорбция*. Как отмечено выше, наблюдаемые под микроскопом рельеф и шагреневая поверхность минерала зависят от того, какой показатель преломления минерала совпадает с направлением колебаний света, пропускаемого поляризатором. У большинства минералов разница в величине показателей преломления по разным направлениям невелика. Поэтому при вращении минерала на столике микроскопа (то есть при совмещении различных направлений изучаемого минерала с плоскостью колебаний света в поляризаторе) заметных изменений рельефа и шагреневой поверхности минерала чаще всего не наблюдается.

Но у некоторых минералов с особенно высоким двупреломлением (например, у карбонатов) один показатель преломления много выше канадского бальзама, а другой близок или ниже канадского бальзама (например, у кальцита один показатель преломления равен 1.658, а другой - 1.486). В этом случае при вращении столика микроскопа рельеф и шагреневая поверхность зерна то выражены очень отчетливо – рис. 7, слева (когда с плоскостью колебаний света в поляризаторе совпадает наибольший показатель преломления), то почти полностью исчезают - рис. 7, справа (когда с плоскостью колебаний света в поляризаторе совпадает наименьший показатель преломления). Этот оптический эффект носит название псевдоабсорбции.

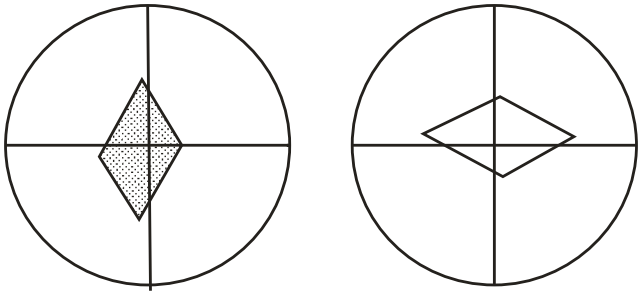


Рис. 7. Явление псевдоабсорбции

Степень проявления псевдоабсорбции у одного и того же минерала зависит от сечения минерала. В том разрезе минерала, где располагаются наибольший и наименьший показатели преломления, псевдоабсорбция выражена наиболее резко. В произвольном косом сечении псевдоабсорбция проявлена слабее. А в сечении, перпендикулярном оптической оси (в этом сечении показатель преломления одинаков во всех направлениях), псевдоабсорбция отсутствует.

Сильной псевдоабсорбцией обладают карбонаты, несколько слабее она проявлена у мусковита, а опытный глаз иногда улавливает псевдоабсорбцию даже у таких минералов, как кварц.

## 1.4. Исследования при включенном анализаторе в параллельном свете

***Двупреломление минерала***

В оптически анизотропных веществах луч света, входя в кристалл, раздваивается. Образовавшиеся два луча распространяются в кристалле с разными скоростями. В результате один луч обгоняет другой - между ними возникает разность хода $R$ (обычно измеряется в нанометрах). Величина разности хода $R$ пропорциональна толщине кристалла $d$ (толщине шлифа) и величине $N_g' - N_p'$ в данном сечении кристалла:

$$R=d(N_g' - N_p')$$

При прохождении двух образовавшихся в кристалле световых лучей через анализатор происходит интерференция этих лучей (вследствие наличия между ними разности хода $R$). В результате кристалл приобретает при включенном анализаторе *интерференционную окраску*. Каждому значению разности хода $R$ соответствует своя интерференционная окраска.

Интерференционная окраска возникает, если разность хода $R$ не равна нулю. Если же разность хода $R$ равна нулю (это имеет место при $N_g' - N_p' = 0$, то есть когда сечение индикатрисы в данном зерне имеет форму круга), то свет через кристалл не проходит и кристалл выглядит в скрещенных николях черным. Форму круга имеют сечения оптической индикатрисы аморфных веществ и кристаллов кубической сингонии (оптически изотропных веществ), а также перпендикулярные оптическим осям сечения индикатрисы кристаллов остальных сингоний (такие сечения называются оптически изотропными сечениями).

Таким образом, аморфные вещества (в том числе стекло и канадский бальзам), кристаллы кубической сингонии и перпендикулярные оптическим осям сечения одноосных и двуосных кристаллов в скрещенных николях выглядят темными (черными) и не просветляются при вращении столика микроскопа.

У некоторых аморфных веществ и кристаллов кубической сингонии иногда отмечается слабая аномальная анизотропия (вследствие внутренних напряжений и т. п.), проявляющаяся в скрещенных николях в слабой серой интерференционной окраске. Это свойственно, например, некоторым гранатам. Участки, обнаруживающие двупреломление, нередко располагаются в кристаллах граната зонально и секториально. Аномальная анизотропия в некоторых случаях проявляется и в таком аморфном веществе, как вулканическое стекло.

При повороте столика микроскопа на 360 ° анизотропное сечение минерала четыре раза гаснет (становится черным) и четыре раза просветляется, приобретая ту или иную интерференционную окраску (максимальная яркость

наступает при повороте столика на 45 ° от положения угасания). Угасание происходит в тот момент, когда оси индикатрисы совпадают с направлениями колебаний света в поляризаторе и анализаторе (рис. 8). В правильно настроенном микроскопе нити окуляра ориентированы параллельно этим направлениям, так что *в момент угасания нити окуляра указывают на положение осей индикатрисы* в данном разрезе минерала.

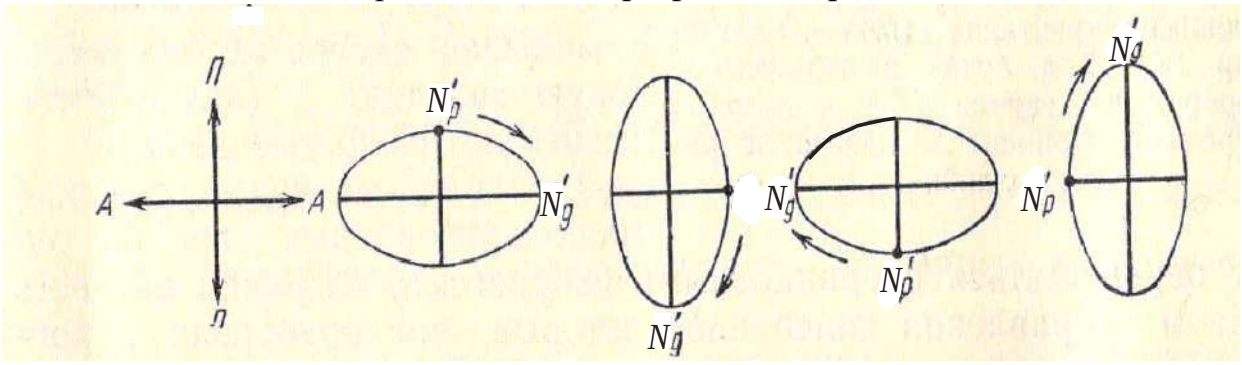



Рис. 8. Четырехкратное угасание минерала в анизотропном сечении при повороте столика микроскопа на 360 ° (*П, А* – плоскости колебаний света в поляризаторе и анализаторе)

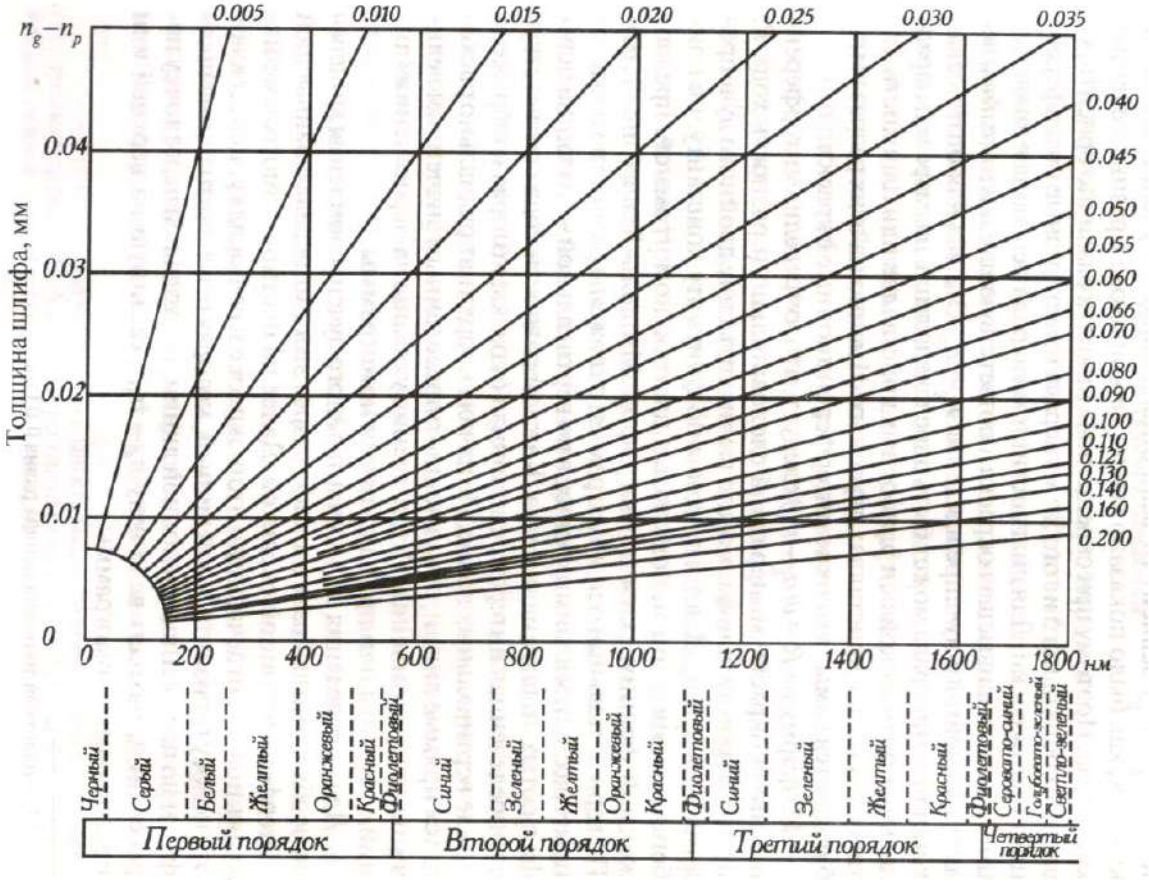



Рис. 9. Номограмма Мишель-Леви. Внизу – цвета интерференционной окраски и соответствующие им значения разности хода *R* (в нанометрах). Объяснения в тексте.

Наблюдаемые у кристаллов интерференционные окраски делятся на порядки (*I, II, III* и так далее), границы между которыми проводятся по фиолетовой окраске (рис. 9). Первый порядок начинается с низких цветов интерференции – темно-серого, серого, белого, далее желтого, и заканчивается красным, а затем фиолетовым цветом (последний соответствует разности хода около 550 нм).

Цвета интерференции *II* и *III* порядков повторяются в одинаковой последовательности: каждый порядок начинается с синего цвета, затем следуют зеленый, желтый, красный цвет. Фиолетовый цвет на границе *II* и *III* порядка отвечает разности хода 1100 нм, на границе *III* и *IV* порядков – 1650 нм (см. рис. 9). При больших разностях хода интерференционные окраски становятся все более бледными и выше *III* порядка трудно различимы.

У некоторых минералов величина двупреломления для световых лучей разного цвета несколько отличается по величине (дисперсия двупреломления). Это приводит к образованию *аномальных* (отличающихся от приводимых на рис. 9) интерференционных окрасок – ржаво-бурых, красно-фиолетовых, индигово-синих в *I* порядке и очень ярких и пестрых в более высоких порядках. Аномальные интерференционные окраски характерны для хлорита, эпидота и некоторых других минералов.

При наблюдении интерференционной краски минерала нужно уметь определять ее порядок. Это можно сделать, рассматривая края зерен минерала. Нужно найти в шлифе зерно минерала, край которого скошен на клин. В пределах клина толщина зерна постепенно увеличивается. Поэтому в соответствующей клину каемке на краю зерна наблюдается последовательный (как на номограмме Мишель-Леви) переход от низких цветов интерференционной окраски *I* порядка в самой тонкой части клина к все более высокой интерференционной окраске, соответствующей толщине основной части зерна.

Например, если зерно в своей основной части имеет желтую интерференционную окраску *II* порядка (рис. 10), то в периферической клиновидной части зерна будут последовательно наблюдаться серая, белая, желтая, красная окраска *I* порядка, затем синяя и зеленая окраска *II* порядка,

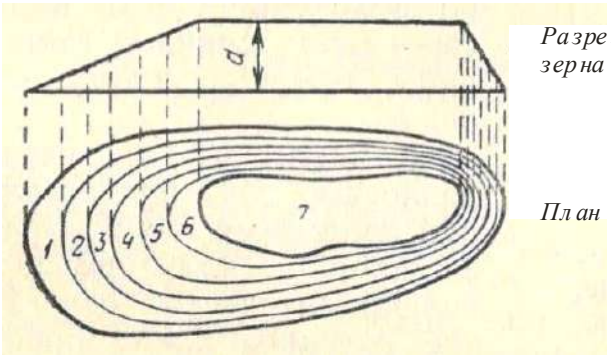



Рис. 10. Образование цветных каемок в краевых скошенных на клин частях зерна: 1 – серый *I*; 2 – белый *I*; 3 – желтый *I*; 4-красный *I*; 5-синий *II*; 6-зеленый *II*; 7 – желтый *II* (*I, II* – порядок интерференционной окраски)

после чего идет свойственная основной части зерна желтая интерференционная окраска *II* порядка (см. рис. 10). Прослеживая эти цветные каемки на краю

зерна (сравнивая последовательность цветов с номограммой Мишель-Леви), можно определить, какой порядок имеет интерференционная окраска, которую имеет основная часть изучаемого зерна.

Ширина цветных каемок на краях зерен зависит от угла наклона клина на краю зерна. Если при пологом клине можно наблюдать последовательную смену всех цветов интерференции (см. рис. 10, слева), то при крутом наклоне клина (см. рис. 10, справа) некоторые цвета выпадают, а другие (обычно синий и зеленый) сливаются в одну темную полоску. Для определения порядка окраски может быть использована и такая слившаяся сине-зеленая полоска: отсутствие этой полоски говорит о *I* порядке интерференционной краски минерала, одна полоска указывает на *II* порядок, а наличие вдоль края зерна двух таких полосок указывает на *III* порядок интерференционной окраски в основной части зерна.

Интерференционную окраску может несколько искажать собственная окраска минерала (наблюдаемая при выключенном анализаторе, например, у биотита или роговой обманки). Например, зерно роговой обманки (зеленое при выключенном анализаторе) с красной интерференционной окраской *I* порядка будет выглядеть при включенном анализаторе из-за зеленой собственной окраски не красным, а бурым. То есть при изучении минералов с интенсивной собственной окраской следует иметь ввиду, что для определния истинной интерференционной окраски следует «вычитать» из наблюдаемой интерференционной окраски собственную окраску минерала .

Из формулы $R=d(N_g' - N_p')$ следует, что в скрещенных николях различно ориентированные зерна (зерна с различными значениями $N_g' - N_p'$ ) одного и того же анизотропного минерала имеют разные значения $R$, то есть разную интерференционную окраску. Таким образом, один и тот же минерал в зависимости от сечения может иметь в шлифе различную интерференционную окраску. Эта окраска минимальная (черная) в разрезах, перпендикулярных оптической оси, наивысшая в разрезах, соответствующих $N_g - N_p$, и промежуточная в прочих разрезах.

В случае наивысшей интерференционной краски приведенная выше формула имеет вид $R=d(N_g - N_p)$. Используя эту формулу, можно определять толщину шлифа ($d$) и двупреломление минерала ($N_g - N_p$).

*Определение толщины шлифа.* Чаще всего производится по кварцу. Для этой цели находим в шлифе зерно кварца с наивысшей интерференционной окраской. По таблице Мишель-Леви определяем разность хода лучей $R$ для этой окраски. Затем по формуле $d=R/(N_g - N_p) = R/0.009$ (0.009 – величина $N_g - N_p$ кварца) вычисляем толщину шлифа ($R$ и $d$ должны быть выражены в одинаковых единицах измерения – нанометрах или миллиметрах).

Определить толщину шлифа по кварцу с помощью номограммы Мишель-Леви можно и не прибегая к вычислениям. По горизонтальной оси номограммы (см. рис. 9) отложены разности хода в нанометрах (каждой разности хода соответствует определенная интерференционная окраска), а по

вертикальной оси – толщина шлифа в сотых долях миллиметра. Из начала координат радиально расходятся прямые линии, отвечающие определенным значениям величины двупреломления, указанным на пересечениях линий с верхним или правым краями номограммы.

Для определения толщины шлифа находим точку пересечения наклонной линии, соответствующей двупреломлению 0.009, и вертикальной линии, соответствующей значению разности хода $R$ наблюдаемой в данном шлифе наивысшей интерференционной окраски кварца. После этого по оси ординат считываем соответствующее этой точке значение толщины шлифа.

В тех случаях, когда в породе нет кварца, для определения толщины шлифа можно использовать плагиоклаз, условно приняв его двупреломление равным 0,008 (такое двупреломление имеют встречающиеся в ряде бескварцевых магматических пород плагиоклазы состава андезин-лабрадор).

*Определение двупреломления минерала.* В шлифе находим зерно изучаемого минерала с наивысшей интерференционной окраской (для этого просматриваем все зерна данного минерала и оцениваем интерференционную окраску каждого зерна). По номограмме Мишель-Леви определяем разность хода $R$ для найденной наивысшей интерференционной окраски. Зная толщину шлифа $d$, по формуле $N_g - N_p = R/d$ вычисляем величину двупреломления ($N_g - N_p$) минерала.

Графическое определение двупреломления $N_g - N_p$ по номограмме Мишель-Леви производится следующим образом. От взятого по оси ординат значения толщины данного шлифа перемещаемся слева направо до определенной нами наивысшей интерференционной окраски минерала. Из полученной точки по наклонной линии поднимаемся вверх направо и считываем на конце этой линии значение двупреломления минерала.

Таблица 2

**Интерференционная окраска минералов в зависимости от двупреломления (по А. Н. Феногенову, с изменениями)**

| Двупреломление | Интерференционная окраска в шлифах стандартной толщины (0,03 мм) | Характерные минералы |
|---|---|---|
| Менее 0.005 (очень слабое) | Серая, светло-серая | Апатит, нефелин |
| 0.005 – 0.010 (слабое) | Белая, светло-желтая | Кварц (0.009), полевые шпаты |
| 0.011-0.030 (умеренное) | Желто-оранжевая, красная *I* порядка до желто-зеленой *II* порядка | Роговая обманка, авгит |
| 0.31 – 0.100 (сильное) | Желтая *II* порядка до *V* порядка | Оливин, биотит, циркон |
| Более 0.100 (очень сильное) | Перламутровые, бело-розовые окраски высших порядков – *IV* порядок и выше | Карбонаты, титанит, рутил |

Двупреломление минерала может быть: 1) очень слабым, 2) слабым, 3) умеренным, 4) сильным (табл. 2). Граница двупреломления 0.030 (между умеренным и сильным двупреломлением) соответствует появлению в скошенных на клин краях зерен повторяющихся цветных полосок, по которым можно определять порядок интерференционной окраски (см. выше). При очень сильном двупреломлении порядок интерференционной окраски установить практически невозможно.

***Угол угасания***

Угол угасания – это угол между одной из осей индикатрисы и какой-либо кристаллографической плоскостью (гранью кристалла, трещиной спайности, двойниковым швом). Если угол угасания равен нулю, угасание называется прямым, если не равен нулю – косым (рис. 11). В случае, если указанные выше кристаллографические плоскости в зерне не выражены (например, в зернах кварца неправильной формы), характер угасания минерала не определяется.

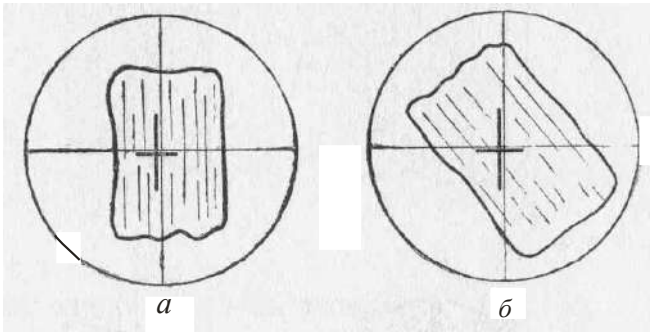



Рис. 11. Характер угасания минерала:
*а* – прямое, б – косое (минерал зарисован в положении угасания, черные линии в центре – оси оптической индикатрисы зерна)

Минералам гексагональной, тетрагональной, тригональной и ромбической сингоний в большинстве разрезов свойственно прямое угасание. Минералы моноклинной сингонии в разрезах, перпендикулярных (010), обладают прямым угасанием, а в разрезе, параллельном (010) (такой разрез характеризуется наивысшей интерференционной окраской), – косым. Минералы триклинной сингонии обладают во всех разрезах косым угасанием.

Для определения характера угасания какого-либо зерна нужно установить грань кристалла или трещины спайности параллельно вертикальной нити окулярного креста и, включив анализатор, посмотреть, будет зерно при скрещенных николях находиться в положении угасания или нет. Если минерал в этом положении гаснет, значит угасание прямое, а если минерал просветлен, то угасание косое.

Если угасание косое, то следует измерить угол угасания. Для этого нужно повернуть столик микроскопа из положения, когда грань кристалла или трещины спайности параллельны вертикальной нити, в положение угасания зерна. Угол поворота равен углу угасания. Достигать положения угасания можно, поворачивая столик как вправо, так и влево. При измерении угла

угасания столик вращают в сторону ближайшего угасания минерала, чтобы угол угасания был менее 45 °.

При определении угла угасания следует указывать, по отношению к какой оси оптической индикатрисы он измерен. В положении угасания оси оптической индикатрисы зерна располагаются параллельно нитям окуляра, но нужно определить наименования этих осей.

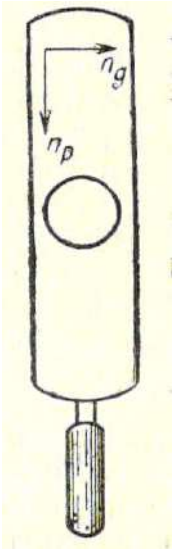



Рис. 12 . Компенсатор

*Определение наименований осей индикатрисы* производится с помощью *компенсаторов*, которые представляют собой кристаллические пластинки с известной разностью хода и фиксированным положением осей индикатрисы. Вдоль длинной стороны компенсаторов расположена ось $N_p$, а поперек длинной стороны - $N_g$ (рис. 12).

Во многих случаях используется компенсатор с разностью хода 550-560 нм. Введенный в специальную прорезь тубуса микроскопа (см. рис. 1, 2 ), он дает красно-фиолетовую интерференционную окраску, поэтому его называют «красным».

Для определения наименования осей индикатрисы сначала ставим исследуемый минерал в положение угасания. В этом положении оси индикатрисы параллельны нитям окуляра (см. рис. 11). Затем поворачиваем столик микроскопа на 45 ° против часовой стрелки. Этим мы поворачиваем ось индикатрисы, которая совпадала с вертикальной нитью микроскопа, в положение, ориентированное параллельно прорези тубуса микроскопа, в которую вставляется компенсатор.

Вводим компенсатор и наблюдаем изменение интерференционной окраски минерала. Если оси индикатрисы минерала $N_p$ и $N_g$ *совпадают* по направлению с одноименными осями компенсатора (рис. 13), то происходит

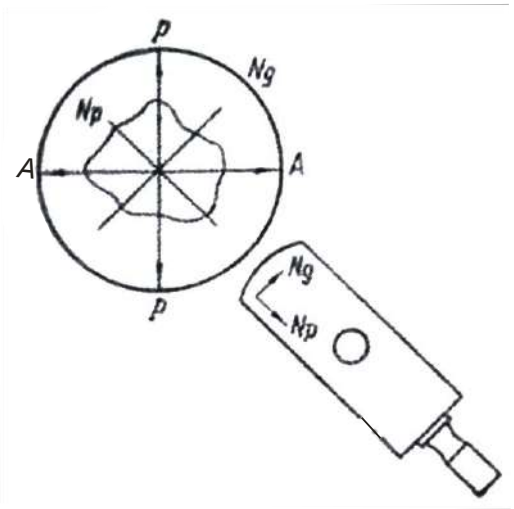



Рис. 13. Совпадение одноименных осей индикатрисы

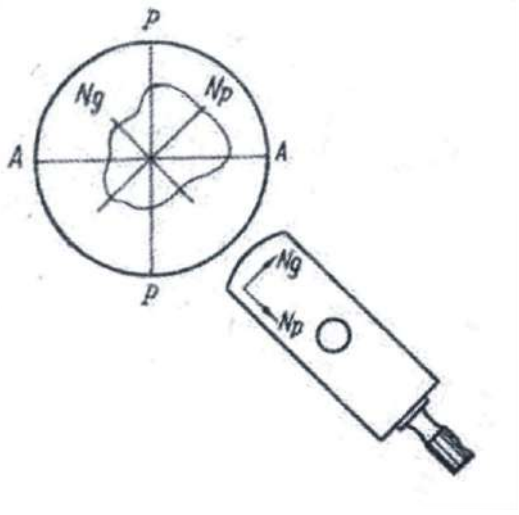



Рис. 14. Совпадение разноименных осей индикатрисы

сложение разностей хода минерала и компенсатора – интерференционная окраска *повышается*. Если оси индикатрисы минерала и компенсатора *не совпадают* по направлению (рис. 14), то общая разность хода уменьшается и интерференционная окраска *понижается*. Если компенсатором с разностью хода 550-560 нм устанавливают наименования осей индикатрисы зерна с интерференционной окраской **I порядка**, то повышение или понижение интерференционной окраски определяется по отношению к компенсатору.

Например, минерал обладает белой интерференционной окраской *I* порядка (*R* = 200 нм). При совпадении одноименных осей индикатрисы в минерале и в компенсаторе происходит сложение разностей хода (*R* = 200 + 560 = 760 нм) и интерференционная окраска повышается (относительно красной окраски компенсатора - 550-560 нм) до сине-зеленой *II* порядка (760 нм). При обратном расположении осей индикатрисы разность хода уменьшается (*R* = 560 - 200 = 360 нм) и интерференционная окраска понижается (относительно красной окраски компенсатора - 550-560 нм) до желтой *I* порядка (360 нм).

Компенсатор с разностью хода 550-560 нм может быть использован и при определении наименования осей индикатрисы минералов **с высокой интерференционной окраской**. Как отмечалось ранее, на скошенных краях зерен таких минералов могут наблюдаться участки (чаще всего в виде полосок по краям зерен) с низкой интерференционной окраской (серой, белой, желтой *I* порядка). По ним описанным выше способом можно определить наименование осей индикатрисы. В случае совпадения одноименных осей индикатрисы компенсатора и зерна серая окраска на скошенном крае зерна при введении компенсатора станет синей или зеленой и, наоборот, если у компенсатора и зерна совпадут разноименные оси, серая окраска на скошенном крае зерна станет желтой или оранжевой.

При работе с компенсатором рекомендуется контролировать правильность измерений, определяя у изучаемого зерна наименования обеих осей индикатрисы. Если в одном положении было, например, совпадение направления осей индикатрисы в зерне и в компенсаторе, то после поворота на 90 ° должен наблюдаться противоположный эффект.

Для определения наименования осей индикатрисы может быть использован также *кварцевый клин* – компенсатор, толщина которого увеличивается от одного его конца к другому. Направление тонкого конца обозначается на оправе острым углом треугольника (рис. 15). По мере введения кварцевого клина в прорезь тубуса микроскопа тонким концом вперед толщина

.

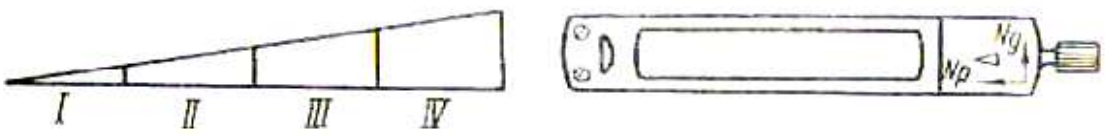



Рис. 15 . Кварцевый клин

наблюдаемой в поле зрения части компенсатора возрастает и видимая интерференционная окраска компенсатора последовательно повышается - от *I* до *III* и *IV* порядка (см. рис. 15), как на номограмме Мишель-Леви.

Кварцевый клин позволяет различать повышение или понижение интерференционной окраски по скошенным краям зерен высокодвупреломляющих минералов («метод бегущих полосок»).

Если при вдвигании кварцевого клина цветные полоски интерференционной окраски на скошенном крае зерна перемещаются *от центра* минерала к его краям, то оси эллипса в клине и в минерале *совпадают*. Если же цветные полоски при вдвигании клина перемещаются от краев зерна к центру, то оси эллипса в клине и в минерале не совпадают. Чтобы передвижение цветных полосок было заметно, следует вдвигать клин не слишком медленно. Следует иметь ввиду, что при несовпадении осей эллипса передвижение полосок обычно заметно лучше, чем при совпадении осей.

*Порядок работы при определении угла угасания:*

1) Находим зерно с наивысшей интерференционной окраской и системой четких параллельных трещин спайности; ставим зерно на центр нитей окуляра.

2) Поворотом столика микроскопа ставим трещины спайности параллельно вертикальной нити окуляра. Берем отсчет на лимбе столика микроскопа.

3) Поворачиваем столик микроскопа до ближайшего положения угасания минерала (то есть совмещаем одну из осей индикатрисы с вертикальной нитью окуляра). Снова берем отсчет на лимбе столика микроскопа. Разность первого и второго отсчетов - угол угасания.

4) В положении угасания зерно зарисовываем, отмечаем направления осей индикатрисы (параллельно нитям окуляра), трещин спайности и показываем измеренный угол угасания (чтобы лучше видеть спайность, зарисовку можно делать, выключив в положении угасания анализатор).

5) С помощью компенсатора определяем наименование оси индикатрисы, по отношению к которой измерен угол угасания. Подписываем наименования осей индикатрисы на зарисовке.

Записываем результаты измерения угла угасания: например, $cN_g$ = 15 ° (угол между спайностью и $N_g$ равен 15 °).

***Знак удлинения***

Знак удлинения характеризует ориентировку оптической индикатрисы относительно направления вытянутости кристаллов или относительно трещин спайности в вытянутых сечениях кристаллов.

Удлинение считается положительным, если ось индикатрисы $N_g$ совпадает с длинной осью кристалла (трещинами спайности) или отклоняется от нее не более, чем на 30 ° ($cN_g \leq 30$ °). Если же такое положение занимает ось $N_p$ ($cN_p \leq 30$ °), то удлинение считается отрицательным. При углах угасания, равных 30 - 45 °, знак удлинения не определяют.

***Плеохроизм***

Плеохроизм – способность минерала неодинаково поглощать свет разных частей спектра по различным направлениям. Плеохроизм проявляется в изменении собственной окраски минерала (наблюдается при выключенном анализаторе) при вращении столика микроскопа: поворачивая столик микроскопа, мы изменяем положение зерна относительно плоскости колебаний света, выходящего из поляризатора.

Различают три типа плеохроизма:

1) изменяется интенсивность окраски, а цвет сохраняется (например, у биотита, который может плеохроировать от светло- до темно-бурого цвета);

2) изменяется как интенсивность окраски, так и цвет минерала (например, у роговая обманки, которая может при вращении столика микроскопа менять окраску от светло-желтой до темно-зеленой);

3) изменение окраски не сопровождается изменением ее интенсивности (например, у гиперстена, который плеохроирует от бледно-розового до бледно-зеленого).

Для определения окраски по $N_g$ и $N_p$ используют зерно минерала с наивысшей интерференционной окраской. Сначала в зерне определяют положение и наименования осей индикатрисы. Затем устанавливают зерно в положение угасания. Выключают анализатор и наблюдают окраску по той оси индикатрисы, которая в данный момент совмещена с плоскостью колебаний поляризатора (например, $N_g$). Затем поворотом столика на 90 ° совмещают с направлением колебаний света в поляризаторе другую ось индикатрисы (например, $N_p$) и, выключив анализатор, наблюдают соответствующую ей окраску.

Для определения окраски по $N_m$ (у двуосных минералов) используются разрезы с наинизшей интерференционной окраской. В скрещенных николях такие разрезы черные или темно-серые и остаются таковыми при вращении столика микроскопа. Разрез с наинизшей интерференционной окраской соответствует круговому сечению индикатрисы, радиусом которого является $N_m$, так что при любом повороте столика микроскопа собственная окраска минерала (наблюдаемая при выключенном анализаторе) в этом разрезе одинакова и характеризует $N_m$. Чаще всего окраска по $N_m$ является промежуточной между окрасками по $N_g$ и $N_p$.

Записав цвета по осям индикатрисы (запись ведется с указанием окраски и ее интенсивности, например: $N_g$ – темно-зеленая, $N_p$ – светлая зеленовато-желтая), составляем *схему абсорбции* (поглощения света).

Если окраска по $N_g$ более темная, чем по $N_m$, а последняя более темная, чем по $N_p$, то схема абсорбции называется *прямой* (обозначается $N_g > N_m > N_p$). Такая схема абсорбции наблюдается, например, у биотита.

Если окраска по $N_p$ более темная, чем $N_m$, а последняя более темная, чем по $N_g$, то схема абсорбции называется *обратной* (обозначается $N_g < N_m < N_p$), например, у эгирина.

В тех случаях, когда меняется только окраска, а густота окраски не меняется, исследование плеохроизма ограничивается записями окрасок по осям индикатрисы: например, у гиперстена: $N_g$ – бледно-зеленая, $N_p$ – бледно-розовая.

## *1.5.* Исследования при включенном анализаторе в сходящемся свете

Метод исследования в сходящемся свете (коноскопический метод) основан на использовании прохождения через кристалл сходящегося (в виде конуса) пучка плоскополяризованных лучей, которые пересекаются в центре кристалла. При этом под микроскопом наблюдается не сам кристалл, а его интерференционная (коноскопическая) фигура.

Исследования в сходящемся свете позволяют определить осность минерала, его оптический знак и приближенно величину угла оптических осей ($2V$) двуосных минералов.

***Методика работы***

Изучение минералов коноскопическим методом проводится при включенном анализаторе с введенной в осветительную систему микроскопа линзой Лазо (см. рис. 2, 3), создающей сходящийся пучок лучей. Пройдя через кристалл, лучи становятся расходящимися. Чтобы затем собрать эти лучи, используют объектив с увеличением $40^x$ или $60^x$. После прохождения собранных лучей через анализатор возникает оптический эффект, называемый интерференционной, или коноскопической, фигурой. Ее рассматривают при вынутом окуляре или через окуляр, но с линзой Бертрана.

Чаще всего в сходящемся свете изучают разрезы, перпендикулярные к оптической оси, или близкие к этому направлению.

Порядок работы:

1. В параллельном свете с объективом $8^x$ или $9^x$ находим разрез минерала с наиболее низкой интерференционной окраской – черной или темно-серой, не меняющейся или почти не меняющейся при вращении столика микроскопа (в случае минерала с высоким двупреломлением можно использовать и сечения с белой и желтоватой окраской *I* порядка). Если минерал окрашен, то без анализатора такое зерно не должно обнаруживать плеохроизма. Зерно должно быть достаточно крупным – при большом увеличении ($60^x$ или $40^x$) занимать не менее четверти поля зрения.

Помещаем это зерно в центр поля зрения. При выключенном анализаторе добиваемся наиболее яркого и равномерного освещения поля зрения; полностью открываем диафрагму, поднимаем осветительное устройство вверх до упора.

2) Меняем объектив $8^x$ или $9^x$ на объектив $60^x$ или $40^x$ (предварительно хорошо отцентрированный) и еще раз проверяем, что шлиф установлен

покровным стеклом вверх. Объектив с большим увеличением имеет короткое фокусное расстояние. Это расстояние меньше толщины предметного стекла и при попытке сфокусировать его на минерал в шлифе, положенном покровным стеклом вниз, шлиф может быть раздавлен и объектив испорчен.

Наводим на фокус. Чтобы не раздавить шлиф, сначала опускаем тубус винтом грубой наводки, смотря сбоку на объектив. Подводим объектив к шлифу так, чтобы между входной линзой объектива и поверхностью шлифа остался лишь незначительный просвет (меньше миллиметра). После этого, глядя в окуляр, начинаем поднимать тубус и наводим на резкость.

3) Включаем анализатор и линзу Лазо, а затем вводим линзу Бертрана или вынимаем окуляр. Наблюдаем коноскопическую фигуру (без окуляра она будет маленькой и четкой, а с окуляром и линзой Бертрана – менее четкой, но зато более крупной).

***Разрез, перпендикулярный оптической оси одноосного кристалла***

В данном разрезе коноскопическая фигура имеет вид темного креста, ветви (балки) которого ориентированы вдоль нитей окуляра и пересекаются в центре поля зрения (в точке выхода оптической оси). При вращении столика микроскопа крест не изменяет своего положения (рис. 16).

У минералов с низким двупреломлением (кварц, нефелин) контуры коноскопического креста расплывчатые, между балками креста - интерференционная окраска *I* порядка. У минералов с высоким двупреломлением балки креста более тонкие и четкие, между балками располагаются цветные кольца интерференционной окраски нескольких порядков.

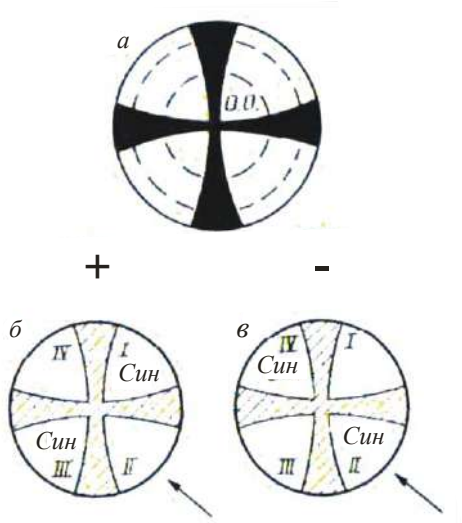



Рис. 16. Коноскопическая фигура одноосного кристалла в разрезе, перпендикулярном оптической оси (*а*), и определение оптического знака в этом разрезе с помощью компенсатора (*б, в*)

Для определения оптического знака кристалла можно использовать компенсатор с разностью хода 560-570 нм. Получив коноскопическую фигуру, вводим компенсатор в прорезь тубуса микроскопа и наблюдаем изменение интерференционной окраски у перекрестия балок креста. Если во *II* и *IV* квадрантах появляется желтая окраска первого порядка, а в *I* и *III* квадрантах– синяя окраска второго порядка, то кристалл оптически положителен (рис. 16, *б*). Если во *II* и *IV* квадрантах возникает синяя окраска второго порядка, а в *I* и *III* квадрантах – желтая окраска первого порядка, то кристалл оптически отрицателен (рис. 16, *в*). Сам крест приобретает при этом красную окраску, соответствующую разности хода компенсатора ($R$ = 560-570 нм).

Если разрез не строго перпендикулярен оптической оси, то центр коноскопической фигуры (креста) будет смещен относительно перекрестия нитей окуляра. При вращении столика микроскопа центр креста будет описывать окружность вокруг центра поля зрения, а балки креста будут перемещаться параллельно нитям окуляра. Горизонтальная балка при этом перемещается снизу вверх или сверху вниз, а вертикальная – справа налево или слева направо (рис. 17).



Рис. 17. Коноскопическая фигура одноосного кристалла в косом разрезе (стрелками показано направление вращения столика)

При определении оптического знака в данном случае крест коноскопической фигуры следует перед введением компенсатора установить так, чтобы большая часть поля зрения была занята *II* или *IV* квадрантом (см. рис. 16), а далее вести определение, как описано выше.

***Разрез, перпендикулярный оптической оси двуосного кристалла***

Коноскопическая фигура имеет вид темной изогнутой полосы – *изогиры*, проходящей через центр поля зрения (выход оптической оси). При вращении столика микроскопа изогира поворачивается вокруг центра поля зрения, то выпрямляясь (при совпадении с одной из нитей окуляра), то изгибаясь (рис. 18).

Если разрез ориентирован строго перпендикулярно оптической оси, изогира при вращении столика микроскопа из поля зрения не выходит. Если же разрез ориентирован не совсем перпендикулярно оптической оси, то изогира

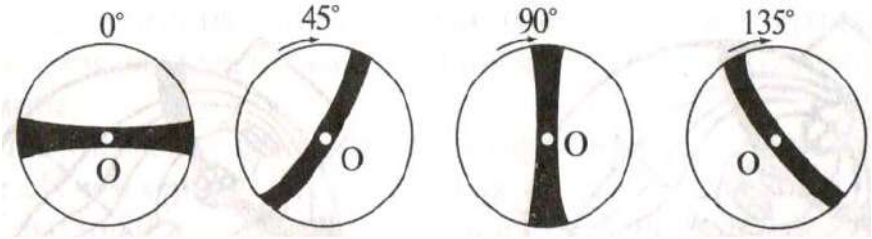



Рис.18. Коноскопическая фигура двуосного кристалла в разрезе, перпендикулярном оптической оси (О), и ее поведение при вращении столика микроскопа (показано стрелками)

при вращении столика может уходить за пределы поля зрения, перемещаясь *диагонально* по отношению к нитям окуляра (это отличает сечения двуосных кристаллов от косых разрезов одноосных кристаллов, когда балки креста перемещаются *параллельно* нитям окуляра).

По степени изогнутости изогиры приближенно можно оценить величину угла *2V*. Для этого изогиру нужно установить под углом 45 ° к нитям окуляра. Чем больше угол оптических осей, тем меньше изогнута изогира, а при угле *2V*, равном 90 °, она становится прямолинейной (рис. 19).

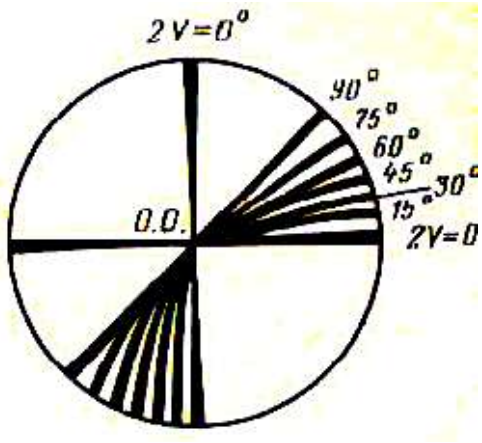



Рис.19 . Диаграмма для приближенной оценки величины угла *2V* в разрезе, перпендикулярном оптической оси

Для определения оптического знака двуосного минерала следует повернуть столик микроскопа так, чтобы изогира располагалась поперек направления введения компенсатора (рис. 20). Если при введенном компенсаторе на выпуклой стороне изогиры появится синий, а на вогнутой – желтый цвет, то минерал оптически положительный. Если распределение окрасок обратное, то минерал оптически отрицательный (см. рис. 20). Сама изогира в обоих случаях принимает красную окраску.

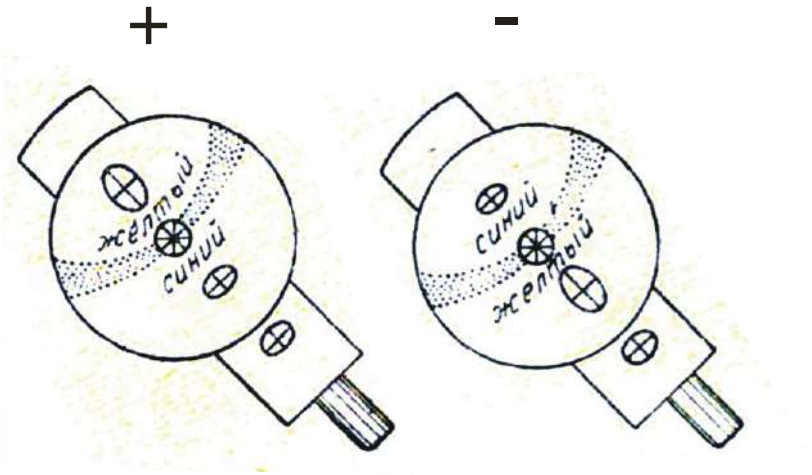



Рис. 20. Определение оптического знака двуосного кристалла в разрезе, перпендикулярном оптической оси (рисунок с введенным компенсатором)

## 1.6. План описания минерала под микроскопом

Приступая к описанию исследуемого минерала, нужно сначала внимательно просмотреть весь шлиф (при выключенном и при включенном анализаторе) и примерно оценить, сколько и какие минералы имеются в шлифе. После этого изучаемый минерал описывают в следующем порядке.

*При выключенном анализаторе*

1. Процентное содержание минерала в породе – путем сравнения площади, занимаемой минералом, с площадью поля зрения.

2. Размеры зерен минерала. Измеряют длину и ширину преобладающих по размеру зерен.

3. Форма зерен в различных разрезах и, как вывод, пространственная форма кристалла.

4. Спайность. Отмечают наличие или отсутствие спайности, степень ее совершенства, число направлений спайности, величину угла между плоскостями спайности.

5. Цвет и плеохроизм минерала.

6. Показатель преломления: направление перемещения полоски Бекке, характер ограничений, рельефа, шагреневой поверхности, группа по таблице Лодочникова. Псевдоабсорбция.

*При включенном анализаторе*

*А. В параллельном свете*

7. Толщина шлифа.

8. Двупреломление, с указанием наивысшей интерференционной окраски и метода определения.

9. Угасание и ориентировка осей индикатрисы с зарисовкой.

10. Характер удлинения.

11. Схема плеохроизма с указанием окраски по осям индикатрисы.

*Б. В сходящемся свете*

12. Осность.

13. Оптический знак.

14. *2V* (грубая оценка).

## 1.7. Примеры описания минералов в шлифе

(по Л. И. Кравцовой и М. Н. Чукашевой, с изменениями)

1. Зерна минерала в шлифе имеют преимущественно вытянутую форму с прямолинейными ограничениями параллельно спайности и неровными поперек спайности. Реже встречается неправильная, близкая к изометричной, форма зерен. В разрезах вытянутой формы наблюдается весьма совершенная спайность в виде тонких почти непрерывных линий вдоль удлинения. В зернах изометричной формы спайности не наблюдается. Судя по этим данным, минерал имеет пластинчатую форму.

Минерал в шлифе прозрачен, бесцветен. Показатель преломления выше, чем у канадского бальзама, так как полоска Бекке при поднятии тубуса микроскопа перемещается в сторону минерала. Ограничения и шагреневая поверхность относительно слабые. По этим признакам минерал относится к IV группе таблицы Лодочникова.

Минерал обладает псевдоабсорбцией: при совмещении спайности с вертикальной нитью окуляра ограничения и шагреневая поверхность более отчетливы, чем при совмещении спайности с горизонтальной нитью.

В скрещенных николях минерал имеет прямое угасание относительно спайности и положительное удлинение ($cN_g$ = 0 °).

Толщина шлифа определена по кварцу. Наивысшая интерференционная окраска кварца желтовато-белая *I* порядка, что соответствует разности хода 300 нм. Зная, что у кварца $N_g - N_p$ = 0.009, по номограмме Мишель-Леви находим, что толщина шлифа равна 0.033 мм.

Наивысшая интерференционная окраска исследуемого минерала красная *II* порядка (разность хода 1050 нм), что соответствует, по номограмме Мишель-Леви, величине двупреломления $N_g - N_p$, равной 0.032.

Для определения осности минерала использовано зерно изометричной формы с белой интерференционной окраской *I* порядка. В сходящемся свете наблюдалась интерференционная фигура в виде изогиры, из чего можно сделать вывод, что минерал двуосен. По кривизне изогиры *2V* = 40 - 50 °. Оптический знак минерала отрицательный – на вогнутой стороне изогиры при введении компенсатора появляется синяя окраска.

Судя по приведенным данным, изученный минерал – мусковит.

2. Минерал образует сечения прямоугольной удлиненной формы, с отношением длины к ширине 4:1 (со спайностью вдоль удлинения), а также ромбовидной формы (со спайностью по двум направлениям под углом 124 °). Из этого можно сделать вывод, что кристаллы минерала имеют призматический облик.

Минерал прозрачный, окрашен в зеленый цвет и обнаруживает плеохроизм, проявляющийся в изменении цвета и интенсивности окраски. По показателю преломления минерал соответствует V группе таблицы Лодочникова: имеет ясные ограничения, ясную шагреневую поверхность и положительный рельеф.

В скрещенных николях в отдельных зернах (преимущественно в поперечных разрезах) наблюдаются простые двойники. Наивысшая интерференционная окраска синяя *II* порядка, разность хода 700 нм (определено по естественному клину на краю зерна). Толщина шлифа определена по плагиоклазу, двупреломление которого принято равным 0.008. Наивысшая интерференционная окраска плагиоклаза в шлифе белая *I* порядка, соответствующая разности хода 250 нм. По этим данным толщина шлифа, определенная по номограмме Мишель-Леви, равна 0.031 мм. Используя данное значение толщины шлифа, определяем по номограмме двупреломление изучаемого минерала: $N_g - N_p$ = 0.022.

Угасание относительно спайности в разрезе с наивысшей интерференционной окраской косое: $cN_g$ = 18 °, удлинение положительное. Прямая схема абсорбции $N_g > N_m > N_p$: окраска по $N_g$ – густая сине-зеленая, по $N_m$ - буровато-зеленая, по $N_p$ – светлая желто-зеленая.

Осность определялась в изотропном сечении. В сходящемся свете наблюдалась интерференционная фигура в виде слабо изогнутой изогиры - минерал двуосный, угол *2V* около 70 - 80 °. Оптический знак отрицательный –

при введенном компенсаторе на вогнутой стороне изогиры наблюдалась синяя окраска.

По полученным данным минерал диагностируется как амфибол (роговая обманка).

## 1.8. Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия «оптическая ось кристалла».
2. Что означает величина $2V$ ?
3. Каков оптический знак кристалла, если острой биссектрисой угла $2V$ является $N_g$?
4. Для чего в микроскопе предназначена диафрагма?
5. Существует ли связь между положением нитей в окуляре микроскопа и расположением плоскостей поляризации в поляризаторе и анализаторе?
6. Как ориентирована плоскость колебаний поляризатора в Вашем микроскопе?
7. Как производится центрировка микроскопа?
8. Чему равняется цена минимального деления шкалы окуляр-микрометра с объективом $8^x$?
9. Какие оптические свойства минералов определяются при выключенном анализаторе?
10. При каком положении николей (поляризатора и анализатора) наблюдают плеохроизм?
11. Что является причиной псевдоабсорбции?
12. Каково положение осей индикатрисы в зерне минерала в момент его угасания?
13. Дайте определение понятия «сила двойного лучепреломления».
14. Перечислите цвета интерференции, относящиеся к $I$ порядку.
15. В каких разрезах индикатрисы интерференционная окраска кристалла наивысшая, и в каких наинизшая?
16. Для определения каких констант используются разрезы с наивысшей интерференционной окраской?
17. Какова наивысшая интерференционная окраска у пироксена, если $N_g$ = 1.654, $N_p$= 1.664, а толщина шлифа равна 0.03 мм?
18. Какова толщина шлифа, если плагиоклаз имеет наивысшую интерференционную окраску желтую $I$ порядка (разность хода 400 нм) при $N_g$ - $N_p$ = 0.008 ?
19. Какое зерно минерала выбирается для определения угла угасания?
20. Какая ось индикатрисы совпадает с длинной стороной компенсатора?
21. В каких разрезах плеохроичных минералов можно наблюдать окраску по $N_m$?
22. По каким признакам выбирается в шлифе зерно минерала для определения осности и оптического знака?

23. Как в сходящемся свете отличить минерал тетрагональной сингонии от минерала ромбической сингонии?
24. Чем отличается коноскопическая фигура одноосного и двуосного кристаллов в разрезах, перпендикулярных оптической оси?
25. Чем отличается коноскопическая фигура в разрезе, перпендикулярном оптической оси, у двуосных минералов при угле *2V*, близком к 90 °, и при угле *2V*, близком к 0 °?

# 2. ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ

## 2.1. Минералы магматических пород

***Кварц***

$SiO_2$. Низкотемпературный кварц относится к тригональной сингонии, а высокотемпературный – к гексагональной.

В интрузивных породах форма зерен кварца чаще всего неправильная. В вулканических и жильных породах кварц образует вкрапленники в форме гексагональной дипирамиды (продольные сечения таких вкрапленников могут иметь квадратную форму) или в виде изометричных округлых выделений.

Без анализатора прозрачный, бесцветный, без спайности и вторичных изменений. Иногда наблюдается волнистое угасание.

Показатели преломления (наибольший - 1.553, наименьший - 1.544) больше показателя преломления канадского бальзама. Относится к *III* группе Лодочникова – шагреневая поверхность отсутствует, рельеф слабый положительный, ограничения заметны слабо.

Двупреломление 0.009. Интерференционная окраска серая, белая, в утолщенных шлифах – желтая *I* порядка. Одноосный, положительный.

Кварц может быть сходен в шлифах с несдвойникованным плагиоклазом. В этом случае его можно отличить от плагиоклаза по осности и отсутствию спайности. От калиевых полевых шпатов кварц отличается более высоким показателем преломления и осностью. Кварц можно спутать с нефелином, от которого он отличается оптическим знаком и отсутствием вторичных изменений. С кварцем в шлифах сходен также свежий кордиерит, но последний нередко имеет двойниковое строение и двуосен.

***Нефелин*** $Na_3K(A1SiO_4)_4$

Гексагональная сингония. Идиоморфные зерна нефелина имеют форму гексагональных призм и дают срезы прямоугольной или правильной шестиугольной формы. Во многих случаях образует зерна неправильной формы.

Без анализатора прозрачный, бесцветный (измененный – сероватый, мутный). Спайность плохо выражена и может не наблюдаться.

Показатель преломления близок к показателю преломления канадского бальзама ($n_o$ = 1.532 - 1.547, $n_e$ = 1.529 - 1.542). Рельеф и шагреневая поверхность отсутствуют.

Двупреломление 0.003 – 0,005. Интерференционная окраска серая *I* порядка. Иногда почти изотропный.

Одноосный, отрицательный. Для определения осности нефелина следует выбирать совершенно изотропные сечения, так как вследствие низкого двупреломления он дает расплывчатую коноскопическую фигуру (это является одним из отличий нефелина от кварца, у которого даже в недостаточно изотропных сечениях получается отчетливая коноскопическая фигура).

Нефелин легче других минералов магматических пород подвергается вторичным изменениям – замещению канкринитом, цеолитами, серицитом (показатель преломления канкринита и цеолитов ниже, чем у канадского бальзама и у нефелина; канкринит в скрещенных николях по ярким цветам интерференции напоминает мусковит, от которого отличается низким показателем преломления, отрицательным знаком удлинения и одноосностью; цеолитам свойственно низкое двупреломление и розовый дисперсионный эффект).

Нефелин обладает сходством с кварцем и калиевым полевым шпатом. От кварца нефелин отличается меньшим двупреломлением, оптическим знаком, а также по присутствию продуктов изменения и иногда – слабо проявленной спайности. Показатель преломления нефелина не может служить достаточным критерием для отличия его от кварца, так как он изменчив и по величине иногда больше, чем у канадского бальзама. Совместно с кварцем нефелин не встречается. Калиевые полевые шпаты, в отличие от нефелина, имеют отчетливо отрицательный рельеф, совершенную спайность и оптически двуосны (кроме санидина).

***Калиевые полевые шпаты***

Калиевые полевые шпаты - санидин, ортоклаз, микроклин - имеют общий состав $K(AlSi_3O_8)$. Санидин и ортоклаз моноклинные, микроклин триклинный. Они являются тремя структурными разновидностями одного минерального вида «калиевый полевой шпат».

В шлифах эти минералы представлены идиоморфными таблитчатыми зернами (в эффузивных породах), либо зернами изометрической или неправильной формы (в ряде интрузивных и метаморфических пород).

Неизмененные калиевые полевые шпаты обычно бесцветны. Они обладают совершенной спайностью по двум направлениям - в моноклинных кристаллах угол между плоскостями спайности 90°, а в триклинных - незначительно отличается от 90°. В шлифах в зернах калиевого полевого шпата часто видно лишь одно направление спайности.

Характерны низкие показатели преломления - ниже, чем у канадского бальзама, и ниже, чем у любого плагиоклаза, в том числе альбита. Это важнейший диагностический признак калиевых полевых шпатов, отличающий

их от кварца и плагиоклазов. В связи с этим присутствие калиевого полевого шпата в шлифе можно устанавливать при выключенном анализаторе по дисперсионному эффекту (см. раздел 1.3). Особенно полезно использовать дисперсионный эффект, когда калиевый полевой шпат образует мелкие зерна, которые можно спутать с зернами несдвойникованного кислого плагиоклаза и кварца.

Интерференционная окраска калиевых полевых шпатов низкая (темно-серая, серая) – двупреломление редко превышает 0.007, а у санидина может иногда опускаться до 0.003.

Измененные (пелитизированные) калиевые полевые шпаты без анализатора выглядят буроватыми (в отличие от сероватых соссюритизированных плагиоклазов).

*Санидин* – наименее упорядоченная разновидность калиевых полевых шпатов. Кристаллизуется при температуре более 800 °С и сохраняется при условии быстрого охлаждения минерала (в эффузивных породах).

В шлифах санидин свежий, типичны водяно-прозрачные кристаллы с прямым угасанием относительно (010), простыми двойниками и очень малой, в отличие от остальных полевых шпатов, величиной угла *2V* (0 - 40 °), в силу чего в сходящемся свете санидин дает коноскопическую фигуру одноосного кристалла.

*Ортоклаз* – калиевый полевой шпат с промежуточной степенью упорядоченности между санидином и микроклином. В шлифах отличается от санидина большим углом *2V* (40 - 80 °) и нередкой пелитизацией.

*Микроклин* - наиболее упорядоченный калиевый полевой шпат. Образуется при температуре ниже 600 - 650 °С в условиях медленного охлаждения или является продуктом преобразования ортоклаза и санидина, возникших при более высокой температуре.

Микроклин узнается по максимальному углу *2V* (80 - 85 °), косому угасанию относительно (010) и частому присутствию характерных полисинтетических двойников решетчатого облика, в которых сочетаются альбитовый и периклиновый законы двойникования (микроклиновая решетка). Двойниковая решетка микроклина отличается от перекрещивающихся полисинтетических двойников плагиоклаза узловатым строением и нерезкими границами полосок. Решетчатые двойники видны в плоскости (100). В других разрезах наблюдаются полоски одного направления, которые отличаются от прямых и параллельных двойников плагиоклаза расплывчатыми контурами.

В некоторых случаях в отдельных участках зерен решетчатая структура микроклина может становиться все более тонкой, вплоть до ее полного видимого исчезновения; в таких участках микроклин под микроскопом неотличим от ортоклаза. Поэтому при микроскопической диагностике калиевых полевых шпатов следует выделять санидин (с малым углом *2V*), микроклин (с решетчатой структурой) и нерешетчатый калиевый полевой шпат, который может быть как ортоклазом, так и микроклином.

Для точной диагностики калиевых полевых шпатов используют столик Федорова и рентгеноструктурный анализ.

Из-за большой разницы в размерах ионов калия (1,33 Å) и натрия (0,98 Å) изоморфизм между ними в калиевых полевых шпатах осуществляется только при высоких температурах и при быстрой кристаллизации. При последующем медленном понижении температуры первоначально гомогенная кристаллическая фаза распадается на калиевую и натриевую: в калиевом полевом шпате образуются тонкие закономерно ориентированные вростки альбита - *пертиты*; вростки калиевого полевого шпата в плагиоклазе - *антипертиты*.

Наряду с пертитами, образующимися при распаде высокотемпературного твердого раствора калишпат - альбитового состава (пертиты распада) встречаются также пертиты замещения, которые образуются в результате замещения калиевого полевого шпата альбитом при постмагматической альбитизации.

Закономерные прорастания калиевого полевого шпата и кварца графической структуры называются *микропегматитовыми*.

По отношению к серицитизации калиевые полевые шпаты обычно более устойчивы, чем плагиоклазы. Поэтому в одной и той же породе серицитизированные плагиоклазы могут соседствовать с совершенно свежими несерицитизированными зернами калиевого полевого шпата.

Калиевый полевой шпат можно спутать в шлифах с кварцем, нефелином и плагиоклазом.

Кварц не имеет спайности и практически не замещается вторичными минералами, а потому не имеет мутноватого облика. В случае же водяно-прозрачных разностей калиевого полевого шпата (санидина и адуляра), главным отличием является показатель преломления, который у кварца во всех сечениях больше, а у калиевых полевых шпатов меньше, чем у канадского бальзама. Кварц одноосный и положительный, а из всех полевых шпатов одноосным может быть только санидин; при этом его оптический знак отрицательный. При одинаковой толщине шлифа интерференционная окраска кварца (светло-серая, белая) чаще всего выше, чем у калиевых полевых шпатов (серая).

Нефелин одноосен, чем сходен с санидином. Но показатель преломления нефелина в зависимости от сечения может быть то выше, то ниже, чем у канадского бальзама. Идиоморфные зерна нефелина часто дают сечения прямоугольной или квадратной формы с прямым угасанием, в то время как для калиевого полевого шпата характерно косое угасание.

Микроклин при наличии микроклиновой решетки может быть по ней отличим от других минералов, в том числе от плагиоклазов. У плагиоклазов границы двойников прямые, тогда как у микроклина двойники веретеновидные с расплывчатыми границами. Несдвойникованные плагиоклазы и калиевые

полевые шпаты между собой отличаются с трудом - по характеру вторичных изменений (пелитизация калиевых полевых шпатов и серицитизация, соссюритизация плагиоклазов) и по показателю преломления.

У плагиоклазов, более основных, чем олигоклаз, показатель преломления всегда выше канадского бальзама, и лишь у кислых плагиоклазов он может быть ниже канадского бальзама. У калиевых полевых шпатов показатель преломления еще ниже, чем у кислых плагиоклазов. В мелкозернистых агрегатах для отличия калиевого полевого шпата от плагиоклазов может быть использован упоминавшийся выше дисперсионный эффект.

***Плагиоклазы***

Плагиоклазы (триклинная сингония) представляют собой изоморфные смеси альбита $Na(AlSi_30_8)$ и анортита $Ca(A1_2Si_20_8)$; процентное содержание анортита в плагиоклазе называется номером плагиоклаза.

| Номер плагиоклаза | | |
|---|---|---|
| 0 - 10 | альбит | кислый плагиоклаз |
| 10 - 30 | олигоклаз | " |
| 30 - 50 | андезин | средний плагиоклаз |
| 50 - 70 | лабрадор | основной плагиоклаз |
| 70 - 90 | битовнит | " |
| 90 - 100 | анортит | " |

Форма кристаллов плагиоклазов чаще всего таблитчатая. Как и калиевые полевые шпаты, плагиоклазы в шлифах бесцветны – водяно-прозрачны, или же содержат скопления мельчайших включений, придающие им мутноватый характер. Спайность по двум направлениям под углом около 87 °.

Показатели преломления плагиоклазов: $n_g$ = 1.538 - 1.590, $n_p$ = 1.527 - 1.572. Значения показателей преломления возрастают с увеличением номера плагиоклаза: у альбита показатель преломления несколько ниже, чем у канадского бальзама, у олигоклаза примерно равен, а у средних и тем более основных плагиоклазов он выше, чем у канадского бальзама (в связи с этим у основных плагиоклазов появляется шагреневая поверхность).

Двупреломление 0.007 - 0.013 (минимальное – у олигоклаза), так что при включенном анализаторе при нормальной толщине шлифа наблюдается интерференционная окраска, подобная интерференционной окраске кварца (серовато-белая, белая, реже желтоватая *I* порядка), и лишь у плагиоклазов, близких по составу к анортиту, она может быть желтой *I* порядка.

Оптически двуосные, с большим углом *2V* (± 70 - 90 °).

Очень характерно наличие полисинтетических двойников, особенно по альбитовому (имеют отрицательное удлинение) и периклиновому (имеют положительное удлинение) законам. У основных плагиоклазов обычны редкие широкие двойниковые полосы, у кислых – более многочисленные тонкие двойниковые полоски. Двойники, особенно по альбитовому закону, настолько

характерны для плагиоклазов, что позволяют отличать по ним плагиоклазы от других минералов.

Периклиновые и альбитовые двойники могут одновременно присутствовать в одном и том же зерне плагиоклаза. В этом случае наблюдается решетчатая структура, напоминающая такую же структуру микроклина, но отличающаяся тем, что двойниковые полоски всегда ограничены прямыми линиями, а не имеют веретеновидный облик с раздувами и пережимами, как у микроклина.

Зернам плагиоклазов свойственна зональность, наиболее хорошо развитая в вулканических породах, но практически всегда присутствующая и в плутонических породах. От центра к краям зерен плагиоклаза в большинстве случаев наблюдается повышение содержания альбитового компонента (прямая зональность). Реже встречается обратная зональность, характеризующаяся снижением содержания альбитового компонента к краям зерен. Иногда наблюдается ритмическая зональность с более сложным изменением состава от центра к краям зерен плагиоклаза.

*Мирмекиты* – червеобразные и каплевидные (в зависимости от разреза) вростки кварца в плагиоклазе на стыке его с калиевым полевым шпатом.

Вторичные изменения плагиоклазов: по кислым плагиоклазам развивается серицит, по основным – соссюрит (тонкозернистая смесь альбита, кальцита и минералов группы эпидота), пренит (сходен с серицитом, в отличие от которого имеет более высокий показатель преломления и отрицательное удлинение в разрезах со спайностью). Поэтому кислые и основные плагиоклазы можно в первом приближении различать по характеру вторичных изменений.

Серицитизированные плагиоклазы в шлифе при наблюдении без анализатора бесцветны, а соссюритизированные – из-за высокого рельефа минералов группы эпидота – серые, реже буроватые ( при очень тонкозернистой соссюритизации). В скрещенных николях соссюрит имеет серую интерференционную окраску; высокие цвета интерференции имеют лишь отдельные достаточно крупные зерна эпидота.

Основные плагиоклазы легче подвергаются вторичным изменениям, чем кислые. Поэтому в зернах плагиоклаза, обладающих прямой зональностью, при почти полном разложении центральных частей зерен (имеющих более основной состав) наружные зоны роста (имеющие более кислый состав) могут быть чистыми, почти не затронутыми вторичными изменениями.

Плагиоклазы в шлифах можно спутать с калиевыми полевыми шпатами, кварцем, нефелином.

От калиевых полевых шпатов средние и основные плагиоклазы отличаются отчетливо положительным рельефом (калиевые полевые шпаты имеют отрицательный рельеф). Несдвойникованные кислые плагиоклазы отличаются от калиевых полевых шпатов вторичными изменениями: калиевые полевые шпаты подвергаются пелитизации, а плагиоклазы – серицитизации и

соссюритизации. Плагиоклаз с одновременно присутствующими альбитовыми и периклиновыми двойниками можно спутать с микроклином, имеющим микроклиновую решетку. Но двойники плагиоклазов имеют четкие и прямые границы, в то время как микроклиновая решетка имеет многочисленные раздувы и пережимы.

При отсутствии двойников плагиоклазы отличаются от кварца наличием спайности и вторичных изменений, а также тем, что кварц является одноосным положительным минералом, в то время как плагиоклазы двуосны.

От нефелина плагиоклазы отличаются частым присутствием двойников и более высоким двупреломлением; кроме того, нефелин, в отличие от плагиоклазов – одноосный отрицательный минерал.

**Определение состава плагиоклаза**

Полная и надежная диагностика плагиоклазов, включающая в себя определение их состава, степени упорядоченности и закона двойникования, под микроскопом может быть проведена с использованием специальных федоровского и иммерсионного методов. Более точное определение состава плагиоклазов (с учетом зональности кристаллов) производится с помощью электронного микрозонда. Однако достаточно надежные оценки состава плагиоклаза можно получить с помощью поляризационного микроскопа и без использования специальных методик. Рассмотрим один из методов определения состава плагиоклазов, основанный на данных по ориентировке оптической индикатрисы в кристаллах плагиоклаза разного состава.

***Метод Мишель-Леви (метод максимального симметричного угасания)***

Для определения номера плагиоклаза используются зерна с хорошо выраженными двойниками по альбитовому закону (эти двойники имеют отрицательное удлинение).

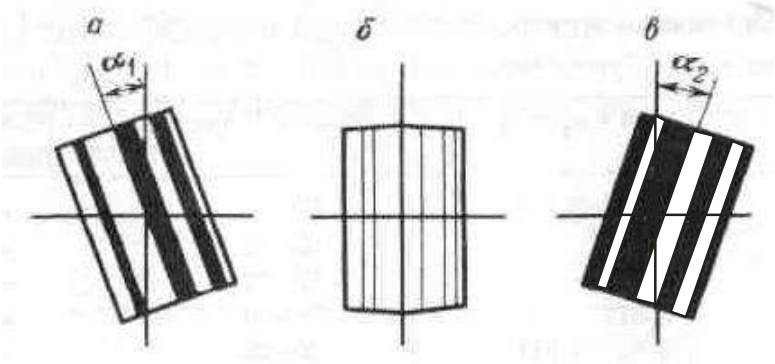



Рис. 21. Зерно плагиоклаза с симметричным угасанием альбитовых двойников:
*а, в* – моменты угасания первой (*а*) и второй (*в*) систем двойников;
*б* – при совпадении двойникового шва с вертикальной нитью окуляра
(двойниковые полоски имеют одинаковую интерференционную окраску)

При выборе зерен для замеров необходимо следовать следующим критериям:

1) граница между двойниковыми полосками должна быть четкая и резкая, при поднятии и опускании тубуса микроскопа она не должна смещаться в сторону;

2) в положении, когда двойниковый шов параллелен вертикальной нити окуляра, двойники по обе стороны от нее должны иметь одинаковую интерференционную окраску, то есть в этом положении двойниковое строение становится неразличимым (рис. 21, *б*)

Кроме того, следует стараться выбирать такие разрезы, которые при совмещении двойникового шва с вертикальной нитью окуляра являются более светлыми (углы угасания двойников в таких разрезах больше).

Найдя нужное зерно, измеряем угол угасания сначала для одной системы двойниковых полосок (поворотом столика в одну сторону – $\alpha_1$ на рис. 21, *а* ), а затем - для второй системы двойниковых полосок (поворотом столика в другую сторону– $\alpha_2$ на рис. 21, *в*). Разница между углами угасания обеих систем двойников не должна превышать 3 - 4 ° («симметричное угасание»). Из двух полученных значений определяют средний угол симметричного угасания.

Измерение угла симметричного угасания производят у трех - пяти зерен и из полученных замеров берут максимальное значение, по которому определяют номер плагиоклаза, используя диаграмму, приведенную на рис. 22. На диаграмме по горизонтальной оси указаны номера плагиоклазов, а по вертикальной – углы угасания (если показатель преломления плагиоклаза выше, чем у канадского бальзама, угол угасания берется со знаком плюс, а если меньше или равен показателю преломления канадского бальзама – со знаком минус).

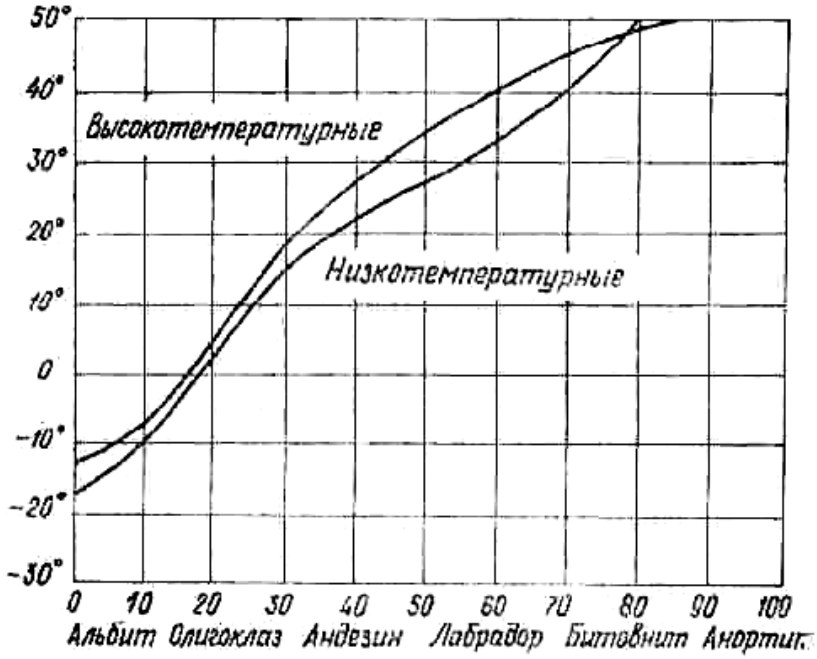



Рис. 22. Диаграмма для определения состава плагиоклазов методом Мишель-Леви (методом максимального симметричного угасания)

Нижняя кривая на диаграмме отображает изменение состава низкотемпературных плагиоклазов - по ней определяют плагиоклазы интрузивных и метаморфических пород. Верхняя кривая отображает состав высокотемпературных плагиоклазов – по ней определяют плагиоклазы кайнотипных эффузивных пород.

***Биотит***

$K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$. Моноклинная сингония. Относится к магнезиально - железистым триоктаэдрическим слюдам, образующим ряды флогопит – аннит и истонит – сидерофиллит. Межвидовым названием «биотит» обозначают изоморфные смеси упомянутых миналов.

В шлифах биотит бурый, зеленовато-бурый, красно-бурый (красно-бурый оттенок окраски вызывает повышенное содержание $TiO_2$, зеленый - высокое содержание окисного железа).

Образует чешуйки с весьма совершенной спайностью в одном направлении. Характерно полное отсутствие каких-либо пересекающих спайность поперечных трещин, как это обычно бывает у амфиболов и пироксенов.

В разрезах со спайностью наблюдается резкая шагреневая поверхность и относительно высокий рельеф ($n_g$ = 1.610 – 1.697, $n_p$ = 1.571 – 1.616). Показатели преломления и двупреломление биотита возрастают с увеличением содержания в нем железа. Характерен резкий плеохроизм с прямой схемой абсорбции ($N_g \approx N_m > N_p$), причем по $N_g$ и $N_m$ цвет густой бурый или зеленый, а по $N_p$ цвет слабый, иногда почти бесцветный. В разрезах, параллельных спайности, шагреневая поверхность, рельеф и плеохроизм выражены слабее. Нередко в биотите встречаются включения циркона, монацита и других минералов, окруженные плеохроичными «двориками» с более густой, иногда почти черной, окраской.

Двупреломление 0.039 - 0.081. Интерференционная окраска биотита часто затушевывается густой собственной окраской, поэтому разрез с наивысшей интерференционной окраской, необходимый для определения двупреломления, часто отыскивается с трудом. Угасание относительно спайности прямое, удлинение положительное.

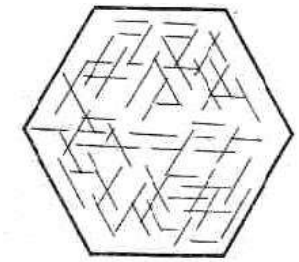


Рис. 23. Сагенит – тонкие иголки рутила, образующие сетку в хлорите, заместившем биотит

Двуосный, отрицательный. Угол *2V* часто приближается к 0 °, из-за чего коноскопическая фигура в сходящемся свете близка к кресту.

В эффузивных породах вкрапленники биотита нередко окружены непрозрачной опацитовой каймой, образующейся за счет превращения биотита в магнетит.

При вторичных изменениях биотит замещается хлоритом и мусковитом. Переход биотита в хлорит сопровождается осветлением биотита, появлением зеленой окраски и уменьшением двупреломления. Часто на месте биотита вместе с хлоритом

образуются линзовидные скопления эпидота и титанита по трещинам спайности, а также тонкие иголки рутила. Последние, пересекаясь под углом 60 °, иногда образуют в хлорите, замещающем биотит, сетку, называемую сагенитовой (рис. 23).

От хлорита биотит отличается резким плеохроизмом, более высоким двупреломлением и отсутствием аномальных цветов интерференции. От турмалина сходной окраски биотит отличается наличием спайности, двуосностью, положительным удлинением. От амфиболов биотит в разрезах со спайностью отличается прямым угасанием, резким плеохроизмом и более высоким двупреломлением. В разрезах, где спайность не видна, биотит отличается от амфиболов более низкими показателями преломления и небольшим углом *2V*.

***Мусковит***

$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$. Моноклинная сингония. Относится к диоктаэдрическим слюдам.

В шлифах бесцветный или слабо желтоватый, буроватый, зеленоватый. Образует чешуйки с весьма совершенной спайностью в одном направлении. В разрезах со спайностью наблюдается псевдоабсорбция ($n_g$ = 1.588 – 1.624, $n_p$ = 1.552 – 1.570).

Двупреломление 0.036 – 0.054. В разрезах со спайностью обладает чистыми и яркими цветами интерференции *II* и начала *III* порядков. В разрезах, параллельных спайности, мусковит имеет низкую интерференционную окраску – серовато-белую или желтоватую *I* порядка, как у кварца. От кварца в этих разрезах мусковит отличается более высоким показателем преломления и двуосной отрицательной коноскопической фигурой.

Мелкочешуйчатая разновидность мусковита (*серицит*) в случае, если чешуйки тоньше толщины шлифа, обладает более низкими цветами интерференции, чем мусковит.

Угасание относительно спайности прямое, удлинение положительное. Угол *2V* = 35 – 50 °.

Мусковит можно спутать с тальком, пренитом, канкринитом и другими бесцветными минералами, обладающими отчетливой спайностью и высокими цветами интерференции. От талька мусковит отличается по минеральным ассоциациям и углу *2V* (у талька *2V* не превышает 30 °). Канкринит имеет показатели преломления ниже канадского бальзама.

Мусковит встречается в гранитах, аплитах, пегматитах, а также во многих метаморфических породах. При высоких давлениях он может кристаллизоваться из гранитной магмы, но чаще образуется в результате метасоматического замещения биотита и полевых шпатов. Серицит - самый распространенный продукт постмагматического изменения плагиоклазов.

***Амфиболы***

Амфиболы – одна из наиболее распространенных групп минералов в земной коре. Они кристаллизуются в широком диапазоне температур и давлений, встречаются в магматических и метаморфических породах.

Моноклинные кальциевые амфиболы - тремолит $\square Ca_2Mg_5(Si_8O_{22})(OH)_2$ - ферроактинолит $\square Ca_2Fe_5(Si_8O_{22})(OH)_2$ . Из их формул можно вывести формулы минералов, которые раньше обозначались как *роговые обманки* (в них кремний и другие катионы частично замещены алюминием с одновременным вхождением одновалентных и других катионов). Роговыми обманками объединенно называют амфиболы магматических пород до точного определения их состава. Встречающиеся в базальтах роговые обманки с высоким отношением $Fe^{2+}/Fe^{3+}$ называют базальтическими роговыми обманками.

Кристаллам амфиболов свойственна вытянутая призматическая, до игольчатой, форма, отчетливый положительный рельеф и ясная шагреневая поверхность. Все наиболее распространенные амфиболы, кроме тремолита, который почти бесцветен, окрашены в зеленые, бурые, реже синие цвета и обладают плеохроизмом.

Самый надежный признак при микроскопической диагностике амфиболов - наличие спайности под углом 124 °, которая обнаруживается в поперечных разрезах. В продольных разрезах видна система параллельных трещин спайности и секущие их косые неправильные трещинки.

Во всех разрезах моноклинных амфиболов, кроме перпендикулярных (010), наблюдается косое угасание, причем углы угасания $cN_g$ не превышают 30 °. Иногда встречаются простые и полисинтетические двойники по (100).

Двупреломление амфиболов колеблется в широких пределах. Наибольшего значения оно достигает у базальтической роговой обманки, минимального - у щелочных амфиболов.

Угол *2V* амфиболов большой и почти всегда отрицательный.

*Обыкновенная роговая обманка*. Окрашена в зеленые и бурые цвета, плеохроирует с изменением лишь густоты, но не оттенка окраски (в отличие от эгирина, обычно плеохроирующего от бурого до зеленого, а также от щелочных амфиболов). Следует помнить, что наиболее резко плеохроизм проявляется в разрезах с наивысшей интерференционной окраской, в которых располагаются оси $N_g$ и $N_p$. Для определения окраски по $N_m$ можно использовать изотропные сечения или разрезы со спайностью по двум направлениям, где ось $N_m$ проходит вдоль длинной диагонали ромба, образуемого трещинами спайности.

Двупреломление 0.014 - 0.026. Углы угасания ($cN_g$) 14 - 25 °. Удлинение положительное.

*Базальтическая роговая обманка*. Образует порфировые вкрапленники в вулканических породах. Характерен резкий плеохроизм от соломенно-желтого до красно-бурого цвета, чем похожа на биотит. Базальтическая роговая обманка

сходна с биотитом также тем, что имеет углы угасания, близкие к прямому (0 - 15 °), и высокое двупреломление (цвета интерференции *III* порядка). Наилучшее отличие от биотита – наличие поперечных разрезов с призматической спайностью. В сходящемся свете базальтическая роговая обманка, в отличие от биотита, дает двуосную фигуру с большим углом *2V*.

Как и биотит, базальтическая роговая обманка может быть подвержена опацитизации, которая проявляется в ее замещении агрегатом мельчайших зерен черного железорудного минерала и пироксена. При частичной опацитизации черный минерал развивается в краевых частях кристаллов. Когда кристаллы опацитизированы целиком, о роговой обманке можно судить по характерной форме кристаллов, особенно по ромбовидным поперечным сечениям. Наличие опацитизированных амфиболов свойственно эффузивным и гипабиссальным магматическим породам.

*Тремолит*. Образует радиально-лучистые и волокнистые агрегаты сильно вытянутых кристаллов. Бесцветен, в сочетании с довольно высоким двупреломлением, косым угасанием и положительным удлинением. В магматических породах встречается как продукт изменения магнезиальных силикатов (оливина, пироксена).

*Актинолит*. Окрашен в светлые зеленоватые тона и обнаруживает слабый плеохроизм (от светло-синевато-зеленого или светло-зеленого по $N_g$ до бледно-желтого или светло-желто-зеленого по $N_p$). Углы угасания ($cN_g$) 11 - 17 °. Двупреломление 0.020. В магматических породах встречается как вторичный минерал.

*Щелочные амфиболы*. Отличаются от остальных амфиболов специфическими сине-черными, фиолетовыми и сиреневыми цветами плеохроизма, обратной схемой абсорбции и отрицательным удлинением (кроме встречающегося в метаморфических породах глаукофана, имеющего положительное удлинение и прямую схему абсорбции). Углы угасания 2 - 20 °, двупреломление ниже 0.012 (интерференционная окраска обычно затемняется густой собственной окраской минерала).

Характерна дисперсия оптических осей, проявляющаяся в отсутствии полного угасания – вместо полного угасания получается тусклая синеватая окраска, сменяющаяся при вращении столика микроскопа на красноватую окраску.

Арфведсонит характеризуется резким плеохроизмом с голубовато-зеленой или сине-зеленой окраской по $N_p$ (обратная схема абсорбции), низким двупреломлением и отрицательным удлинением.

Рибекит окрашен в более яркие тона. Плеохроизм очень резкий – от густо-синего, почти черного, по $N_p$, до светлого желтоватого по $N_g$ (обратная схема абсорбции). Двупреломление очень низкое, угол угасания мал (1 - 8 °), удлинение отрицательное.

***Пироксены***

Пироксены – одни из наиболее распространенных мафических силикатов многих высокотемпературных пород магматического и метаморфического происхождения.

*Магнезиально-железистые пироксены* кристаллизуются в ромбической (энстатит $Mg_2(Si_2O_6)$ и ферросилит $Fe_2(Si_2O_6)$) и моноклинной (клиноэнстатит и клиноферросилит) сингониях. Раньше промежуточные составы ряда энстатит – ферросилит имели свои названия (бронзит, гиперстен, феррогиперстен), которые сейчас упразднены.

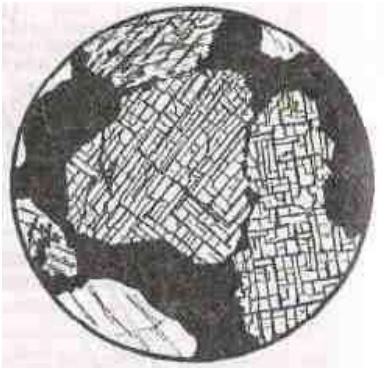


Рис. 24. Спайность диопсида в сечении, перпендикулярном оси *c*

*Кальциевые пироксены*. Диопсид $CaMg(Si_2O_6)$ – геденбергит $CaFe(Si_2O_6)$.

*Натриевые пироксены.* Эгирин $NaFe(Si_2O_6)$, жадеит $NaAl(Si_2O_6)$.

По преобладающим миналам пироксенам дают составные названия типа диопсид-геденбергит, геденбергит-эгирин и т. п.

Авгит – это диопсид, или диопсид-геденбергит, или диопсид-эгирин несколько усложненного состава, имеющий характерные аномальные цвета интерференции.

Омфацит – диопсид-геденбергит, обогащенный жадеитовым и эгириновым миналом. Типичен для эклогитов.

В ультраосновных и основных магматических породах пироксены представлены энстатитом (и его более железистыми разновидностями, называемыми ранее гиперстеном и бронзитом) и диопсид-геденбергитом (в нем всегда есть примесь натриевого и алюминиевого миналов).

В средних и кислых интрузивных породах встречается диопсид (с изоморфной примесью геденбергита и эгирина), в щелочных породах – эгирин-диопсид, диопсид-геденбергит-эгирин (его называют эгирин-авгитом), эгирин.

В горных породах типа диабазов или базальтов пироксены чаще всего представлены диопсид-геденбергитом, но всегда с примесью натрия, алюминия, титана.

Все пироксены имеют ряд общих признаков, позволяющих уверенно отличать их под микроскопом от других минералов. Это прежде всего два направления совершенной спайности, пересекающихся под углом 87 - 89 ° (рис. 24), и высокие (1.65 – 1.80) показатели преломления (определяют высокий рельеф и резкую шагреневую поверхность пироксенов).

Для кальциевых и магниевых пироксенов (диопсид, энстатит) характерны зернистые агрегаты короткопризматических кристаллов, железистые

пироксены (эгирин, геденбергит) образуют шестоватые и игольчатые кристаллы, радиально - лучистые агрегаты. В шлифах пироксены премущественно бесцветны или окрашены в слабые зеленоватые цвета и не плеохроируют (кроме гиперстена и эгирина).

При вторичных изменениях пироксены замещаются амфиболами, слюдами, хлоритом, иногда серпентином и тальком (особенно энстатит).

Ортопироксены

Отличаются от клинопироксенов прямым угасанием (в связи с этим название «ортопироксены») и более низким двупреломлением. Следует, однако, иметь ввиду, что в сечениях, ориентированных не перпендикулярно плоскостям спайности, или поперечных двум плоскостям спайности, угасание будет косым. Для определения угла угасания нужно использовать удлиненные сечения с наиболее четкими следами спайности. Иногда $cN_g$ достигает 10 ° - из-за присутствия ориентированных вдоль плоскостей спайности субмикроскопических вростков клинопироксена (эти вростки иногда бывают и крупными, различимыми в скрещенных николях).

Энстатит бесцветен, $cN_g$ = 0 °, двупреломление 0.009. Оптически положителен.

Гиперстен плеохроирует от бледно-розового до бледно-зеленого (очень слабо). Угол угасания $cN_g$ 0 - 10 °, двупреломление до 0.013. Оптически отрицателен (как и бронзит). Смена оптического знака в ряду энстатит – ферросилит соответствует составу $En_{88}$.

В эффузивных породах вокруг вкрапленников ортопироксенов может быть опацитовая кайма.

При вторичных изменениях ортопироксены могут замещаться ромбическими амфиболами. В низкотемпературных условиях по ортопироксену образуются тонкозернистые псевдоморфозы ориентированного талька с магнетитом. Типично также замещение ортопироксенов, особенно энстатита, серпентином. В отличие от петельчатых псевдоморфоз серпентина по оливину, серпентин по ортопироксену ориентирован, образуя так называемый *бастит* – пластинчатые псевдоморфозы антигорита.

Клинопироксены

Отличаются от ортопироксенов косым угасанием (поэтому и называются «клинопироксены») и более высоким двупреломлением. Угол угасания определяется в разрезах с наивысшей интерференционной окраской.

Иногда встречается похожая на совершенную спайность «диаллаговая» отдельность. Угол между этой отдельностью и спайностью около 54 °, напоминая сечение амфиболов.

Клинопироксены могут содержать вростки ромбического пироксена; при вторичных изменениях замещаются уралитом (волокнистым зеленым амфиболом), хлоритом, эпидотом, карбонатами.

*Диопсид - геденбергит* – бесцветный или слабозеленоватый, без плеохроизма. $cN_g$ = 38 - 48 °, двупреломление 0.030 - 0.018.

*Авгит* – слегка буроватый, иногда слабо плеохроирует (имеет розовато-буроватую окраску по $N_g$ - в отличие от гиперстена, у которого такая окраска по $N_p$). Присутствие титана придает авгиту фиолетовый оттенок окраски. $cN_g$ = 40 - 54 °, то есть при $cN_g$ менее 48 ° авгит по углу угасания не отличается от пироксенов ряда диопсид-геденбергит.

Для авгита характерна дисперсия осей эллипсоида, проявляющаяся в неполном угасании (у пироксенов ряда диопсид-геденбергит дисперсия незначительна и они имеют четкое угасание).

В эффузивных породах вкрапленники авгита нередко имеют зональную окраску и обусловленное сильной дисперсией оптических осей зональное и секториальное угасание (фигура песочных часов). Двупреломление ниже 0.025.

Диопсид и авгит обладают близкими оптическими свойствами. Увеличение угла угасания в авгите, а также некоторая разница в двупреломлении (у диопсида оно несколько выше) далеко не всегда могут быть однозначно установлены из-за неточной ориентировки разрезов. Поэтому отличить авгит от диопсида под микроскопом удается далеко не всегда. Для точной диагностики пироксенов необходимо использовать микрозонд.

Эгирин-авгиту свойственен сильный плеохроизм, $cN_g$ = 54 - 85 °; наблюдаются все переходы от эгирин-авгита к эгирину.

*Эгирин* – характерны длиннопризматический облик и густая окраска с обратной схемой абсорбции – зеленая по $N_p$ и более светлая зеленовато-желтая по $N_g$. Отрицательное удлинение, $cN_p$ до 8 °, двупреломление 0.037 - 0.059. При определении двупреломления следует иметь ввиду, что интерференционная окраска эгирина затушевывается его густой собственной окраской.

Таким образом, для эгирина в шлифах характерны интенсивная зеленая окраска, очень высокий рельеф и шагреневая поверхность, высокая интерференционная окраска *II* и *III* порядка, близкое к прямому угасание и отрицательное удлинение. От сходных по окраске амфиболов эгирин отличается обратной схемой абсорбции, малым углом угасания, отрицательным удлинением, высокой интерференционной окраской и углом между трещинами спайности.

***Оливин***

Оливин представляет собой непрерывный ряд изоморфных смесей от форстерита $Mg_2(SiO_4)$ до фаялита $Fe_2(SiO_4)$. Ромбическая сингония.

В шлифах бесцветный. В интрузивных породах форма зерен неправильная, изометричная. В эффузивных породах порфировые вкрапленники оливина могут иметь форму несколько вытянутых шестиугольников, иногда с отчетливой спайностью, в то время как в оливине из интрузивных пород спайность отсутствует или отмечается лишь в редких зернах.

Имеет самый высокий показатель преломления из всех мафических минералов ($n_g$ = 1.669 – 1.975, $n_p$ = 1.636 – 1.827), вследствие чего обладает резким положительным рельефом и четко выраженной шагреневой поверхностью.

Высокое двупреломление (форстерит 0.033, фаялит 0.052), вследствие чего имеет высокую интерференционную окраску. В зернах со спайностью угасание прямое.

Угол *2V* форстерита +85 °, фаялита -48 °. Смена оптического знака в ряду форстерит – фаялит соответствует $Fo_{88}$. У большинства природных оливинов магматических пород, которые содержат от 10 до 30 % $Fe_2(SiO_4)$, оптический знак нередко определить не удается: изогира коноскопической фигуры в разрезе, перпендикулярном оптической оси, обычно прямая, то есть не имеет различимой кривизны, необходимой для определения оптического знака.

Свежим оливин бывает редко, даже в кайнотипных эффузивных породах он по трещинам и по периферии зерен окрашен в бурый цвет гидроксидами железа. При вторичных изменениях наиболее характерными продуктами замещения оливина является серпентин и иддингсит (биотитоподобная смесь смектита, хлорита, серпентина и гетита). Серпентин развивается преимущественно по магнезиальному оливину, иддингсит – по железистому. Иногда отмечается замещение тальком, карбонатом, хлоритом. Вокруг зерен оливина могут наблюдаться реакционные оболочки, сложенные пироксеном и амфиболом.

Оливин в шлифах нередко имеет значительное сходство с минералами из группы пироксенов. Оливин отличается от пироксенов следущими особенностями.

1. При выключенном анализаторе оливин магматических пород всегда бесцветен, а пироксены нередко имеют буроватый или зеленоватый оттенок; этот оттенок слабый и может отсутствовать, но если он заметен, определяемый минерал не может быть оливином.

2. Пироксены обладают совершенной спайностью; оливин же имеет несовершенную спайность и во многих случаях она в шлифах не обнаруживается.

3. Коноскопическая фигура оливина в разрезах, перпендикулярных оптической оси, характеризуется тем, что изогира приближается к прямой, так как для большинства оливинов угол *2V* близок к 90 °. Моноклинные пироксены имеют угол *2V* около 60 ° и отчетливо изогнутую изогиру.

4. Наиболее обычные продукты изменения оливина – серпентин и иддингсит. Серпентин образуется и по ромбическим пироксенам, но в соответствии с формой первичных зерен псевдоморфозы серпентина по оливину имеют в шлифах изометричную форму, а по пироксену – прямоугольную. Вторичными минералами, замещающими моноклинные пироксены, являются актинолит и хлорит.

***Акцессорные минералы***

Нерудные акцессорные минералы в шлифах выделяются своей преимущественно правильной формой зерен и высоким рельефом. Они обычно устойчивы и не подвержены вторичным изменениям.

*Anamum* $Ca_5(PO_4)(F,Cl)$, гексагональная сингония. Образует столбчатые и таблитчатые кристаллы с прямоугольными и гексагональными сечениями. Бесцветный, без спайности, с высоким рельефом и ясной шагреневой поверхностью ($n_o$ = 1.633 – 1.667, $n_e$ = 1.630 – 1.664). Наличие тория и урана в апатите обусловливает появление плеохроичных двориков вокруг его кристаллов, включенных в биотит или амфибол.

Низкая серая интерференционная окраска (двупреломление 0.003). Угасание прямое, удлинение отрицательное. Одноосный, отрицательный.

В небольших количествах встречается во всех магматических породах. Максимальные содержания апатита характерны для щелочных пород, в которых он может переходить в разряд главных породообразующих минералов.

В шлифах апатит имеет сходство с андалузитом и силлиманитом. Но эти минералы оптически двуосны, обладают совершенной спайностью и их кристаллы в поперечных сечениях имеют форму ромба или прямоугольника. Двупреломление этих минералов более высокое, чем у апатита (интерференционная окраска последнего не поднимается выше серой окраски *I* порядка).

*Циркон* Zr(SiO4), тетрагональная сингония. Образует короткостолбчатые или призматические кристаллы с дипирамидальными окончаниями и округлые зерна. В поперечных сечениях дает четырех- и восьмиугольники.

Бесцветный, с очень резкими черными ограничениями из-за очень высокого показателя преломления (1.924 – 2.015); в скрещенных николях имеет высокую интерференционную окраску (двупреломление 0.044 – 0.055). Угасание прямое, удлинение положительное. Одноосный, положительный.

Часто образует включения в биотите, амфиболе и других минералах. Эти включения обычно окружены интенсивно окрашенными и резко плеохроирующими ореолами, образование которых связано с радиационным воздействием циркона.

В очень мелких зернах циркон в шлифах практически неотличим от монацита и ксенотима.

Циркон – один из наиболее распространенных акцессорных минералов, встречается практически во всех типах горных пород. Наиболее высокие содержания циркона – в щелочных породах.

*Титанит* $CaTi(SiO_4)$, моноклинная сингония. Характерна клиновидная форма кристаллов. Бесцветный, серый, часто буроватый. Очень резкие ограничения, очень высокий рельеф ($n_o$ = 1.98 – 2.05, $n_e$ = 1.89 – 1.91).

Цвета интерференции блеклые («перламутровые») высших порядков. Двупреломление титанита 0.09 – 0.14, что значительно выше, чем у циркона.

Поэтому, в отличие от циркона, окраска титанита при включенном анализаторе остается практически такой же (буроватой), как без анализатора. Нередко наблюдается неполное угасание, обусловленное сильной дисперсией. Иногда отмечаются простые или полисинтетические двойники.

Титанит встречается в широком диапазоне магматических пород и во многих метаморфических породах. В габброидах, долеритах, базальтах титанит нередко образует ксеноморфные оторочки вокруг зерен титаномагнетита и ильменита. В диоритах, сиенитах и гранитоидах он дает индивидуализированные кристаллы и ксеноморфные зерна, включенные в роговую обманку и биотит или располагающиеся между другими породообразующими минералами. В гранитоидах повышенной основности и в щелочных породах содержание титанита иногда превышает 1 – 2 %.

*Шпинель* $MgAlO_2$, кубическая сингония. Образует октаэдрические кристаллы, дающие в шлифах квадратные, четырехугольные и треугольные срезы. Встречается и неправильная форма зерен, нередки графические срастания с пироксеном. Спайность отсутствует, но весьма обычна отдельность.

Зеленая, бурая. Изотропна, с высоким рельефом и резкой шагреневой поверхностью (показатель преломления 1.763 - 2.05).

Бурую шпинель можно спутать с титанистым гранатом, но в отличие от него шпинели свойственна октаэдрическая форма кристаллов и характерная отдельность. Следует также иметь ввиду, что шпинель встречается в основных и ультраосновных породах. От хромита шпинель отличается меньшим показателем преломления.

Непрозрачные *рудные* минералы под микроскопом в проходящем свете выглядят черными; их точная диагностика производится в отраженном свете на специальном рудном микроскопе в полировках. В прозрачных петрографических шлифах окраска рудных минералов может быть определена, если направить свет не на зеркало микроскопа, а на поверхность шлифа сверху. В этом случае магнетит обнаруживает свойственную ему в отраженном свете стально-серую, пирит – желтую, хромит – буроватую окраску, и т. п.

***Вулканическое стекло*** **–** не минерал, а аморфное вещество, представляющее собой застывший магматический расплав, не успевший раскристаллизоваться вследствие быстрого остывания. Обычно входит в состав основной массы эффузивных пород, а в ряде случаев слагает ее полностью.

В шлифе вулканическое стекло бесцветно или окрашено в желтые или бурые тона. Интенсивность окраски зависит от содержания и степени окисления железа. Показатель преломления изменяется от 1.492 (стекло риолитового состава) до 1.575 (стекло базальтового состава). Изотропно, хотя иногда обладает слабым двупреломлением вследствие внутренних напряжений.

При вторичных изменениях вулканическое стекло среднего и основного состава чаще всего замещается хлоритом, а кислое стекло подвергается раскристаллизации, превращаясь в смесь субмикроскопических зерен кварца и полевых шпатов.

## 2.2. Минералы метаморфических пород

***Гранаты***

Общая химическая формула гранатов $R^{2+}_3 R^{3+}_2(SiO_4)_3$:

| (пиральспиты) | | (уграндиты) | |
|---|---|---|---|
| пироп | $Mg_3 Al_2(SiO_4)_3$ | уваровит | $Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$ |
| альмандин | $Fe_3 Al_2(SiO_4)_3$ | гроссуляр | $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$ |
| спессартин | $Mn_3 Al_2(SiO_4)_3$ | андрадит | $Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$ |

Гранаты пироп-альмандинового ряда широко распространены в метаморфических породах. Доля пиропового компонента в гранатах увеличивается с ростом температуры и давления. В наиболее низкотемпературных условиях образуются гранаты, обогащенные спессартином. Пиральспиты с высокой долей альмандина и спессартина кристаллизуются также из кислых магматических расплавов, пересыщенных глиноземом, встречаются в гранитных пегматитах.

Смесимость между собой пиральспитов и уграндитов ограничена. В твердых растворах одного ряда может быть растворено не более 20 - 25 мольных процентов компонентов другого ряда. В высокобарных условиях растворимость гранатов этих двух рядов между собой становится более значительной.

Точное определение состава гранатов производится с помощью микрозонда. Под микроскопом в ряде случаев возможна, с привлечением особенностей парагенезисов, приближенная оценка состава гранатов.

Гранаты в шлифе образуют изометричные зерна - идиоморфные или неправильной формы, часто ситовидные, с многочисленными включениями других минералов. Бесцветны или слабо окрашены в желтоватый или розоватый цвет. Характерны высокие показатели преломления, которыми обусловлены резко выраженный рельеф и шагреневая поверхность.

Обычно изотропны, но спессартин и некоторые уграндиты обнаруживают слабое (до 0.003) аномальное двупреломление, особенно в толстых шлифах. Такое двупреломление (с появлением серых интерференционных окрасок) особенно характерно для гранатов из скарнов. В некоторых уграндитах наблюдается зональное угасание и секториальные двойники.

Пироп может замещаться хлоритом, альмандин – хлоритом и эпидотом. Уграндиты замещаются эпидотом, хлоритом, кальцитом, плагиоклазом.

***Андалузит***

$AlAl(SiO_4)O$, ромбическая сингония.

Андалузит, кианит и силлиманит – полиморфные модификации $Al_2SiO_5$, устойчивые при разных температурах и давлениях. Входят в состав метаморфических пород, богатых глиноземом; силлиманит и андалузит встречаются также в высокоглиноземистых кислых магматических породах. Андалузит устойчив при относительно низких давлениях – встречается в контактовых ореолах малоглубинных интрузивов и в продуктах регионального метаморфизма умеренного давления. Кианит образуется при высоком давлении, силлиманит – при высокой температуре.

Андалузит образует короткостолбчатые кристаллы с хорошо развитыми гранями ромбической призмы. В поперечном сечении – ромб, близкий к

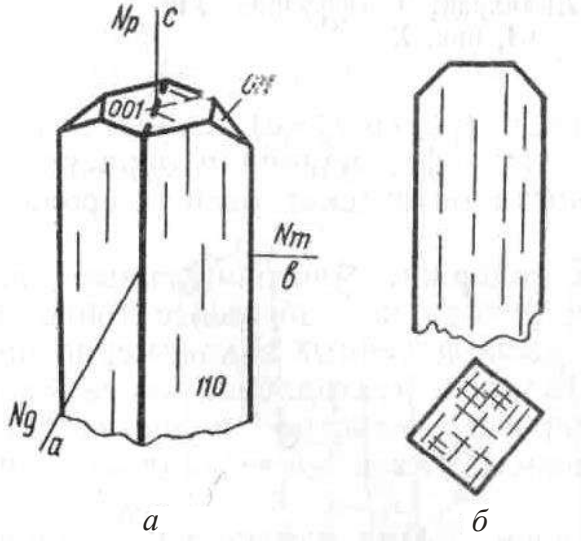



Рис. 25. Андалузит:
*а* – кристалл;
б – спайность
в продольном и
поперечном сечениях

квадрату, с трещинами спайности под углом 89 ° (рис. 25). Нередко встречается также в виде зерен неправильной формы с извилистыми границами.

Бесцветен или слабо и неравномерно окрашен в розоватый или зеленоватый цвет (плеохроирует от бледно-розового по $N_p$ до бледно-зеленого или почти бесцветного по $N_g$). Обладает ясным рельефом и шагреневой поверхностью ($n_g$ = 1.638 – 1.651, $n_p$ = 1.629 – 1.640).

Двупреломление 0.009 - 0.011. В продольных разрезах имеет прямое угасание и отрицательное удлинение. Оптически отрицательный, угол *2V* около 85 °.

Отличается от похожих на него пироксенов и кианита более слабым рельефом, прямым угасанием и отрицательным удлинением, от силлиманита – низким двупреломлением и отрицательным удлинением. При вторичных изменениях замещается мусковитом.

***Кианит***

$Al_2(SiO_4)O$, триклинная сингония.

Бесцветный или слабо-голубоватый. Образует идиоморфные призматические или таблитчатые зерна. Часты простые и полисинтетические двойники. Спайность по двум направлениям под углом, близким к 90 °.

Очень высокий рельеф и резкая шагреневая поверхность ($n_g$ = 1.728 – 1.729, $n_p$ = 1.712 – 1.717).

Двупреломление 0.012 - 0.016. Характер угасания и знак удлинения в разных разрезах разный. В сечениях с более совершенной спайностью угасание почти прямое (0 - 3 °), а в сечениях, где спайность выражена хуже, угол угасания 27 - 32 °.

От андалузита отличается более высокими показателями преломления, положительным удлинением, наличием двойников, от силлиманита – меньшим двупреломлением, наличием двойников и двумя системами спайности.

По кианиту развиваются белые слюды, пирофиллит, каолинит. Вместе с кианитом встречаются гранат, ставролит, мусковит, биотит, кордиерит.

***Силлиманит***

$Al(AlSiO_5)$, ромбическая сингония.

Обычно встречается в виде удлиненных призм без концевых граней, дающих в поперечном сечении прямоугольники, почти квадраты и ромбы, а также в форме иголочек, палочек, лучистых и волокнистых агрегатов (фибролит), неправильных зерен (рис. 26).

Бесцветен. Фибролит вследствие дисперсии света кажется окрашенным в буроватый цвет. Совершенная спайность по одному направлению. Характерны высокие показатели преломления ($n_g$ = 1.677 – 1.682, $n_p$ = 1.657 – 1.660), в связи с чем обладает высоким рельефом и ясной шагреневой поверхностью.

Двупреломление 0.020 - 0.022. Прямое угасание, положительное удлинение. Малый угол *2V* (21 – 30 °).

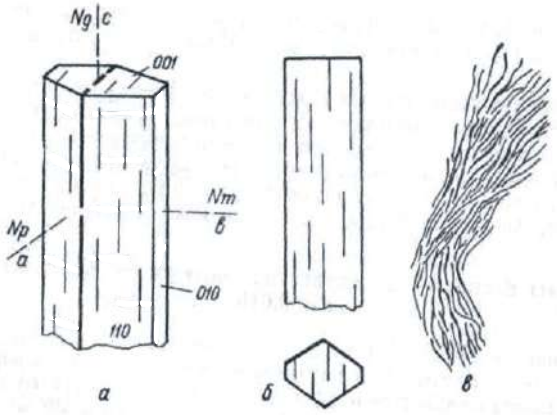



Рис. 26. Силлиманит:
*а* – форма кристаллов;
*б* – спайность в продольном и поперечном разрезах;
*в* – волокнистый силлиманит (фибролит)

Силлиманит может быть сходен в шлифах с андалузитом, кианитом, цоизитом, апатитом, ромбическим пироксеном.

Андалузит и апатит имеют отрицательное удлинение и отрицательный оптический знак. Кианит и цоизит обладают более высоким рельефом; кроме того, кианит дает сечения с косым угасанием, обладает большим углом *2V* и оптически отрицателен, а цоизит отличается характерными аномальными индигово-синими интерференционными окрасками и переменным знаком удлинения. Ромбические пироксены отличаются характером спайности (по двум направлениям под углом 87 °) и меньшим двупреломлением.

Силлиманит – высокотемпературный метаморфический минерал метапелитов. Он встречается вместе с биотитом, калиевым полевым шпатом, гранатом, кордиеритом, гиперстеном, шпинелью, корундом. При вторичных изменениях по силлиманиту развиваются белые слюды, пирофиллит, каолинит.

***Ставролит***

$(Fe,Mg,Zn)_2Al_9(Si,Al)_4O_{22}(OH)_2$. Ромбическая сингония.

Образует короткопризматические кристаллы или неправильные удлиненные порфиробласты ситовидного строения. Нередки крестообразные двойники со срастанием призматических индивидов почти под прямым углом или под углом 60 °.

Спайность несовершенная. Плеохроирует от оранжево- или золотисто-желтого по $N_g$ до бледно-желтого, почти бесцветного, по $N_p$. Отчетливые рельеф и шагреневая поверхность ($n_g$ = 1.746 – 1.762, $n_p$ = 1.736 – 1.747).

Двупреломление 0.009 - 0.016. Прямое угасание, положительное удлинение.

Высокие показатели преломления и среднее двупреломление, характерная желтая окраска, плеохроизм и высокий положительный *2V* (82 – 90 °) позволяют в совокупности надежно определять ставролит в шлифах.

Ставролит – типичный минерал среднетемпературных фаций метапелитов, встречается с альмандином, мусковитом, биотитом и др. Может замещаться мусковитом, серицитом, хлоритом.

***Кордиерит***

$(Mg,Fe)_2Al_3(AlSi_5O_{18}) \cdot nH_2O$, ромбическая сингония.

Образует зерна неправильной формы, бесцветные или голубоватые, с низким положительным рельефом ($n_g$ = 1.543 – 1.575, $n_p$ = 1.534 – 1.558) и низким двупреломлением (0.009 – 0.017). Спайность несовершенная. Характерны двойники – полисинтетические или секториальные (тройники и шестерники).

В кордиеритах умеренной или высокой железистости вокруг включений циркона и других акцессорных минералов наблюдаются «плеохроичные дворики» - ореолы плеохроизма от бесцветного до ярко-желтого. В магнезиальных кордиеритах таких плеохроичных двориков не отмечается.

Кордиерит можно спутать с кварцем или плагиоклазом, имеющими близкий рельеф и двупреломление.

От кварца кордиерит отличается наличием двойников, плеохроичных ореолов, двуосностью. Кроме того, кварц часто имеет характерное волнистое угасание и чуть более высокое двупреломление. От плагиоклаза кордиерит отличается плеохроичными ореолами, менее совершенной спайностью, полисинтетические двойники в нем часто не доходят до краев зерен. От альбита, сходного с кордиеритом по показателю преломления и двупреломлению, последний отличается также отрицательным оптическим знаком.

Кордиерит может замещаться пинитом – бесцветной, зеленовато-голубоватой, желтой войлокообразной смесью мусковита, хлорита, серпентина и оксидов железа. Даже небольшие следы проявленной пинитизации могут быть использованы для отличия кордиерита от других минералов.

Встречается в метаморфических породах, богатых алюминием, и в высокоглиноземистых магматических породах кислого состава. Характерен для высоких ступеней регионального и контактового метаморфизма, нередко встречается вместе с гранатом, калиевым полевым шпатом, гиперстеном, силлиманитом.

***Группа эпидота***

Изоморфный ряд клиноцоизит $Ca_2Al_3(SiO_4)(SiO_2)O(OH)$ – эпидот $Ca_2(Al,Fe)_3(SiO_4)(Si_2O_7)O(OH)$, моноклинная сингония. Цоизит – ромбическая сингония.

Минералы группы эпидота образуют в шлифах удлиненные или неправильные зерна с высоким рельефом и шагреневой поверхностью. Эпидот в шлифе слабо окрашен в зеленовато-желтый цвет (со слабым плеохроизмом) или бесцветен, клиноцоизит и цоизит бесцветны.

Спайность по двум направлениям под углом 65 ° (в одном направлении совершенная, в другом – несовершенная, в виде коротких трещин). Угол угасания 0 – 30 ° (в зависимости от спайности, по отношению к которой измеряется угол угасания). По длине кристаллов клиноцоизита и эпидота располагается $N_m$, поэтому разрезы могут иметь как положительное, так и отрицательное удлинение.

Минералам группы эпидота свойственна аномальная интерференционная окраска – у цоизита тусклая серо-синяя, желтовато-бурая, у клиноцоизита – густые желтые и оранжево-желтые цвета, у эпидота – яркие красные, малиново-красные и зеленые цвета.

Клиноцоизит также отличается от цоизита косым угасанием в большей части разрезов и углом $2V$ (65 - 90 °). От эпидота цоизит и клиноцоизит отличаются меньшим двупреломлением (0.005 – 0.008). Клиноцоизит оптически положительный, эпидот – отрицательный.

От клинопироксена эпидот отличается малым углом угасания (в удлиненных разрезах угасание может быть прямым), хуже проявленной спайностью, плеохроизмом, цветами интерференции, отрицательным оптическим знаком.

Цоизит – типичный минерал прогрессивного и регрессивного метаморфизма фаций зеленых сланцев, глаукофановых сланцев и эпидот-амфиболитовой фации. Входит в состав соссюрита (агрегат серицита, цоизита и кварца), образующего псевдоморфозы по основным и средним плагиоклазам при изменении магматических пород.

Клиноцоизит и эпидот – типичные минералы метаморфических пород фаций зеленых сланцев, глаукофановых сланцев и эпидотовых амфиболитов, их парагенезисы почти не отличаются от парагенезисов цоизита.

***Хлориты***

Хлориты – большая и сложная по составу группа минералов, главными представителями которых являются клинохлор $Mg_5Al(AlSi_3O_{10})(OH)_8$ и шамозит $Fe_5Al(AlSi_3O_{10})(OH)_8$. Моноклинная сингония. Разнообразный изоморфизм приводит к изменчивости свойств хлоритов.

Характерными признаками хлоритов в шлифах является пластинчатая форма кристаллов, весьма совершенная спайность, зеленые отттенки окраски, слабый плеохроизм (от синевато-зеленого или бесцветного до желто-зеленого), низкое двупреломление, прямое угасание (иногда с отклонением в несколько градусов), нередко аномальная интерференционная окраска (грязная желто-зелено-серая, синяя, фиолетовая, реже бурая).

Могут иметь как положительное, так и отрицательное удлинение. В чешуйках хлорита могут наблюдаться плеохроичные дворики, сходные с двориками в биотите; в центре таких плеохроичных двориков часто находятся включения циркона.

От серпентина минералы группы хлорита можно отличить по часто наблюдаемому отчетливому плеохроизму, аномальным сиреневым и бурым цветам интерференции, а также по присутствию плеохроичных двориков, не характерных для серпентина. От похожего по окраске биотита хлорит в разрезах со спайностью отличается низкой интерференционной окраской и более слабым плеохроизмом.

Трудность для диагностики могут представлять бесцветные оптически изотропные или почти изотропные хлориты. Они отличаются от других изотропных минералов низким рельефом и слюдоподобной спайностью.

В магматических породах минералы группы хлорита являются вторичными. Они развиваются по главным породообразующим минералам (преимущественно мафическим). Часто хлорит замещает биотит, причем при этом в хлорите нередко образуются тончайшие иголки рутила, пересекающиеся под углом 60 ° и слагающие так называемую сагенитовую решетку (см. рис. 23). Хлоритом могут замещаться также пироксены, амфиболы, оливин, гранат, иногда полевые шпаты.

***Серпентин***

$Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4$, моноклинная сингония.

Бесцветный или зеленоватый, буроватый, желтоватый. У окрашенных разностей плеохроизм от зеленовато-желтого по $N_g$ до бесцветного по $N_p$. Спайность весьма совершенная по одному направлению. Показатели преломления близки к канадскому бальзаму, в связи с чем рельеф и шагреневая поверхность отсутствуют.

Серая, белая, иногда бледно - желтая интерференционная окраска *I* порядка (двупреломление 0.006 – 0.013). Угасание прямое, удлинение положительное.

От хлорита серпентин отличается по цвету и отсутствию аномальных интерференционных окрасок. Сходные с серпентином бесцветные или слабоокрашенные разности хлоритов лучше окристаллизованы, обладают слюдоподобной спайностью, менее смяты и имеют более высокий положительный рельеф.

Серпентин – типичный вторичный минерал, развивающийся в ультраосновных и основных породах по магнезиальному оливину, пироксенам, реже амфиболам.

***Тальк***

$Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$, моноклинная сингония.

Образует чешуйчатые агрегаты. В шлифе бесцветный, буроватый и зеленовато-буроватый. Спайность весьма совершенная по одному направлению. $N_g$ - $N_p$ = 0.050 – 0.045. Угасание прямое, удлинение положительное. Оптически отрицательный, угол *2V* = 0 - 30 °.

Под микроскопом сходен с мусковитом. Отличается показателями преломления ($n_g$ = 1.589 – 1.590, $n_p$ = 1.539 – 1.545), углом *2V*, минеральными ассоциациями. Кроме того, тальк отличается от мусковита своей пластичностью, плавной изогнутостью чешуек, что у мусковита наблюдается редко.

В основных и ультраосновных магматических породах тальк развивается по магнезиальным минералам – оливину, ортопироксенам, серпентину и др. Характерны ориентированные псевдоморфозы талька по магнезиальным ортопироксенам.

***Турмалин***

$NaFe_3Al_6(Si_6O_{18})(BO_3)_3(OH)_4$. Тригональная сингония.

Призматический. Спайность отсутствует. Рельеф и шагреневая поверхность хорошо заметны ($n_o$ = 1.639 – 1.692, $n_e$ = 1.620 – 1.657). Двупреломление 0.017 - 0.030, обычно около 0.020.

В шлифе часто окрашен в бурый цвет, хотя может иметь и другую окраску. Плеохроизм резкий, с изменением интенсивности окраски. В отличие от биотита, турмалин принимает наиболее темную окраску, когда длинная сторона кристалла перпендикулярна к направлению колебаний света в поляризаторе (у биотита наиболее темная окраска - когда длинная сторона кристалла параллельна направлению колебаний света в поляризаторе).

Угасание прямое, удлинение отрицательное.

***Рутил***

$TiO_2$, тетрагональная сингония.

Обычно встречается в виде мелких зерен. Кристаллы рутила призматические, столбчатые, игольчатые, но в кристаллических сланцах нередко встречается и в виде изометричных зерен.

Густо окрашен в буро-красный или желто-бурый цвет, часто почти непрозрачен. Очень высокий рельеф ($n_e$ = 2.895 – 2.903, $n_o$ = 2.609 – 2.616). Очень высокое двупреломление (0.286 – 0.287), в силу чего интерференционную окраску определить невозможно. Яркие цвета интерференции видны даже в тончайших иголочках, что позволяет по этому свойству отличить рутил от других тонкоигольчатых минералов.

Прямое угасание. Из-за интенсивной собственной окраски рутил обычно одного и того же цвета как при включенном, так и при выключенном анализаторе.

Сагенитовая решетка - включения тонкоигольчатого рутила в хлорите или в слюдах, имеющие вид сетки с треугольными ячейками (см. рис. 23).

Титанит, в отличие от рутила, имеет меньшие показатели преломления и двупреломление, и двуосен. Циркон более светло окрашен и имеет более низкие показатели преломления и двупреломление.

Рутил – широко распространенный акцессорный минерал. Он встречается в различных магматических породах - от ультрамафитов до гранитов, в метаморфических породах разныхь фаций. Рутил иногда развивается по ильмениту, но и сам может замещаться ильменитом или титанитом.

***Карбонаты***

Кальцит $CaCO_3$, доломит $CaMg(CO_3)_2$, магнезит $MgCO_3$, сидерит $FeCO_3$. Тригональная сингония.

Карбонаты в шлифах преимущественно бесцветны. Спайность по трем направлениям под косым углом. В крупных зернах встречаются полисинтетические двойники. В сечениях, где четко видны два направления спайности, у кальцита двойниковые полоски располагаются ближе к длинной диагонали ромба спайности, а у доломита – ближе к короткой диагонали ромба спайности. Магнезит обычно не подвержен двойникованию.

Характерна четко выраженная псевдоабсорбция. У кальцита псевдоабсорбция проявляется более отчетливо, чем, например, у сидерита, так как у кальцита показатель преломления $n_g$ выше, а $n_p$ ниже, чем у канадского бальзама, а у сидерита оба показателя преломления выше, чем у канадского бальзама.

Очень высокое двупреломление (более 0.170), которому отвечает очень высокая пестро-белая («перламутровая») интерференционная окраска, по которой, вместе с псевдоабсорбцией, карбонаты могут быть отличимы от других породообразующих минералов.

Одноосные, отрицательные.

***Флюорит***

$CaF_2$, кубическая сингония. Встречается преимущественно в виде неправильных зерен, выполняющих промежутки между другими минералами, реже в виде идиоморфных кристаллов.

Бесцветный, со спайностью по октаэдру, в связи с чем в некоторых разрезах можно наблюдать две или три системы пересекающихся трещин спайности. Показатель преломления много ниже канадского бальзама (1.434), вследствие чего минерал имеет отрицательный рельеф и резкую шагреневую поверхность. Изотропный.

Флюорит может быть спутан в шлифах с другими изотропными минералами со средним рельефом и шагреневой поверхностью. На него похожа слабо окрашенная (бесцветная, зеленая или фиолетовая) шпинель, имеющая к тому же отдельность по октаэдру, сходную со спайностью флюорита. Но у шпинели положительный рельеф. Гранаты не имеют спайности и также имеют положительный рельеф.

Флюорит нередко встречается в нефелиновых сиенитах, гранитоидах, пегматитах, грейзенах.

## 2.3. Контрольные вопросы

1. Как отличить в шлифе кварц и нефелин, кварц и кордиерит?
2. Назовите разновидности калиевых полевых шпатов и охарактеризуйте их диагностические признаки в шлифах.
3. Как отличить между собой пертиты и антипертиты?
4. Что общего и каковы различия в оптических свойствах плагиоклазов и калиевых полевых шпатов?
5. Перечислите признаки, по которым в шлифах выбирают зерна плагиоклаза для определения их состава методом максимального симметричного угасания.
6. Чем замещаются кислые и основные плагиоклазы при вторичных изменениях?
7. Назовите признаки отличия в шлифе биотита от хлорита, турмалина, амфиболов.
8. Что такое опацитизация и у каких минералов она может быть проявлена?
9. Перечислите характерные признаки тремолита, актинолита, щелочных амфиболов.
10. Как отличить в шлифе пироксен от оливина?
11. Как в шлифе различаются ромбические и моноклинные пироксены?
12. Перечислите сходства и различия минералов из группы пироксенов и амфиболов.
13. Чем эгирин отличается в шлифе от амфиболов?
14. Назовите оптически изотропные минералы и их отличия между собой в шлифе.
15. Как отличить в шлифе титанит и рутил, титанит и циркон?

16. Назовите характерные диагностические признаки кианита, андалузита, силлиманита.
17. Как определить в шлифе ставролит и кордиерит?
18. Охарактеризуйте особенности диагностики в шлифе минералов группы эпидота.
19. Как хлорит отличается в шлифе от серпентина и талька?
20. Назовите оптические свойства, характерные для минералов группы карбонатов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Белоусова О. Н., Михина В. В. Общий курс петрографии. М., Недра, 1972. 344 с.

Кравцова Л. И., Чукашева М. Н. Кристаллооптика. Методическое пособие к лабораторным работам по курсу петрографии. Изд. СГИ, 1961. 58 с.

Маракушев А. А., Бобров А. В., Перцев Н. Н., Феногенов А. Н. Петрология. I. Основы кристаллооптики и породообразующие минералы. М.: Научный мир, 2000. 316 с.

Петрография и петрология магматических, метаморфических и метасоматических горных пород. М.: Логос, 2001. 768 с.

Сиротин К. М. Практическая петрография. Изд. Саратов. ун-та. 1988. 312 с.

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Авгит, 46, 48
Актинолит, 45
Альбит, 38
Амфиболы, 44
Андалузит, 53
Андезин, 38
Аномальная анизотропия, 17
Анортит, 38
Антигорит, 58
Антипертиты, 37
Апатит, 50
Арфведсонит, 45

Бастит, 47, 58
Биотит, 42
Битовнит, 38

Вулканическое стекло, 51

Гиперстен, 47
Глаукофан, 45
Гранаты, 52

Двупреломление, 17, 4, 21
Диопсид-геденбергит, 48
Дисперсионный эффект, 14
Дисперсия двупреломления, 19
Доломит, 60

Знак удлинения, 25

Интерференционная окраска, 17

Калиевые полевые шпаты, 35
Кальцит, 60
Канадский бальзам, 8
Канкринит, 35
Карбонаты, 59

Кварц, 34
Кварцевый клин, 24
Кианит, 53
Клинопироксены, 47
Клинохлор, 57
Клиноцоизит, 56
Компенсатор, 23
Кордиерит, 55
Круговое сечение, 5

Лабрадор, 38
Лизардит, 58

Магнезит, 60
Микроклин, 36
Микропегматит, 37
Мирмекит, 39
Мусковит, 43

Нефелин, 34

Объект-микрометр, 11
Ограничения, 14
Оливин, 48
Олигоклаз, 38
Омфацит, 46
Оптически двуосный, 4
Оптически одноосный, 4
Оптически отрицательный, 5
Оптически положительный, 5
Оптическая ось, 4
Ортоклаз, 36
Ортопироксены, 47
Острая биссектриса, 5

Пертиты, 37
Пироксены, 46
Плагиоклазы, 38
Плеохроизм, 26
Плоскость оптических осей, 5
Полоска Бекке, 14
Пренит, 39
Псевдоабсорбция, 16

Разность хода, 17
Рельеф, 13
Рибекит, 45
Роговая обманка, 44
Рутил, 59

Сагенит, 43, 59
Санидин, 36
Серицит, 39, 43
Серпентин, 58
Сидерит, 60
Силлиманит, 53
Симметричное угасание, 41

Скрещенность николей, 9
Соссюрит, 39
Ставролит, 55
Схема абсорбции, 26

Тальк, 58
Титанит, 50
Тремолит, 45
Тупая биссектриса, 5
Турмалин, 59

Угол оптических осей (2V), 5, 30
Угол угасания, 22

Фаялит, 48
Флюорит, 60
Форстерит, 48

Хлорит, 57
Хризотил, 58

Центрировка, 10
Цеолит, 35
Циркон, 50
Цоизит, 56

Шагреневая поверхность, 14
Шпинель, 51

Щелочные амфиболы, 45

Эгирин, 48
Эгирин-авгит, 48
Энстатит, 47
Эпидот, 56

Учебное издание

Олег Анатольевич Суставов

# ПЕТРОГРАФИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД, ПЕТРОЛОГИЯ

*Учебно-методическое пособие*
к лабораторным занятиям (часть 1)
для студентов специальности 080100 - «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых» (РМ) направления 130301 – «Прикладная геология»

Редактор

Подписано в печать Бумага писчая. Формат 60 х 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 4 . Уч.-изд. л. . Тираж . Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Кудров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

## ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

## ПО ДИСЦИПЛИНЕ « ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЧЕТВЕРТИЧНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

## ДЛЯСТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

## 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Автор: Бутин В.В., к.г-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры геологии
*(название кафедры)*
Зав.кафедрой _____
*(подпись)*
Огородников В.Н.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 17.03.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией Факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение ..... 5
1. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТИПОВ РЕЛЬЕФА ..... 6
2. ОСНОВНЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ..... 9
3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ..... 14
Рекомендуемая литература ..... 27

## Введение

Практические занятия студентов геологических специальностей по дисциплине «Структурная геология, геоморфология и четвертичная геология» включают в себя работы по стереоскопическому дешифрированию аэрофотоснимков крупного и детального масштаба. В результате этих работ составляется «Карта четвертичных образований» (приложение 1).

Подготовленные для выполнения практических работ аэрофотоснимки отображают конкретные участки рельефа различных климатических зон, характеризующихся формированием определенных генетических типов четвертичных пород и имеющих различный характер соотношения эндогенных и экзогенных рельефообразующих процессов.

Эндогенные рельефообразующие силы складчатого, дизъюнктивного, магматического типов реализуются в верхней части литосферы обычно в виде вертикальных положительных или отрицательных перемещений блоков земной коры, приводящих к возрастанию контрастности рельефа. Экзогенные силы имеют противоположную направленность по отношению к эндогенным движениям, стремятся компенсировать их и снизить контрастность рельефа путем проявления и сочетания денудационных и аккумулятивных процессов. В связи с этим каждой конкретный тип рельефа представляет собой результат взаимодействия эндогенных и экзогенных сил, фиксируя определенную стадию экзогенной переработки эндогенного рельефа.

# 1. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТИПОВ РЕЛЬЕФА

В морфологическом отношении на аэрофотоснимках представлены следующие основные типы рельефа: высокогорный, низкогорный, холмистый и равнинный.

Высокогорный рельеф развит в областях тектонической активизации, с проявлением интенсивных вертикальных движений, определивших высокую контрастность элементов рельефа и его эрозионную расчлененность. На аэрофотоснимках горного рельефа дешифрируются островершинные хребты, скалистые гребни и склоны, глубоко врезанные ущелья, и V-образные долины рек и их притоков, долинные линейные ледники. Эрозионные формы высокогорного рельефа представлены отпрепарированными участками выходов коренных пород, реликтовыми эрозионными останцами и уступами, эрозионными склонами флювиального, ледникового, криогенного типов. Аккумулятивные формы рельефа сложены делювиальными и коллювиальными площадными развалами и осыпями на склонах, гляциальными, пролювиальными и аллювиальными отложениями речных долин, ручьев, логов.

Низкогорный рельеф характеризуется менее контрастными, сглаженными формами вершин и склонов, что обусловлено активным и длительным развитием денудационных процессов и обычно развитием менее устойчивых и контрастных в эрозионном отношении горных пород. Эрозионные элементы рельефа приурочены к локальным площадям развития относительно более устойчивых к выветриванию горных пород, в пределах которых сохраняются эрозионные останцы на водоразделах, склонах, в бортах речных долин. Рыхлые отложения склонов чаще всего представлены делювиальными или солифлюкционными отложениями.

В формировании речных долин значительную роль играют процессы боковой эрозии. Речные формы рельефа характеризуются сочетанием эрозионных и аккумулятивных элементов рельефа, дешифрируются русловые и пойменные фации аллювия, речные террасы цокольного и аккумулятивного типов.

Холмистый рельеф представляет собой сочетание реликтовых останцовых эрозионных форм с разделяющими их денудационными депрессиями. Эрозионные останцы приурочены к выходам более устойчивых к выветриванию горных пород, образующих отпрепарированные положительные формы различной конфигурации. Коренные выходы пород приурочены к бровкам, уступам эрозионных склонов, реже к нижним частям этих склонов, к эрозионным бортам речных долин. Элювиальные образования развиты на вершинах и уплощенных водоразделах, рыхлые породы склонов представлены делювиальными или солифлюкционными отложениями. У подножий этих склонов и в их основании нередко отмечается образование пролювиальных шлейфов за счет слияния конусов выноса временных потоков. Речные долины характеризуется ящикообразным поперечным профилем с плоским днищем, эрозионными бортами, преобладанием аккумулятивных флювиальных форм и широким развитием русловых, пойменных и террасовых фаций аллювиальных отложений.

Равнины на аэрофотоснимках представлены денудационными и аккумулятивными типами. Аккумулятивные формы рельефа сложены отложениями флювиального, пролювиального, гляциального, флювиогляциального и эолового генезиса. Коренные выходы пород на аккумулятивных равнинах отсутствуют. Элювиальные породы в небольшом объеме могут присутствовать на уплощенных реликтовых положитель-

ных формах рельефа. Более широкое распространение имеют делювиальные отложения по привершинным и склоновым участкам рельефа. Речные формы рельефа представлены аллювиальными осадками русловых, старичных и пойменных фаций, аккумулятивными надпойменными террасами, расположенными в пределах широких разработанных речных долин с меандрирующими или ветвящимися руслами рек.

Пролювиальные равнины слагают относительно ровные или слабоволнистые участки предгорного рельефа, имеющего общий пологий наклон к предгорным равнинам. В строении пролювиальных равнин принимают участие мощные пролювиальные отложения временных горных потоков и слияние конусов выноса в предгорной равнине.

Гляциальные равнинные формы рельефа сложены моренными отложениями донной морены, образующей площадной покров и перекрывающей выходы более древних четвертичных отложений и дочетвертичных коренных пород. Морфологически покров характеризуется относительно ровной поверхностью с образованием небольших холмистых возвышений и впадин, развитием в отрицательных формах рельефа озер, болот. В периферических частях ледников выделяются конечные и боковые морены, образующие линейные валообразные формы рельефа, оконтуривающие ледники, на перигляциальных участках за пределами ледников формируются флювиогляциальные и зандровые аккумулятивные отложения.

Криогенный тип равнинного рельефа, помимо солифлюкционных аккумулятивных форм, в небольшом объеме представлен термокарстовыми и полигональными элементами рельефа, образование которых приурочено к участкам развития многолетнемерзлых аккумулятивных

отложений флювиального, озерно-речного, морского, гляциального и флювиогляциального происхождения.

Эоловый тип рельефа имеет ограниченное распространение и представлен песчаными аккумулятивными формами аридной климатической зоны. Положительные формы рельефа сложены барханами и продольно-грядовыми песками, разделенными дефляционными и глинисто-солончаковыми ложбинами и такырами**.**

## 2. ОСНОВНЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Из всей обширной группы различных по генезису четвертичных образований остановимся лишь на осадочных четвертичных отложениях, получивших распространение на имеющихся аэрофотоснимках.

***Элювиальные образования*** **(e)** включают в себя продукты физического и химического выветривания, не перемещенные с места своего образования. В зависимости от климатических условий, длительности процессов выветривания и типа субстрата, элювий может быть представлен различными типами обломочных и глинистых кор выветривания. Элювий приурочен к выходам дочетвертичных пород на дневную поверхность и располагается на горизонтальных участках рельефа с углом наклона склона менее 5°. На аэрофотоснимках элювиальные отложения выделяются на уплощенных водоразделах, пологих вершинах, на горизонтальных поверхностях ступенчатого денудационного рельефа.

***Делювиальные отложения*** **(d)** представляют собой разрушенные коренные породы, перемещенные с места своего образования по склону под действием временных безрусловых плоскостных потоков. Состав

пород обусловлен составом исходного субстрата и типом коры выветривания, размер обломков и сортировка могут быть разными. Делювиальные отложения приурочены к склонам с углом наклона до 15° и распространены в верхних привершинных частях положительных форм рельефа и на пологих склонах. Реже, в условиях холмистого рельефа, делювий выделяется также в нижней части и в основании склонов.

***Коллювиальные отложения*** **(c)** представлены продуктами физического выветривания, смещенными по склону под действием гравитационных сил. Наиболее широкое распространение получили осыпи глыбово-щебенчатого материала на склонах с крутизной более 30°. Выделяются также крупноглыбовые и глыбовые обвальные накопления на склонах при угле более 40° и у подножий крутых склонов.

***Солифлюкционные отложения*** **(s)** развиты в районах распространения многолетней мерзлоты. Образуются в результате накопления рыхлого обломочного или глинистого материала, перешедшего в мобильное пластическое состояние вследствие вытаивания подземных льдов и перемещающегося по склонам под действием гравитационных сил. Мелкоземистым материалом на пологих склонах сложены оплывные формы рельефа в виде натечных террас, ступеней высотой до нескольких метров. Грубообломочный материал образует площадные глыбовые развалы на горизонтальных участках, «каменные моря», площадные курумы, линейные скопления на склонах, «каменные реки», приуроченные к отрицательным элементам рельефа. На аэрофотоснимках солифлюкционные отложения, помимо оплывных форм, распознаются также по полосчатым «расчесанным склонам», представляющим результат плоскостно-струйчатого перемещения рыхлого материала («делли»).

***Пролювиальные отложения*** **(р)** представляют собой отложения временных потоков, в разной степени сортированных. Для временных потоков равнинных областей характерно формирование тонкосортированного слоистого овражного аллювия. Отложения временных потоков горного рельефа характеризуются плохой сортировкой и грубообломочным составом. На аэрофотоснимках выделяются три разновидности пролювия. Первую из них составляют отложения, локализованные непосредственно в руслах и тальвегах водотоков и образующие линейные аккумулятивные полосы по дну долин временных потоков. Вторая разновидность пролювия представлена рыхлыми отложениями конусов выноса временных потоков и ручьев при резком выполаживании продольных профилей водотоков в местах их выхода в основную речную долину или на предгорную равнину («сухие дельты»). Третья разновидность представляет собой пролювиальную пологонаклонную равнину, образовавшуюся за счет слияния конусов выноса в предгорных участках.

***Аллювиальные отложения*** **(а)** имеют широкое распространение и присутствуют практически на всех аэрофотоснимках. Из всей группы аллювия наиболее распространенными являются русловые, пойменные и террасовые фации аллювиальных отложений.

Русловые отложения сложены грубообломочным валунно-галечно-песчаным материалом, распределенным по дну узких врезающихся речных долин или локализованным на участках современного русла разработанных долин. Эти отложения хорошо распознаются на аэрофотоснимках по отсутствию растительности и светлому фототону, отражающему состав обломочного аллювиального материала.

Отложения пойменных фаций приурочены к днищам речных долин, находящихся на стадии расширения долин и сочетания процессов боковой эрозии и аккумуляции. Чаще всего для поймы является характерным темный фототон черно-белых аэрофотоснимков, вследствие широкого развития растительности, сравнительно ровная поверхность, меандрирующий характер русла, наличие стариц, озер, болот. Пойменные отложения имеют более тонкий песчано-глинистый или глинисто-илистый терригенно-биогенный состав.

Речные террасы представлены двумя генетическими типами – аккумулятивными и эрозионно-аккумулятивными. В рельефе, в пределах речных долин, речные террасы в виде реликтовых форм отчетливо выделяются по более высокому гипсометрическому положению, ровной поверхностью террасы, они отделяются уступами от поймы и от борта речной долины. Количество надпойменных террас составляет одну-две, достигая на отдельных снимках до трех. Поверхность террас обычно ровная, характеризуется однородным фототоном, наличием бровки и тылового шва, в цоколе эрозионно-аккумулятивных террас выходят коренные дочетвертичные породы.

***Ледниковые (гляциальные) отложения*** **(g)** представлены моренными породами, образующими аккумулятивные формы рельефа. Моренные отложения характеризуются смешанным несортированным глыбово-щебенчатым, валунным, галечным, песчаным и глинистым материалом, образовавшимся в результате накопления на месте ледника и по периферии ледника после его деградации. На аэрофотоснимках отложения донной (основной) морены занимают днища и нижние части бортов ледниковых трогов, каров, образуя покровы, шлейфы, бугристые и холмистые аккумулятивные формы рель-

ефа. В периферических частях ледников моренные отложения слагают линейные валообразные формы боковых и конечных морен.

***Водно-ледниковые (флювиогляциальные) отложения*** **(f)** образуются в результате накопления донных обломочных отложений поверхностных водных потоков внутри ледника и за его пределами на этапе деградации и таяния ледника. Выделяется три основных типа отложений, различающихся по условиям образования, – озы, камы, зандры.

*Озы* представляют собой протяженные положительные аккумулятивные формы рельефа, сложенные песчано-галечным сортированным материалом, аккумулированным водными потоками внутри ледников покровного площадного типа. После отступления ледника эти отложения образуют «насаженные» протяженные линейные аккумулятивные формы рельефа, наложенные на осадки основной морены.

*Камовые* образования формируются в результате аккумуляции рыхлых отложений в озерах, расположенных внутри ледника. Породы характеризуются хорошей сортировкой, слоистостью и образуют холмообразные аккумулятивные формы рельефа, также наложенные на отложения донной морены.

*Зандровые* отложения образуются за пределами ледников и характеризуются площадным зональным распределением терригенного материала, вынесенного талыми водами с ледника. Наиболее удаленные от края ледника участки зандровых полей отличаются мелкообломочным песчано-глинистым составом и пониженной общей мощностью флювиогляциальных отложений.

***Эоловые отложения*** **(v)** на имеющихся аэрофотоснимках представлены лишь одной разновидностью – барханными песками. Барханы

дешифрируются по характерному извилистому полосчатому фоторисунку и однородному светлому фототону слагающих их песчаных отложений.

Из ***техногенных образований*** **(t)** на аэрофотоснимках выделяются рыхлые отложения, перемещенные при хозяйственном освоении территорий. Сюда относятся дамбы, дорожные насыпи, распаханные поля и огороды, застроенные участки, отличающиеся, обычно светлым однородным фототоном.

***Дочетвертичные породы*** **(D'Q)** приурочены к реликтовым денудационным формам и эрозионным элементам рельефа. Выходы дочетвертичных пород фиксируются в крутых эрозионных бортах временных и постоянных водотоков, в цоколе речных террас, в эрозионных уступах на склонах гор. Кроме того, выходы коренных пород приурочены к водораздельным хребтам, бровкам эрозионных склонов, этими породами сложены отпрепарированные эрозионные останцовые формы рельефа. Реже, в условиях литоморфного рельефа, коренные породы слагают более значительные площадные выходы дочетвертичных отложений в современном рельефе, в отдельных случаях представленных структурно-денудационными формами на участках аридного климата или выходами кайнозойских вулканических пород.

## 3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Для практических работ по геоморфологическому дешифрированию подготовлено 30 комплектов черно-белых плановых аэрофотоснимков **(АФС)** масштаба 1:10 000 – 1:43 000. В комплекте имеются 2 или 3 снимка, составляющие стереопары или стереотройки на определенную площадь. Два смежных снимка дают возможность получе-

ния стереоскопической модели местности на перекрывающейся части снимков. Площадь перекрытия на АФС составляет 60-80 % каждого снимка.

Работы по геоморфологическому дешифрированию АФС выполняются в следующей последовательности.

1. ***Определение масштаба АФС***. Масштаб снимка рассчитывается по формуле m = f / H, где f – фокусное расстояние аэрофотокамеры, мм; H – высота фотографирования, м (рис. 1). Оба параметра берутся из текста, приложенного к аэрофотоснимкам и переводятся для расчета в одни единицы (метры или миллиметры). Расчет масштаба АФС проводится с округлением, кратным 1 000 (например, 1:17 000, 1:23 000 и др.).

2. ***Определение границ участка*** для составления карты. Для этого на одном из снимков стереопары определяются и наносятся на кальку границы участка, отображенного на обоих снимках и составляющего стереоскопическую модель рельефа.

3. ***Определение центров аэрофотоснимков***. Центр снимка (главная точка АФС) фиксирует положение оптической оси аэрофотокамеры в момент фотографирования. Положение центра снимка определяется геометрическим путем несколькими методами.

Наиболее точно центр снимка определяется как точка пересечения линий, соединяющих марки противоположных сторон снимка или как точка пересечения диагоналей, соединяющих противоположные углы рамки снимка (рис. 2). Менее точным методом, используемым лишь в учебных целях, является построение центра снимка как точки пересечения линий, соединяющих противоположные углы снимка.

Кроме того, на каждый снимок выносится проекция центра соседнего снимка, составляющего стереопару. Если в комплекте имеется три

снимка, то на среднем из них отображаются центры соседних с ним левого и правого снимков. Вынос центров-проекций с соседних снимков осуществляется под стереоскопом после того, как будут нанесены на каждом снимке собственные центры фотографирования.

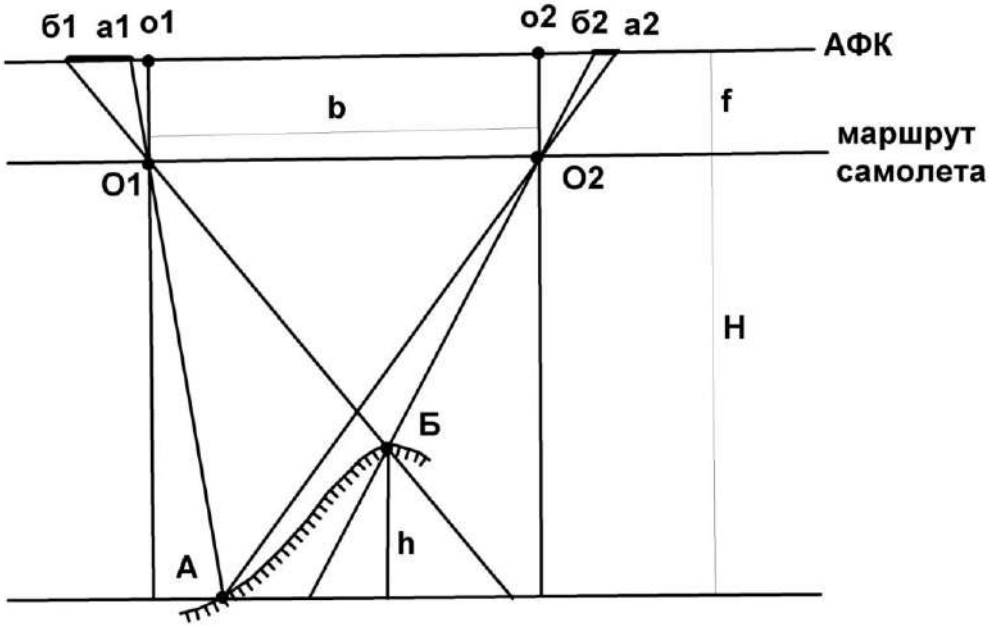



Рис. 1. Основные параметры при фотографировании рельефа:
А, Б – нижняя и верхняя точки участка рельефа (склон горы);
АФК – условное положение плоскости фотографии аэрофотокамеры;
h – относительное превышение точки Б над точкой А;
О1, О2 – центры фотографирования для стереопары снимков на линии маршрута самолета; о1, о2 – проекции центров фотографирования на фотоснимках;
Н – высота фотографирования; f – фокусное расстояние аэрофотокамеры;
b – базис фотографирования; а1б1, а2б2 – горизонтальные проекции отображения склона АБ на фотоснимках

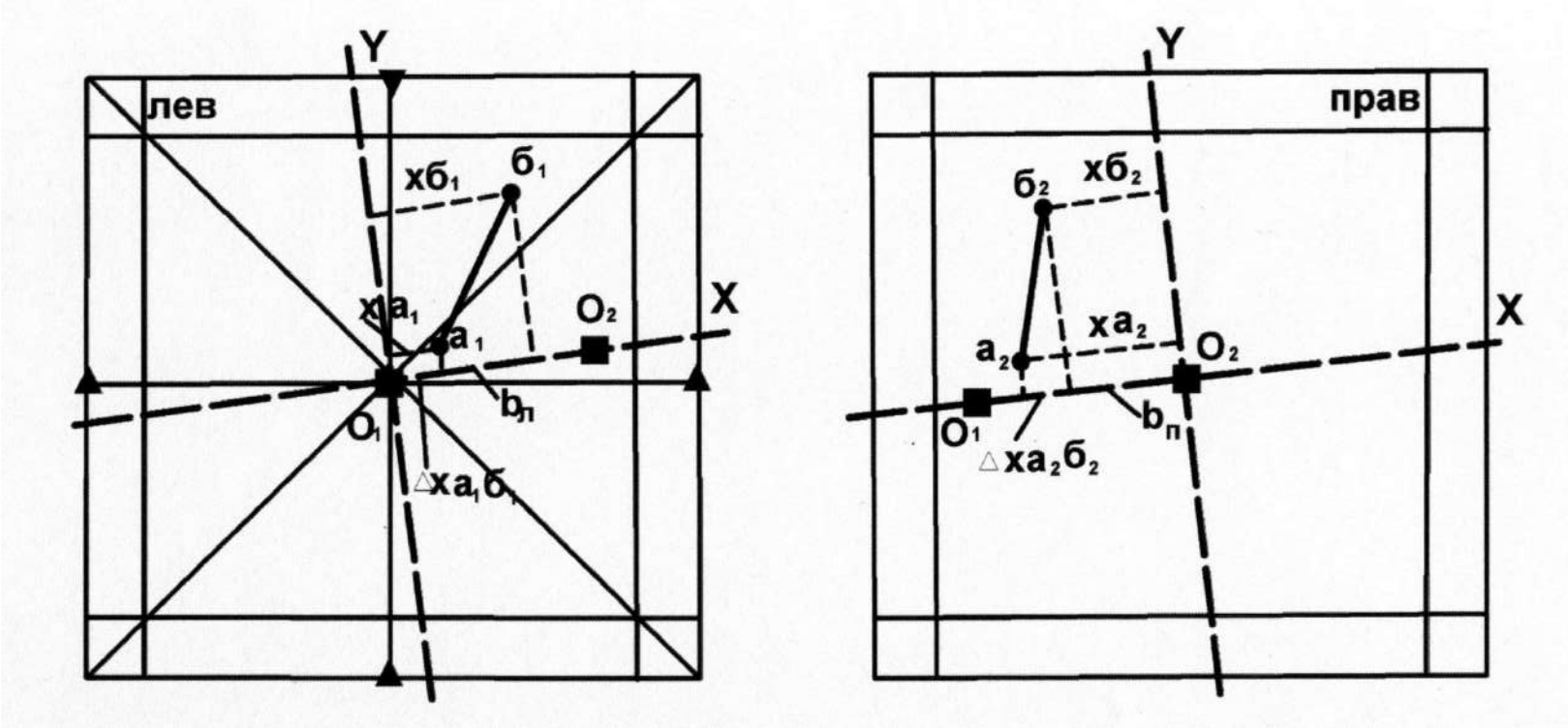



Рис. 2. Определение координат (**ха, хб**) и разностей координат (**Δх**) точек **а** и **б** на левом (**лев**) и правом (**прав**) снимках стереопары:

**$O_1O_2$ = $b_л$, $b_п$** – базисы фотографирования на левом ($b_л$) и правом ($b_п$) снимках;

**$\Delta xa_1б_1$, $\Delta xa_2б_2$** – разности координат точек **а** и **б** в проекции на ось **X**

*4.* ***Определение базиса фотографирования***. Линии, соединяющие на каждом снимке центры снимков с центрами-проекциями соседних снимков стереопар, фиксируют маршрут самолета. Расстояние между этими точками ($O_1$-$O_2$, см. рис. 1, 2) составляет базис фотографирования. Необходимо вычислить средний базис фотографирования. Для этого замеряют линейкой или палеткой базисы на левом и правом снимках и определяют средний базис фотографирования (с точностью до 0,1 мм), мм: $b_{ср} = (b_{лев} + b_{прав}) / 2$, мм.

*5.* ***Определение относительных превышений точек рельефа***. Для определения относительных превышений элементов рельефа, крутизны склонов, высоты уступов, уклона речных долин и др. необходимо определить разницу высотных отметок рельефа. С этой целью на снимках нанесены профили, пересекающие основные геоморфологические формы и включающие в себя 7-15 точек, располагающихся на перегибах наиболее характерных элементов рельефа. Вычисленные относительные превышения этих точек дают возможность определить конфигурацию поперечного строения форм рельефа и характера условий образования рыхлых четвертичных отложений склонов.

В основе метода измерительного дешифрирования для определения относительных превышений лежит количественная оценка разности линейных величин аб (см. рис. 1, 2), представляющей собой проекцию части рельефа АБ на аэрофотоснимках стереопары. Линейные размеры аб зависят от параметров АФС (высота фотографирования – H, базис фотографирования – b, фокусное расстояние аэрофотокамеры – f) и от относительного превышения точек между собой ($\Delta h_{АБ}$).

Параметры АФС постоянны для любых участков стереопары и даны в объяснительной записке к снимкам (H, f) или уже определены ($b_{ср}$). В связи с этим, исходя из пропорциональной зависимости величин аб и Δh, работа сводится к измерению на обоих снимках для любой пары точек величин аб; определения их разности и расчета Δh для этих точек. С этой целью на левом и правом снимках стереопары необходимо определить положение точки на снимке и разность координат точек в системе координат XY, лежащих в плоскости снимка. За ось X принимается направление $O_1$-$O_2$, ось Y располагается перпендикулярно оси X и проходит через центральную точку снимка. Расчет относительных превышений точек рельефа выполняем по упрощенной схеме без учета поправок на колебание высоты полета, наклон снимков, приращение координат по оси Y и др. В связи с этим изменение положения точек на снимках и определение разности их координат проводим только относительно оси X. Разность координат какой-либо точки по оси абсцисс называется продольным параллаксом этой точки (продольные по отношению к маршруту самолета, по оси X).

***Определение продольных параллаксов*** точек на АФС можно выполнять несколькими методами (параллаксометрами, параллактическими линейками, палетками). Простейшим методом является определение с помощью палетки геолога-дешифровщика (Михайлов, Рамм, 1975), которая дает возможность расчета величины Δx для любой пары точек на каждом снимке.

***Палетка геолога-дешифровщика*** (рис. 3) представляет собой поперечный масштаб, позволяющий измерять линейные величины с точностью до 0,1 мм. Для удобства работы шкала палетки нанесена на прозрачную пленку, и при измерениях ее можно накладывать непосред-

ственно на снимок. Разность координат точек Δx палеткой определяется без стереоскопа на каждом снимке отдельно, сначала на левом, а затем на правом. Для этого палетку помещают на снимок таким образом, чтобы левая точка располагалась на левой рамке шкалы палетки (точка а, см. рис. 3).

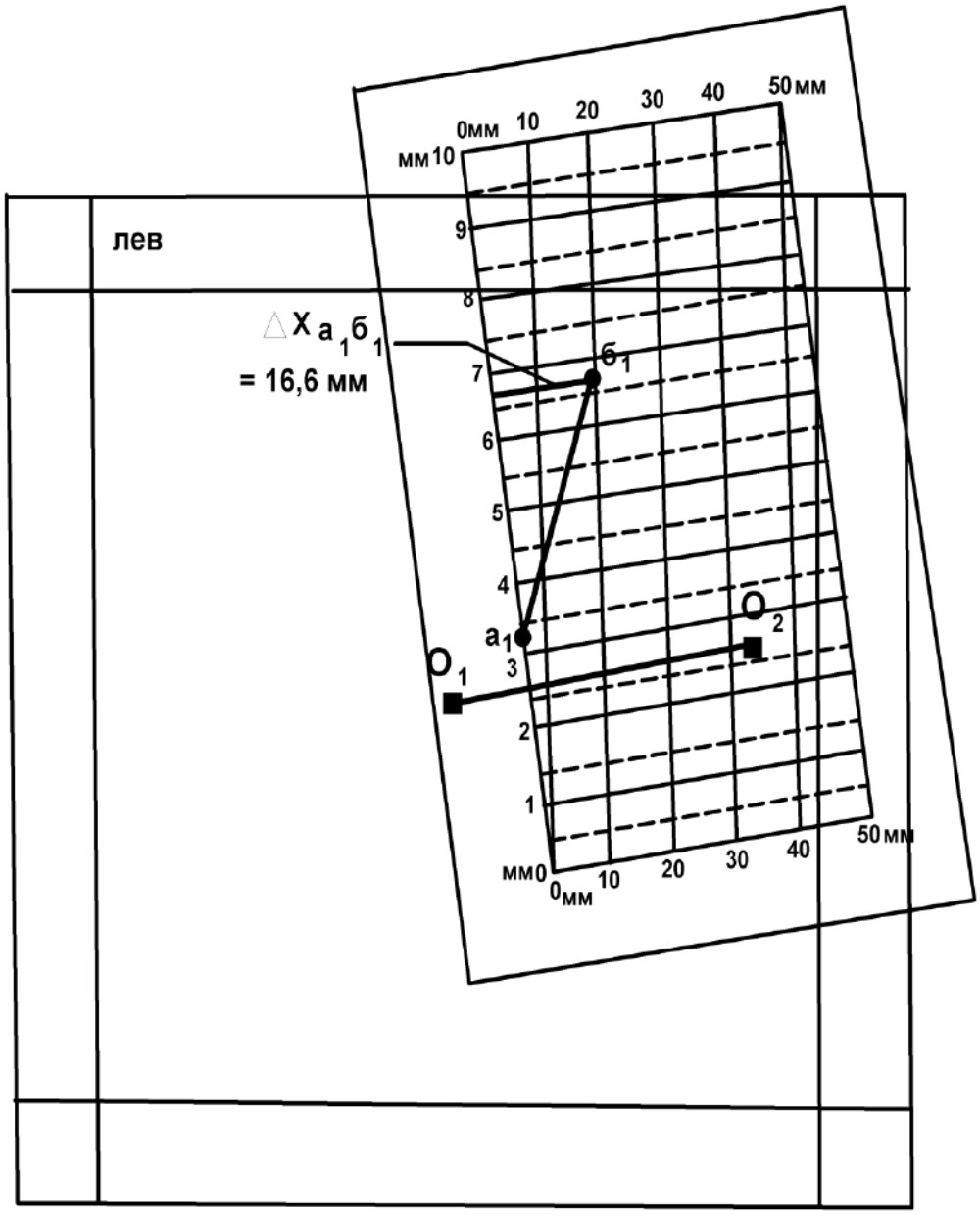



Рис. 3. Определение разности координат точек а и б
с помощью палетки геолога-дешифровщика ($\Delta x a_1 б_1$ = 16,6 мм)

Перемещая палетку по снимку, добиваются такого положения, чтобы точка б разместилась на одной из наклонных линий шкалы. Обязательным условием при этом должно быть ориентированное расположение палетки перпендикулярно линии $O_1$-$O_2$ (рис. 3). При определении $\Delta x_{а1б1}$ измеряется расстояние от точки б до левой части шкалы палетки. Непосредственный отсчет $\Delta x$ определяется следующим образом. Десятки миллиметров надо брать по отметке наклонной линии (на которой расположена точка $b_1$) на нижней части шкалы (10 мм), целые миллиметры считываются по левой шкале палетки (6 мм), доли миллиметра рассчитываются интерполяцией положения точки (0,6 мм). Величина $\Delta x_{а1б1} = 10 + 6 + 0{,}6 = 16{,}6$ мм. Аналогично выполняется измерение $\Delta x_{а2б2}$ на правом снимке.

После определения разностей координат пары точек на обоих снимках рассчитывается разность продольных параллаксов **(**$\Delta p$**)** этих точек, мм: $\Delta p_{аб} = \Delta x_{а1б1} - \Delta x_{а2б2}$.

Расчет относительных превышений двух точек выполняется по формуле $\Delta h_{аб} = (H \times \Delta p_{аб}) / b_{ср}$, где $\Delta h_{аб}$ – относительное превышение точек а и б, м; H – высота фотографирования, м; $\Delta p_{аб}$ – разность продольных параллаксов, мм; $b_{ср}$ – средний базис фотографирования, мм.

При определении относительных превышений точек рельефа по геоморфологическому профилю, нанесенному на АФС, работы выполняются последовательно на левом и правом снимках для каждой пары точек (1-2, 2-3, 3-4 и т. д., рис. 4), все результаты замеров заносятся в таблицу. При этом, кроме расчета непосредственных значений относительных превышений точек, необходимо определить знак превышений, т. е. повышение или понижение рельефа от одной точки до другой. Для определения знака превышений приняты следующие условия. В таблицу

каждая пара точек заносится в порядке возрастания их номеров по профилю. Если при измерении Δx точка с меньшим порядковым номером располагается на снимке левее точки с большим номером (см. рис. 4, таблицу, пары 1-2, 2-3), то величина принимается с положительным знаком. В других случаях, когда точка с более высоким порядковым номером находится левее, ее располагают на левой рамке палетки, а величина Δx принимается с отрицательным знаком (см. рис. 4, таблицу, –Δx 3-4, –Δx 4-5).

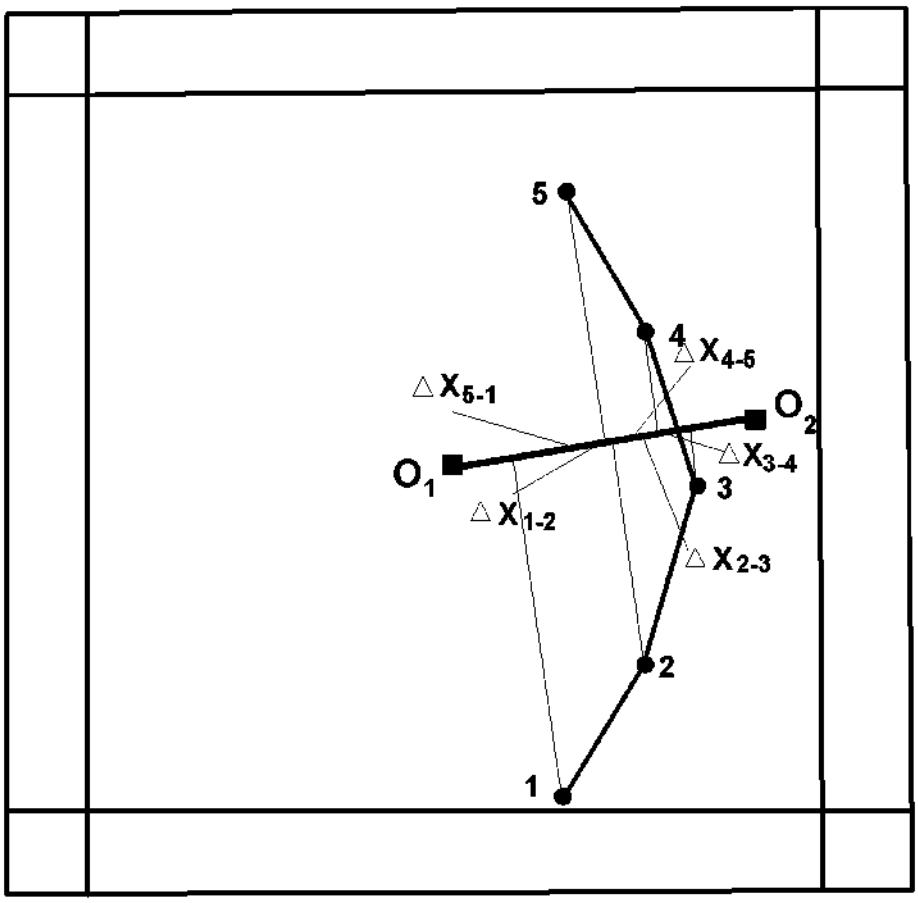



Рис. 4. Определение разностей координат (Δx) пар точек рельефа в проекции на ось X по профилю 1-5 (см. таблицу)

**Расчет относительных превышений точек рельефа, м, по профилю 1-5 на аэрофотоснимках по разности координат точек в проекции на ось X**

| Точки профиля | $\Delta X_{лев}$, мм | $\Delta X_{прав}$, мм | $\Delta p$, мм | $\Delta h$, м |
|---|---|---|---|---|
| 1-2 | 8,9 | 9,2 | -0,3 | -60 |
| 2-3 | 6,1 | 5,4 | 0,7 | 140 |
| 3-4 | -2,3 | -3,4 | 1,1 | 220 |
| 4-5 | -4,6 | -3,2 | -1,4 | -280 |
| 5-1 | -8,2 | -7,9 | -0,3 | -60 |
| $\sum$ | -0,1 | 0,1 | | |

При расчете разностей продольных параллаксов ($\Delta p$) пар точек по профилю определяется алгебраическая разность величин $\Delta x$ с учетом их знака: $\Delta p = \Delta x_{лев} - \Delta x_{прав}$, где $\Delta x_{лев}$ и $\Delta x_{прав}$ – разности координат точек на левом и правом снимках с их знаком. Положительные значения $\Delta p$ указывают на то, что в измеренной паре точек точка с большим порядковым номером имеет положительное превышение по отношению к точке с меньшим номером, т. е. точка с большим номером располагается гипсометрически выше. Отрицательные значения $\Delta p$ свидетельствуют о более низком положении в рельефе точки с большим порядковым номером. При $\Delta p = 0$, независимо от абсолютных значений $\Delta x$ пар точек, эти точки не имеют между собой превышений, т. е. они располагаются на одной высоте.

Вычисленные относительные превышения ($\Delta h$) пар точек рельефа по профилю также имеют положительные и отрицательные значения и отражают высотное положение точки с более высоким порядковым номером по отношению к точке с меньшим номером. Полученные значения $\Delta h$ заносятся в таблицу с округлением до целых значений метров.

Кроме рассчитанных относительных превышений пар точек рельефа в таблице должны быть определены абсолютные гипсометрические высоты этих точек. Для этого преподавателем для каждого комплекта аэрофотоснимков должна быть определена и выдана студенту гипсометрическая отметка какой-либо базисной точки профиля. Конкретное расположение и абсолютная высота базисной точки различны для каждого комплекта АФС. Наиболее благоприятным является определение высоты начальной точки профиля (например, отметка точки 1 = 680 м, см. приложение 1), по отношению к которой должны быть определены отметки других точек профиля по величинам Δh между точками замера.

*6.* ***Построение линии профиля.*** На основе вычисленных относительных превышений точек рельефа отстраивается линия рельефа по профилю (см. приложение 1). Вертикальный масштаб принимается одинаковым с горизонтальным и соответствует масштабу карты. По результатам стереоскопического изучения площади отрисовывается поверхность рельефа по профилю с учетом конфигурации его элементов: плоские, выпуклые, вогнутые, неравномерные или ступенчатые вершины, склоны и впадины рельефа. Анализ характера водоразделов, вершин, впадин, типа и крутизны склонов дает возможность предполагать и обосновать выделение генетических типов рыхлых отложений четвертичного возраста с учетом особенностей форм и элементов рельефа и климатических условий района.

*7.* ***Составление геоморфологического разреза*** по линии профиля (см. приложение 1). Горизонтальный масштаб соответствует масштабу АФС и карты. Вертикальный масштаб с округлением до стандартных значений (1:20 000, 1:10 000, 1:5 000 и др.) выбирается с таким расчетом, чтобы относительные превышения между минимальной и максимальной точками по профилю в этом масштабе составляли 3-5 см. На некоторых,

наиболее контрастных по рельефу АФС вертикальный масштаб принимается одинаковым с горизонтальным.

Мощность рыхлых отложений по разрезу принимается условной, равной 1-2 мм для склоновых образований и до 6-7 мм – в участках максимального развития аккумулятивных форм (аккумулятивные речные долины, предгорные пролювиальные равнины, эоловые отложения и др.). На разрезе должны быть отражены возрастные взаимоотношения четвертичных пород ($Q_{IV}$, $Q_{III}$, $Q_{II}$) и показаны контакты фациальных переходов одновозрастных рыхлых образований.

В пределах изученного участка аэрофотоснимка выделяются и прослеживаются основные элементы рельефа, отмеченные в тексте к снимкам: речные долины, русла рек и ручьев, озера, болота, границы русловых, пойменных и террасовых форм, конусы выноса, водоразделы, гребни, кары, бровки уступов, эрозионные останцы, оси барханных цепей и др. (см. приложение 1).

Выделяются и оконтуриваются поля развития основных генетических типов рыхлых отложений согласно их типизации и приуроченности к определенным типам и формам рельефа и с учетом количественных показателей рельефа (относительные превышения, высота уступов, крутизна и конфигурация склонов и др.). Выделяются участки выхода на поверхность коренных дочетвертичных пород, приуроченных к определенным формам и элементам рельефа.

*8.* ***Оформление практической работы.*** Карта четвертичных образований выполняется на кальке тушью и включает собственно геологическую карту, легенду с условными обозначениями пород и элементов рельефа (приложение 3), геоморфологический разрез, таблицу с результатами измерительного дешифрирования. Размещение этой информации и оформление карты показано в приложении 1.

Геологическая карта ориентирована длинной стороной в меридиональном направлении. Выделенные на карте генетические типы четвертичных пород раскрашиваются в соответствии с легендой (приложение 2). В условных обозначениях легенды четвертичные образования обозначены индексами и размещены сверху вниз в порядке возрастания их возраста ($Q_{IV}$, $Q_{III}$, $Q_{II}$). Дочетвертичные породы независимо от возраста и состава пород обозначаются одним обобщенным знаком и цветом (D′Q). Кроме того, в легенде показаны элементы рельефа (уступы, конусы выноса, хребты и др.).

Ниже карты четвертичных образований располагаются два профиля земной поверхности.

Один профиль отстраивается с сохранением идентичности горизонтального и вертикального масштабов, равным масштабу карты. Он дает возможность установления реального характера земной поверхности с определением крутизны склонов, типов горных вершин, речных долин и интерпретации распределения выявленных геоморфологических элементов по всей площади карты.

Геоморфологический разрез строится по этой же линии профиля с увеличением вертикального масштаба, что дает возможность отображения условий залегания и характера взаимоотношений маломощных и разновозрастных покровных четвертичных образований. На профиле и разрезе должны быть показаны пункты замера превышений рельефа.

Слева от карты помещается таблица с результатами измерительного дешифрирования по определению относительных превышений точек профиля и их абсолютных отметок.

В правом верхнем углу кальки указывается фамилия и группа студента – автора лабораторной работы, номер и параметры аэрофотоснимка.

## Рекомендуемая литература

### Основная литература

Макарова Н. В., Суханова Т. В. Геоморфология: учебное пособие. М.: КДУ, 2007.

Костенко Н. П. Геоморфология: учебник. М.: Изд-во МГУ, 1999.

### Дополнительная литература

Бекшенев О. Г., Бутин В. В., Севальнева Н. М. Геоморфология с основами четвертичной геологии: словарь-справочник. Ханты-Мансийск: ПЦ «Лайн-Арт», 2006. 178 с.

Панов Д. Г. Общая геоморфология: учебник. М.: Высшая школа, 1966. 427с.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

# Б1.В.09 ОСНОВЫ ПАЛЕОНТОЛОГИИ И ОБЩАЯ СТРАТИГРАФИЯ

Специальность:
*21.05.02 Прикладная геология*
Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания***

Автор: Устьянцева Н.В.

Одобрена на заседании кафедры
*Литологии и геологии горючих ископаемых*
*(название кафедры)*
Зав. кафедрой _____
*(подпись)*
к.г.-м.н., доц. Рыльков С.А.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 03.03.2020
*(Дата)*

Рассмотрена методической комиссией
факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

## Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. По курсу «Основы палеонтологии и общая стратиграфия» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях:

- ✓ выполнение домашних заданий;
  освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую программу дисциплины [7];
- ✓ подготовка к экзамену;
- ✓ изучение коллекций ископаемых остатков основных систематических групп.

Самостоятельная работа студентов направлена на развитие интеллектуальных умений, повышение творческого потенциала студентов и заключается в:

– поиске, анализе, структурировании и презентации информации, анализе научных публикаций по основным группам руководящих ископаемых и основным методам стратиграфических исследований.

– исследовательской работе и участии в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

Данные методические указания предназначены для организации самостоятельной работы студентов при освоении отдельных тем дисциплины.

## Методические указания к самостоятельной работе студента

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Основы палеонтологии и общая стратиграфия». Здесь указаны наименование и содержание лекционных тем в соответствии с Учебной программой курса [7]. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебниках по курсу [1,3]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература [2, 5, 6]. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины в последнем разделе приведены контрольные вопросы и упражнения, которые являются основой подготовки к экзамену.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебникам [1,3,4,7,8] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.
3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.
4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

Данное учебно-методическое пособие может быть использовано при подготовке ответов на вопросы во время экзамена.

## Содержание курса

**Тема 1: Основы палеонтологии.** [1,3]

Формы сохранности ископаемых остатков. Среда обитания и образ жизни организмов. Руководящие ископаемые. Царство животных: типы Sarcodina, Spongiata, Cnidaria, Arthropoda, Mollusca, Briozoa, Brachiopoda, Echinodermata, Hemichordata, Chordata. Общая характеристика, геологическое значение. Царство растений.

***Дополнительная литература:*** [2, 6].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Перечислите предмет, задачи и методы палеонтологии.
2. Каково значение палеонтологии для геологии?
3. При каких условиях организмы сохраняются в ископаемом состоянии?
4. По каким критериям проводится классификация ископаемых организмов?
5. Как проводится реконструкция образа жизни и условий существования ископаемых организмов?
6. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, цианобионты, строматолиты, онколиты. На рисунке стрелками покажите основные скелетные элементы.
7. Составьте схему систематического состава подцарства Protozoa, вписав названия недостающих таксонов (тип, класс) согласно схеме. Справа укажите классификационные признаки.




8. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, представителей родов Fusulina, Schwagerina, Nummulites; приведите их систематику и время жизни. Отметьте породообразующую роль фузулинид и нуммулитид.
9. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, губки и археоциаты. На рисунке стрелками покажите основные скелетные элементы.
10. С чем связано наличие у ругоз пережимов стенки кораллита (rugae-морщины)?
11. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, схемы строения днищевиков, четырехлучевых и шестилучевых кораллов. На рисунке стрелками покажите основные скелетные элементы (днища, септы, столбик, пузырчатую ткань). Составить атлас (систематика, диагноз, изображение, время жизни) представителей родов Stromatopora, Amphipora, Chaetetes, Conularia, Favosites, Syringopora, Halysites, Heliolites; Caninia, Cystiphyllum, Lithostrotion? Lithostrotionella, Lonsdaleia.

12. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов Agnostus, Paradoxides, Asaphus, Scutellum, Phillipsia.

13. Геологическое и стратиграфическое значение двустврчатых моллюсков рудистов.

14. Что такое голостомное и сифоностомное устья у гастропод и как они связаны с образом жизни гастропод?

15. Как распределяются во времени типы перегородочных линий у аммонитов?

16. Зарисуйте в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, схемы строения двустворок, гастропод, аммоноидей и колеоидей. На рисунке стрелками покажите основные скелетные элементы [4, рис. 5-8].

17. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов: **Двустворок** (Trigonia, Pecten, Inoceramus, Gryphaea, Ostrea, Exogyra, Aucella, Cardium, Hippuritella; **Гастропод** (Bellerophon, Pleurotomaria, Eoumphalus, Patella, Turritella, Natica); **Головоногих моллюсков** (Nautilus, Endoceras, Orthoceras, Manticoceras, Tornoceras, Paragastrioceras, Ceratites, Cadoceras, Virgatites, Craspedites, Belemnitella). Изображение представителя каждого рода снабдить систематикой, диагнозом и временем жизни.

18. Участвуют ли мшанки в породообразовании и каким образом?

19. С какого времени мшанки известны в палеонтологической летописи.

20. Используются ли мшанки для восстановления палеоэкологической и палеогеографической обстановок древних морских бассейнов?

21. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов: Fenestella, Polypora). Изображение представителя каждого рода снабдить систематикой, диагнозом и временем жизни.

22. Указать наиболее важные в стратиграфическом отношении отряды замковых брахиопод и указать время их существования.

23. Что значит “обратное положение” седла и синуса у одного из представителей (рода) отряда Pentamerida?

24. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов, указанных в Практикуме [4, с.64-69]. Изображение представителя каждого рода снабдить систематикой, диагнозом и временем жизни

25. С какого времени появляются Морские лилии и в чем состоит их породобразующая роль?

26. Каковы особенности морфологии морских пузырей отряда Rhombifera? За что они получили свое название?

27. Из скольких табличек состоит панцирь у большинства представителей класса Морские бутоны?

28. Чем отличается строение панциря у древних палеозойских и новых мезокайнозойских ежей?

29. Что такое “правильные” и “неправильные” морские ежи? Какие две группы выделяются в составе неправильных морских ежей?

30. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов, указанных в Практикуме [4, с.64-69]. Изображение представителя каждого рода снабдить систематикой, диагнозом и временем жизни.

31. В течение какого времени и в каких условиях существовали панцирные рыбы?

32. К какому подклассу относятся представители рода Helicoprion? Время их существования?

33. Каковы основные черты строения лабиринтодонтов?

34. Охарактеризовать основные типы черепа пресмыкающихся.

35. Назвать основные подклассы пресмыкающихся и указать их типичных представителей.

36. Каковы характерные особенности анатомического строения древних птиц?

37. Основные экологические группы ископаемых представителей млекопитающих (наземные, плавающие, летающие). Указать типичных представителей, дать их краткую характеристику.

38. Укажите представители каких типов водорослей участвуют в рифообразовании и в породообразовании.

39. Каковы основные черты строения псилофитов и в какое время они заселили наземные пространства?

40. К какому типу растений относятся лепидодендроны и каковы основные черты их строения? Их геологическое значение.

41. К какому типу растений относятся каламитовые и каковы основные черты их строения? Их геологическое значение.

42. Каковы основные различия анатомического строения представителей классов Бессемянные, Голосеменные и Покрытосеменные растения? Каково их геологическое значение?

**Тема 2: Основы стратиграфии.** [4]

Предмет, задачи и принципы стратиграфии. Общая геохронологическая и стратиграфическая шкала. Биостратиграфические и литостратиграфические методы расчленения и корреляции. Событийная стратиграфия. Секвентная стратиграфия. Геофизические методы расчленения и корреляции. Радиохронологические методы определения возраста. Документация геологических объектов.

***Дополнительная литература:*** [6].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Перечислить задачи стратиграфии в логической их последовательности. Указать конечные цели стратиграфических исследований.

2. С какой задачей стратиграфических исследований связано использование принципа Стенона?

3. С какой задачей стратиграфических исследований связано использование принципа Гексли?

4. С какой задачей стратиграфических исследований связано использование принципа Мейена?

5. Стратифицирующие литологические и палеонтологические признаки, их использование для построения стратиграфических шкал.

6. Для чего используются лимитотипы нижних границ ярусов

7. Каковы основные литологические признаки, которые используются для расчленения и корреляции разрезов?

8. Каковы основные особенности свитной стратиграфии? Как используется петрографический состав для стратификации разрезов?

9. Каковы основные условия для возникновения косой слоистости? Как она используется в целях корреляции?

10. Как используется цикличное строение толщ для их расчленения и корреляции? Методика построения ритмограмм по Н.Б. Вассоевичу.

11. Каковы маркирующие горизонты в области развития прибрежно-морских угленосных серий отложений?

12. Как используются в стратиграфии уровни несогласного залегания пород? Угловое несогласие и его применение для стратификации докембрийских образований

13. Какие вы знаете типы палеонтологических шкал (биостратиграфическая и биохронологическая), их характеристика и возможности практического применения?

14. Каковы основные требования , которые следует предъявлять к биохронологическим шкалам? Основные приемы их построения. Почему необходимо условие минимальной размерности зональных подразделений шкалы?

15. Как создается комплексная характеристика зональных подразделений шкал?

16. Какие стратиграфические шкалы зависимые и какие независимые?

17. В чем состоит операция датировки возраста стратонов в единицах Международной стратиграфической шкалы?

18. Какие задачи решаются с помощью каротажа? Какие методы каротажных наблюдений наиболее оптимально выявляют наличие нефтеносных песчаников в пробуренной толще пород?

19. Каким методом каротажа определяется глубина залегания кровли и подошвы слоев в скважине?

20. Каковы ограничения для применения метода сейсмостратиграфических исследований?

21. Каковы основные гипотезы, лежащие в основе использования магнитостратиграфического метода?

22. Как по определению координат магнитного полюса устанавливается возраст

23. Что такое атомный номер и массовое число элемента? Типы радиактивного распада (бета-распад, выброс позитрона, захват электрона из внутренней К-оболочки).

24. Основная формула датировки возраста пород и минералов. Что такое постоянная распада, период полураспада?

25. Радиоуглеродный метод. Каковы его возможности определения возраста?

26. Рубидий-стронциевый метод. Образцы каких пород и какие минералы используются для проведения этого метода?

27. Калий-аргоновый метод. Образцы каких пород и какие минералы используются для проведения этого метода?

28. Уран-торий-свинцовый метод. Образцы каких пород и какие минералы используются для проведения этого метода?

29. Датирование по свинцово-свинцовому методу. Чем определяется возможность проведения этого метода?

**Вопросы к экзамену по курсу**

«Основы палеонтологии и общая стратиграфия»

1. Цели, задачи палеонтологии, значение палеонтологии для геологии. Формы сохранности ископаемых остатков. Среда обитания и образ жизни организмов. Руководящие ископаемые.

2. Тип Простейшие. Класс Саркодовые. Подкласс Фораминиферы. Подкласс Радиолярии. Общая характеристика*, геологическое значение.

3. Тип Губки, тип Археоциаты. Общая характеристика, геологическое значение.

4. Тип Кишечнополостные. Класс Коралловые полипы, основные подклассы. Общая характеристика, геологическое значение.

5. Тип Членистоногие. Класс Трилобиты. Общая характеристика, геологическое значение. Класс Остракоды, общая характеристика, геологическое значение.

6. Тип Моллюски. Класс Гастроподы. Класс Двустворчатые моллюски. Общая характеристика, геологическое значение.

7. Тип Моллюски. Класс Головоногие моллюски (Агониатиты, Гониатиты, Цератиты, Аммониты, Белемниты). Общая характеристика, геологическое значение.

8. Тип Брахиоподы. Характеристика классов Беззамковых и Замковых брахиопод, их геологическое значение.

9. Тип Иглокожие. Класс Морские ежи, Морские лилии, Морские пузыри, общая характеристика, геологическое значение.

10. Тип Полухордовые. Класс Граптолиты, общая характеристика, геологическое значение. Конодонты, геологическое значение.

11. Тип Хордовые, подтип Позвоночные. Класс Земноводные. Общая характеристика, геологическое значение.

12. Тип Хордовые, подтип Позвоночные. Класс Рыбы. Общая характеристика, геологическое значение.

13. Тип Хордовые, подтип Позвоночные. Класс пресмыкающиеся. Общая характеристика, геологическое значение.

14. Царство растения. Низшие растения. Систематика, геологическое значение.

15. Царство растения. Высшие растения. Систематика, геологическое значение. Спорово-пыльцевой анализ.

16. Предмет, задачи и принципы стратиграфии.

17. Общая геохронологическая и стратиграфическая шкала: общие, региональные и местные стратиграфические подразделения. Стратотип.

18. Биостратиграфические подразделения (биозона, комплексная зона, филозона, акмезона).

19. Биостратиграфический метод расчленения и корреляции. Точка ТГСГ.

20. Литостратиграфические методы расчленения и корреляции.

21. Типы слоистости, геологическое значение ее изучения.

22. Цикличность. Ритмостратиграфический метод расчленения и корреляции.

23. Перерывы в осадконакоплении. Маркирующие горизонты.

24. Событийная стратиграфия. Примеры глобальных абиотических и биотических событий.

25. Основные понятия секвентной стратиграфии (осадочная секвенция, парасеквенс, пакет парасеквенсов – проградационный, ретроградационный, аградационный).

26. Геофизические методы расчленения и корреляции: метод анализа каротажных диаграмм.

27. Магнитостратиграфический метод в стратиграфии.

28. Сейсмостратиграфический метод в стратиграфии, его достоинства и недостатки.

29. Радиохронологические методы определения возраста.

## Рекомендуемая литература


1. Михайлова И.А. Палеонтология [Электронный ресурс]: учебник / И.А. Михайлова, О.Б. Бондаренко. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2006. — 592 c. — 5-211-04887-3. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13102.html Электронный ресурс

2. Словарь терминов по исторической геологии, основам стратиграфии и палеонтологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / . — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский политехнический университет, 2012. — 140 c. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/55209.html Электронный ресурс

3. Черных В.В. Палеонтология беспозвоночных : практикум по дисциплине "Основы палеонтологии и общая стратиграфия": для студентов направления подготовки 130101 / В. В. Черных ; Уральский государственный горный университет. - 2-е изд., стер. - Екатеринбург : УГГУ, 2013. - 85 с. : ил. - Библиогр.: с. 71.

4. Черных В.В. Общая стратиграфия: конспект лекций по дисциплине "Основы палеонтологии и общая стратиграфия": для студентов специальности 21.05.02 / В. В. Черных ; Министерство образования и науки РФ, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ, 2016. - 79 с. : ил. - Библиогр.: с. 72.

6 Бондаренко О. Б. Краткий определитель ископаемых беспозвоночных : учебное пособие / О. Б. Бондаренко, И. А. Михайлова ; ред. В. Н. Шиманский. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Недра, 1984. - 536 с. 11

7. Основы палеонтологии и общая стратиграфия: программа дисциплины для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология специализация № 3 Геология нефти и газа / Н.В. Устьянцева. Екатеринбург: УГГУ, 2019. 9 с.

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.Р. Боров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
## К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.В.12 «ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ» ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Авторы: Огородников В. Н., д.г-м.н., доцент; Поленов Ю. А., д.г-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры геологии
*(название кафедры)*
Зав.кафедрой _____
*(подпись)*
Огородников В.Н.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 17.03.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией Факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

Практические занятия по курсам «Общая геология» и «Геология» представляют важную часть в общем цикле геологических дисциплин. Эти занятия дают студентам возможность познакомиться с главнейшими породообразующими минералами и наиболее распространенными горными породами, а также получить навыки работы с горным компасом.

Выполнение практических работ производится в три этапа. Вначале студенты знакомятся с основными породообразующими минералами и учатся распознавать их в составе горных пород. На втором этапе студенты получают навыки определения и описания магматических, метаморфических и осадочных горных пород. В завершение занятий студенты знакомятся с устройством горного компаса и получают представление о работе с ним.

Объем аудиторных практических занятий не достаточен для получения навыков по определению горных пород и минералов, поэтому студенты обязаны самостоятельно заниматься с коллекциями на кафедре в пределах часов, предусмотренных рабочими программами дисциплин.

В целях удобства работы на занятиях методические материалы скомпонованы в четыре самостоятельные брошюры:

Часть 1. Минералы
Часть 2. Магматические горные породы
Часть 3. Метаморфические горные породы
Часть 4. Осадочные горные породы

**Часть 1**

# МИНЕРАЛЫ

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МИНЕРАЛАХ

Подавляющее большинство химических элементов образуют в земной коре простые или сложные соединения (исключения составляют инертные газы и некоторые самородные элементы).

**Минералы –** химические соединения, образовавшиеся в земной коре в результате природных геологических процессов и обладающие определенными химическим составом и физическими свойствами.

Каждый минерал обладает вполне определенным химическим составом и вполне определенной кристаллической структурой, т. е. закономерным расположением в пространстве элементарных частиц (атомов, ионов). Например, минерал галит (каменная соль) состоит из 39,4 % Na и 50,6 % Cl и имеет химическую формулу NaCl. Кристаллическая структура галита характеризуется поочередным расположением ионов $Na^+$ и Cl в углах кубов (рис. 1), где каждый ион хлора окружен шестью ионами натрия, и наоборот.

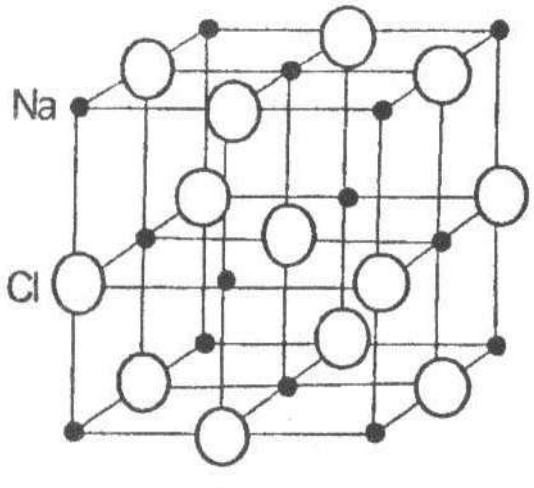



Рис. 1. Кристаллическая структура галита (NaCl)

В зависимости от особенностей химического состава и кристаллической структуры минералы образуют многогранники различной формы, называемые кристаллами. Эти же характеристики минералов (химический состав и кристаллическая структура) обусловливают их физические свойства. Иногда минералы имеют неупорядоченные строения, когда атомы и ионы располагаются беспорядочно, хаотично. Минералы с таким строением называют аморфными.

Образование минералов является результатом различных геологических процессов. По способу образования (источнику энергии) минералы могут быть объединены в две группы.

1. Минералы эндогенного генезиса, образующиеся за счет внутренней энергии Земли. Возникают в результате кристаллизации магмы и связанных с ней горячих газовых и водных растворов (гидротерм) на различных глубинах, а также путем преобразования минералов в условиях больших давлений и температур.

2. Минералы экзогенного генезиса, образующиеся за счет внешней (солнечной) энергии. Источником минералообразования являются разнообразные горные породы, вступающие во взаимодействие с атмосферой, гидросферой и биотой, давая начало новым минералам.

Пути и способы образования минералов разнообразны. Они могут быть следствием: 1) кристаллизации огненно-жидкого силикатного расплава (магмы); 2) кристаллизации из горячих минерализованных растворов (гидротерм); 3) отложения кристаллического вещества из газообразных продуктов возгонов; 4) перекристаллизации минералов и горных пород; 5) образования новых минералов за счет разрушения ранее созданных.

## 1.1. Формы нахождения минералов

В природе минералы встречаются в виде отдельных хорошо образованных кристаллов либо в виде скоплений неправильной формы зерен (агрегатов).

### 1.1.1. Облик кристаллов

Среди минералов выделяют три группы, обладающие характерным обликом, или габитусом, кристаллов.

*Изометричные* – формы, имеющие близкие размеры во всех направлениях. Примером могут служить кубы пирита, галенита, октаэдры магнетита, ромбоэдры кальцита и др. (рис. 2).

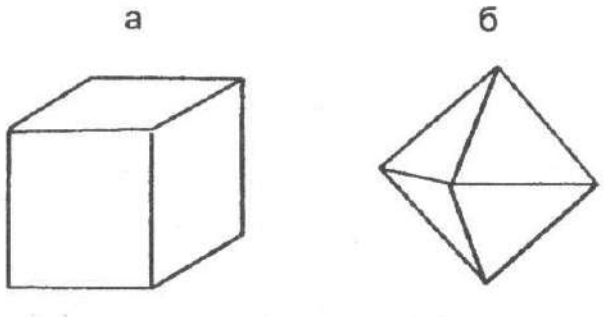
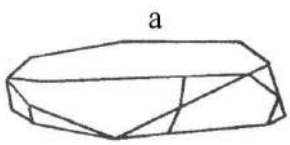



Рис. 2. Изометричные формы кристаллов:
а – кубический кристалл пирита;
б – октаэдрический кристалл магнетита

*Уплощенные* - формы, хорошо развитые преимущественно в двух направлениях. Сюда относятся таблитчатые, пластинчатые, листоватые и чешуйчатые кристаллы слюды, хлорита, графита и т. д. (рис. 3).



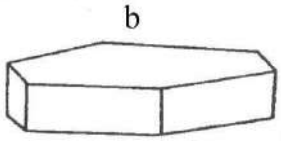
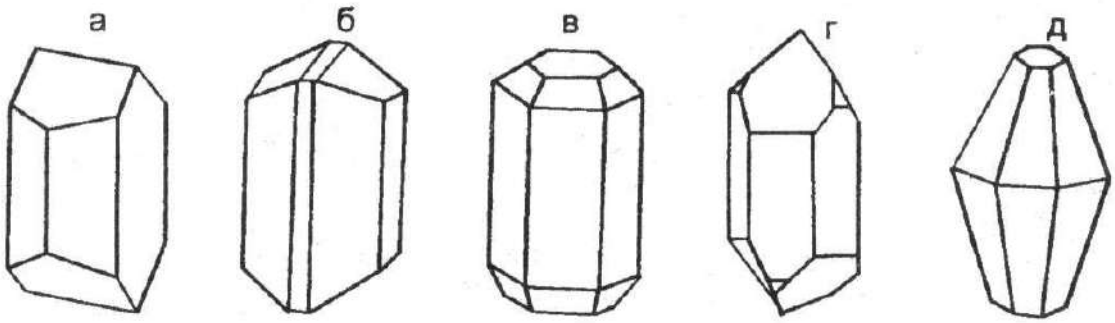




Рис. 3. Уплощенные формы кристаллов:
a – таблитчатый кристалл гематита;
b– пластинчатый кристалл мусковита

*Удлиненные* - формы, развитые в одном направлении. К этой группе относятся призматические, столбчатые, шестоватые, игольчатые и волокнистые кристаллы роговой




обманки, пироксена, кварца и т. д. (рис. 4).
Рис. 4. Удлиненные формы кристаллов:
а – полевого шпата; б – роговой обманки; в – апатита; г – кварца; д - корунда

### 1.1.2. Минеральные агрегаты

В природе чаще встречаются не единичные кристаллы минералов, а скопления или срастания различной формы зерен. Эти скопления называют минеральными агрегатами.

Агрегаты бывают мономинеральными (моно - один), т. е. состоящими из зерен одного минерала, и полиминеральными (поли - много), сложенными несколькими различными минералами. Выделяют несколько видов минеральных агрегатов.

*Зернистые агрегаты* обладают наибольшим распространением в земной коре. В зависимости от формы слагающих зерен различают собственно зернистые (состоящие из изометричных зерен), а также пластинчатые, листоватые, чешуйчатые, волокнистые, игольчатые, шестоватые и другие агрегаты. По величине зерен можно выделять агрегаты крупнозернистые, более 5 мм в поперечнике, среднезернистые - от 1 до 5 мм и мелкозернистые - с зернами менее 1 мм.

*Землистые агрегаты* - порошкообразные, рыхлые мягкие минеральные массы скрытокристаллического строения, обычно пачкают руки, легко распадаются на мелкие комочки.

*Сажистые* - (черные цвета) или охристые (желтого, бурого и других ярких цветов). Образуются в процессе химического выветривания. Примером являются минерал каолинит и марганцевые руды.

*Натечные формы* выделений минералов образуются на стенках пустот при медленном испарении или охлаждении поступающих туда растворов. Эти образования имеют разнообразную форму: почковидную, гроздевидную, неправильную, цилиндрическую. Натеки, свисающие в виде сосулек со сводов пустот, называются

сталактитами, а поднимающиеся им навстречу со дна пустот - сталагмитами. Характерным примером натечных образований являются: лимонит, малахит, кальцит.

*Друзы* - это сростки более или менее хорошо ограненных кристаллов на стенках каких-либо пустот. Примером могут служить довольно часто встречающиеся друзы кристаллов кварца или пирита.

Реже встречаются другие виды минеральных агрегатов: *секреции* -выполнение пустот изометричной, часто округлой формы, отличающиеся концентрически-зональным строением. Мелкие секреции в излившихся эффузивах называют миндалинами, крупные – жеодами; *конкреции* — шарообразные или неправильной формы стяжения и желваки, образующиеся в рыхлых осадочных породах (илах, глинах, песках и др.); *оолиты* - (от греч.-яйцо) - мелкие стяжения сферической формы размером от долей миллиметра до нескольких миллиметров, образующиеся путем наслоения коллоидального материала на песчинки в подвижной водной среде.

## 1.2. Физические свойства минералов

Минералы отличаются друг от друга по многим внешним признакам: цвету, блеску, твердости, форме и другим свойствам. Все физические свойства находятся в прямой зависимости от химического состава и кристаллической структуры, поэтому каждый из минералов характеризуется своим набором физических свойств, позволяющим проводить их диагностику (определение).

### 1.2.1. Оптические свойства

#### Цвет

У минералов различают идиохроматическую, аллохроматическую и псевдохроматическую окраски.

*Идиохроматическая* ( от греч. «идиос» - свой, собственный и «хрома» - цвет) окраска обусловлена внутренними свойствами минерала, особенностями строения кристаллической решетки. Такую окраску имеют латунно-желтый пирит, черный магнетит, свинцово-серый галенит и др.

*Аллохроматическая* (от греч. «аллос» - посторонний) окраска связана с присутствием в минералах либо элементов-хромофоров (красителей), либо тонкорассеянных механических примесей. Например, очень сильным элементом-красителем является хром. Даже незначительная примесь $Cr_2O_3$ (0,1 %) окрашивает бесцветный минерал корунд в ярко-красный цвет, прозрачная разновидность которого называется рубином.

Наличие тонкорассеянных механических примесей оксидов и гидрооксидов железа в бесцветных минералах окрашивает последние во всю гамму красно-желтых тонов. Тонкорассеянное органическое вещество дает серые, черные цвета и т. д. Примером окраски такого рода может служить цвет галита. Чистые минералы галита прозрачны и бесцветны или имеют белый цвет. Но часто те или иные красящие пигменты обусловливают окраску различных цветов: серый (обычно глинистые частицы), желтый (*гидроксиды* железа), красный (*оксиды* железа), бурый и черный (органические вещества).

Природа окрашивания некоторых минералов кроется в нарушении однородности строения их кристаллических решеток, в возникновении в них различных дефектов (черный кварц, аметист и др.).

*Псевдохроматическая* (от греч. «псевдос» - ложный) окраска не имеет ничего общего с природой самого минерала. Некоторые минералы меняют окраску в зависимости от освещения. Например, на полированной поверхности минерала лабрадорита при некоторых углах поворота освещения появляются густые синие и зеленовато-синие переливы, вызванные интерференцией световых лучей, отраженных от плоскостей спайности лабрадорита. Такое явление называется иризацией.

Иногда минералы бывают покрыты тонкой поверхностной пленкой другого минерала, которая обычно имеет радужную окраску, напоминающую окраску тонких пленок нефти на поверхности воды. Подобные пленки на минералах называют побежалостью.

При определении окраски минерала обычно широко применяется метод сравнения с окраской хорошо известных предметов или веществ: яблочно-зеленый, лазурно-синий, шоколадно-коричневый и т. п. Эталонами считаются названия цветов следующих минералов: фиолетовый у аметиста, зеленый у малахита, красный у киновари, бурый у лимонита, свинцово-серый у галенита, железо-черный у магнетита, латунно-желтый у пирита, металлически-золотистый у золота.

*Прозрачность* - способность минерала пропускать свет. В зависимости от этой способности все минералы делятся: на прозрачные - горный хрусталь, топаз, исландский шпат и др.; полупрозрачные - флюорит, сильвин и др.; непрозрачные - пирит, магнетит и др.

Цвет черты

Это цвет тонкого порошка минерала, который легко получить, если провести испытуемым минералом черту на матовой (неглазурованной) поверхности фарфоровой пластики, называемой бисквитом. Цвет черты является более надежным признаком по сравнению с окраской минералов. В ряде случаев он соответствует цвету минерала (серая черта у серого галенита), но иногда цвет черты резко отличается от цвета минерала (латунно-желтый пирит оставляет черную черту). Для некоторых минералов этот признак является диагностическим. Например, очень похожие друг на друга минералы группы железа легко распознаются по цвету черты: магнетит имеет черную черту, гематит – вишневую, лимонит – желто-бурую.

Цвет черты определяется только у минералов с металлическим блеском, потому что другие минералы имеют белую или светлоокрашенную черту.

Блеск

*Блеск* – способность минералов отражать от своей поверхности световой поток. Установлено, что блеск зависит от показателя преломления минерала, т. е. величины, характеризующей разницу в скорости света при переходе из воздушной в кристаллическую среду. Минералы с показателем преломления 1,3-1,9 имеют *стеклянный* блеск, с 1,9-2,6 — *алмазный* блеск. *Полуметаллический* блеск отвечает минералам с показателем преломления 2,6-3,0 и *металлический* – выше 3,0. Металлический блеск отвечает отражению полированной поверхности металла. Такой блеск характерен для непрозрачных минералов. Примером могут служить минералы пирит, галенит, халькопирит. Полуметаллический блеск напоминает блеск потускневшего металла. Он характерен для гематита, графита и др. Наиболее широко распространен стеклянный блеск, на его долю приходится около 70 % минералов. Стеклянным блеском обладают горный хрусталь, кальцит, корунд, флюорит, амфиболы, пироксены, полевые шпаты и другие минералы.

Более сильным, чем стеклянный, является алмазный блеск, характерный, например, для алмаза, серы.

Блеск минерала зависит также от характера его поверхности. Если поверхность неровная, то отраженный свет несколько рассеивается, преобразуя стеклянный и алмазный блески в так называемый жирный. Порошковатые рыхлые минералы, обладающие тонкой пористостью, имеют матовый блеск, так как микроскопические поры являются своего рода «ловушками» для света. Примерами могут служить каолинит, землистые массы лимонита и др.

У минералов с параллельно-волокнистым строением наблюдается типичный шелковистый блеск (асбест), полупрозрачные «слоистые» и пластинчатые минералы имеют перламутровый отлив.

### 1.2.2. Механические свойства

## Спайность и излом

*Спайностью* называют свойство минералов раскалываться по определенным направлениям, обусловленным строением их кристаллических решеток, образуя при этом ровные площади – плоскости спайности. Это свойство минералов связано исключительно с внутренним их строением и не зависит от внешней формы кристаллов. Например, при раскалывании кристаллов кальцита самой разнообразной формы получается спайный выколок всегда одной и той же формы – ромбоэдр, кристаллов флюорита – октаэдр, галенита и галита – куб.

По степени совершенства различают следующие виды спайности: *весьма совершенная* - минералы легко расщепляются на тонкие листочки, чешуйки (мусковит, биотит, хлорит, тальк, графит); *совершенная* — минералы при ударе раскалываются на обломки, со всех сторон ограниченные тремя и более плоскостями спайности (кальцит, флюорит, галенит, галит); *средняя* – минералы раскалываются на обломки, ограниченные двумя плоскостями спайности и неровными поверхностями по случайным направлениям (полевые шпаты, роговая обманка, пироксен); несовершенная – минералы раскалываются на обломки, ограниченные неровными поверхностями и одной плоскостью спайности (корунд, апатит); весьма несовершенная или отсутствует – минералы раскалываются только по случайным направлениям с неровными поверхностями (кварц, магнетит, пирит).

Чтобы не спутать грани кристаллов с плоскостями спайности необходимо помнить, что направление спайности дает систему взаимопараллельных плоскостей или трещин. При определении спайности в агрегате выбирается одно или несколько наиболее крупных зерен и в них наблюдаются плоскости спайности. Если угол спайности, например, равен 90 градусам, то излом *ступенчатый*, а если угол спайности острый – излом *занозистый*.

Неровные поверхности, получаемые при расколе минерала по случайным направлениям, называют *изломом*. Наиболее распространен *неровный* излом, но иногда наблюдаются и другие виды: *гладкий*, *раковистый* – излом характерен для минералов с весьма несовершенной спайностью, напоминает поверхность раковины с концентрической скульптурой (кварц, пирит); *ступенчатый*, *занозистый* – излом характерен для игольчатых или волокнистых минералов (селенит). Излом, как и спайность, определяется внутренним строением минерала, его кристаллической решеткой.

## Твердость, хрупкость, ковкость, упругость

Под твердостью минерала подразумевается степень его сопротивления внешним механическим воздействиям. В минералогической практике применяют наиболее простой способ определения твердости - царапанье одного минерала другим, т. е. устанавливается относительная твердость минерала. Для оценки относительной твердости немецким минералогом Ф. Моосом была предложена шкала, состоящая из десяти минералов, каждый из которых, обладая более высокой твердостью, своим острым концом царапает все предыдущие с меньшими номерами. Твердость минералов-эталонов в шкале условно обозначена целыми числами.

Шкала Мооса представлена следующими минералами:

| | | |
|---|---|---|
| Тальк | $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$ | 1 |
| Гипс | $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ | 2 |
| Кальцит | $CaCO_3$ | 3 |
| Флюорит | $CaF_2$ | 4 |
| Апатит | $Ca_5[P0_4]_3(F,C1)$ | 5 |

| | | |
|---|---|---|
| Ортоклаз | $K[A1Si_30_8]$ | 6 |
| Кварц | $SiO_2$ | 7 |
| Топаз | $A1_2[SiO_4]F_2$ | 8 |
| Корунд | $A1_20_3$ | 9 |
| Алмаз | C | 10 |

Для определения твердости исследуемого минерала устанавливают, какой эталон с максимальным номером он царапает. Например, если испытуемый минерал царапает апатит, но оставляет порошок, т. е. истирается на ортоклазе, значит его твердость выше 5, но ниже 6 и оценивается в 5.5.

Относительную твердость можно определить, не имея шкалы Мооса, используя некоторые заменители. Так, твердость ногтя – 2,5; медной монеты – 3,0-3,5; оконного стекла – 5,0; стального ножа – 6,0; напильника – 7,0. Твердость порошковатых разностей бывает занижена по сравнению с твердостью этого минерала в крупных зернах.

Под хрупкостью понимают свойство минерала крошиться при проведении по нему черты ножом. Противоположный эффект – гладкий блестящий след – свидетельствует о свойстве минерала деформироваться пластически. Ковкие минералы расплющиваются под ударом молотка в тонкую пластинку, упругие – способны восстанавливать форму после снятия нагрузки (слюды, асбест).

### 1.2.3. Прочие свойства

#### Удельный вес

*Удельный вес* может быть точно замерен только в лабораторных условиях различными методами; приблизительное суждение об удельном весе можно получить путем сопоставления с распространенными минералами, удельный вес которых принимается за эталон. Все минералы по удельному весу можно разделить на три группы: *легкие* - с удельным весом меньше 3 г/см$^3$ (галит, гипс, кварц и др.); *средние* - с удельным весом порядка 3-5 г/см$^3$ (апатит, корунд, пирит и др.); *тяжелые* - с удельным весом больше 5 г/см$^3$ (галенит, золото и др.).

### 1.2.4. Специфические свойства

Некоторые минералы обладают особыми, характерными только для них свойствами, когда нет необходимости определять их в других индивидах.

*Магнитность*. Сравнительно небольшое число минералов обладает свойством воздействовать на магнитную стрелку. Для минералов, обладающих магнитностью, это свойства имеет важное диагностическое значение. Минералы, обладающие ярко выраженными ферромагнитными свойствами, могут притягивать даже мелкие железные предметы - опилки, булавки (магнетит). Менее магнитные минералы (парамагнитные) слабо притягиваются магнитом (пирротин), и, наконец, имеются минералы, которые отталкивают магнитную стрелку, - самородный висмут.

*Реакция с соляной кислотой*. С соляной кислотой взаимодействуют минералы из класса карбонатов:

- кальцит $Ca\,CO_3$ - бурно реагирует, "вскипая" в кислоте;
- доломит $Ca\,Mg\,(CO_3)_2$ - «вскипает» только в порошке;
- магнезит $Mg\,CO_3$ - не реагирует с кислотой.

*Двойное лучепреломление*. Двупреломление света – разложение светового луча, входящего в кристалл, на два. Это свойство характерно для карбонатов, особенно для прозрачной разновидности кальцита – исландского шпата. При наложении исландского шпата на рисунок или текст явственно заметно раздвоение изображения.

*Физиологические свойства*. (Воздействие на вкусовые, обонятельные и тактильные анализаторы человека). Ряд минералов можно определить по вкусу. Например, галит имеет соленый вкус, сильвин – горько-соленый. Эти минералы, кроме того, растворяются

в воде. Другие минералы можно различить по запаху. При горении серы ощущается запах сернистого газа, в то время как горящий янтарь издает ароматический запах. Существенна также степень шероховатости минералов, т. е. ощущение, возникающее при прикосновении к минералу. Есть минералы жирные на ощупь (тальк), гладкие (горный хрусталь) и шершавые (каолин).

### 1.3. Классификация минералов

Существует несколько классификаций минералов, в основу каждой из которых положены различные признаки. Наиболее признанной является кристаллохимическая классификация, в основе которой лежит в равной мере химический состав и кристаллическая структура минералов. По этой классификации выделяется большое количество классов, из которых в данном курсе будут рассмотрены лишь следующие: 1 - самородные элементы, 2 - сульфиды 3 - галогениды, 4 - оксиды и гидрооксиды, 5 - карбонаты, 6 - сульфаты, 7 - фосфаты и 8 - силикаты.

**Класс 1 - самородные элементы –** некоторые химические элементы в свободном минеральном состоянии. К ним относят: *металлы* - золото (Au), серебро (Ag), медь (Cu) и др.; *полуметаллы* - мышьяк (As), висмут (Bi); *неметаллы* - графит (C), сера (S) и др.

**Класс 2 – сульфиды –** соли сернистой кислоты $H_2S$. Наиболее характерными признаками, свойственными большинству сульфидов, являются сильный металлический блеск и высокий удельный вес. Сюда относят минералы: пирит – $FeS_2$, халькопирит – $CuFeS_2$ и галенит – PbS.

**Класс 3 – галогениды –** соли соляной кислоты HCl (*хлориды*) и соли плавиковой кислоты HF (*фториды*). Для них характерны низкая твердость (2-4), прозрачность и совершенная спайность. К этому классу относят галит – NaCl, сильвин – КС1 и флюорит – $CaF_2$.

**Класс 4 – оксиды и гидрооксиды –** соединения металлов и неметаллов с кислородом и водой $H_2O$. Для оксидов характерна прочность кристаллической решетки, чем обусловлена их высокая твердость (5-9). К этому классу относят корунд – $A1_2O_3$, кварц – $SiO_2$, опал – $SiO_2 \cdot nH_2O$ и минералы группы железа: магнетит – $Fe_3O_4$, гематит – $Fe_2O_3 \cdot n\ H_2O$.

**Класс 5 – карбонаты –** соли угольной кислоты $H_2CO_3$. Большая часть карбонатов бесцветна, твердость невысокая (3), характерна совершенная спайность по ромбоэдру и эффект двойного лучепреломления. К этому классу относят кальцит – $CaCO_3$, доломит – $CaMg(CO_3)_2$, магнезит – $MgCO_3$.

**Класс 6 – сульфаты –** соли серной кислоты $H_2SO_4$. В технических науках их называют купоросами. Для минералов этого класса характерна низкая твердость (2-3,5) и пестрые цвета окраски. К ним относят гипс – $CaSO_4 \cdot 2H2O$ и ангидрит – $CaSO_4$, медный купорос – $CuSO_4$ и железный купорос – $FeSO_4$.

**Класс 7 – фосфаты –** соли ортофосфорной кислоты $H_3PO_4$. Характерна средняя твердость (5) и светлая окраска. Сюда относят минерал апатит – $Ca_5[PO_4]_3(F,C1)$.

**Класс 8 – силикаты –** самая обширная группа породообразующих минералов, содержащих $SiO_2$. Основой кристаллической решетки силикатов является скелет из кремнекислородных тетраэдров $[SiO_4]^{-4}$ (рис.5,а). Кремнекислородные тетраэдры в структурах силикатов могут находиться либо в виде изолированных друг от друга структурных единиц $[SiO_4]$, либо сочленяются друг с другом разными способами. В зависимости от способа их сочленения выделяют следующие подклассы:

*Островные силикаты* с изолированными тетраэдрами (см. рис.5, а) представлены оливином. Для них характерны повышенные твердость и удельный вес, а также изометричные формы кристаллов.

*Цепочечные силикаты* с одинарными цепочками тетраэдров (см. рис. 5, б) представленные пироксенами;

*Ленточные силикаты* со сдвоенной цепочкой тетраэдров (см. рис. 5, в) представлены роговой обманкой. Несмотря на существенное различие в количественных соотношениях компонентов, цепочечные и ленточные силикаты имеют много общих свойств: удлиненная форма кристаллов, средняя спайность в двух направлениях, твердость 5-6, темный цвет.

*Листовые силикаты* с непрерывными слоями кремнекислородных тетраэдров представлены слоями кремнекислородных тетраэдров (рис. 5, г). Сюда относят слюды (биотит, мусковит), хлорит, тальк, каолинит, серпентинит. В прямой зависимости от кристаллической структуры находится важное диагностическое свойство этих силикатов - весьма совершенная спайность, а также гексагональная форма кристаллов.

*Каркасные силикаты* с непрерывными трехмерными каркасами тетраэдров $[SiO_4]^{-4}$ представлены почти исключительно алюмосиликатами, в которых часть ионов $Si^{4+}$ в кремнекислородных тетраэдрах замещена на ионы $A1^{3+}$. Для этих силикатов характерна светлая окраска и твердость 5-7.

## 3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Основная цель работы – знакомство с минералами и изучение их физических свойств. Исследование физических свойств выполняется в соответствии с рекомендациями, изложенными в разделе 1. Вначале определяется форма и характер минеральных агрегатов, затем цвет, блеск и другие физические свойства. Полученные данные сводятся в таблицу описания минералов.

| Название минерала, формула | Форма кристаллов или минераль-ных агрегатов | Физические свойства минералов | | | | | | Приме-чание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | цвет | цвет черты | блеск | спай-ность | твер-дость | спец. св-ва | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

После нескольких лабораторных занятий проводится контрольная работа для проверки и закрепления полученных знаний.

# Часть 2

# МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

## 2.1. Общие сведения о магматических горных породах

Магматические горные породы образуются в результате затвердевания магмы на глубине или на земной поверхности при вулканических извержениях. Магматические породы также называют изверженными.

**Магма** (от греч. «густая мазь») — огненно жидкий, главным образом силикатный расплав, возникающий в верхней мантии или в земной коре. Магма содержит большое количество растворенных газов и паров воды (F, C1, $CO_2$, $H_2O$ и др.). На большой глубине магма находится под очень большим всесторонним давлением и обладает высокой температурой.

Поднимаясь вверх, магма внедряется в твердые и относительно холодные породы, которым она отдает свое тепло, начинает охлаждаться и кристаллизоваться. Большую роль в процессе кристаллизации играют летучие компоненты: пары воды и газа, способствующие и часто определяющие скорость кристаллизации минералов.

Поднимаясь вверх, магма оказывается в различных термодинамических условиях.

На значительных глубинах при медленном остывании магмы и сохраняющемся большом давлении происходит постепенная, последовательная и полная кристаллизация расплава. Последовательность в кристаллизации магмы связана с существованием минералов с разной температурой плавления. Тугоплавкие минералы кристаллизуются при более высоких температурах, когда другие еще находятся в расплаве.

К тугоплавким относят минералы, содержащие Fe и Mg (железисто-магнезиальные силикаты: оливин, авгит, роговая обманка, биотит и др.). При понижении температуры последовательно кристаллизуются и другие минералы.

Таким образом, на больших глубинах весь силикатный расплав превращается в агрегат тех или иных минералов, образуется полнокристаллическая горная порода. Долго сохраняющиеся условия высоких температур и давления создают благоприятные условия роста для всех минералов, в результате образуются полнокристаллические и равнокристаллические структуры пород с более или менее одинаковым размером зерен всех минералов.

На средних и небольших глубинах условия кристаллизации магмы менее стабильны и более разнообразны.

Если масса и температура расплава, внедрившегося на средних глубинах, достаточно велики для прогрева вмещающих пород и давление является достаточным для удержания в расплаве летучих компонентов, происходит также полная раскристаллизация расплава и образуется полнокристаллическая порода. При этом центральные части получают равнокристаллическое, а краевые — неравнокристаллическое строение в связи с относительно быстрым охлаждением на контакте с вмещающими породами и частичной потерей летучих компонентов. Летучие компоненты для некоторых минералов являются катализаторами и заметно повышают скорость их роста, тогда при полнокристаллическом строении возникает большая разница в размерах зерен разных минералов, могут возникать порфировидные структуры.

На небольших глубинах температура и давление магмы могут быть недостаточными для ее полной кристаллизации. В таких условиях часть магмы успевает раскристаллизоваться и превратиться в минеральные зерна — вкрапленники, а другая часть затвердевает в виде вулканического стекла — аморфной массы, в которой могут быть зародыши кристаллов — микролиты, хорошо различимые только под микроскопом. В этих условиях образуются неполнокристаллические породы.

При вулканических извержениях магма либо изливается на земную поверхность (или на дно водного бассейна) в виде лавы, либо при взрывах выбрасывается в воздух на разную высоту, застывает и падает на поверхность в виде твердых частиц и обломков разного размера (вулканический пепел, песок, лапилли, вулканические бомбы), давая начало пирокластическим горным породам обломочного строения. Последние образуют особую группу вулканических пород и будут рассмотрены ниже.

Магма, излившаяся на поверхность в виде лавы, попадает в условия резкого понижения температуры и давления и связанной с этим почти полной потери летучих компонентов, что приводит к быстрому затвердеванию лавы. При этом если расплав

поднимается медленно и с больших глубин и до выхода на поверхность в нем произошла частичная кристаллизация, то есть образовались кристаллы минералов, то при затвердевании на поверхности образуются неполнокристаллические породы. При быстром движении расплав не успевает кристаллизоваться и застывает на поверхности в виде вулканического стекла, образуя стекловатую породу, в которой кристаллы почти или полностью отсутствуют.

По условиям образования магматические горные породы подразделяют на следующие виды.

1. **Интрузивные** (внедрившиеся):
   - глубинные (абиссальные),
   - полуглубинные (гипабиссальные).
2. **Вулканические**:
   - эффузивные (излившиеся),
   - пирокластические.

**Интрузивные,** или внедрившиеся (от лат. «интрузио» — внедрение), горные породы образуются при застывании магмы под земной поверхностью и по глубине застывания делятся на глубинные и полуглубинные.

*Глубинные,* или абиссальные (от греч. «абиссос» — бездонный), или плутонические, породы формируются на больших глубинах, в условиях длительно сохраняющихся высоких температур и давлений и характеризуются полной раскристаллизацией магматического расплава.

*Полуглубинные* (гипабиссальные) горные породы, затвердевшие на средних и небольших глубинах, по условиям образования являются промежуточными между глубинными интрузивными и эффузивными. Температура и давление магмы на разных глубинах меняются по-разному, и могут возникать как полно-, так и неполнокристаллические породы.

Излившиеся, или **эффузивные,** породы (от лат. «эффузио» — излияние) образуются при излиянии лавы на дневную поверхность, где резко понижаются температура и давление. Эффузивные породы характеризуются неполной кристаллизацией или быстрым затвердеванием расплава в виде вулканического стекла.

Различия в условиях образования магматических пород четко отражаются на их внешнем облике и легко распознаются макроскопически по характеру структуры и текстуры.

## 2.2. Структуры и текстуры магматических горных пород

**Структуры** магматических горных пород макроскопически классифицируются по степени кристалличности вещества, относительному и абсолютному размеру зерен.

По *степени кристаллизации* магматического расплава выделяют следующие структуры:

*полнокристаллические,* когда все вещество раскристаллизовано в агрегат минералов;

*неполнокристаллические,* когда часть расплава раскристаллизовалась и образовались минеральные зерна, а другая часть затвердела в виде вулканического стекла;

*стекловатые,* когда вся порода представлена вулканическим стеклом. Для глубинных пород характерны полнокристаллические структуры, для полуглубинных — полно- и неполнокристаллические, а для излившихся — неполнокристаллические и стекловатые структуры.

По *относительному размеру* минеральных зерен выделяют структуры:

*равнокристаллические* (равномерно-кристаллические). Если порода полнокристаллическая по степени кристаллизации и размеры минеральных зерен близки по величине;

*неравнокристаллические* структуры выделяются как для полнокристаллических, так и для неполнокристаллических пород.

Для полнокристаллических различают:

*неравнокристаллические,* когда размер минеральных зерен различается не резко;

*порфировидные,* если одни зерна по размеру резко отличаются от других.

Для неполнокристаллических пород различают:

*порфировые*, состоящие из нераскристаллизованной части исходного расплава, которая вне зависимости от ее количества в породе называется «основной массой», и раскристаллизованной — «вкрапленников», представленных кристаллами минералов;

*афировые,* если порода состоит из основной массы без вкрапленников .

Равно- и неравнокристаллические и порфировидные структуры характерны для интрузивных пород, порфировые и афировые — для эффузивных и близповерхностных полуглубинных пород.

Для пород полно- и равнокристаллических выделяют *структуры по абсолютному размеру зерен*, см:

| | |
|---|---|
| Гигантокристаллические | > 1 |
| Крупнокристаллические | 1-0,3 |
| Среднекристаллические | 0,3-0,1 |
| Мелкокристаллические | 0,1-0,05 |
| Скрытокристаллические (афанитовые) | < 0,05 |

Все вышеперечисленные структуры, от гиганто- до скрытокристал-лической, характерны для интрузивных глубинных и полуглубинных пород, афанитовые — для основной массы эффузивных пород (вкрапленники при этом могут иметь различные размеры).

Среди многочисленных структур, выделяемых по взаимоотношениям минералов в породе, макроскопически хорошо различима *пегматитовая (письменная)*, характеризующаяся закономерным прорастанием полевого шпата кварцем, образующим клинообразные зерна, напоминающие древнееврейские письмена, откуда и произошло название структуры.

***Текстуры*** изверженных горных пород подразделяют на компактные, когда нет пор и пустот, и некомпактные, если есть в породе пустоты и поры. К компактным текстурам относят: *массивную, пятнистую, флюидалъную, полосчатую, миндалекаменную;* к некомпактным — *пористую, пенистую, пузырчатую.*

*Массивная текстура* отличается беспорядочным расположением минеральных зерен, она наиболее характерна для интрузивных пород, нередко встречается и в эффузивных породах.

*Пятнистую текстуру* выделяет при неравномерном распределении светлых и темных минералов в породе. Встречается реже, главным образом в интрузивных породах.

*Флюидальная текстура* отличается ориентированным расположением удлиненных кристаллов, например столбиков роговой обманки, что отражает вязкое течение магмы или лавы в процессе застывания, при котором удлиненные кристаллы, как бревна в реке, располагаются своими длинными осями по направлению течения более или менее параллельно друг другу.

Флюидальная текстура может проявляться также в *полосчатости,* характеризующейся различиями в составе или структуре полос.

*Некомпактные текстуры* характерны для эффузивных пород и связаны с выделением из лавы летучих компонентов, после чего в затвердевшей лаве остаются пустоты округлой или миндалевидной формы.

Если пустоты мелкие (до нескольких миллиметров), образуется *пористая,* более крупные — *пузырчатая текстура*. В особо благоприятных условиях пары и газы могут

вспенивать лаву, и при застывании образуется *пенистая*, или *пемзовая*, *текстура*, в которой пустоты по объему преобладают.

*Миндалекаменная (мандельштейновая)* текстура характерна для эффузивных горных пород и образуется в результате заполнения пор и пустот в затвердевшей лаве вторичными минералами (кварц, халцедон, кальцит, хлорит и др.). Образовавшиеся миндалины обычно выделяются своим более светлым цветом на фоне темно-серой или черной породы. От вкрапленников миндалины отличаются округлой или миндалевидной формой. Горные породы с миндалекаменной текстурой называют мандельштейнами.

## 2. 3. Классификация магматических горных пород по химическому и минеральному составам

В основу классификации магматических горных пород положены химический и минеральный составы и структурные особенности пород (см. таблицу).

Химический анализ магматических горных пород показывает, что они состоят в основном из восьми оксидов: $SiO_2$, $A1_2O_3$, $Fe_2O_3$, FeO, MgO, CaO, $Na_2O$, $K_2O$. В значительно меньших количествах присутствуют $TiO_2$, MnO, $P_2O_5$, $H_2O$ и некоторые другие. Из главных оксидов только $SiO_2$ присутствует во всех магматических породах в значительных количествах. Оксид $SiO_2$ и принят за основу химической классификации изверженных горных пород.

По содержанию кремнезема (оксида $SiO_2$) магматические породы подразделяют на четыре группы:

- кислые ($SiO_2$ = 64-78 %),
- средние ($SiO_2$ = 53-64 %),
- основные ($SiO_2$ = 44-53 %),
- ультраосновные ($SiO_2$ = 30-44 %).

Границы между этими группами магматических пород в известной мере являются условными, так как между породами соседних групп существуют постепенные переходы.

Важным показателем для классификации является содержание в магматической породе щелочей. По сумме щелочей ($Na_2O + K_2O$) выделяют три ряда магматических пород: нормальной щелочности (низкощелочные, известково-щелочные), субщелочные (умеренно-щелочные) и щелочные (с высокой щелочностью).

Границы содержаний суммы щелочей для выделения рядов значительно варьируют в зависимости от группы магматических пород по содержанию оксида $SiO_2$.

По относительному количеству железисто-магнезиальных силикатов в объемных процентах (M — цветное число) магматические породы подразделяют на ультрамафические (M > 70), мафические (70 > M > 20) и салические (M < 20).

Химический состав магматических пород взаимосвязан с комплексом слагающих их минералов. Минералами — показателями степени кислотности (содержания оксида $SiO_2$) являются кварц и оливин. Кислые породы отличаются значительным содержанием кварца. Для основных и ультраосновных пород характерен оливин, а кварц может встречаться только как второстепенный (менее 5 %) минерал и макроскопически обычно не виден. Средние по степени кислотности породы, занимая промежуточное положение и по минералогическому составу, являются переходными между кислыми и основными породами. В них выделяют средние кварцевые, переходные к кислым, и средние бескварцевые, переходные к основным породы.

Количество железисто-магнезиальных темноцветных минералов постепенно увеличивается от кислых к основным и ультраосновным породам. Некоторые разности основных и все ультраосновные породы состоят почти на 100 % из цветных силикатов и относятся к ультрамафитам.

Содержание полевых шпатов уменьшается от кислых к основным породам. В кислых и средних породах полевые шпаты развиты широко, в основных — количество их уменьшается, а ультраосновные породы являются бесполевошпатовыми.

Высокая щелочность магматических пород определяется присутствием щелочных минералов, таких как нефелин, калиевый полевой шпат и другие.

Химический и минералогический состав определяют цвет магматической породы: чем кислее порода, тем она светлее, чем основнее — тем темнее. Кислые и средние породы обычно бывают серыми или цветными (розовыми, красными, желтыми), основные — темно-серыми или черными, ультраосновные — черными или темно-зелеными.

Условия образования не оказывают существенного влияния на химический и минеральный состав изверженных пород. Поэтому в классификации по степени кислотности

# Классификация магматических горных пород нормальной щелочности

| | Группы пород по содержанию $SiO_2$ (в масс. %) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | кислые (78-64) | | средние (64-53) | | основные (53-44) | | ультраосновные (44-30) | |
| | глубинные | излившиеся | глубинные | излившиеся | глубинные | излившиеся | глубинные | излившиеся |
| Породы нормальной щелочности | Гранит, гранодиорит | Риолит, обсидиан, дацит | Диорит | Андезит | Габбро | Базальт | Дунит, перидотит, пироксенит, горнблендит | Пикрит, коматиит |
| Породо-образующие минералы | **Кварц,** КПШ, биотит, кислый плагиоклаз В обсидиане, пемзе - стекло | | Средний плагиоклаз, роговая обманка, пироксен | | Основной плагиоклаз, пироксен, роговая обманка, оливин | | Оливин, пироксен, роговая обманка | |
| Количество кварца | 15-40 % | | - | | - | | - | |
| Цвет излившихся пород | | Белый, серый, светлые тона | | Темно-серый, коричневый | | Черный | | Черный |
| Количество темно-цветных минералов в глубинных породах | 10-15 ± 5 % | | 25 ± 15 % | | 50 ± 15 % | | 100 % | |

изверженных пород в одну группу объединяют различные по происхождению (интрузивные, эффузивные, жильные), но близкие по химическому и минеральному составу.

Первоначальный минералогический состав магматических пород может заметно меняться в результате вторичных изменений.

Магматические горные породы весьма разнообразны, но лишь немногие из них распространены в земной коре широко. Наиболее широко развиты породы основного и кислого состава.

В земной коре среди магматических пород *около 70 %* составляют *основные* породы, а *кислые* и *средние* вместе — *около 30 %*. На ультраосновные породы приходится незначительная доля процента.

При этом среди эффузивов самыми распространенными являются лавы основного состава (базальты), а среди интрузивных образований — кислые породы (граниты и гранодиориты).

Среди всех типов по степени кислотности (кислые, средние и т. д.) наиболее широко распространены магматические породы нормальной щелочности (известково-щелочные). Однако субщелочные и щелочные породы хотя и развиты меньше, но не являются редкими.

В таблицах приводится характеристика наиболее часто встречающихся разновидностей глубинных (плутонических) и эффузивных пород.

*Порядок описания интрузивных пород.*

1. Цвет.
2. Структура (по степени кристаллизации, по относительному размеру зерен и для равно-, полнокристаллических по абсолютному размеру зерен).
3. Текстура.
4. Минералогический состав в процентах.
5. Характеристика каждого из минералов, входящих в состав породы (размер и форма зерен, цвет, спайность, излом, блеск).
6. Вывод: название породы, условия образования, группа по степени кислотности и щелочности.
7. Эффузивный аналог.

*Порядок описания эффузивных пород.*

1. Цвет.
2. Структура (по степени кристаллизации, по относительному размеру зерен).
3. Текстура.
4. Соотношение основной массы и вкрапленников в процентах.
5. Характеристика основной массы (цвет, особенности).
6. Характеристика вкрапленников (цвет, форма и размер зерен, спайность, блеск, излом, вторичные изменения).
7. Вывод: название, условия образования, группа по степени кислотности и щелочности.
8. Глубинный аналог.

После нескольких лабораторных занятий проводится контрольная работа для проверки и закрепления полученных знаний.

**Часть 3**

# МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

## 3.1. Общие сведения о метаморфизме

Горные породы после формирования могут попасть в такую геологическую обстановку, которая будет существенно отличаться от обстановки образования породы и на нее будут оказывать влияние различные эндогенные силы: тепло, давление (нагрузка) вышележащих толщ, глубинные флюиды, растворы и газы, вода, водород, углекислота и др. Изменение магматических и осадочных пород в твердом состоянии под воздействием эндогенных факторов и называется **метаморфизмом**. Преобразованию могут подвергаться любые горные породы: осадочные, магматические и ранее образовавшиеся метаморфические. В физико-химических условиях, отличных от тех, в которых образовались горные породы, происходит изменение их минерального состава, структуры и текстуры. Изменение минерального состава при метаморфизме может протекать **изохимически**, т. е. без изменения химического состава метаморфизуемой породы, и **метасоматически**, т. е. со значительным изменением химического состава метаморфизуемой породы за счет привноса и выноса вещества. Особенность метаморфических процессов заключается в том, что они протекают с сохранением твердого состояния системы, без существенного расплавления пород. Лишь при определенных физико-химических условиях метаморфизм сопровождается частичной или полной кристаллизацией исходных пород. Процессы подобного характера объединяются под названием **ультраметаморфизма.**

В зависимости от интенсивности метаморфических процессов наблюдается постепенный переход от слабо измененных, сохраняющих состав и структуру исходных разностей, до глубоко преобразованных пород, первичная природа которых практически утрачена. Метаморфические отложения широко распространены в земной коре.

**Метаморфизм** - процесс преобразования любых исходных пород под воздействием изменившихся физико-химических условий среды. Он реализуется преимущественно путем перекристаллизации пород без существенного плавления под воздействием меняющихся температур, давлений, газовой (флюидной) среды. Преобразуя свой минеральный состав, порода, таким образом, приспосабливается к изменившимся термодинамическим (Т-Р) условиям.

Название термина происходит от греческого слова metamorpho – преобразование, превращение. Метаморфическим преобразованием могут подвергаться изначально осадочные, магматические и (повторно) метаморфические породы. При этом исходные породы, как правило, после таких преобразований полностью теряют свой первоначальный облик.

Факторами метаморфизма, т. е. непосредственными причинами преобразования пород, являются: давление (Р), температура (Т), а также растворы и газы (флюиды), пронизывающие толщи горных пород.

**Давление** при метаморфических преобразованиях может быть обусловлено рядом причин: давлением нагрузки вышележащих толщ (литостатическим - Рл), динамическим давлением тектонического движения (стрессовым - Рс), давлением движущейся магмы (Рм), а также давлением поровых (гидротермальных и флюидных) растворов (Рф). Главным среди отмеченных причин следует считать тектоническое или стрессовое давление, способное достигать десятков тысяч атмосфер и распространяться на огромные пространства. При проявлении тектонического или стрессового давления роль нагрузки вышележащих пород может оказаться незаметной, а проявление магматического и порового давления флюидов на таком фоне может повлиять на характер минеральных преобразований лишь локально, в местах их проявления.

**Температура** метаморфических преобразований могут быть обусловлены

несколькими причинами и достигать уровней, когда порода начинает плавиться, т. е. 1000 - 1200 °С. Всегда существует температурный фон, обусловленный глубиной погружения пород, т. е. геотермическим градиентом (Тг), составляющим обычно около 30°/1 км. Однако основные тепловые превращения в породе осуществляются за счет тектонических подвижек (Тс), а также нередко сопровождающих такие движения аномальных глубинных тепловых потоков (Тф). На контакте с магматическими породами преобразование осуществляется за счет прогрева пород очагом остывающей магмы (Тм).

**Гидротермальные растворы и флюиды,** которые способны привносить или выносить различные химические компоненты, могут влиять на характер минералообразования, создавать специфическую окислительную или восстановительную (Eh), а также кислую либо щелочную (pH) среды.

Глубинные флюиды насыщены, прежде всего, парами воды и углекислоты, а также более редкими соединениями водорода, хлора, фтора и др.

### 3.2. Типы метаморфизма

В зависимости от сочетания упомянутых выше факторов выделяются те или иные типы метаморфизма. Наиболее простая схема типов метаморфизма, выделяющихся в зависимости от термодинамических (Р, Т) параметров, показана на рис. 1, а геологические условия их проявления - на рис. 2. Можно говорить о контактовом типе метаморфизма, когда порода преобразуется под преимущественным воздействием температуры, а также динамическом, когда основным фактором выступает давление, и динамотермальном, когда проявляются оба фактора одновременно. Каждый из этих типов обладает своими специфическими геологическими условиями проявления (рис. 2).

**Контактовый тип метаморфизма** проявляется в породах обрамления магматических тел, на контакте с ними, поэтому он называется контактовым. Температура магматических тел колеблется в интервале 800-1200° С, а вмещающие породы, разогретые первоначально за счет геотермического градиента, могут быть относительно «холодным». Ширина зоны (ореол) контактового метаморфизма зависит, главным образом, от объема магматического очага и может достигать нескольких километров. Если вмещающая порода разогрета жильным магматическим телом (пегматитовая жила, дайка гранитоидов и т. д.), то прогретой бывает лишь узкая полоса в несколько метров.

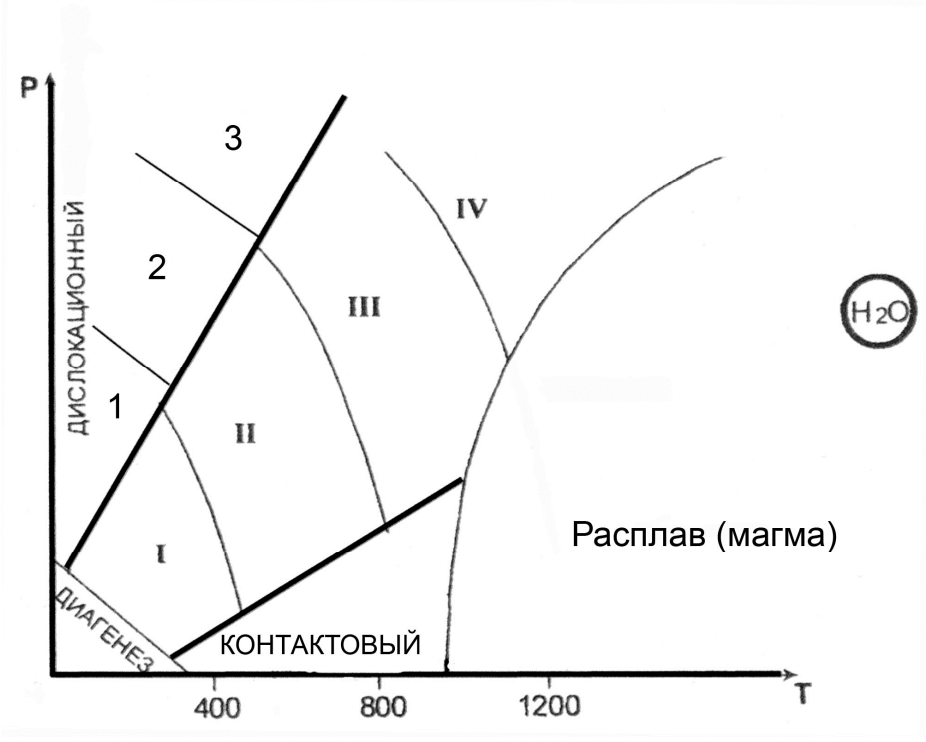


Рис. 1. Типы метаморфизма

Фации умеренного давления: I – зеленосланцевая, II – Эпидот-амфиболитовая, III – амфиболитовая, IV – гранулитовая

Фации высокого давления: 1– глаукофановая, 2 – дистен-мусковитовых сланцев и дистеновых гнейсов, 3 – эклогитовая

Весьма существенную роль при контактовом метаморфизме играет химический состав магмы и вмещающих пород, а точнее, контрастность состава между ними. В случае резкого контраста между многокомпонентной магмой и вмещающими породами на их контакте протекают диффузионные процессы взаимного проникновения, меняющие как состав внешней оболочки магматического тела, так и состав вмещающих пород. Такой процесс перекристаллизации пород, протекающий с существенным изменением их первичного химического состава, называется **метасоматозом**. Обычно метасоматоз сопровождается интенсивной гидротермальной и флюидной проработкой, способствующей привносу и выносу химических компонентов. Типичными представителями таких контактово-метасоматических процессов (на границе между силикатными магмами и известняками) являются скарны. С другой стороны, в случае, если силикатная магма находится в контакте с близкими ей по химическому составу вмещающими породами, то формируются роговики - прогретые и перекристаллизованные продукты метаморфизма первичных пород без проявления метасоматоза.

**Дислокационный метаморфизм** протекает в условиях высокого стрессового давления, под воздействием тектонических движений по крупным разрывным нарушениям (разломам). При этом происходит дробление пород с

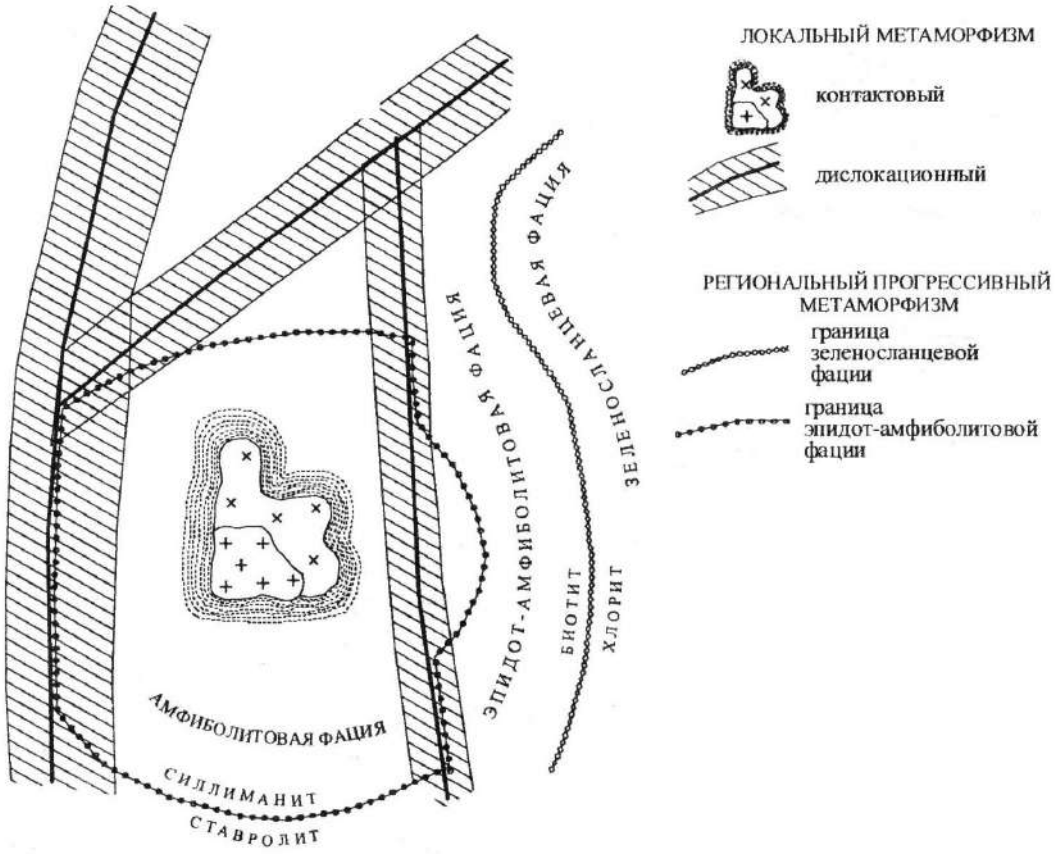



Рис. 2. Схематическая карта метаморфизма

образованием структур катаклаза, а под действием проникающих в ослабленные зоны флюидов (гидротермальных растворов), горные породы подвергаются частичной или полной перекристаллизации и цементации.

Новообразованными минералами - индикаторами высоких давлений являются кианит, глаукофан, пироп, омфацит (пироксен), алмаз. Эти минералы фиксируют давления больших глубин, где всегда имеется и некоторый температурный фон, создаваемый геотермальным градиентом. В приповерхностных условиях можно наблюдать и неперекристаллизованные брекчии, милониты, филлониты.

Процессы контактового и дислокационного типов метаморфизма протекают в ограниченных пространствах, т. е. развиваются локально. Контактовый метаморфизм проявляется в виде узкой полосы вокруг магматических тел, а дислокационный – такой же полосой сопровождает тектонические трещины, в связи с чем эти два тип метаморфизма объединяются под общим названием **локальный метаморфизм** (рис. 3).

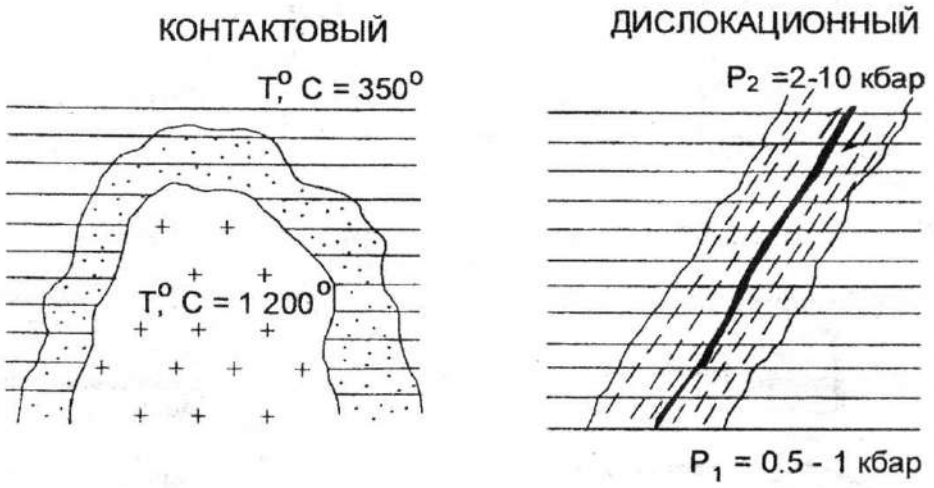



Рис. 3. Локальные типы метаморфизма

В противоположность локальному выделяют **региональный метаморфизм.** Региональный метаморфизм – широкомасштабный процесс, охватывающий огромные территории в пределах подвижных поясов земной коры. Главными его факторами являются температура и давление, а также воздействие воды и углекислоты, содержащихся в исходных породах и способствующих ходу химических реакций. Преобразование горных пород, происходящее на глубине без существенного плавления и метасоматоза, сопровождается перекристаллизацией и развитием новых минералов в условиях расплющивания и пластического течения вещества, что приводит к появлению характерной для метаморфических образований ориентированности (параллельному расположению) минеральных зерен. Породы регионального метаморфизма имеют наиболее широкое распространение.

**Метасоматоз контактовый** – процесс метасоматического изменения горных пород в контакте с интрузивными телами. При метасоматозе возникают как экзометасоматиты, то есть контактовоизмененные вмещающие породы под воздействием внедрившихся в них интрузий, так и эндометасоматиты, являющиеся продуктами изменения самих интрузивных образований при биметасоматических реакциях. Температурный режим этих процессов изменяется от 900 до 300-200 ºС. Примерами контактового метасоматоза могут служить скарнообразование, грейзенизация и пр.

## 1.2. Фации метаморфизма

В зависимости от параметров метаморфизма и минерального состава образующихся пород выделяют **фации метаморфизма**, понимая под этим термином совокупности горных пород, минеральный состав которых находится в равновесии при данных условиях метаморфизма.

Для метаморфических пород, в соответствии с типами метаморфизма, выделяют две группы фаций:

- фации умеренных давлений (региональный метаморфизм);

- фации высокого давления (дислокационный метаморфизм).

Метаморфические породы **умеренных давлений** подразделяются на четыре фации. По мере возрастания Р-Т условий регионального метаморфизма выделяют: 1 – зеленосланцевую фацию; 2 – эпидот-амфиболитовую фацию; 3 – амфиболитовую фацию; 4 – гранулитовую фацию. Название фации определяется по типичной породе, сложенной определенной ассоциацией минералов. В области термодинамических условий гранулитовой (иногда амфиболитовой) фации в породе может отмечаться частичное плавление, такое преобразование называют ультраметаморфизмом. Это переходная зона от метаморфизма к магматизму, сложенная мигматитами.

*Фация зеленых сланцев (зеленосланцевая)* соответствует наиболее низкотемпературной ступени регионального метаморфизма и объединяет породы, сформировавшиеся в температурном интервале 250-450 °С при давлении от 1,5 до 3 кбар. Широкое развитие минералов зеленого, светло-зеленого цвета (хлорита, актинолита, серицита, талька и др.) определило название фации.

*Эпидот-амфиболитовая фация* отвечает более высокотемпературной ступени регионального метаморфизма (Т = 450-600 °С, Р = 3-6 кбар) и поэтому характеризуются заменой низкотемпературных минералов более высокотемпературными. Граница прорисована линией исчезновения хлорита и замещением его биотитом. В этой фации появляется гранат, эпидот, ставролит, роговая обманка и другие. Наиболее широко распространены кристаллические сланцы с гранатом, биотитом, мусковитом, ставролитом и другие.

*Амфиболитовая фация* представлена гнейсами, амфиболитами, для образования которых требуются уже значительные температуры и давление (Т = 600-800 °С, Р = 4-8 кбар). При этих условиях исчезает эпидот, ставролит.

При высоком содержании в породах воды наступает частичное их плавление – анатексис с возникновением гранитного расплава, что приводит к образованию мигматитов.

*Гранулитовая фация* отличается наиболее интенсивными параметрами метаморфизма (Т = 750-1100 °С, Р = 6-11 кбар). Такие условия создавались на больших глубинах, на ранних стадиях развития Земли – архейского и протерозойского эонов. Породы, сформированные в условиях этой фации, почти полностью лишены воды; гидроксилсодержащие минералы в них содержатся редко.

В условиях дислокационного метаморфизма выделяются **фации высокого давления,** которые локализуются в глубинных узких тектонических зонах, формируются в условиях повышенного давления (до 10-20 кбар) и температурах 300-800 °С.

*Глаукофановая фация* является наиболее низкотемпературной и в этом отношении сопоставимой с зеленосланцевой фацией. Эта фация характеризуется развитием различных сланцев, в которых обычно присутствует хлоритоид, фенгит, парагонит, глаукофан.

*Фация дистен-мусковитовых сланцев и дистеновых гнейсов* соответствует примерно интервалам температур эпидот-амфиболитовой фации умеренных давлений, но наряду с минералами, свойственными указанной фации появляются новые минералы, индикаторы высокого давления – дистен, омфацит, глаукофан, пироповый гранат, парагонит и ряд других

минералов. Обычными породами этой фации являются дистен-мусковитовые (парагонитовые) сланцы и более высокотемпературные дистеновые гнейсы.

*Эклогитовая фация* включает весьма своеобразные породы, называемые эклогитами. Главными минералами эклогитов является пироксен (омфацит) и гранат (пироп).

### 3.3. Особенности минерального состава метаморфических горных пород

Широкий диапазон термодинамических условий проявления метаморфизма обусловил большое разнообразие минерального состава пород. Кроме того, этот набор минералов зависит от состава исходных пород. Сам механизм перекристаллизации пород, протекающий в твердом виде, представляет собой сложный процесс замещения одних минералов (неустойчивых при новых Р-Т- условиях) другими, более устойчивыми. При этом важную роль играют поровые флюиды как катализаторы реакций замещения.

Кроме упоминавшихся минералов, входящих в состав магматических пород, выделяется группа минералов, характерных преимущественно для метаморфических пород.

***Тальк*** – низкотемпературный чешуйчатый минерал, возникающий при гидротермальной проработке магнезиальных пород. Мягкий, с жирным блеском.

***Хлорит*** – низкотемпературный чешуйчатый минерал часто с зеленоватым оттенком. Образуется при гидротермальной проработке основных пород.

***Серпентин*** – возникает как продукт гидротермальной проработки ультраосновных пород. Не обладает четко выраженной формой (иногда образует волокнистые агрегаты), серого с зеленоватыми оттенками цвета.

***Серицит*** – низкотемпературная, мелкочешуйчатая, наиболее гидроксилнасыщенная разновидность слюды - мусковита. Присутствие в породе серицита обусловливает ее шелковистый блеск.

***Эпидот –*** образует призматические кристаллы, лучистые или зернистые агрегаты. Цвет светло-зеленый. Блеск сильный стеклянный.

***Гранат*** – кристаллы изометричные в виде ромбододекаэдров, реже зернистые агрегаты. Цвет – от коричневого до красного. Макроскопически легко узнается по характерному облику кристаллов и цвету.

***Актинолит*** – низкотемпературная разновидность роговой обманки. Образует волосовидные, тонколучистые неориентированные агрегаты. Цвет светло-зеленый.

***Глаукофан*** – разновидность роговой обманки, образующаяся при высоких давлениях. Образует тонколучистые агрегаты. Цвет густо фиолетовый до черного.

***Ставролит*** – кристаллы в виде коротких ромбического сечения призм, характерные двойники, напоминающие прямой или косой (угол 60°) крест. Цвет коричневый, красно-бурый до черного. Легко узнается по цвету и двойниковым формам.

***Дистен (кианит)*** – кристаллы длинные, уплощенные. Имеет анизотропию твердости. Цвет голубой или синий.

### 3.4. Текстуры и структуры метаморфических горных пород

Текстуры и структуры метаморфических пород зависят от специфических физических условий их образования. Эти условия отличаются от термодинамических параметров кристаллизации магматических пород, для которых действует в полной мере известный закон Паскаля, обеспечивающий при любом направленном тектонических движений одинаковое давление во все стороны. Этим условием обеспечивается повсеместная массивная текстура глубинных магматических пород. Слюды в гранитах, например, благодаря действию закона Паскаля, не ориентированы в одном направлении.

Метаморфические процессы не достигают условий плавления, поэтому породы изменяются в твердом или пластичном состоянии, когда закон Паскаля работает лишь частично или не проявляется вовсе. Для регионального метаморфизма, например, ориентированное давление влияет на форму возникающих минералов, а также на их параллельную или субпараллельную ориентировку. Поэтому у низкотемпературных продуктов регионального метаморфизма отмечаются, как правило, **сланцеватые текстуры** с параллельным и субпараллельным расположением вытянутых, уплощенных или чешуйчатых минералов.

С повышением температуры, в условиях амфиболитовой фации, когда вещество начинает проявлять пластические свойства, а значит, частично проявляется закон Паскаля, четкая ориентировка удлиненных, уплощенных минералов постепенно исчезает, т. к. давление становится, до определенной степени, всесторонним. Такая текстура со слабо выраженной ориентировкой минералов называется **гнейсовой,** по названию главного и типичного представителя пород амфиболитовой фации - гнейса.

Максимальное проявление закона Паскаля достигается в условиях гранулитовой фации, поэтому ее продукты не несут следов ориентировки минералов, а текстура называется **массивной** как у глубинных магматических пород.

Так как региональный метаморфизм протекает в условиях тектонического давления, то сланцеватые текстуры могут усложняться мелкой складчатостью. Тогда такая текстура называется плойчатой. Нередко метаморфические процессы высокотемпературных фаций сопровождаются расслоением первично однородной массы на слои контрастного минерального состава. Образуются темно-окрашенные (с амфиболом, слюдами) и светлоокрашенные (с кварцем, полевым шпатами) слои. В этом случае говорят о **полосчатой** текстуре пород.

Более широкий диапазон текстур характерен для продуктов локального (контактового и дислокационного) метаморфизма. Для скарнов, роговиков, березитов, лиственитов, мраморов, образующихся при контактовом метаморфизме без проявления тектонического (стрессового) давления, наиболее часто отмечается **массивная** текстура, хотя может встречаться пористая, ноздреватая, пятнистая и другие.

Структурные особенности метаморфических пород также в существенной степени определяются Р-Т условиями среды минералообразования. Очевидно, что в условиях полной анизотропии среды, когда относительно «холодная» твердая порода подвергается тектоническому направленному сжатию, легче кристаллизоваться и расти чешуйчатым минералам, которые относительно легко могут наращивать свой размер вкрест, перпендикулярно вектору давления. В то же время в условиях изотропной среды гранулитовой фации, когда давление становится всесторонним, возникают благоприятные условия для кристаллизации изометричных, объемных минералов.

Так как для метаморфических процессов отмечается тесная обусловленность внешними факторами формы минералов, эта особенность заложена в понятие структуры (в противоположность магматическим и осадочным породам, где в понятие структуры вкладывается не форма, а размер минералов, зерен и т. д.). Форма минералов, а значит и структура породы, совместно с ее текстурными особенностями позволяют восстанавливать Р-Т условия образования продуктов метаморфизма.

Конкретные названия структур определяются несколькими латинскими названиями упомянутых форм минералов: лепидос - чешуйка; нематос - нить, иголка; гранос - зерно. Кроме того, следует помнить, что метаморфизм – процесс постоянного обновления минерального состава породы, все минералы вновь выросшие, возникшие. Этот процесс называется бластезом (от греческого «бластос» – росток). В итоге структуры продуктов регионального метаморфизма, в зависимости от формы слагающих ее минералов, могут называться: лепидобластовая, гранобластовая, нематобластовая, либо более сложными комбинированными названиями: лепидо-гранобластовая, немато-гранобластовая или лепидо-немато-бластовая т. д.

**Гранобластовая структура** чаще отмечается для пород амфиболовой и гранулитовой фаций метаморфизма при наличии зерен изометричной формы кварца, полевых шпатов, гранатов, карбонатов и др.

**Лепидобластовая характерна** обычно для зеленосланцевой фации при обилии чешуйчатых, листоватых минералов – серицита, мусковита, биотита, хлорита, талька, серпентина.

**Нематобластовая** в чистом виде встречается редко (амфиболиты, актинолитовые сланцы) и отличаются наличием минералов игольчатой, длиннопризматической формы (эпидот, роговая обманка, актинолит, кианит, рутил).

Иногда в породе отмечаются разнозернистые агрегаты, когда один из новообразованных минералов резко выделяется по размеру среди остальных. В этом случае можно говорить о **порфиробластовой** структуре.

Значительно меньшую информацию об условиях образования несут структуры контактового метаморфизма, продукты которого чаще всего обладают **кристаллобластовыми** структурами.

Среди пород регионального метаморфизма имеется два характерных исключения. В зависимости от Р-Т условий различные формы минералов возникают лишь в том случае, если в исходном химическом составе имелись в наличии необходимые породообразующие компоненты, позволяющие строить все многообразие решеток минералов (чешуйчатых, игольчатых, зернистых). Среди осадочных пород известны две мономинеральные, а значит простые по составу, образования - известняки ($CaCO_3$, $MgCO_3$) и кварцевые пески ($SiO_2$). При метаморфизме эти простые по составу породы не способны формировать игольчатые, чешуйчатые и другие, кроме зернистых, формы. Поэтому известняки при метаморфизме переходят в мономинеральную (с одним кальцитом) породу – мрамор с возможным укрупнением зерна по мере роста температуры. Аналогично ведут себя кварцевые пески, которые способны образовать только зернистый агрегат кварцита. Так как отмеченные породы не способны реагировать на давление изменением формы зерен, то для них, обычно, трудно восстановить тип метаморфизма – региональный или контактовый.

### 3.5. Методика выполнения лабораторной работы

Основная цель лабораторной работы – знакомство с метаморфическими горными породами, их текстурно-структурными особенностями, минеральным составом. Студенты должны научиться определять продукты разных типов метаморфизма (регионального, термального и дислокационного) и, при возможности, устанавливать их исходный состав (эдукт).

Выполнение лабораторных работ проводится в определенной последовательности: вначале определяется текстура породы, позволяющая устанавливать тип метаморфизма; затем исследуются структурные особенности, по которым восстанавливают термодинамические условия проявлений метаморфизма (фации – для продуктов регионального метаморфизма), которые уточняются после диагностики минерального состава породы. По совокупности полученных сведений о метаморфической породе делаются выводы об исходной породе (эдукте).

Описание пород ведется в следующей последовательности: цвет породы, текстура, структура, минеральный состав. По совокупности всех описанных признаков студент должен определять тип метаморфизма, фациальный уровень (Р-Т- условия), и при возможности предположить возможный состав эдукта.

# Часть 4

# ОСАДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

## 4.1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ

### 4.1.1. Литогенез

Формирование осадочных пород представляет собой сложный и длительный процесс, связанный с экзогенными процессами. В образовании осадочных пород выделяют следующие стадии: 1) образование исходного осадочного материала; 2) перенос осадочного материала; 3) накопление осадка (седиментогенез); 4) преобразование осадка в осадочную породу (диагенез); 5) изменение осадочной породы до начала метаморфизма или начача выветривания (катагенез). Процесс формирования осадочной породы, начиная от образования исходного материала и заканчивая превращением осадка в породу, носит название литогенеза. Крупный вклад в изучение этого процесса внесли советские учёные Н. М. Страхов, Л. В. Пустовалов, Г. Ф. Крашенинников, Н. Б. Вассоевич, Л. Б. Рухин, Н. В. Логвиненко, Т. А. Лапинская и др.

Исходным материалом осадочных пород служат продукты разрушения магматических, метаморфических и ранее образовавшихся осадочных пород на поверхности Земли. Разрушаются горные породы и входящие в их состав минералы в результате экзогенных процессов, причём основная масса продуктов разрушения образуется в результате выветривания. Под действием поверхностных вод и в меньшей степени ледников и ветра продукты разрушения переносятся к областям седиментации (осадконакопления). Весь этот материал, находящийся на стадии переноса, при соответствующих условиях рельефа и геохимической обстановки может перейти в осадок. При этом начинается третья стадия образования породы - седиментогенез, или накопление осадка. Осаждение частиц может быть временным, когда частицы вновь подхватываются движением среды, или окончательным, когда происходит накопление осадка, т. е. постепенное закрепление частиц на дне.

Подавляющая масса осадков накапливается в конечных водоёмах стока - озёрах и, главным образом, морях. Такие осадки называют субаквальными. В отличие от них осадки, накапливающиеся на суше, вне водной среды, называют субаэральными. В конечных водоёмах стока в зависимости от характера поступающего материала, а также от гидродинамического и гидрохимического режимов формируются осадки трёх типов: обломочные, органогенные и хемогенные. Характерно, что породы биогенного происхождения встречаются только в толщах субаквальных отложений. Субаэральные отложения обычно представлены только обломочными и хемогенными образованиями, отличными по своим свойствам от тех же разностей, сформировавшихся в субаквальных условиях. На стадии седиментогенеза закладываются такие важные свойства осадка, как минеральный состав, размер и форма слагающих его частиц, слоистость. Следующим этапом формирования породы является стадия диагенеза. Диагенез - совокупность процессов, преобразующих осадок в осадочную породу. Свежесформированные осадки обычно образуют рыхлые, сильно обводнённые слои, насыщенные разнообразными химически активными соединениями. Кроме минеральных веществ в осадке присутствует органическое вещество в виде остатков отмерших организмов и живые бактерии.

Только что образовавшийся осадок представляет собой рыхлое или текучее тело, обильно обводненное, богатое микроорганизмами и состоящее из весьма разнообразного материала, частью твердого, частью жидкого и газообразного. Главная особенность свежесформированного осадка - отсутствие равновесия между входящими в его состав реакционноспособными соединениями. Из-за неравномерности свежий осадок представляет собой неустойчивую физико-химическую систему. Так, в осадке имеется

много кислорода и богатых им веществ, здесь же - живые организмы, нуждающиеся в кислороде для своего существования, и органическое вещество, которое способно к окислению и сгоранию. Пропитывающая иловый осадок вода по составу почти не отличается в первый момент от воды наддонной. Эта вода не насыщена карбонатами, кремнеземом, фосфатами и другими компонентами; в то же время в осадке много биогенно осажденных или перенесенных в виде взвеси кальцита, магнезита, кремнезема и других веществ. В состав глинистых минералов в виде примеси входят также поглощенные ими катионы многих металлов.

После фиксации осадка на дне естественно начинается процесс уравновешивания этой системы. Физико-химическое равновесие достигается при процессах обезвоживания, разложения органических остатков, уплотнения и цементации осадков, образования конкреций.

Стадией диагенеза заканчивается процесс собственно формирования осадочной горной породы. Она продолжает существовать в земной коре до тех пор, пока находится в термодинамических условиях, характерных для верхних горизонтов. Однако и здесь осадочная горная порода не остаётся неизменной. Наступает стадия катагенеза. Катагенез — это совокупность процессов, изменяющих осадочную породу в период её' существования до начала метаморфизма или выветривания. В отличие от диагенетических процессов, обусловленных внутренней неуравновешенностью осадка, причиной катагенез является отсутствие равновесия между породой и средой, в которую она попадает в результате прогибания или подъёма участков земной коры. Основными факторами катагенеза являются температура и воздействие подземных вод. В целом процессы катагенеза протекают менее интенсивно, чем диагенетические, но зато чрезвычайно длительны и приводят к заметным результатам, а именно: уплотнению и обезвоживанию, растворению и выносу ряда минералов подземными водами, перекристаллизации минералов в осадочной породе.

### 4. 1.2. Химический и минеральный составы осадочных пород

Осадочные горные породы состоят из различных по составу и происхождению компонентов: аллотигенных, органических остатков разного типа и вулканогенного материала.

Аллотигенные (привнесённые извне) компоненты составляют основную массу обломочных и некоторых глинистых пород и представляют собой обломки и частицы пород и минералов различного размера. Как правило, в осадочных породах встречаются обломки наиболее устойчивых минералов и пород. Главным образом это кварц, затем следуют полевые шпаты, слюды. пироксены, амфиболы.

Аутигенные (образовавшиеся на месте нахождения) компоненты образуются за счёт выделения минерального вещества из природных растворов или в результате обменных и других реакций либо в воде бассейна осадконакопления, либо в осадочной горной породе. Наибольшее значение из них имеют глинистые минералы, карбонаты, сульфаты, соли, оксиды и гидроксиды Fe, Mn, Al, Si, а также фосфаты. Эти минералы слагают основную массу хемогенных и часть глинистых пород, а также широко распространены в цементах обломочных пород и конкрециях.

Органические остатки. В осадочных горных породах присутствуют органические останки или следы жизнедеятельности организмов. Это обломки раковин или скелетных частей различных животных и растительных организмов. В породах биогенного происхождения органические останки являются преобладающим компонентом, а в некоторых случаях породы целиком сложены ими (ракушняки, известняки, мел и др.).

В значительной части современных осадков присутствует вулканогенный материал в виде обломков вулканического стекла и эффузивных пород. Вулканогенный материал попадает в осадки обычно как примесь вулканического пепла, песка и более крупных

образований при извержениях. При этом название породы состоит из двух слов, например, туфогенный песчаник. Следует иметь в виду, что прилагательное в этом словосочетании (в данном случае «туфогенный») означает, что вулканогенного материале в породе меньше, чем терригенного. В песчанистом туфе меньше терригенного материала, чем вулканогенного.

### 3.2. Классификация осадочных горных пород

Общепризнанных классификаций осадочных горных пород нет, что связано, прежде всего, с разнообразием процессов и факторов, контролирующих образование осадков. В нашей стране распространением пользуется классификация осадочных пород, предложенная в 1958 г. М. С. Шевцовым, в основу которой положено, с одной стороны, их происхождение, а с другой - их химический и минеральный составы. Упрощенная классификация осадочных пород приведена в виде таблицы.

По генетическим признакам среди осадочных горных пород выделяют три главные группы.

1. Терригенные (обломочные) породы образуются в результате механического разрушения ранее существовавших горных пород и накопления обломочного материала. К ним относят песчаники, гравелиты, конгломераты, а также их не сцементированные и неокатанные разности: пески, гравий, дресву, галечник и щебень. В эту же группу входят глинистые породы, являющиеся продуктом преимущественно химического разрушения пород, а также переотложения глинистых минералов, освободившихся при выветривании глинистых толщ и тончайшего дробления химически стойких минералов.

2. Органогенные породы, которые образуются в результате жизнедеятельности организмов (коралловые постройки) и их отмирания (кости рыб, зубы акул и т. д.). В отдельную группу выделяют каустобиолиты, образующиеся из растительных и животных (планктон) останков, преобразованных под влиянием биохимических, химических и другихгеологических факторов и обладающих горючими свойствами. Это - угли, торф, сапропель и др.

3. Хемогенные породы, образующиеся при химическом разрушении, растворении минералов материнских пород и последующем выпадении новых минералов в осадок из пересыщенных растворов.

Более детальное подразделение осадочных пород в пределах выделяемых генетических групп производится по вещественному и минеральному составам. Терригенные осадочные горные породы по размеру обломков (частиц) подразделяют на грубообломочные (псефиты), песчаные (псаммиты), пылеватые (алевролиты) и глинистые (пелиты). По характеру связи (цементации) обломочного материала их подразделяют на сцементированные и несцементированные (рыхлые).

При классификации органогенных и хемогенных пород определяющим является их химический состав.

### 3.3. Текстуры и структуры осадочных горных пород

Строение осадочных пород характеризуется текстурой и структурой.

Текстура - это общий рисунок породы, черты ее строения, определяемые способом заполнения пространства, характером сочетания между собой элементарных частиц (минералов, зерен, обломков). Текстура породы формируется с этапа накопления осадка. Возникшие в процессе осадконакопления первичные текстуры отражают состояние среды в момент накопления осадочного материала и результаты её взаимодействия с осадком. Вторичные текстуры возникают в уже сформировавшейся породе при процессах диагенеза и гипергенеза.

'Структура осадочной породы - это особенности её строения, которые определяются размером, формой, степенью однородности составных частей, а также количеством, размером и степенью сохранности органических остатков. Элементы структуры породы формируются на протяжении всех этапов образования и жизни породы.

Важнейшим признаком, характеризующим строение осадочных пород, является их слоистая текстура. Образование слоистости связано с условиями накопления осадков. Любые перемены этих условий вызывают либо изменение отлагающегося материала, либо обстановку в его поступлении, что внешне выражается в появлении слоев.

Классификация осадочных горных пород

| ТЕРРИГЕННЫЕ | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Структура | Рыхлые, несцементированные | | Сцементированные | Размер, мм |
| | неокатанные | окатанные | | |
| псефитовая | Глыбы<br>Щебень<br>Дресва | Валуны<br>Галечник<br>Гравий | >50 Конгломераты<br>10 Гравелит | ><br>1-10 |
| псаммитовая | Песок | | Песчаник | 0,1-1,0 |
| алевритовая | Алевриты | | Алевролиты | 0,01 -ОД |
| пелиговая | Глины | | Аргшшпы | <0,01 |
| ОРГАНОГЕННЫЕ | | | | |
| Название | | | Химический состав | |
| Известняки, мел | | | CaCOз | |
| Доломит | | | CaMg(CQ,) | |
| Опоки, трепела | | | SiQz-nHaO | |
| Сапропелиты, торф, уголь | | | Органические соединения углерода | |
| ХЕМОГ ЕННЫЕ | | | | |
| Название | | | Химический состав | |
| Соли галоидные: галит<br>сильвин Соли сернокислые:<br>гипс ангидрит<br>Соли фосфатные: аштит Бурые<br>железняки Бокситы | | | NaCl KC1 CaS0$_4$-2H20<br>CaS0$_4$<br>АЩз • nH$_2$O, Al(OHb A10(OH) | |

Слои представляют собой более или менее плоские тела, горизонтальные размеры которых во много раз больше их толщины (мощности), и отделяющиеся друг от друга поверхностями напластования. Слоистая текстура обусловлена чередованием слоев нескольких разностей осадочных пород и может быть вызвана резким изменением размера обломочных частиц и вещественного состава пород либо ориентировкой осадочного материала.

Для осадочных пород характерна также пористая текстура, характеризующая степень её проницаемости. По степени пористости выделяют следующие породы:

микропористые, в которых пористость не заметна на глаз, но устанавливается специальными методами;

мелкопористые, в которых можно различить мелкие частые поры;

крупнопористые - с колебанием размера пор в пределах от 0,5 до 2,5 мм;

кавернозные имеют крупные поры (каверны) на месте выщелоченных раковин и остатков других организмов, а также отдельных частей горной породы.

Для однородных, преимущественно зернистых хемогенных и органогенных пород, характерны массивные текстуры. Все несцементированные осадочные горные породы имеют рыхлую текстуру.

Структура осадочных пород отражает их происхождение. Структуры осадочных пород определяются, главным образом, размером и отчасти формой слагающих их частиц. По величине обломков для терригенных горных пород (мм) выделяют такие структуры, как: галечная (окатанные обломки) - 10 - 100; щебеночная (остроугольные обломки) - 10

- 100; гравийная (окатанные обломки) - 1 - 10 ; дресвяная (остроугольные обломки) — 1-10; псаммитовая -0,1-1; алевролитовая — 0,01 - 0,1; пелитовая - < 0,01.

Для хемогенных пород (известняки, доломит, гипс) характерна кристаллически-зернистая структура. В зависимости от размера слагающих породу зерен выделяют крупнозернистую (преобладают зерна величиной 1,0 -0,5 мм), среднезернистую (0,5 - 0,25 мм), мелкозернистую структуры (0,25 -0,1 мм), иногда, когда порода плохо отсортирована, выделяют разнозернистую структуру.

Оолитовая структура наблюдается в случаях, когда в породе в массовых количествах присутствуют мелкие шаровидные стяжения (оолиты) различного размера (боксит, оолитовый известняк).

Структуры пород, в составе которых большое участие принимают остатки организмов (свыше 20 - 30 % объема породы), определяются степенью сохранности этих останков и их количеством. Выделяются следующие структуры: биоморфная - в случае хорошей сохранности скелетных остатков организмов; детритовая - порода почти полностью состоит из скелетных обломков размером крупнее 0,1 мм.

Осадочные породы имеют самую разнообразную окраску и оттенки. При этом иногда окраска является признаком, характерным для определения этих пород, и зависит: 1) от окраски минералов, слагающих пород; 2) окраски рассеянных в породе примесей и цемента; 3) цвета тончайшей корочки, часто обволакивающей зерна составляющих породу минералов. Белый и светлосерый цвета обычно обусловлены окраской главных минералов осадочных пород (кварца, каолинита, кальцита, доломита и др.) и свидетельствует до некоторой степени о чистоте породы. Темно-серый и черный цвета чаще всего появляются в результате примеси углеродистого вещества и, реже, оксидов и гидрооксидов марганца. Красный и розовый цвета связаны с примесью в породе оксидов железа, а зеленый цвет зависит от примеси закисного железа и присутствия минералов с зеленой окраской - чаще глауконита, реже хлорита и малахита.

### 4.3. Методика выполнения практической работы

Основная цель практической работы - знакомство с осадочными горными породами, их текстурно-структурными особенностями, минеральным составом.

Правильное определение осадочных горных пород возможно только при полном учете всего комплекса внешних свойств. Подробно должны быть описаны текстура и структура породы, характер слоистости (в случае отсутствия последней это должно быть специально указано), наличие или отсутствие кавернозности и т. д. Необходимо устанавливать и указывать возможно точнее структуру породы со всеми ее особенностями, окраску, твердость, излом, удельный вес и другие признаки, точно определять состав породы. Не менее подробно, чем породу, следует описывать и все инородные включения в нее: органические остатки, конкреции, прожилки, различные выделения, выцветы, примазки и т. д. Полное описание дает возможность установить тип породы и способ ее образования, а тем самым и определить ее.

При описании псефитов следует указывать состав, окраску, величину и характер окатанности обломков, состав и окраску цемента и соотношение в породе обломков и цемента.

Описывая глину, необходимо указать следующие ее внешние признаки: цвет, причем подчеркнуть, в каком состоянии влажности описывается глина; пластичность (глина бывает жирная, пластичная, сухая и песчанистая); характер примесей, часто обусловливающих окраску; структуру; растительные остатки и окаменелости.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебно-методическому комплексу

_____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

# Б1.В.12 ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ

Специальность

***21.05.02 Прикладная геология***

специализация

***Геологическая съемка, поиски и разведка твердых полезных ископаемых***
***Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания***
***Прикладная геохимия, петрология, минералогия***
***Геология нефти и газа***

форма обучения: очная, заочная

Автор: Огородников В. Н., д.г-м.н., доцент

Одобрена на заседании кафедры

Геологии
*(название кафедры)*

Зав.кафедрой _____
*(подпись)*

Огородников В. Н.
*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 8 от 17.03.2020
*(Дата)*

Рассмотрена методической комиссией факультета Геологии и геофизики

_____
*(название факультета)*

Председатель _____
*(подпись)*

Бондарев В. И.
*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

## Введение

Учебным планом специальности 21.05.02 «Прикладная геология» по дисциплине Б1.Б.1.15 «Общая геология» предусматривается написание контрольной работы на тему «Визуальное определение и описание минералов и горных пород в выданных контрольных образцах». Это – самостоятельный труд студента, который способствует углублённому изучению пройденного материала.

Задания контрольной работы, направлены на оценку уровня умений и навыков, формирующих компетенцию ПК-1:

- готовностью использовать теоретические знания при выполнении производственных, технологических и инженерных исследований в соответствии со специализацией.

Студент должен уметь визуально определять и описывать минералы и горные породы и объяснять с какими эндогенными и экзогенными геологическими процессами связано их образование.

## Порядок выполнения контрольной работы

Задания контрольной работы, направленные на оценку уровня знаний, умений, владений, формирующих компетенцию ПК-1.

**Основные задачи выполняемой работы:**

1) закрепление полученных ранее теоретических знаний;
2) выработка навыков самостоятельной работы;
3) оценка уровня подготовленности студента к будущей практической работе.

Подготовку контрольной работы следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данной теме и конспектов лекций прочитанных ранее. Приступать к выполнению работы без изучения основных положений и понятий науки, не следует, так как в этом случае студент, как правило, плохо ориентируется в материале, не может отграничить смежные вопросы и сосредоточить внимание на основных, первостепенных проблемах рассматриваемой темы.

***Контрольная работа № 1 по теме 3***

Описать и определить название минералов в выданных контрольных образцах.

***Контрольная работа № 2 по теме 5***

Описать и определить название магматической горной породы в выданных контрольных образцах.

***Контрольная работа № 3 по теме 6***

Описать и определить название метаморфической горной породы в выданных контрольных образцах.

***Контрольная работа № 4 по теме 12***

Описать и определить название метаморфической горной породы в выданных контрольных образцах.

*Каждый вариант контрольной работы составлен из каменного материала в виде пяти образцов.*

*Критерии оценивания:* Полнота (0-3 балла) и правильность описания минералов и горных пород (0-1 балла) ; использование методов определения физических свойств минералов и горных пород (0-1 балл)

оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если работа соответствует всем критериям (5 баллов)

оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если 4 балла

оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если обучающийся набрал 3 балла

оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если обучающийся набрал 0-2 балла

Оценка за каждую контрольную работу определяется простым суммированием баллов:

| *Критерии оценки контрольной работы* | *Количество баллов* |
|---|---|
| полнота описания минералов и горных пород | 0-3 |
| правильность описания минералов и горных пород | 0-1 |
| использование методов определения физических свойств минералов и горных пород | 0-1 |
| Итого | 0-5 |

5 баллов (90-100%) - оценка «отлично»
4 балла (70-89%) - оценка «хорошо»
3 балла (50-69%) - оценка «удовлетворительно»
0-2 балла (0-49%) - оценка «неудовлетворительно»

Результаты текущего контроля фиксируются преподавателем.

Для осуществления текущего контроля знаний, умений, владений обучающихся используется комплект оценочных средств (приложение 1).

**Порядок описания образцов минералов и горных пород**

**Часть 1.** Минералы. Основная цель работы – определение минералов и их физических свойств. Исследование физических свойств выполняется в соответствии с рекомендациями, изложенными в методических указаниях по выполнению лабораторных работ. Вначале определяется форма и характер минеральных агрегатов, затем цвет, блеск и другие физические свойства. Полученные данные сводятся в таблицу описания минералов.

| Название минерала, формула | Форма кристаллов или минераль-ных агрегатов | Физические свойства минералов | | | | | | Приме-чание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | цвет | цвет черты | блеск | спай-ность | твер-дость | спец. св-ва | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

**Часть 2.** Магматические горные породы

*Порядок описания интрузивных пород.*

1. Цвет.
2. Структура (по степени кристаллизации, по относительному размеру зерен и для

равно-, полнокристаллических по абсолютному размеру зерен).

3. Текстура.
4. Минералогический состав в процентах.
5. Характеристика каждого из минералов, входящих в состав породы (размер и форма зерен, цвет, спайность, излом, блеск).
6. Вывод: название породы, условия образования, группа по степени кислотности и щелочности.
7. Эффузивный аналог.

*Порядок описания эффузивных пород*.

1. Цвет.
2. Структура (по степени кристаллизации, по относительному размеру зерен).
3. Текстура. Соотношение основной массы и вкрапленников в процентах.
4. Характеристика основной массы (цвет, особенности).
5. Характеристика вкрапленников (цвет, форма и размер зерен, спайность, блеск, излом, вторичные изменения).
6. Вывод: название породы, условия образования, группа по степени кислотности и щелочности.
6. Глубинный (интрузивный) аналог.

**Часть 3.** Метаморфические горные породы.

Выполнение лабораторных работ проводится в определенной последовательности: вначале определяется текстура породы, позволяющая устанавливать тип метаморфизма; затем исследуются структурные особенности, по которым восстанавливают термодинамические условия проявлений метаморфизма (фации – для продуктов регионального метаморфизма), которые уточняются после диагностики минерального состава породы. По совокупности полученных сведений о метаморфической породе делаются выводы об исходной породе (эдукте). Описание пород ведется в следующей последовательности: цвет породы, текстура, структура, минеральный состав. По совокупности всех описанных признаков студент должен определять тип метаморфизма, фациальный уровень (Р-Т- условия), и при возможности предположить возможный состав эдукта.

**Часть 4.** Осадочные горные породы.

Правильное определение осадочных горных пород возможно только при полном учете всего комплекса внешних свойств. Подробно должны быть описаны текстура и структура породы, характер слоистости (в случае отсутствия последней это должно быть специально указано), наличие или отсутствие кавернозности и т. д. Необходимо устанавливать и указывать возможно точнее структуру породы со всеми ее особенностями, окраску, твердость, излом, удельный вес и другие признаки, точно определять состав породы. Не менее подробно, чем породу, следует описывать и все инородные включения в нее: органические остатки, конкреции, прожилки, различные выделения, выцветы, примазки и т. д. Полное описание дает возможность установить тип породы и способ ее образования, а тем самым и определить ее. При описании псефитов следует указывать состав, окраску, величину и характер окатанности обломков, состав и окраску цемента и соотношение в породе обломков и цемента. Описывая глину, необходимо указать следующие ее внешние признаки: цвет, причем подчеркнуть, в каком состоянии влажности описывается глина; пластичность (глина бывает жирная, пластичная, сухая и песчанистая); характер примесей, часто обусловливающих окраску; структуру; растительные остатки и окаменелости.

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методической работе
комплексу _____ С.А. Исаев

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

## ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ» ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.В.12 «ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Автор: Огородников В. Н., д.г-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры
геологии
*(название кафедры)*
Зав.кафедрой _____
*(подпись)*
Огородников В.Н.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 17.03.2020
*(Дата)*

Рассмотрен методической комиссией
Факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

# Введение

**Естественные науки** – совокупность наук о природе. Природа – в широком смысле – все сущее, весь мир в многообразии его форм; объект естествознания. К естественным наукам относятся и география, и геология. **География –** система естественных – физико-географических и общественных – экономико-географических наук, изучающих географическую оболочку Земли, природные и производственно-территориальные комплексы и их компоненты. **Геология –** комплекс наук о составе, строении и истории развития земной коры и Земли (Советский энциклопедический словарь. М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1979).

В школьных программах нет дисциплины «Геологии». Элементарные сведения о Земле как планете и ее внутреннем строении школьники получают на уроках «Географии» в 6 и 7 классах. Для изучения геологических вопросов рекомендуем самостоятельно читать учебники по геологии. В настоящее время выпущено огромное число самых различных учебников, учебных пособий, методических указаний по всем направлениям геологических наук. Любой желающий по своему усмотрению без особого труда может для себя их приобрести. Но следует помнить афоризм Козьмы Пруткова: «Никто не обнимет необъятного!» Нельзя школьникам сразу преподносить геологические знания в объеме читаемой в высшей школе, но знать основы геологии необходимо каждому грамотному человеку для того, чтобы понимать историю развития природы. Без этих знаний невозможно понять процесс формирования как прошлых, так и современных ландшафтов – важнейших составных частей географической оболочки Земли.

Для квалифицированного подхода к встрече с природными объектами рекомендуем иметь элементарные познания по геологии. Аннотации первоочередных лекций приведены в настоящих методических указаниях.

Геология – это наука о Земле, о ее свойствах и изменениях, происходящих на ней в настоящее время, а также совершавшихся во времена прошедшие. Геология – это история Земли, и эту историю она сама записывает. Она сама ведет свою автобиографию; ведет ее без перерыва почти от начала своего образования и до настоящего времени, записывая ее на своих каменных страницах, и человеку остается лишь научиться читать эту занимательную каменную летопись, научиться понимать эти каменные письмена, в которых буквами являются попадающиеся нам под ноги камешки, а чернилами – воды ручьев, рек и морей. Вначале мы должны научиться различать буквы – камни, потом должны постигнуть самый процесс чтения записей Земли, для этого должны изучать геологические процессы, и лишь после того, как мы хорошо освоимся с ними, мы можем приступить к чтению древних страниц этой летописи. В этой великой многотомной летописи Вселенной всякая летопись человека, будь то самый древний папирус, является лишь одной незначительной строчкой, помещенной в конце ее последней страницы. Читая эту великую автобиографию, мы уносимся в бесконечно отдаленные от нас, неизмеримые даже тысячелетиями, времена. Эти далекие времена отдалены от нас во времени так, как отдалены от нас в пространстве далекие, загадочно мерцающие звезды.

Но где и как можно научиться читать эту великую летопись Земли? Где и как надо изучать геологию? Везде и всюду – в каждом овраге, в каждой речке, в любом карьере можно наблюдать результаты геологических процессов. Для изучения геологических процессов необходимо принимать участие в геологических экскурсиях, проходящих по геологическим объектам, доступными непосредственно нашему наблюдению.

# 1. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ГЕОЛОГИИ

## 1.1. НАУКА О ЗЕМЛЕ. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Два греческих слова "гео" — Земля и "логос – учение позволяют трактовать термин "геология" как науку о Земле. Однако в наше время ограничиться таким простым толкованием уже нельзя, поскольку этот термин объединяет в себе целый комплекс самостоятельных направлений, как фундаментальных, так и прикладных.

Под ***фундаментальными*** обычно понимают те направления, которые разрабатывают понятия, открывают явления, закономерности, свойства, определяющие развитие геологии как науки. Фундаментальность не следует отождествлять с теоретическими разработками. К фундаментальным геологическим наукам могут быть отнесены следующие дисциплины: геохимия, минералогия, петрография, геотектоника, общая геология и историческая геология. Названные дисциплины занимаются различными уровнями организации вещества Земли в пространстве и во времени. Именно это обстоятельство в основном и определяет фундаментальность каждого из названных направлений. Все они теснейшим образом связаны между собой.

К ***прикладным направлениям*** принято относить те, которые непосредственно работают на производство: создают приёмы, методы, технологию геологических исследований, связанных в первую очередь, с поисками и разведкой полезных ископаемых, а также охраной и рациональной эксплуатацией земных недр. Их в современной геологии значительно больше, чем фундаментальных. Назовём лишь несколько: региональная геология, структурная геология, геологическое картирование, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых, инженерная геология.

## 1.2. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ГЕОЛОГИИ

***Объектом общей геологии*** является Земля в целом: её возникновение как планеты, формирование внутренних и внешних оболочек, их функционирование и взаимодействие. Иными словами, речь идёт об изучении Земли как геологической системы.

***Предметом непосредственного изучения геологии*** служат минералы, горные породы, ископаемые органические остатки и современные геологические процессы.

В основе научного познания геологической истории Земли, реконструкции процессов и обстановок прошлого лежит ***метод актуализма.*** При использовании этого метода к пониманию прошлого идут от изучения современных процессов, но с осознанием того, что в прошлом, особенно отдалённом от современности, и физико-географическая обстановка, и сами процессы отличались от современных тем больше, чем больше отдалена от нас прошлая геологическая эпоха.

## 1.3. ЗНАЧЕНИЕ ГЕОЛОГИИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА

Огромное значение, которое имеет геология, может быть рассмотрено в двух аспектах - общенаучном и народнохозяйственном.

***Общенаучное значение геологии*** заключается в её неоценимой роли в формировании материалистического понимания природы. Данные геологии играют важную роль в диалектико-материалистическом обосновании философских принципов, отражающих материальное единство мира и его развитие,

***Практическое значение геологии*** заключается в обеспечении минерально-сырьевыми ресурсами различных отраслей хозяйства, в инженерно-геологическом обосновании строительства разнообразных гражданских и промышленных объектов, в решении питьевого и технического водоснабжения.

## 1.4. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИИ

Геология зародилась в глубокой древности. Задолго до новой эры человек научился выплавлять металлы, использовать минеральную воду. Издавна привлекали внимание человека и природные процессы. Однако временем возникновения геологии как науки принято считать вторую половину ХУШ в. – период зарождения и бурного развития горнодобывающей промышленности. В России основоположником обобщений геологических знаний стал М.В. Ломоносов (1711-1765), в Западной Европе - Д.Геттон (1726-1797) и А.Г.Вернер (1750-1817).

# 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЕ

## 2.1. ЗЕМЛЯ ВО ВСЕЛЕННОЙ

*"Вселенная,* весь мир, бесконечный во времени и пространстве и бесконечно разнообразный по тем формам, которые принимает материя в процессе своего развития. Вселенная существует объективно, независимо от сознания человека, её познающего. Вселенная содержит гигантское множество небесных тел, многие из которых по размерам превосходят Землю иногда во много миллионов раз (БСЭ, т.5, с. 1315). Доступная для изучения часть Вселенной называется ***Метагалактикой,*** включающей свыше миллиарда звёздных скоплений, или ***галактик*** (греч. "галактика" - молочный, млечный).

*Наша* ***Галактика Млечного Пути*** - типичная звездная система с массой около $10^{10}$ масс Солнца относится к типу спиральных и включает свыше 150 миллиардов звёзд. С Земли, расположенной внутри Галактики, Млечный Путь представляется в виде широкой белёсой полосы звезд, пересекающей небо. Период обращения Солнца и звёзд вокруг центра Млечного Пути 200 млн. лет. Возраст Галактики около 12 млрд. лет. Когда речь идёт о Солнечной системе, то имеется в виду Солнце и всё, что находится в поле его тяготения. К наиболее крупным телам этой системы относятся 9 планет, 34 их спутника, многочисленные кометы и астероиды. Согласно современным космогеническим представлениям Земля и другие планеты Солнечной системы образовались 4,6 млрд. лет назад почти одновременно с Солнцем.

Земля обращается вокруг Солнца по эллиптической орбите на среднем расстоянии 149,6 млн. км (144,117 млн. км в перигелии, 152,083 в афелии), период обращения 365,242 средних солнечных суток (год), скорость в среднем 29,765км\с (30,27км\с в перигелии, 29,27км\с в афелии). Период обращения Земли вокруг оси 23 час 56 мин 4,1 с (сутки).

Пожалуй, все согласны с тем, что исходным веществом для формирования Солнечной системы послужили межзвёздная пыль и газы, широко распространенные во Вселенной. Но каким образом в их составе оказался полный набор химических элементов таблицы Менделеева и что послужило толчком для начала конденсации газа и пыли в протосолнечную туманность остается дискуссионной проблемой. Следующая стадия образования Солнечной системы предусматривает распад протопланетного диска на отдельные планеты внутренней и внешней групп с поясом астероидов между ними. Промежуточной фазой было образование сонма твердых и довольно крупных, до сотен километров в диаметре, тел, именуемых планетезималями, последующее скопление и соударение которых и явилось процессом аккреции (наращивания) планеты. Этот процесс занял не более сотни миллионов лет, т.е. был с геологической точки зрения очень быстрым.

Важнейшее отличие Земли от других планет Солнечной системы - существование на ней жизни, появившейся 3-3,5 млрд. лет назад и достигшей с появлением человека (12 млн. лет назад) своей высшей формы.

## 2.2. ФОРМА И РАЗМЕРЫ ЗЕМЛИ

Поверхность реальной Земли чрезвычайно сложна и во всех деталях навряд ли может быть описана с помощью математических формул. Однако эта сложность существенно уменьшается при переходе от крупномасштабного к мелкомасштабному изображению, когда особенности рельефа Земли рассматриваются для достаточно обширных территорий.

*Под фигурой, или формой Земли,* понимают форму ее твердого тела, образованную поверхностью материков и дном морей и океанов. Форма планеты определяется ее вращением, соотношением сил притяжения и центробежной, плотностью вещества и его распределением в теле Земли. Геодезические измерения показали, что упрощенная форма Земли приближается к ***эллипсоиду вращения (сфероиду)***. В СССР в качестве эталона в 1946 году был принят эллипсоид Ф.Н.Красовского и его учеников (А.А.Изотов, и др.), основные параметры которого подтверждаются современными исследованиями и с орбитальных станций. По этим данным экваториальный радиус равен 6378,245 км, полярный радиус 6356,863 км, полярное сжатие 1/298,25.

Поверхность реальной Земли чрезвычайно сложна и во всех деталях навряд ли может быть описана с помощью математических формул. Однако эта сложность существенно уменьшается при переходе от крупномасштабного к мелкомасштабному изображению, когда особенности рельефа Земли рассматриваются для достаточно обширных территорий.

В связи с расчлененностью рельефа (наличием высоких гор и глубоких впадин) действительная форма Земли является более сложной, чем трехосный эллипсоид. Наиболее высокая точка на Земле - гора Джомолунгма в Гималаях - достигает высоты 8848 м. Наибольшая глубина - 11 034 м - обнаружена в Марианской впадине. Таким образом, наибольшая амплитуда рельефа земной поверхности составляет немногим менее 20 км. Учитывая эти особенности, немецкий физик Листинг в 1873 г. фигуру Земли назвал геоидом, что дословно обозначает «землеподобный». **Геоид** — некоторая воображаемая уровневая поверхность, которая определяется тем, что направление силы тяжести к ней будет всегда перпендикулярно. Эта поверхность совпадает с уровнем воды в Мировом океане, который мысленно проводится под континентами. Это та поверхность, от которой проводится отсчет высот рельефа. Поверхность геоида приближается к поверхности трехосного эллипсоида, отклоняясь от него местами на величину 100-150 м (повышаясь на материках и понижаясь на океанах, что, по-видимому, связано с плотностными неоднородностями масс в Земле и появляющимися из-за этого аномалиями силы тяжести.

## 2.4. СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Изучение внутреннего строения Земли производится различными методами. Геологические методы, основанные на изучении естественных обнажений горных пород, разрезов шахт и рудников, керна глубоких буровых скважин, дают возможность судить о строении приповерхностной части земной коры. Глубинное внутреннее строение Земли изучается главным образом геофизическими методами: сейсмическими, гравиметрическими, магнитометрическими и др. Одним из важнейших методов является сейсмический, основанный на изучении скорости распространения упругих волн, вызванных естественными и "искусственными" землетрясениями.

На основании скорости распространения сейсмических волн австралийский сейсмолог К. Буллен разделил Землю на ряд зон, дал им буквенные обозначения в определённых усреднённых интервалах глубин, которые используются с некоторыми уточнениями до настоящего времени.

Выделяются три главные области Земли:

***Земная кора*** (слой А) - верхняя оболочка Земли, мощность которой изменяется от 6-7 км под глубокими частями океанов до 35- 40 км под равнинными платформенными территориями континентов, до 50 - 75км под горными сооружениями ( наибольшие под Гималаями и Андами).

***Мантия Земли*** распространяется до глубин 2900км. В её пределах по сейсмическим данным выделяются: верхняя мантия - слой В глубиной до 400км и С - до 800 - 1000км (некоторые исследователи слой С называют средней мантией); нижняя мантия - слой D до глубины 2900 с переходным слоем от 2700 до 2900км.

***Ядро Земли*** подразделяется на внешнее ядро - слой Е в пределах глубин 2900 - 4980км; переходную оболочку - слой Г - от 4980 - 5120км; и внутреннее ядро - слой G до 6971 км.

*Земная кора* - это верхняя каменная оболочка Земли, сложенная магматическими, метаморфическими и осадочными породами. Она представляет собой наиболее активный слой твердой Земли - сферу деятельности магматических и тектонических процессов. Нижняя граница земной коры как бы зеркально повторяет поверхность Земли. Под материками она глубоко опускается в мантию, под океанами приближается к поверхности Земли,

*Мантия Земли* является самым крупным элементом Земли - она занимает 83% ее объема и составляет около 66% ее массы.

*Верхняя мантия* характеризуется резким нарастанием скорости распространения сейсмических волн с глубиной. Выделяется два слоя: В (35-420 км), С (420-1000 км). Внутри слоя В, с глубин 80-100 км под материками и 50-70 км под океанами и до глубин 250-300 км, выделяется слой пониженной вязкости, который носит название *астеносферы*. Астеносфера выделяется по геофизическим данным как слой пониженной скорости, поперечных сейсмических волн и повышенной электропроводности. Повышенная вязкость астеносферы обусловлена, по-видимому, высокой температурой, приводящей, как полагают, к частичному выплавлению базальтовой магмы. Астеносфера играет важную роль в эндогенных процессах, протекающих в земной коре.

Земная кора вместе с твёрдой частью слоя Гутенберга образует единый жесткий слой, лежащий на астеносфере, который называется *литосферой.* По существу литосфера является своеобразной геосферой, отделённой от остальной части мантии активным поясом астеносферы.

Земная кора и верхняя мантия включая астеносферу, представляют собой *тектоносферу* - область Земли, где происходят тектонические явления.

## 3. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

### 3.1.ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Под воздействием внутренних, или ***эндогеннных,*** и внешних, или ***экзогенных,*** сил земная кора испытывает постоянные изменения, которые называются ***геологическими процессами***. Соответственно различают эндогенные и экзогенные процессы.

***Эндогенные процессы*** определяются глубинными источниками энергии. В результате на поверхности Земли образуются горные хребты и впадины, в земной коре возникают магматические очаги, происходят вулканические извержения, землетрясения. Эндогенные процессы характеризуются сложностью и большим разнообразием.

***Экзогенные*** **процессы** развиваются на поверхности Земли за счёт энергии Солнца, и их интенсивность связана с активностью атмосферных явлений, геологической деятельностью поверхностных и подземных вод, озер, ледников, морей и океанов.

Сформировавшийся под воздействием эндогенных процессов рельеф молодых горных областей подвергается воздействию экзогенных сил, направленных на

сглаживание, выравнивание рельефа. Таким образом, эндогенные и экзогенные процессы развиваются одновременно, связанно и взаимно обусловленно.

К эндогенным процессам относятся тектонические движения, магматизм и метаморфизм.

## 3.2. ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

Совокупность тектонических движений и деформаций, под воздействием которых формируются геологические структуры, называется тектоническими процессами, или *тектогенезом*. Тектонические движения – механические перемещения масс горных пород различного масштаба, сопровождающиеся изменениями их залегания и строения, а также связанными с этими изменениями деформациями (дислокациями). Тектоническим движениям принадлежит ведущая роль в развитии всех геологических процессов, так как они обусловливают перераспределение и трансформацию внутренней энергии Земли, влияют на изменение давления, интенсификацию теплопотока и т.д.

Упрощенно в зависимости от интенсивности, преимущественной направленности и геологических результатов тектонические движения можно разделить на две основные группы - *колебательные и дислокационные.*

## 3.3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГМАТИЗМА

***Магматизмом*** называют явления, связанные с образованием, изменением состава и движением магмы из недр Земли к ее поверхности. Магма представляет собой природный высокотемпературный расплав, образующийся в виде отдельных очагов в литосфере и верхней мантии, главным образом в астеносфере. Подъем магмы и прорыв ее в вышележащие горизонты происходят вследствие инверсии плотностей, при которой внутри литосферы появляются очаги менее плотного, но мобильного расплава. Магматизм - это глубинный процесс, обусловленный тепловым и гравитационными полями Земли.

В зависимости от характера движения магмы различают магматизм интрузивный и эффузивный. При ***интрузивном магматизме*** (плутонизме) магма не достигает земной поверхности, а активно внедряется во вмещающие вышележащие породы, частично расплавляя их, и застывает в трещинах и полостях коры. При ***эффузивном магматизме*** (вулканизме) магма через подводящий канал достигает поверхности Земли, где образует вулканы различных типов, и застывает на поверхности. В обоих случаях при застывании расплава образуются магматические горные породы. Температуры магматических расплавов, находящихся внутри земной коры, судя по экспериментальным данным и результатам изучения минерального состава магматических пород, находятся в пределах 700-1100°С.

Измеренные температуры магм, излившихся на поверхность, в большинстве случаев колеблются в интервале 900-1100°С, изредка достигая 1350°С. Более высокая температура наземных расплавов обусловлена тем, что в них протекают процессы окисления под воздействием атмосферного кислорода. На больших глубинах в магме в растворенном состоянии присутствуют летучие компоненты - пары воды и газов ($H_2O$, $H_2$, $CO_2$, HCl и др.). В условиях высоких давлений их содержание может достигать 12%. Они являются химически очень активными подвижными веществами и удерживаются в магме только благодаря высокому внешнему давлению.

## 3.4. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАМОРФИЗМА

Метаморфизм - преобразование горных пород под действием эндогенных процессов, вызывающих изменение физико-химических условий в земной коре. Преобразованию могут подвергаться любые горные породы: осадочные, магматические и

ранее образовавшиеся метаморфические. Изменение минерального состава при метаморфизме может протекать ***изохимически,*** т. е. без изменения химического состава метаморфизуемой породы, и ***метасоматически,*** т. е. со значительным изменением химического состава метаморфизуемой породы за счет привноса и выноса вещества. Изменение структуры и текстуры пород обычно происходит в процессе перекристаллизации вещества. Особенность метаморфических процессов заключается в том, что они протекают с сохранением твердого состояния системы.

Метаморфизм представляет собой сложное физико-химическое явление, обусловленное комплексным воздействием температуры, давления и химически активных веществ.

## 3.5. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Экзогенные геологические процессы в отличие от эндогенных протекают в самых верхних слоях земной коры на её границе с внешними геосферами Земли. Их энергетической основой является энергия солнечной радиации и сил гравитации. Экзогенные процессы протекают при нормальных значениях температуры и давления с поглощением тепла и направлены на дифференциацию вещества земной коры. Выделяют четыре группы (стадии) экзогенных геологических процессов: выветривание, денудацию, аккумуляцию, диагенез.

**Выветривание** ( нем. "веттер" - погода) представляет собой процесс глубокого изменения магматических, метаморфических и осадочных горных пород и минералов, оказавшихся неустойчивыми в условиях земной поверхности. Изменение физического и химического состояния первичных минералов и горных пород происходит в месте их залегания в результате физического, химического и биологического воздействия воды, углекислого газа, различных минеральных и органических кислот, живых организмов, а также непосредственного воздействия солнечной радиации.

***Денудация*** (лат. "денудацио" - обнажение) - это совокупность процессов удаления (сноса и переноса) продуктов выветривания с места их образования и непосредственного разрушения горных пород агентами денудации ( силы гравитации, воды континентов, морей и океанов, ветер, ледники). Перемещая материал с возвышенностей в пониженные участки рельефа, денудационные процессы приводят к разрушению земной поверхности и образованию выровненных форм рельефа.

**Аккумуляция** (осадконакопление) - геологические процессы, в результате которых рыхлые продукты разрушения первичных горных пород накапливаются в понижениях рельефа: в речных долинах, озёрах, болотах, морях и океанах.

***Диагенез*** (перерождение) представляет собой сложный процесс преобразования продуктов экзогенной деятельности (осадков) в осадочные горные породы под влиянием гравитационных сил и изменения физико-химических условий в приповерхностной части земной коры.

Все экзогенные геологические процессы тесно взаимосвязаны. Благодаря выветриванию происходит подготовка материала для денудации, а сами продукты выветривания, оставшиеся на месте, являются материалом для образования новых горных пород.

Основными результатами экзогенных геологических процессов являются изменения вещественного состава верхней части земной коры, дифференциация вещества по физическим и химическим свойствам, создание толщ осадочных горных пород и форм рельефа земной поверхности. Благодаря экзогенным процессам формируются почвы и полезные ископаемые. Около 60% мировой добычи полезных ископаемых связано с продуктами экзогенной деятельности.

Вместе с тем разрушения берегов рек, озёр и морей, обвалы, оползни, снежные лавины, размыв и разрушение склонов, рост оврагов и заболачивание территорий - это также результаты деятельности экзогенных геологических процессов

# 4. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Земную кору — верхнюю твердую оболочку Земли - слагают горные породы (магматические, осадочные и метаморфические), состоящие из определенного сочетания минералов, в состав которых входят различные химические элементы. Изучая такую иерархию: химические элементы – минералы – горные породы, можно судить о строении земной коры в различных структурных зонах.

## 4.1. МИНЕРАЛЫ

Подавляющие большинство химических элементов образуют в земной коре простые или сложные соединения (исключения составляют инертные газы и некоторые самородные элементы). Химические соединения, образовавшиеся в земной коре в результате природных процессов и обладающие определенными химическим составом и физическими свойствами, называются ***минералами.*** Установлено, что в земной коре содержится около 4000 минералов.

Любой минерал обладает вполне определённым химическим составом и вполне определённой кристаллической структурой, т.е. закономерным расположением в пространстве элементарных частиц (молекул, атомов, ионов). В зависимости от особенностей химического состава и кристаллической структуры минералы образуют многогранники различной формы, называемые кристаллами. Эти же характеристики минералов (химический состав и кристаллическая структура) обуславливают все физические свойства, такие, как цвет, блеск, твёрдость и т.д.

## 4.2. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

***Горными породами*** называются устойчивые парагенетические ассоциации минералов, возникающие в результате определённых геологических процессов и образующие геологически самостоятельные тела в земной коре. Науки, изучающие горные породы, - петрография, литология, астрофизика и физика горных пород.

Традиционно под горными породами подразумеваются только твёрдые тела, в широком применении к горным породам относят также воду, нефть и природные газы.

Горные породы могут слагаться как одним минералом, так и их комплексом. Минералы, входящие в состав горной породы и определяющие её состав и свойства, называются ***породообразующими***

Если горные породы состоят из одного минерала (кварцит, известняк, каменная соль), они называются ***мономинеральными,*** если же из нескольких -***полиминеральными*** (гравий, глина).

Все горные породы обладают комплексом морфологических особенностей, которые объединяют в понятия структура и текстура. Наряду с химическим и минеральным составом структура и текстура являются важнейшими диагностическими признаками горных пород.

По происхождению горные породы делятся на три класса: осадочные, магматические и метаморфические.

***Осадочные*** горные породы образуются только на поверхности земной коры при разрушении_любых, ранее существовавших горных пород, в результате жизнедеятельности и отмирания организмов и выпадения осадков из пересыщенных растворов.

***Магматические*** горные породы возникают путём кристаллизации природных силикатных расплавов внутри земной коры или на её поверхности.

***Метаморфические*** горные породы возникают путем коренного преобразования магматических, осадочных и ранее существовавших метаморфических пород под влиянием высоких температур, давления и химически активных растворов.

## 5. СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Строение земной коры рассматривается отдельно по той причине, что эта геосфера является основным объектом геологии и средой горного производства.

***Земная кора*** - это верхняя каменная оболочка Земли, сложенная магматическими, метаморфическими и осадочными породами и имеющая мощностьот 7 до 75 км. Она представляет собой наиболее активный слой твёрдой Земли - сферу деятельности магматических и тектонических процессов. Нижняя граница земной коры как бы зеркально повторяет поверхность Земли. Под материками она глубоко опускается в мантию, под океанами приближается к поверхности Земли.

Выделяют два главных типа земной коры: континентальную и океаническую.

Мощность ***континентальной*** коры в зависимости от тектонических условий меняется в среднем от 25-45 . (на платформах) до 45-75 км ( в областях горообразования), однако в пределах каждой геоструктурной области она не остаётся строго постоянной. В континентальной коре различают осадочный, гранитный и базальтовый слои.

Мощность осадочного слоя достигает 20 км , но распространён он не повсеместно. Названия гранитного и базальтового слоев условны и исторически связаны с выделением разделяющей их границы Конрада, хотя последующие исследования показали некоторую сомнительность этой границы.

Основное отличие ***океанической*** коры от континентальной - отсутствие гранитного слоя, существенно меньшая мощность (2-10 км), более молодой возраст (юра, мел, кайнозой), большая латеральная однородность. Океаническая кора состоит из трёх слоев. Первый слой, или осадочный, характеризуется широким диапазоном скоростей и мощностью до 2 км. Второй слой, или акустический фундамент, имеет среднюю мощность 1,2-1,8 км. Глубоководным бурением установлено, что этот слой сложен сильно трещиноватыми и брекчированными базальтами, которые с увеличением возраста океанической коры становятся более консолидированными. Третий слой сложен породами в основном габброидного состава.

Кроме двух главных типов земной коры выделяется кора переходного типа - субконтинентальная в островных дугах и субокеаническая на континентальных окраинах.

Участки земной коры, различающиеся типом геологического строения, называются ***структурными элементами.*** *С* точки зрения закономерностей пространственного строения земной коры океаны и континенты - это ***структуры*** **I** (планетарного) порядка . В пределах структурных элементов I порядка по особенностям геологического строения и развития выделяются структуры П порядка: на материках - платформы и геосинклинальные пояса, на океанической коре - талассократоны и срединно - океанические хребты.

## 6. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ. ОСНОВЫ ИСТОРИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ

Геология - наука естественно-историческая, и поэтому особо важное значение имеет ее раздел, посвященный изучению развития геологических событий по времени. Задачи исторической геологии - восстановление физико-географических обстановок накопления осадков в различные эпохи, последовательности формирования пород и их

распределения по относительному возрасту, изучение истории развития органического мира от древнейших эпох до настоящего времени.

## 6.1. ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ И СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛЫ

В геологии как в никакой другой науке важна последовательность установления событий, их хронологии, основанной на естественной периодизации геологической истории. Геологическая хронология, или геохронология, основана на выяснении геологической истории наиболее хорошо изученных регионов. На основе широких обобщений, сопоставления геологической истории различных регионов Земли, закономерностей эволюции органического мира в конце прошлого века на первых международных геологических конгрессах была выработана и принята Международная геохронологическая шкала, отражающая последовательность подразделений времени, в течение которых формировались определённые комплексы отложений, и эволюцию органического мира. Таким образом, Международная геохронологическая шкала - это естественная периодизация истории Земли.

Среди геохронологических подразделений выделяются: зон, эра, период, эпоха, век, время. Каждому геохронологическому подразделению отвечает комплекс отложений, выделенный в соответствии с изменением органического мира и называемый стратиграфическим: эонотема, группа, система, отдел, ярус, зона. Таким образом существует две шкалы - геохронологическая и стратиграфическая. Первую мы используем, когда говорим об относительном времени в истории Земли, а вторую, когда имеем дело с отложениями. В настоящее время выделяют три наиболее крупных стратиграфических подразделения - эонотемы: архейскую, протерозойскую и фанерозойскую.

## 6.2. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ФОРМИРОВАНИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Представления о закономерностях формирования земной коры развивались на протяжении длительного времени по мере накопления фактического материала, совершенствования геологических и геофизических методов исследований. Особое значение на современном этапе развития теоретической геологии имеют данные, полученные при изучении обширных океанических территорий, и результаты космических исследований.

### Гипотезы горизонтального дрейфа континентов

Механизм горизонтального перемещения континентальных глыб был разработан в 1929г. американским учёным А.Холмсом. Его гипотеза подкоровых течений предполагает существование в мантии (субстрате) медленных конвективных потоков, обусловленных различным накоплением тепла под континентами и океанами. Восходящие конвективные потоки приводят к разрыву коры, раздвиганию блоков и образованию молодого океанического дна. В районах нисходящих потоков, наоборот, блоки сталкиваются, сминаются, образуя системы надвигов, шарьяжей, а глубинные слои коры даже вовлекаются в мантию, переходя в глубинные аналоги базальтов - эклогиты.

Можно отметить, что с разработкой гипотезы А.Холмса идеи мобилизма получили новый импульс, обусловивший их широкую популярность и в наши дни. Кроме того, в последние годы при изучении строения дна океанов получены новые данные, которые также используются для подтверждения возможности горизонтального дрейфа. Эти данные послужили основой гипотезы новой глобальной тектоники, или тектоники плит. Гипотеза разработана американскими учёными Г.Хессом и Р.Дицем. Значительный вклад в её развитие внесли зарубежные и советские геологи.

Основные идеи, положенные в основу гипотезы тектоники плит, связаны с открытием зон формирования молодой океанической коры в зонах рифтообразования и зон поглощения коры у глубоководных желобов.

По мнению авторов гипотезы, в зонах рифтообразования происходит "раздвигание" плит литосферы с образованием молодой океанической коры в центральной рифтовой зоне. Это явление называется ***спрединг*** океанического дна, характеризуется прерывистостью, сопровождается внедрениями мантийного вещества из астеносферы и разрывами маломощных базальтов в рифтовой зоне. С этой активной зоной связаны проявления вулканизма, неглубокие зоны землетрясений и аномалии теплового потока.

Образование новой коры в зонах спрединга сопровождается поглощением блоков (плит) литосферы в других участках нашей планеты. По мнению авторов гипотезы, такими участками являются зоны глубоководных океанических желобов, в которых происходит прерывистое поддвигание одной плиты литосферы под другую. Это явление называется ***субдукцией,*** сопровождается кратковременным выделением значительной механической энергии в виде землетрясений, проявлений вулканизма. Длительное поддвигание океанической коры под континентальную приводит к деформации окраинного моря, смещению островной дуги к континенту и складкообразованию. При этом поддвигание может смениться развитием обширных надвигов океанической коры - ***обдукцией***. Другим путём образования орогенных зон, по мнению авторов гипотезы, является столкновение - ***коллизия*** континентов.

Движущие силы механизма перемещения блоков литосферы авторы гипотезы тектоники плит связывают с конвективным перемешиванием мантийного вещества, что близко к взглядам А.Холмса. Однако в отличие от положений гипотезы подкоровых течений, в соответствии с рассматриваемой гипотезой потоки мантийного вещества здесь замыкаются на уровне астеносферы.

Таким образом, в соответствии с гипотезой тектоники плит под действием потоков мантийного вещества происходят глобальные перемещения континентов, но не изолированно, как считал А.Вегенер, а в составе мощных плит литосферы. При таком горизонтальном перемещении плит в зонах спрединга происходит обновление коры, а в зонах субдукции - её поглощение и растворение в астеносфере.

По современным данным, литосфера состоит из семи крупных плит, ограниченных зонами спрединга, субдукции или смятия: Тихоокеанской, Евразиатской, Индийской, Африканской, Антарктической, Северо-Американской и Южно-Американской.

# 7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

## 7.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Важнейший раздел геологии, позволяющий решать обширные прикладные задачи, - учение о полезных ископаемых. Он включает в себя совокупность сведений о геологической позиции и закономерностях размещения месторождений различных полезных ископаемых, методику поисков и экономику минерального сырья, тесно соприкасается с технологий переработки руд и извлечения из них ценных компонентов.

***Полезным ископаемым*** называют природное минеральное образование, которое используется в народном хозяйстве в естественном виде или после предварительной обработки (переработки) путем дробления, сортировки, обогащения для извлечения ценных металлов или минералов. По физическому состоянию полезные ископаемые бывают газообразными, жидкими и твердыми. К первым относятся горючие газы углеводородного состава и негорючие инертные газы, ко вторым - нефть, рассолы, вода, к третьим - большинство полезных ископаемых, которые применяются как

химические элементы или их соединения, а также в виде кристаллов, минералов, горных пород. По промышленному использованию полезные ископаемые разделяются на ***металлические, неметаллические, горючие или каустобиолиты, гидро-и газоминеральные.***

***Металлические*** полезные ископаемые служат для извлечения из них металлов и элементов: черных (железо, титан, хром, марганец и др.); легирующих (никель, кобальт, вольфрам, молибден и др.); цветных (алюминий, свинец, цинк, сурьма, ртуть и др.); благородных (золото, серебро, платина, палладий и др.); радиоактивных (уран, радий, торий и др.); редких и рассеянных (висмут, цирконий, ниобий, тантал, галлий, германий, кадмий, индий и др.); редкоземельных (лантан, церий, иттрий, прометий, самарий, лютеций и др.).

**К *неметаллическим*** полезным ископаемым принадлежат строительные горные породы (естественные строительные камни, пески, глины, сырье для каменного литья, стекол и керамики и др.), индустриальное (алмаз, графит, асбест, слюды, драгоценные и поделочные камни, пьезокристаллы, оптические минералы и др.), а также химическое и агрономическое сырье (сера, флюорит, барит, галит, калийные соли, апатит, фосфориты и др.).

***Горючие*** ископаемые включают торф, бурый уголь, каменный уголь, антрацит, горючие сланцы, озокерит, нефть, горючий газ. Они служат энергетическим и металлургическим топливом, а также сырьем для химической промышленности.

К ***газоминеральному*** сырью относятся негорючие инертные газы: гелий, неон, аргон, криптон и др.

***Гидроминеральные*** полезные ископаемые разделяются на подземные воды питьевые, технические, бальнеологические или минеральные и нефтяные, содержащие ценные элементы (бром, йод, бор, радий и др.) в количестве, позволяющем извлекать их, а также рассолы (озерные рассолы, минеральные грязи, илы). Важным гидроминеральным сырьем являются воды морей и океанов, используемые для получения пресной воды и извлечения многих ценных элементов.

***Рудой*** называется минеральное сырье, содержащее ценные полезные компоненты (металлы, их соединения, минералы) в количестве, достаточном для промышленного извлечения при современном состоянии экономики, техники и технологии. В зависимости от вида извлекаемого компонента выделяются руды металлические (железные, медные, свинцово-цинковые и т. д.) и неметаллические (серные, асбестовые, графитные, апатитовые и др.). По количеству компонентов руды различают монометалльные (мономинеральные), биметалльные (биминеральные) и полиметалльные (полиминеральные).

***Месторождением*** **полезного ископаемого** называется его природное в виде геологических тел скопление в земной коре, которое по условиям залегания, количеству и качеству минерального сырья при данном состоянии экономики и техники может служить объектом промышленной разработки в настоящее время или в ближайшем будущем. К месторождениям полезных ископаемых промышленность предъявляет требования, определяемые технической возможностью и экономической целесообразностью их разработки.

Совокупность требований промышленности к минеральному сырью называется ***кондициями*** - они не являются постоянными и зависят от экономических условий и состояния техники и технологии добычи и переработки минерального сырья.

Площади распространения полезных ископаемых в порядке их уменьшения разделяются на провинции, области (пояса, бассейны), районы (узлы), поля, месторождения, тела.

***Телом*** полезного ископаемого называют ограниченное со всех сторон скопление минерального вещества, которое приурочено к отдельным структурным элементам или их комбинациям.

## 7.2. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Являясь природными минеральными образованиями, все полезные ископаемые обладают определенным вещественным (минеральным и химическим) составом, строением или структурно-текстурными особенностями, а также некоторым комплексом физических, физико-химических и технологических свойств. Все эти характеристики в общем случае обусловливают качество полезных ископаемых, которое имеет важнейшее значение для оценки месторождений с целью их промышленного использования.

Вещественный состав металлических и неметаллических руд определяется соотношением рудных, или ценных, и сопутствующих им нерудных, или жильных, минералов. В металлических рудах рудные минералы являются носителями ценных металлов, в неметаллических - минералы сами представляют практический интерес благодаря специфическим свойствам.

По составу преобладающей части минералов выделяются следующие типы руд:

***самородные*** - самородные металлы и интерметаллические соединения - медь, золото, платина и др.;

***сернистые*** **и им** подобные - сульфиды, арсениды и антимониды тяжелых металлов - меди, цинка, свинца, никеля, кобальта, молибдена и др.;

***оксидные*** - оксиды и гидроксиды железа, марганца, хрома, олова, урана, алюминия и др.;

***карбонатные*** - карбонаты железа, марганца, магния, свинца, цинка, меди и др.;

***сульфатные*** - сульфаты бария, стронция, кальция и др.;

***фосфатные*** - *апатитовые и фосфоритовые неметаллические руды, а также фосфаты некоторых металлов и др.;*

***силикатные*** - *сравнительно редкие руды железа, марганца, меди; широко распространенные неметаллические полезные ископаемые - слюды, асбест, тальк и др.;*

***галоидные*** - *минеральные соли и флюорит и др.*

По вещественному составу, определяющему промышленную ценность и технологические свойства, полезные ископаемые разделяются на природные типы и промышленные сорта.

## 7.3. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В настоящее время известно несколько десятков генетических классификаций месторождений полезных ископаемых. Наиболее известной является классификация В.И.Смирнова.

Эндогенные месторождения, к числу которых относятся скопления полезных ископаемых, прямо или косвенно связанные с магматической деятельностью, подразделяют на: собственно магматические, пегматитовые и постмагматические.

***Магматическими*** называются месторождения, образующиеся из жидких магматических расплавов в процессе их внедрения и раскристаллизации. При подъеме магматических расплавов в верхние горизонты земной коры и остывании происходит их дифференциация, с чем связана концентрация, а иногда и полное обособление рудных компонентов. Процессы образования магматических месторождений достаточно сложны. В одних случаях месторождения образуются в результате внедрения магмы, обогащенной рудными компонентами еще на глубине, в других - рудные концентрации возникают из магм при ее подъеме, в третьих - лишь на месте становления интрузива.

Главная особенность всех магматических месторождений - их связь с материнскими интрузивами, которые рассматриваются как вещественный или

энергетический источник оруденения. Магматические месторождения разделяются на генетические подгруппы: ликвационные, раннемагматические и позднемагматические.

В группу ***экзогенных*** включаются скопления полезных ископаемых, которые образуются при экзогенных процессах в результате химической, биохимической и механической дифференциации вещества земной коры. По способу накопления осадочного материала различают месторождения выветривания и осадочные.

К ***месторождениям выветривания*** относятся остаточные и инфильтрационные месторождения. ***Остаточные*** месторождения полезных ископаемых образуются при физическом и химическом выветривании горных пород, которое сопровождается гидролизом породообразующих минералов, растворением и выносом неустойчивых компонентов.

К **осадочным месторождениям** относятся аллювиальные и прибрежно-морские россыпи, химические и биохимические осадочные месторождения.

***Метаморфизованными*** называют месторождения любого происхождения, испытавшие метаморфические преобразования одновременно с вмещающими породами. При этом процессы метаморфизма могут выражаться в изменении и преобразовании структур и текстур, изменении характера минерального состава руд, а также в переотложении рудного вещества, изменении формы рудных тел, рассланцевании и изменении состава вмещающих пород.

Под ***метаморфическими*** месторождениями понимают такие месторождения, которые возникли в результате метаморфизма горных пород, до того не содержащих промышленных рудных скоплений и не представляющих собой полезного ископаемого. К возникающим в процессе метаморфизма собственно метаморфическим месторождениям относятся месторождения высокоглиноземистого сырья (кианит, андалузит, силлиманит), графита, гранулированного кварца, слюды, амфибол-асбеста, корунда, наждака, граната, титана и др.

## 8. СИСТЕМА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ НЕДР

Геологическое изучение недр в России производится последовательно и планомерно с тем, чтобы не только получить необходимую геологическую информацию о недрах, но и своевременно выявить промышленные и отбраковать непромышленные скопления полезных ископаемых. В общей системе геологического изучения недр можно выделить три крупных этапа. Этапы геологического изучения включают несколько последовательных стадий.

**Этап I. Работы общегеологического и минерагенического назначения.**

Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр прогнозирование полезных ископаемых.

**Этап II. Поиски и оценка месторождений.**

Стадия 2. Поисковые работы.

Стадия 3.Оценочные работы.

**Этап III. Разведка и освоение месторождений.**

Стадия 4. Разведка месторождения.

Стадия 5. Эксплуатационная разведка.

На каждой стадии геологического изучения недр осуществляется их геолого-промышленная оценка, заключающаяся в определении действительной или возможной значимости изучаемого участка земной коры, в котором содержатся или могут содержаться скопления полезной минерализации или же предполагается горное строительство. С этой целью исследуются состав и строение горных пород и полезного ископаемого, условия залегания, степень и характер тектонической нарушенности,

гидрогеологические и инженерно-геологические характеристики месторождения, географо-экономические условия района и т. п.

## РЕКОМЕНДАЦИИ

Для более углубленного изучения отдельных разделов геологических дисциплин рекомендуем воспользоваться следующими методическими указаниями.

Часть 1. Минералы.

Часть 2. Магматические горные породы.

Часть 3. Метаморфические горные породы.

Часть 4. Осадочные горные породы.

Часть 5. Организация геологических экскурсий.

Часть 6. Художественная обработка камнесамоцветного сырья.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

# Б1.В.13 ЛИТОЛОГИЯ

Специальность:
*21.05.02 Прикладная геология*

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания***

Автор: Кривихин С.В., д.г.-м.н.

Одобрена на заседании кафедры
*Литологии и геологии горючих ископаемых*
*(название кафедры)*
Зав. кафедрой _____
*(подпись)*
к.г.-м.н., доц. Рыльков С.А.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 05.03.2020
*(Дата)*

Рассмотрена методической комиссией
факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

## Введение

Учебным планом специальности 21.05.02 Прикладная геология по дисциплине «Литология» предусматривается написание контрольной работы на тему «Литолого-фациальное изучение образцов осадочных горных пород». Этосамостоятельный труд студента, который способствует углублённому изучению пройденного материала.

Задания контрольной работы направлены на оценку уровня умений и навыков, формирующих компетенцию:

**ПСК-3.2:**Способность обрабатывать и интерпретировать вскрытые глубокими скважинами геологические разрезы.

*Результаты обучения, достижение которых свидетельствует об освоении компетенции:*

*Знания:*предмет литологии, этапы её развития; современные разделы литологии; характеристику основных этапов формирования и «бытия» осадочных пород; основные внешние и внутренние факторы, влияющие на осадочный процесс; эволюцию основных типов осадочных пород во времени; закономерности распределения и формирования основных типов осадочных полезных ископаемых, их экономическое значение; эволюцию литосферы, гидросферы, атмосферы, биосферы в истории Земли; основные типы осадочных толщ, обстановки их формирования и типичные для них полезные ископаемые

*Умения:*работать с текстовой и графической литологической документацией; составлять различные виды первичной литологической документации обнажений и керна скважин (колонки, гистограммы, циклограммы, фациальные профили, формационные профили и т.д.); ориентироваться в пространстве, определять координаты геологических объектов, горных выработок и скважин, наносить их на карты, планы и разрезы; собирать и обрабатывать фондовую и опубликованную геологическую, информацию; выполнять графические документы горно-геологического содержания в различных видах проекций

*Владения:* навыками полевых литологических исследований, макроскопического (текстурно-структурного) изучения обнажений и образцов керна; навыками работы с литологическими колонками, картами терригенно-минеральных ассоциаций, литолого-палеогеографическими картами, схемами распределения осадочных формаций; другими типами литологических материалов; способностью анализировать и обобщать фондовые геологические, геохимические данные, регламентом составления геологических и методических разделов проектов производственных подразделений в составе творческих коллективов и самостоятельно.

**Цель выполняемой работы:**получить специальные знания по заданной теме.

**Основные задачи выполняемой работы:**

1) закрепление полученных ранее теоретических знаний;
2) выработка навыков самостоятельной работы;
3) оценка уровня подготовленности студента к будущей практической работе.

## Задания к контрольной работе

Задание:

I Выполнить зарисовку образцов с выделением наиболее характерных текстурно-структурных признаков.

II. Выполнить детальное описание диагностических признаков образцов в следующей последовательности:

1. Порода, структура, состав:

а) гранулометрический состав (название породы);

б) изменение крупности зерна;

в) сортировка зерен;
г) окатанность зерен;
д) минеральный состав зерен;
е) характер галек и неокатанных включений (форма, состав, распределение).
2. Текстура:
а) тип слоистости (или соотношение нескольких типов);
б) четкость серий и слоев;
в) причины, обусловившие слоистость;
г) распределение материала в слойках;
д) толщина слоев и серий, углы наклона слойков;
е) переходы внутри слоя, однородность и другие признаки текстуры слоя в целом.
3. Органические остатки (растительные остатки и фауна)
а) чем представлены,
б) степень сохранности.
в) форма захоронения,
г) распределение в породе
4. Минеральные включения:
а) конкреции – форма, состав, строение, распределение в породе;
б) отдельные минералы – пирит и др.
5. Вскипаемость с соляной кислотой.
6.Физико-механические свойства
а) степень цементации,
б) трещиноватость
7. Контакты и переходы (нижний и верхний).

III. На основании описания и в соответствии с предложенной классификацией литолого-фациального состава пород определить фациальную принадлежность образцов

Вариативность работы осуществляется выдачей студентам индивидуальных наборов образцов

## Порядок выполнения контрольной работы

Подготовку контрольной работы следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данной теме и конспектов лекций прочитанных ранее. Приступать к выполнению работы без изучения основных положений и понятий науки, не следует, так как в этом случае студент, как правило, плохо ориентируется в материале, не может отграничить смежные вопросы и сосредоточить внимание на основных, первостепенных проблемах рассматриваемой темы.

После выбора темы необходимо внимательно изучить методические рекомендации по подготовке контрольной работы, составить план работы, который должен включать основные вопросы, охватывающие в целом всю прорабатываемую тему.

Результат выполнения контрольной работы представляет собой решение задачи, выполненное в рукописном варианте, согласно представленному в задании плану.

Текст работы должен демонстрировать:

- знакомство автора с основными внешними и внутренними факторами, влияющими на осадочный процесс;
- умение проводить литологическое описание осадочных пород
- владение навыкамифациального расчленения отложений по комплексу диагностических признаков;
- приемлемый уровень языковой грамотности, включая владение функциональным стилем научного изложения.

Общий объем контрольной работы не должен превышать 2-3 страниц.

Пример описания образца:



Нижний слой представлен крупнозернистым алевролитом темно-серогодо черного цвета, с примесью в нижнейчасти светло-серого мелкозернистогопесчаного материала в виде тонкихслойков и линз. Сортированность средняя до плохой. Слоистость меняется откосо-волнистой прерывистой слабо срезанной в низах до пологоволнистойсплошной (полосовидной) в верхах; подчеркнута большим количеством разнообразной (от сечки до крупных фрагментов), неравномерно распределенной растительной органики. Повышение концентрации органики, наряду с утонением материала, имеет направленный (снизу вверх) характер.

Верхний слой представлен крупнозернистым темно-серым алевролитом –тонкозернистым песчаником, плохосортированным, с неоднородной косо-волнистой слоистостью, вплоть до узловатой текстуры, обусловленной неравно-мерным распределением большого количества крупной растительной органики иединичных слабоокатанных (1-2 балла) обломков темно-серых алевролитов, размером до 0,5 см.

Контакт слоев (по стрелкам) неровный, со взмучиваниями и соответствует межслоевому перерыву (диастеме), с относительно небольшой (по близкому составу и признакам слоев) длительностью.

Отложения макрофации пойменного аллювия (АП) Переход от фации АПС (внизу) к АПП вверху.

## Оценивание результатов контрольной работы

Оценивание результатов контрольной работы должно быть проведено до начала промежуточной аттестации и проводится по традиционной четырехбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Решение об оценке контрольной работы принимается по результатам проверки предъявленной работы и ответов студента на вопросы в случае неполного ее содержания.

Свои критерии оценки из КОМа

*Критерии оценивания:* Правильность выполнения задания - (определения всех признаков) по каждому из образцов: 0-3 балла; аккуратность и детальность зарисовки каждого из образцов и обоснованное определение фации: 0-1 балл;использование профессиональной терминологии 0-1 балл

*Критерии оценки:*

Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если:

- зарисовка оформлена аккуратно, с выделением всех характерных признаков породы, по всем трем образцам диагностические признаки определены правильно и в полном объеме, в соответствии с требованиями; описание проведено в рамках профессиональной терминологии; генезис отложений определен верно.

Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если:

-зарисовка оформлена аккуратно, с выделением всех характерных признаков породы; есть небольшие замечания по определению диагностических признаков по одному из трех образцов; описание в целом соответствует профессиональной терминологии; допускаются небольшие неточности при определении генезиса отложений.

Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если

- зарисовка не отражает всех особенностей образцов, диагностические признаки определены правильно как минимум по двум образцам (из трех), профессиональная терминология соблюдается не всегда; замечания по определению генезиса отложений..

Оценка «не удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если зарисовки оформлены неаккуратно и не отражает особенностей образца; как минимум по двум образцам имеются замечания по определению диагностических признаков и генезису отложений.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

# Б1.В.13 ЛИТОЛОГИЯ

Специальность:
*21.05.02 Прикладная геология*

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания***

Автор: Маслов А.В., д.г.-м.н.

Одобрена на заседании кафедры
*Литологии и геологии горючих ископаемых*
*(название кафедры)*
Зав. кафедрой _____
*(подпись)*
к.г.-м.н., доц. Рыльков С.А.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 05.03.2020
*(Дата)*

Рассмотрена методической комиссией
факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

## Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. По курсу «Литология» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях:

- ✓ выполнение домашних заданий;
- ✓ освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую программу дисциплины [5];
- ✓ подготовка к экзамену;

Самостоятельная работа студентов направлена на развитие интеллектуальных умений, повышение творческого потенциала студентов и заключается в:

– поиске, анализе, структурировании и презентации информации, анализе научных публикаций по вопросам литологии осадочных пород-коллекторов нефти и газа;

– исследовательской работе и участии в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

Данные методические указания предназначены для организации самостоятельной работы студентов при освоении отдельных тем дисциплины.

## Методические указания к самостоятельной работе студента

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Литология». Здесь указаны наименование и содержание лекционных тем в соответствии с рабочей программой дисциплины [5]. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература [2, 3, 4, 5]. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины в последнем разделе приведены контрольные вопросы и упражнения, которые являются основой подготовки к экзамену.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.
3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.
4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

Данное учебно-методическое пособие может быть использовано при подготовке ответов на вопросы во время экзамена.

## Содержание курса

Тема 1. **Объект и предмет литологии. История развития науки** [1], с. 3-8.

Литология - наука об осадочных горных породах и осадочных комплексах, связанных с ними полезных ископаемых, их составе, строении, происхождении, закономерностях пространственного распространения и эволюции во времени. Основная учебная литература. Основные разделы литологии. Этапы изучения осадочных пород. Основные направления настоящего этапа.

***Дополнительная литература:*** [2, 3, 4, 5].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Что такое литология?
2. Составные части литологии, их содержание.
3. Области исследования, относящиеся к теоретической литологии.
4. Основные направления теоретической литологии.
5. Суть стадиального направления литологических исследований.

Тема 2**. Осадочные горные породы: состав, строение, классификация** [1], с. 9-57.

Осадочные горные породы и стратисфера. Химический состав осадочных пород. Минеральный состав. Осадочные породы и их составные части. Общие черты строения осадочных горных пород. Общие принципы классификации и названия осадочных горных пород. Примеры классификаций некоторых типов осадочных горных пород.

***Дополнительная литература:*** [2, 3, 4, 5].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Пути/способы образования осадочного материала. Общая их характеристика.
2. Вулканизм и его влияние на процессы седиментации.
3. Основные агенты выветривания.
4. Суть процессов физического выветривания. Обстановки в которых проявляется физическое выветривание.
5. Устойчивость различных минералов к воздействию процессов химического выветривания.

Тема 3. **Стадии образования и преобразования осадочных пород** [2], с. 16-17.

Мобилизация материала на водосборах. Источники и механизмы образования осадочного материала. Перенос и осаждение обломочного материала. Агенты переноса. Водный и воздушные перенос. Процессы гравитационного перемещения кластики. Перенос материала льдом. Растворенный материал и его перенос. Осаждение обломочного материала. Диагенез, катагенез (метагенез).

***Дополнительная литература:*** [1, 3, 4, 5].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Роль обвалов, оползней и других подобных процессов в переносе обломочного материала.
2. Водный перенос обломочного материала и его особенности
3. Процессы выветривания в холодном климате.
4. Отличие (или сходство) минерального состава пород осадочных и магматических.
5. Процессы выветривания в жарком и сухом климате.

Тема 4: **Внешние факторы, влияющие на осадочный процесс.** Основные факторы - тектоника, климат, органическое вещество. Климатические типы литогенеза. Основные области осадконакопления и строение осадочных комплексов. Строение осадочных комплексов. цикличность разрезов. [2], с. 4-15.

***Дополнительная литература:*** [1, 3, 4, 5].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Прямое и косвенное воздействие жизни на осадочный процесс.
2. Основные агенты химического выветривания.
3. Суть процессов физического выветривания. Обстановки в которых проявляется физическое выветривание.
4. Прямое и косвенное влияние климата на процессы осадконакопления.
5. Основные агенты выветривания.

Тема 5: **Фации и основы фациального анализа.** Понятие фации и значение фациального анализа. Общие принципы фациального анализа. Литологическое изучение осадочных пород для целей фациального анализа. Генетическое значение структуры и текстуры осадочных пород. Использование остатков древних организмов и следов жизнедеятельности для целей фациального анализа. Изучение строения и формы осадочных тел и их взаимоотношений с окружающими образованиями. Основные приемы фациального картирования. [2], с.48-75.

***Дополнительная литература:*** [1, 3, 4, 5].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Укажите основные обстановки современного осадконакопления.
2. Сформулируйте сходство и различие понятий "генетический тип" и "фация".
3. Перечислите основные области активного осадконакопления, обусловленные рельефом земной поверхности
4. Каковы основные черты аккумуляции в дельтовых конусах выноса?
5. Перечислите основные диагенетические признаки, используемые для установления генезиса отложений.

**Тема 6: Становление учения об эволюции осадочного процесса в истории Земли**. Внешние факторы эволюции осадочного породообразования. Эволюция обломочного породообразования. Эволюция карбонатонакопления. Эволюция соленакопления. Эволюция кремненакопления. Эволюция накопления органического вещества. Основные черты эволюции осадочного породообразования.[1], с. 365-377.

***Дополнительная литература:*** [2, 3, 4, 5].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Имеет ли место в геологической истории Земли эволюция состава гидросферы?
2. Внешние факторы, влияющие на эволюцию процессов осадконакопления.
3. Имеет ли место в геологической истории Земли эволюция состава атмосферы?
4. Эволюция карбонатонакопления в истории Земли.
5. Имеет ли место эволюция кремненакопления в истории Земли?

**Тема 7: Формационный анализ.** Определение и содержание понятия формация. Главные подходы в учении о формациях. Принципы классификации и главные группы формаций. Формации и полезные ископаемые [3], с. 169-174.

***Дополнительная литература:*** [1, 2, 4, 5].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Осадочная формация. Основные подходы к выделению осадочных формаций.
2. Основные факторы, определяющие появление различных осадочных формаций.
3. Основные типы формаций, сложенные преимущественно обломочными породами.

4. Формации областей гумидного климата.

5. Формации областей аридного климата.

**Тема 8: Отдельные типы осадочных пород.** Фосфориты. Соляные породы (эвапориты). Алюминиевые, железистые (железные) и марганцевые породы. [1], с. 479-487.

***Дополнительная литература:*** [2, 3, 4, 5].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Назовите и охарактеризуйте главные типы песчаных пород.

2. Назовите и охарактеризуйте главные типы карбонатных пород.

3. Что такое гравититы? Какими типами пород они представлены?

4. Перечислите породы, содержащие в своем составе значительную долю оксида алюминия.

5. Назовите породы – источники редких и редкоземельных элементов для промышленности.

**Тема 9: Использование литогеохимических данных для реконструкции обстановок формирования осадочных последовательностей.** Методы, подходы и приемы реконструкции палеоклимата, палеогеодинамических обстановок, состава пород в областях размыва. [4], с. 84-141.

***Дополнительная литература:*** [1, 2, 3, 5].

***Контрольные вопросы и упражнения:***

1. Можно ли на основе данных химического анализа судить о климатических обстановках накопления глинистых пород?

2. Дают ли сведения о содержаниях в песчаниках и глинистых породах редких и рассеянных элементов возможность судить о составе пород в областях размыва?

3. Вы рассчитали величину CIA для образца глинистых сланцев и получили значение 78. О чем оно говорит?

4. Можно ли на основе данных химического анализа судить о палеогеодинамических обстановках накопления глинистых пород?

5. Для кислых магматических пород более типичен Th или Cr?

## Вопросы
## к экзамену по курсу «Литология»

1. Суть эволюционного направления литологических исследований.

2. Роль живых организмов в формировании осадочных образований.

3. Периоды глобальных похолоданий и теплые климатические эпохи в истории Земли.

4. Этапы изучения осадочных образований.

5. Выветривание. Что это такое? Типы выветривания и их общая характеристика.

6. Гумидный тип литогенеза Н.М. Страхова.

7. Суть первого этапа литологических исследований.

8. Основные агенты выветривания.

9. Аридный тип литогенеза Н.М. Страхова.

10. Суть второго этапа литологических исследований.

11. Суть процессов физического выветривания. Обстановки в которых проявляется физическое выветривание.

12. Геологическая роль жизни. Формы биогенной миграции.

13. Суть третьего этапа литологических исследований.

14. Суть процессов химического выветривания. Обстановки, в которых проявляется химическое выветривание.

15. Причины/факторы, обусловившие интенсивное изучение осадочных пород после Второй мировой войны.

16. Основные агенты химического выветривания.

17. Роль кислорода в формировании осадочных пород.

18 Основные направления исследований третьего этапа развития литологии.

19. Устойчивость различных минералов к воздействию процессов химического выветривания.

20. Прямое и косвенное воздействие жизни на осадочный процесс.

## Рекомендуемая литература


1. Ежова А.В. Литология. Краткий курс [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.В. Ежова. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский политехнический университет, 2014. — 102 c. — 978-5-4387-0492-8. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/34674.html.

2. Кузнецов В.Г. Литология. Осадочные горные породы и их изучение: Учеб. пособие для вузов. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2007. 511 с.

3. Стерленко З.В. Литология [Электронный ресурс]: учебное пособие / З.В. Стерленко, К.В. Уманжинова. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 219 c. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/66047.html

4. *Япаскурт О.В.* Литология. М.: Издательский центр «Академия». 2008. 336 с.

5. Литология: рабочая программа дисциплины для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология специализация № 3 Геология нефти и газа / А.В. Маслов. Екатеринбург: УГГУ, 2019. 16 с.

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

## ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ОСНОВЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И ГЕОХИМИИ ЛАНДШАФТА ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания***

Автор: Рубан Н. В.., к.г-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии
*(название кафедры)*
Зав.кафедрой _____
*(подпись)*
Тагильцев С. Н.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 19 от 12.02.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией
Факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

# 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

## 1.1. Цель преподавания дисциплины

Почвоведение – самостоятельная научная дисциплина, изучающая образование почв, свойства, состав, строение, а также закономерности распределения их в природе.

Знания о почве находят широкое применение в практике работников ландшафтного дизайна. Почвы – это основа при создании зелёных насаждений. Без знаний строения почвенного профиля, химических, физических свойств невозможно создать полноценных насаждений в населённых пунктах. Практическое использование почвоведения осуществляется при организации газонов, постоянных и временных питомников, выращивания цветников, декоративной древесной и кустарниковой растительности. Почвы предопределяют успешность произрастания декоративных деревьев и кустарников, а также трав, без знания почвы нельзя добиться эффективного и многолетнего функционирования ландшафтов.

## 1.2. Задачи изучения дисциплины

Студенты в результате освоения курса должны приобрести знания и навыки по:

– происхождению, классификации, географии почв;

– характеристике лесных почв, а также почв других зон;

– характеристике городских почв

– общим свойствам, составу почв;

– тепловому, водному, воздушному режиму почв.

Особое внимание уделяется изучению морфологических признаков, по которым распознаются почвы. Студенты в результате выполнения лабораторных работ должны научиться определять реакцию почвы, содержание питательных и вредных веществ, применять меры по повышению плодородия почв, уметь оценить взаимосвязь между почвой и растительностью. Эти знания необходимы бакалавру ландшафтной архитектуры в практической деятельности.

# 2. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Содержание и разделы курса, ключевые темы по дисциплине "Основы почвоведения" рассматриваются до начала сессии на установочных лекциях. Установочные лекции проводятся в виде расширенной консультации, где особое внимание уделяется вопросам сбора материала, написания и оформления контрольных работ, дается список основной и дополнительной литературы.

Наиболее сложные и важные вопросы рассматриваются во время лабораторно-экзаменационной сессии на обзорных лекциях или прорабатываются на практических занятиях. Однако необходимо помнить, что значительную часть курса студенты изучают самостоятельно, используя рекомендованную литературу.

Далее в методических указаниях рассматриваются основные темы и положения курса, а также контрольные вопросы к ним.

Выполнение контрольной работы является обязательным и важным этапом самостоятельной работы по изучению дисциплины. Ответы на вопросы, приведенные в контрольной работе, позволяют оценить возможности студента работать с учебной и специальной литературой, а также глубину проработки изучаемого материала. Контрольная работа выполняется до начала сессии в сроки, установленные графиком.

Оценка знаний осуществляется на экзамене по всему объему курса “Почвоведение”. Однако допуск к экзамену осуществляется только после сдачи контрольной работы и зачета по лабораторно-практическим занятиям.

На экзамене, кроме основных вопросов, представленных в билетах, могут быть заданы дополнительные вопросы в пределах курса, с целью выяснить, разобрался ли студент с ошибками и неточностями, допущенными им в контрольной работе, которые были выявлены и отмечены преподавателем-рецензентом.

# 3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 3.1. Раздел «Почвоведение»

### *Тема 1. Понятие о почвоведении как науке*

Положение почвоведения среди других естественных наук, взаимосвязь с другими науками. Значение почвоведения в сельском хозяйстве. История почвоведения (додокучаевский и последокучаевский периоды). Работы В.В.Докучаева, В.Р.Вильямса, П.С.Коссовича, Л.Н.Прасолова, К.К.Гедройца, В.И.Тюрина.

**Тема 2. Понятие о почве и ее основном свойстве - плодородии**

Почва, ее функции и основное свойство. Естественное, искусственное, потенциальное и эффективное плодородие.

***Тема 3. Образование минеральной части почвы***

Выветривание, образование рыхлых пород, развитие в рыхлых породах новых свойств: дисперсности, водопроницаемости, влагоемкости, воздухопроницаемости. Большой геологический круговорот веществ при образовании рыхлых пород.

Понятие о материнской породе. Минералогический состав почвы, первичные и вторичные минералы. Развитие растений и микроорганизмов на материнской породе. Понятие о биологическом круговороте веществ.

Разделение горной породы на генетические горизонты.

Морфологические признаки почвы: окраска, сложение, структура, распределение корневых систем, включения, новообразования. Строение почвенного профиля у различных типов почв.

Гранулометрический (механический состав). Классификация механических элементов, классификация почв по механическому составу. Зависимость между химическими и механическими свойствами почв.

***Тема 4. Органическое вещество почвы***

Источники поступления органических веществ в почву. Количество и состав органических остатков. Процессы преобразования органических остатков, гумификация, битумизация. Влияние внешних условий (температура, влажность, аэрация) и состава исходных растительных остатков на скорость и характер гумусообразования. Неспецифические и специфические вещества. Характеристика свойств главных групп гумусовых веществ (гуминовые кислоты и фульвокислоты). Географические закономерности изменения состава гумуса в почвах. Особенности гумусообразования в лесных почвах. Типы лесных подстилок. Почвенная микрофлора и микрофауна.

***Тема 5. Почвенные коллоиды, поглотительная способность***

Понятие о поглотительной способности почв, виды поглотительной способности по К.К.Гедройцу. Почвенный поглощающий комплекс. Состав обменных катионов, емкость поглощения и энергия поглощения. Образование, состав и свойства почвенных коллоидов.

***Тема 6. Почвенная кислотность и щелочность***

Кислотность потенциальная и актуальная. Обменная и гидролитическая кислотность. Щелочность почвы. Буферность, приемы регулирования реакции почвы.

***Тема 7. Почвенный раствор и почвенный воздух. Понятие о почвенном растворе, химический состав, концентрация и реакция***

Почвенный воздух, его состав и зависимость от внешних условий. Значение аэрации для почвенных процессов.

***Тема 8. Физические свойства*** **почвы**

Общие физические свойства почвы: удельный, объемный вес, порозность. Зависимость их от химического, гранулометрического (механического), минералогического состава, структуры почвы и содержания органического вещества. Физико-механические свойства: липкость, пластичность, усадка, набухание, связность, плотность, сопротивление при механической обработке. Зависимость этих свойств от гранулометрического (механического) состава, влажности и структуры.

***Тема 9. Тепловые свойства***

Теплопоглотительная способность, теплопроводность, теплоемкость, теплоиспускательная способность, зависимость их от содержания гумуса, структуры, механического состава и влажности.

Тепловой режим лесных почв, поступление тепла, замерзание и размерзание почвы, зависимость от внешних факторов.

***Тема 10. Водные свойства почвы***

Формы воды в почве, доступность влаги растениям. Водопроницаемость, водоподъемная и водоудерживающая способность, влагоемкость. Коэффициент завядания и диапазон активной влаги.

Водный баланс почвы. Источники поступления влаги и статьи расхода. Типы водного режима: промывной, непромывной, выпотной и мерзлотный. Гидрологическая роль леса. Классификация лесных площадей по их водоохранному и защитному значению.

***Тема 11. Почвообразовательный процесс, его сущность***

Совокупность противоположно направленных элементарных процессов, слагающих почвообразовательный процесс. Понятие о генетическом профиле и генетических горизонтах почвы.

Факторы почвообразования по В.В.Докучаеву. Разнозначность факторов и роль каждого. Роль материнской горной породы в формировании основной массы почв, ее физических и химических свойств. Роль растений и животных в создании органического вещества и накоплении азота. Прямые и косвенные влияния климата на химический, физический и биологический процессы в почве. Значение рельефа, хозяйственной деятельности человека, времени.

***Тема 12. Классификация почв***

Разнообразие почв в природе как следствие изменчивости природных факторов почвообразования. Принципы современной классификации почв. Таксономические единицы. Номенклатура почв.

***Тема 13. Основные законы географии почв***

Разделение территории на почвенно-биоклиматические пояса, области, зоны и подзоны. Закон горизонтальной, вертикальной зональности.

## 4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Контрольное задание выполняется до начала лабораторных занятий и включает одну контрольную работу, состоящую из двух частей. Работы выполнять в рукописном виде.

*В первой части контрольной работы* предлагаются два теоретических вопроса, ответы на которые позволяют судить об умении студента работать самостоятельно с научной и учебной литературой, а также о глубине

проработки главных положений изучаемого курса. Первый вопрос относится к основам геологии, а второй - к общему почвоведению. Ответы составляются в развернутом виде, с изложением сведений, содержащихся в научной и учебной литературе (согласно рекомендуемому списку и учебной программе курса). Вопросы представлены в 10 вариантах. Вариант соответствует последней цифре шифра (или последнего номера) зачетной книжки.

*Во второй части контрольной работы* студент должен показать подготовленность по разделу “Частное почвоведение” и закрепить практические навыки по самостоятельному исследованию почв.

# 5. КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

## 5.1. Часть 1

При выполнении контрольной работы необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Представлять достоверную и достаточно развернутую характеристику природных условий (особенно факторов почвообразования) и почв района вашего местожительства, а не произвольно взятой территории.

2. Пояснительная записка к контрольной работе № 2 выполняется согласно предлагаемой ниже форме. По всем пунктам даются четкие и исчерпывающие ответы. Последовательность изложения материала строго соответствует предлагаемому плану.

3. Вторая часть контрольной работы должна быть написана на основании материалов собственных наблюдений и исследований с привлечением литературных источников, особенно работ местных ученых.

В контрольной работе нецелесообразно проводить рассуждения по общим вопросам. Вся информация должна быть по возможности крат- кой, четкой, конкретной и, главное, достоверной. Как правило, учебная литература в большинстве своем не содержит необходимых сведений. Для получения конкретных данных может быть использована научная, научно-популярная, ведомственная литература. Необходимо широко использовать монографии, брошюры, статьи в журналах и сборниках. В качестве дополнительной литературы следует рассматривать лесоустроительные и землеустроительные материалы

При использовании литературы обязательно делаются ссылки на авторов с указанием года опубликования. Например, “Почвенный покров Среднего Урала представлен ...”(Фирсова и др.; 1996). В конце работы следует привести полный список использованной литературы с распределением ее в алфавитном порядке.

План написания контрольной работы № 2 представлен ниже.

## 5.2. Часть 2

I. Природные условия района

1. Географическое положение.
2. Климатические условия.
3. Рельеф.
4. Геологическое строение района.
5. Гидрологическая сеть.
6. Характеристика растительности.
7. Почвенный покров района.
8. Характеристика хозяйственных мероприятий и антропогенного воздействия на почвы в целом.

II. Характеристика почв изучаемого района.

1. Краткая характеристика места заложения каждого почвенного разреза (см. приложение 1,2).
2. Описание почвенных разрезов по всем морфологическим признакам. (см приложение 1,2)
3. Почвенный план участка (при наличии данных).
4. Данные по химическому, механическому составу, реакции и т.д. для доминирующих почв (если такие материалы имеются).

5. Заключение о свойствах изученных почв. Общая оценка нуждаемости в проведении хозяйственных мероприятий для улучшения почвенных условий.

**В первом** пункте излагаются краткие данные о географическом положении района исследований, указываются его географические координаты, административные границы, общая площадь, местоположение согласно лесорастительному районированию.

**Во втором** пункте дается общая характеристика климата описываемой территории и климатообразующих факторов с указанием типа климата. Приводятся следующие основные климатические показатели на основании многолетних данных ближайшей метеостанции (обязательно указать какой):

1) средние месячные и средние годовые температуры воздуха;
2) средние месячные и годовые количества осадков;
3) абсолютные максимум и минимум температуры воздуха;
4) продолжительность вегетационного периода;
5) даты осенних и весенних заморозков;
6) направление господствующих ветров.

**В третьем** пункте приводится ландшафтная зона (равнина, горы и т.д.), характеристика рельефа с описанием наиболее характерных форм макро-, мезо-, микрорельефа. По возможности рассматриваются происхождения основных форм рельефа, высотные перепады местности.

**В четвертом** пункте описываются геологическое строение территории, краткая история развития, рассматриваются возраст, происхождение, мощность и характер залегания коренных горных пород. Какие из них являются почвообразующими.

**В пятом** пункте приводится описание гидрологической сети территории (включая реки, речки, ручьи, озера, болота, искусственные водохранилища и т.д.). Оценивается тип водного режима.

**В шестом** пункте дается характеристика растительности или лесного фонда.

**В седьмом** пункте приводится общее описание почвенного покрова района. Указываются какие почвы преобладают, а какие встречаются редко. Рассматриваются почвы на уровне типа, подтипа и разновидностей. Необходимо показать взаимосвязь почв и растительности.

**В восьмом** пункте дается общая характеристика лесохозяйственных, мелиоративных и агротехнических мероприятий на рассматриваемой территории. Делается анализ по их влиянию на свойства почв.

Во второй части нужно дать описание двух почвенных разрезов: первого на естественные не нарушенные почвы встречающиеся в изучаемом районе, второго на почвы, встречающиеся в черте населенного пункта. Рекомендуется пользоваться литературными источниками и интернетом, если позволяет время сессии, то самостоятельно заложить почвенный разрез и описать его (что предпочтительнее). Таким образом, самостоятельное

исследование почв участка может быть осуществлено только в теплое время года. В связи с этим студент обязан выполнить контрольную работу своевременно. Описание почвенных разрезов проводится согласно общепринятым методикам. Пример заполнения бланков приведён в приложении 2.

При наличии информации нужно приложить почвенный план. Допускается использование готовых материалов, опять же с указанием источника, автора, года опубликования или разработки. В приложении рассматриваются вопросы изучения почв.

Поощряется использование большего количества литературных источников. Однако дословная переписка недопустима. В тексте работы разрешается цитирование, с выделением цитат в кавычки, с указанием фамилии автора и года опубликования.

При составлении библиографического списка необходимо придерживаться общих правил. Список составляется в алфавитном порядке. После порядкового номера идут инициалы и фамилия автора, затем точное название публикации, год и место издания, количество страниц. Для статей приводятся название журнала или сборника, номер выпуска и страницы, где статья расположена.

# 6. ПРИЛОЖЕНИЯ

### Техника заложения и описания почвенного разреза

Почвенный разрез – это четырехугольное углубление, вскрывающее генетические горизонты почвенного профиля. Почвенные разрезы бывают трех типов: основные (полные), контрольные (полуразрезы) и прикопки.

*Основные почвенные разрезы* предназначены для определения почвенной разности (типа, подтипа, рода, вида, разновидности), а также для взятия почвенных образцов для химических анализов и монолитов. Количество основных разрезов, закладываемых при картографировании, определяется масштабом почвенной съемки, сложностью рельефа, пестротой почвенного покрова, растительности, а также целью картографирования.

Размеры почвенных основных разрезов также не являются постоянными и зависят от мощности почвенного профиля. В условиях таежной зоны их ширина ориентировочно равна 60–80 см, длина 1,2–2,0 м, а глубина колеблется от 0,5 до 2,0 м и ограничивается материнской породой или грунтовыми водами.

*Контрольные почвенные разрезы* (полуразрезы) предназначены для уточнения вариаций морфологических признаков почвенной разности, т.е. для установления подтипов, видов и разновидностей почв, а также для вскрытия верхней границы материнской породы или грунтовых вод.

*Почвенные прикопки* имеют глубину 50–75 см, т.е. вскрывают 2–3 верхних горизонта. Прикопки служат для установления контуров распространения различных почв, определения однородности почвенного покрова. Их обычно закладывают в местах предположительной смены одной почвы другой. При картографировании лесных участков рекомендуется следующее соотношение между основными разрезами, полуразрезами и прикопками – 1:3:5.

Основные разрезы для конкретного участка закладывают в типичном по рельефу, условиям увлажнения и растительности месте, расположенном на границе крон деревьев и не ближе 25–30 м от дорог, просек, визиров и т.д. Выбрав место, на поверхности намечают контуры будущего разреза. Его обычно располагают с таким расчетом, чтобы к моменту наблюдения лицевая сторона освещалась солнцем. На склонах лицевую сторону ориентируют вверх.

При копке разреза (рис.1) почву выбрасывают только на боковые стороны: дернину и гумусовый горизонт в одну, а нижележащие горизонты в другую сторону. Над лицевой стенкой сохраняют в нетронутом виде напочвенный покров, не загрязняют ее и не уплотняют. Несоблюдение последнего требования приводит к разрушению верхних горизонтов, изменению их мощности и искажению результатов исследований.

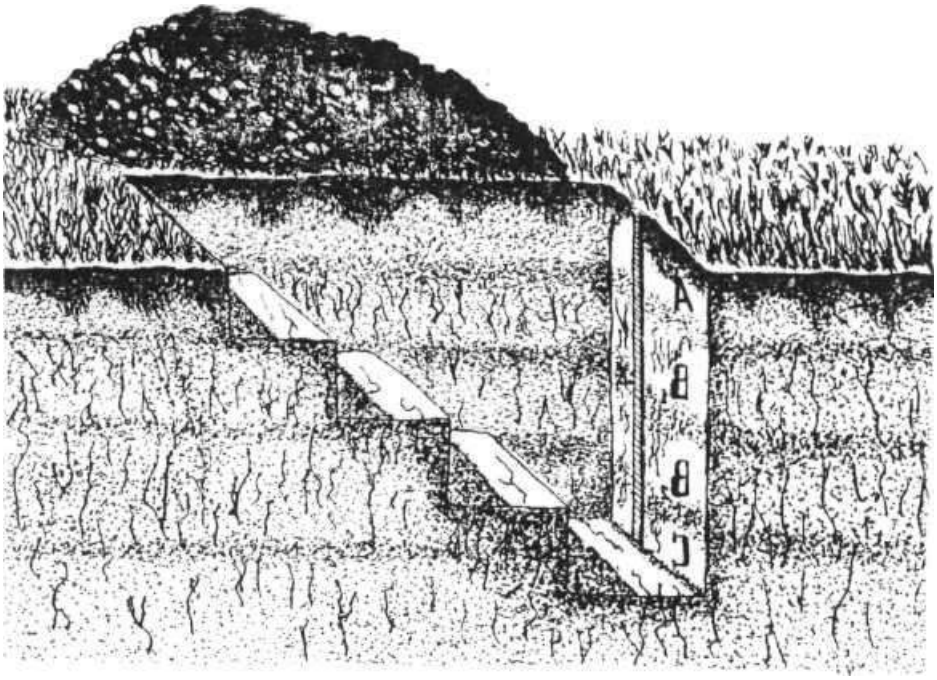



Рис. 1. Почвенный разрез

Лицевую и боковые стенки разреза выполняют ровными отвесными, а со стороны, противоположной лицевой, делают ступеньки, ширина которых зависит от механического состава почв – для песчаных она больше

(25–40 см), чем для глинистых (15–20 см). Количество ступенек определяется глубиной разреза. Сразу же после выкопки разреза отбирают образец материнской породы для ее диагностики.

При засыпке почвенного разреза сначала укладывают нижние, а затем верхние горизонты. Дернину укладывают сверху.

Выкопанный почвенный разрез подготавливают к описанию. Для этого зачищают лицевую стенку, срезая ровно ножом или лопатой почву сверху вниз, затем стенку подчищают (препарируют) ножом или стамеской, чтобы придать почве естественное сложение, нарушенное при земляных работах. На лицевой стенке на уровне поверхности почвы закрепляют сантиметровую ленту. Почвенному разрезу присваивают номер (имя) и производят его морфологическое описание в соответствии с установленной формой (приложение 1).

При заполнении строки «Географическое положение» основные разрезы, полуразрезы и прикопки привязывают к местности. Привязку осуществляют по 2–3 ближайшим ориентирам: реперным или квартальным столбам, дорогам, просекам, визирам и т.п. На карте разрезы обозначают квадратиком – $\boxtimes$, полуразрезы кружком – О, а прикопки треугольником – Δ, а их диаметр равен 3 мм. Справа от значка, обозначающего тип разреза, ставят его номер. Рекомендуется все типы разрезов обозначать единой нумерацией.

В строке “Приуроченность разреза к рельефу” в качестве макрорельефа указывают элементы рельефа с перепадом высот в более чем 100 м. Например, для Паркового лесничества УУОЛ УГЛТУ в этой строке необходимо записать «восточный склон Уральских гор». Под мезорельефом понимают формы рельефа средних размеров: увалы, холмы, бугры, лощины, долины, террасы, овраги, балки и т.д. Указывают часть склона, его экспозицию и крутизну (характер). Частей у склонов принято выделять три: верхнюю, среднюю и нижнюю. Экспозицию устанавливают по компасу. Например, склон северо-восточной экспозиции. Глазомерно характер склона можно определить по следующим градациям (в градусах): пологие – до 5, покатые – 5–20, крутые – 20–45, обрывистые – более 45.

Микрорельеф – это незначительные по площади (несколько десятков квадратных метров) с относительным превышением (не более 1 м) формы рельефа. По микрорельефу различают западины, блюдца, мелкие лощины, неглубокие промоины, мелкие бугорочки, кочки и т.д.

Описание растительности следует проводить по ярусам. Лесоводственную часть описывают (тип леса, состав древостоя, характеристики основных компонентов), руководствуясь данными таксационных описаний. Живой напочвенный покров, под которым подразумевают совокупность мхов, лишайников, травянистых растений и полукустарников, покрывающих почву под пологом леса, на вырубках и гарях, студенты должны уметь описывать самостоятельно.

В строке «Состояние поверхности участка вблизи разреза», наряду с указанными в бланке параметрами, отмечают влияние антропогенных факторов, а также характер увлажнения участка (атмосферное, натечное, грунтовое).

На почвах, где уровень грунтовых вод (УГВ) расположен высоко, генетические горизонты, лежащие ниже УГВ, выделяют и описывают в первую очередь, т.е. до их затопления. С другой стороны, с помощью почвенного разреза дойти до УГВ не всегда удается.

Сразу после выкопки почвенного разреза записывают его глубину и определяют материнскую породу. При этом, наряду с минералогическим составом, указывают происхождение (генезис) материнской породы.

Наиболее часто в ненарушенных почвах встречаются следующие материнские породы.

1) элювий – не отсортированный, малоизменный материал, встречающийся на верхних частях склонов, водоразделах;

2) делювий – отсортированный, наносный материал, встречающийся в нижних частях склонов;

3) элюво-делювий – плохо отсортированный, переходный между элювием и делювием материал. Приурочен к средней части склонов;

4) ледниковые отложения (морена) – отложения рыхлого неслоистого обломочного материала, перенесенного ледником (смесь песка, глинистых частиц, гравия и др.). Окраска различна, зависит от окраски местных коренных пород. Часто желтовато-бурых и палевых тонов;

5) флювиогляциальные (водно-ледниковые) отложения – продукт аккумулятивной деятельности талых ледниковых вод. Материал хорошо отсортирован, часто слоистый. Отложения могут быть песчаные, суглинистые, гравийно-галечниковые и др;

6) озерно-ледниковые (ленточные глины) – тонкослоистые суглинистые отложения ледниковых озер, чередование темных глинистых слоев с более светлыми мелкозернистыми песками;

7) покровные суглинки – суглинки, которые залегают на морене. Хорошо отсортированные, по механическому составу легкие, средние и тяжелые суглинки;

8) лесс – палевые, буровато-палевые тонкопористые суглинки и глины, неслоистые карбонатные породы;

9) лессовидные отложения – похожи на лессы, отличаются отсутствием каких-то типичных признаков лесса, наличием гальки, наличием прослоек;

10) аллювиальные отложения – чаще суглинки, пески, галечник, слоистые отложения рек, хорошо отсортированные;

11) эоловые отложения – пески, реже суглинки и глины, отложенные ветром; характерна слоистость и отсортированность.

В условиях города почвы могут образовываться на культурном слое (рис. 2.) и на различных грунтах.

*«Культурный слой* представляет собой исторически сложившуюся систему напластований, образовавшуюся в результате деятельности человека. Толщина или мощность культурного слоя может колебаться от нескольких сантиметров до десятков метров (в Саратове до 12 м, в Москве до 22 м) и характеризуется пестротой даже в пределах небольших участков.

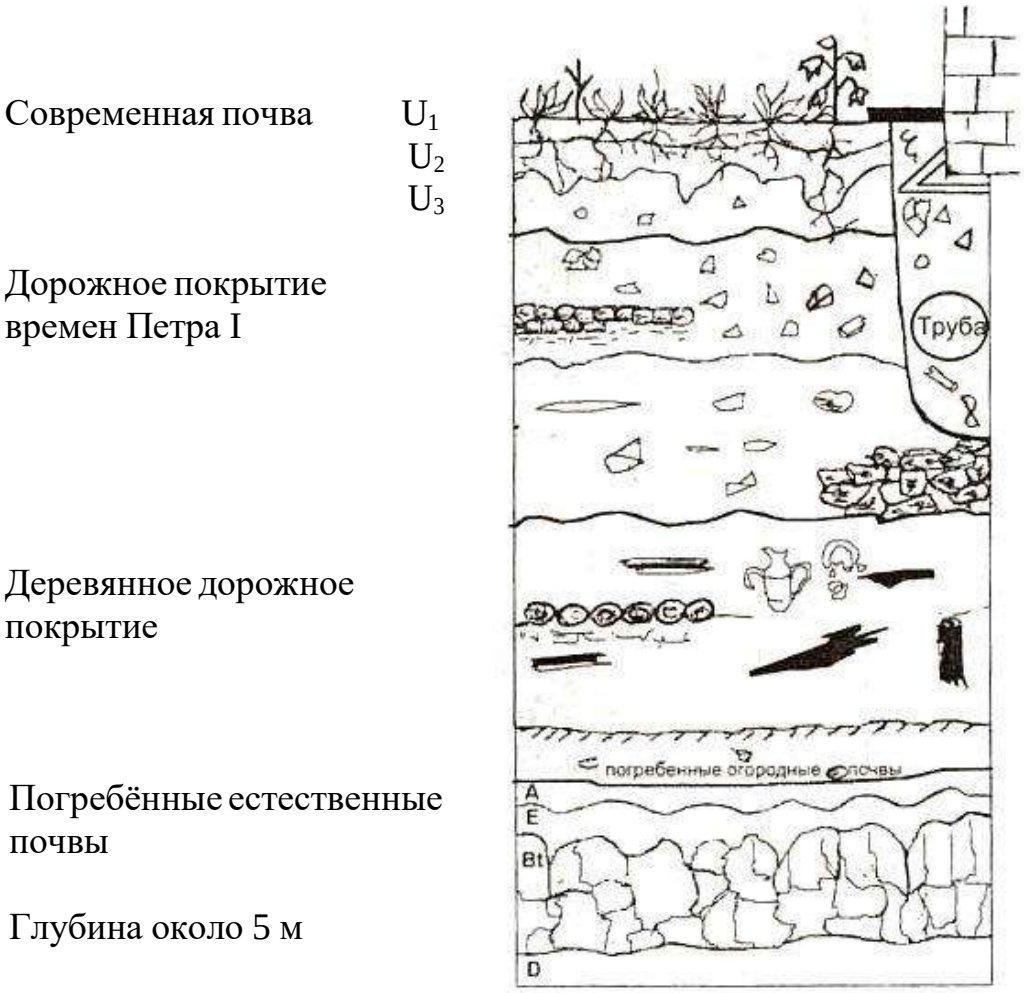



Рис. 2. Культурный слой г. Москвы

Формирование культурного слоя происходит путем поверхностного накопления различного рода материала в результате хозяйственно-бытовой деятельности человека или путем преобразования верхнего природного слоя при строительстве и благоустройстве, с привносом в естественную почву посторонних материалов.

В состав культурного слоя в современных городах входят самые разнообразные примеси - битый кирпич, камень, строительный мусор, различные предметы домашнего обихода, заброшенные фундаменты зданий,

погреба, колодцы, бревенчатые и дощатые настилы, булыжные и асфальтовые покрытия. Среди этих отложений обычно преобладает строительный мусор. Напластования культурного слоя в разное историческое время могли выполнять роль почвы, приобретали черты ее строения. Таким образом, культурный слой представляет собой разновозрастную систему погребенных городских почв» (Герасимова и др., 2003).

Грунтами называются любые горные породы, почвы, осадки, техногенные (антропогенные) образования, представляющие собой многокомпонентные, динамичные системы, являющиеся компонентами геологической среды и объектом инженерно-хозяйственной деятельности человека.

Пробу на вскипание почвы от 10%-го раствора соляной кислоты проводят с целью определения глубины залегания карбонатов. Для этого на свежезачищенную стенку (лучше боковую) последовательно через определенные интервалы сверху вниз наносят капли раствора кислоты и фиксируют глубины, с которых началось слабое, сильное и бурное вскипание.

Название почве дают после изучения профиля, обычно по лицевой стороне, с учетом боковых сторон. Профиль разделяют на генетические горизонты по цвету, структуре, механическому составу, влажности, плотности и другим морфологическим признакам. Морфологическое описание почвенного профиля начинают с верхних горизонтов.

В лесных почвах на поверхности, как правило, выделяют горизонт мертвых растительных остатков – лесную подстилку **($A_o$).** Индексом $A_o$ обозначают также верхние горизонты болотных почв, в которых, в частности, выделяют: $A^o_o$ – очес, $A^т_o$ – торфяной, $A^{пт}_o$ – перегнойно-торфяной и $A^п_o$ – перегнойный горизонты. В степных почвах индексом $A_o$ обозначают степной войлок или дернину. Таким образом, в любых почвах горизонт $A_o$ служит банком мертвого органического вещества.

Преобразование мертвого органического вещества и накопление усвояемых растениями питательных веществ происходят в перегнойно-аккумулятивном горизонте **A**, который залегает под лесной подстилкой. Для гумусово-аккумулятивного горизонта характерна густая пронизанность корнями растений. В зависимости от содержания гумуса цвет его изменяется от светло-серого до черного. Гумусово-аккумулятивный горизонт, как правило, имеет водопрочную, комковатую или зернистую структуру.

Следующий, элювиальный горизонт **($A_2$)** имеет индекс 2 не потому, что залегает под горизонтом с индексом 1, а потому, что отличается от вышележащего гумусово-аккумулятивного горизонта происходящими в нем почвообразовательными процессами, сводящимися к вымыванию как органических, так и неорганических подвижных веществ. Для элювиального горизонта характерны палево-белесая, серо-белесая, сизо-белесая или белесая окраски, а также плитчатость, чешуйчатость, пылеватость или полная бесструктурность.

Минеральный внутрипочвенный горизонт **(B)** в почвах, где происходит вмывание подвижных веществ из вышележащих горизонтов (подзолистые, солоди и др.), является иллювиальным. В остальных почвах (дерновые, бурые лесные и т.д.) этот горизонт называют переходным. Горизонт В располагается в средней части профиля и отличается от вышележащих и нижележащих горизонтов окраской, большей плотностью и тяжелым механическим составом. Горизонт В может достигать большой мощности, поэтому его часто подразделяют на подгоризонты $B_1$, $B_2$, $B_3$ и т.д.

Глеевый горизонт **(G)** – минеральный горизонт, сформировавшийся в условиях постоянного избыточного увлажнения. Для этого горизонта характерны тусклая голубоватая, сизоватая, зеленоватая (оливковая) окраски, иногда с ржавыми пятнами. Структура глеевого горизонта глыбистая, реже зернистая.

Материнская порода **(C)** – подпочвенный горизонт, т.е. горизонт, лежащий под любым из описанных выше почвенных горизонтов. Этот горизонт слабо изменен процессами почвообразования и обладает чертами, присущими горной породе, из которой он образовался.

Горизонт **Д** – подстилающая горная порода. Выделяется в том случае, если он по своим свойствам отличается от почвообразующего горизонта С.

Установление границ описанных горизонтов является достаточно сложной задачей, так как некоторые участки почвенного профиля сочетают в себе признаки двух горизонтов. На таких участках выделяют переходные или промежуточные горизонты типа $A_o$ $A_1$, $A_1A_2$, $A_2B$, BC и т.д. Если в основном горизонте проявляются слабые признаки, не характерные для данного горизонта, например, оглеение в горизонте $A_1$ или вскипание от кислоты в горизонте В, то при обозначении горизонта к основным буквам добавляют индексы, в частности «g» и «к» ($A_{1g}$ и $B_к$).

Методы выделения и обозначения искусственно созданных и антропогенно-преобразованных почвенных слоев остаются недостаточно разработанными. Дадим основные обозначения горизонтов городских почв согласно предложениям Строгоновой М.Н. с соавторами (1997, 2003).

Отличительной чертой городских почв является наличие горизонта урбик **U** - поверхностного органо-минерального насыпного, перемешанного горизонта, с урбоантропогенными включениями (более 5 % строительно-бытового мусора, промышленных отходов), мощностью более 5 см. При большой мощности и хорошо видимой дифференциации различных слоёв горизонт U можно подразделить на подгоризонты $U_1$ $U_2$ $U_3$ и т.д. (Герасимова и др., 2003)

Выделяются горизонты: Ud – дерновый; Uh – гумусированный; Ug – оглеённый; U↓↑ -перемешанный; Uca – карбонатный; Upt – петролеумный (аккумулировавший нефтепродукты); $A_1$u – аккумулятивно-гумусовый с признаками урбогенеза; CU – почвообразующая порода, являющяся одновременно верхней частью культурного слоя; DU – подстилающая порода,

часто является культурным слоем; L – каменистый слой (от litos), например остатки фундамента зданий или старая кирпичная кладка; L - слой являющийся искусственным барьером, например, асфальтовое покрытие или бетонная плита, заключённые в почву. Могут выделяться переходные горизонты типа UA UB UG и т.д. (Герасимова и др., 2003)

После выделения горизонтов приступают к морфологическому описанию каждого из них по указанной на оборотной стороне бланка схеме (прил. 1).

Схематический рисунок разреза должен отражать его основные морфологические особенности. Рисунок выполняют карандашом в соответствующем масштабе (примерно 1:10) и окрашивают мазками влажной почвы, иногда используют клейкую ленту шириной 3–6 см, на которую в масштабе наносят границы горизонтов, а затем насыпают почву в пределах нанесенных границ.

Мощность генетического горизонта определяют по сантиметровой ленте. За исходную точку отсчета берут поверхность почвы. В графе указывают верхнюю и нижнюю границы.

В колонке “окраска” указывают основной тон, интенсивность и оттенок горизонта. Обычно используют сложные (двойные, тройные) названия типа темно-серый, белесовато-серый и т.д., где на преобладающую (фоновую) окраску указывает последнее слово.

По характеру перехода одного горизонта в другой различают: резкий – окраска одного горизонта меняется на окраску другого на протяжении не более 2 см, ясный – 2–5 см, постепенный – 5–10 см. Иногда почвенные горизонты заходят в другие в виде «языков», «затеков» или «карманов».

Гранулометрический (механический) состав почвы – это относительное содержание в ней частиц разной крупности: камней, песка, глины, пыли. Для определения механического состава почвы в полевых условиях небольшое количество почвы увлажняют и разминают его до тестообразного состояния. Затем раскатывают образец ладонями в шнур диаметром 3 мм и пробуют свернуть этот шнур в кольцо диаметром до 3 см. Вид образца является показателем механического состава почвы (табл. 1).

Таблица 1

Определение механического состава почвы
методом мокрого растирания

| Механический состав | Характер скатывания |
|---|---|
| 1. Песок | Шнур и шарик не образуются |
| 2. Супесь | Скатывается шарик и зачатки шнура |
| 3. Легкий суглинок | Шнур при сворачивании дробится на несколько частей |
| 4. Средний суглинок | Кольцо при свертывании распадается (обычно на 2 части) |
| 5. Тяжелый суглинок | Образуется кольцо с трещинами |

| | |
|---|---|
| 6. Глина | Образуется кольцо без трещин |

Структура почвы – это способность ее твердой фазы агрегатироваться и естественно распадаться на комочки различной формы и величины. С точки зрения плодородия наиболее ценными являются водопрочные структурные агрегаты размером 1–3 мм, т.е. не распадающиеся в воде агрегаты, так как они пропитаны и склеены почвенными коллоидами.

Для определения структуры из каждого горизонта берут небольшой образец почвы и подбрасывают его на ладони, пока он не распадется на структурные агрегаты. Затем определяют тип, род, вид структуры (табл. 2). Аналогично окраске при описании структуры чаще всего используют сложные названия: комковато-зернистая, ореховато-призматическая, листовато-пластинчатая и т.д. При этом преобладающую структуру отражают также вторым словом.

Сложение почвы – это степень ее плотности и пористости. Различают следующие типы сложения по плотности:

– очень плотный – почва не поддается лопате, при копке разреза применяют лом или кирку;

– плотный – почва с трудом поддается лопате, с лопаты падает глыбами и распадается на большие комья, нож с трудом входит в почву на 5–6 см;

– плотноватый – почва рассыпается или легко разламывается на крупные комки, пластинки, нож входит в горизонт с небольшим усилием;

– рыхлый – почва рассыпается на мелкие комочки, нож входит в горизонт без усилий;

– рассыпчатый – почва сыпуча, лишена гумуса.

По пористости между структурными отдельностями почвы различают:

а) щелеватые – между структурными отдельностями почвы имеются поры шириной более 10 мм;

б) трещиноватые – поры 3–10 мм;

в) тонкотрещиноватые – поры меньше 3 мм.

По пористости внутри структурных отдельностей различают почвы:

1) слитные – видимые поры отсутствуют;

2) тонкопористые – почва пронизана порами диаметром меньше 1 мм;

3) пористые – диаметр пор от 1 до 3 мм;

4) губчатые – поры от 3 до 5 мм;

5) ноздреватые (дырчатые) – пустоты от 5 до 10 мм;

6) ячеистые – пустоты превышают 10 мм;

7) трубчатые – пустоты соединены в канальца.

Таблица 2

Классификация структурных агрегатов в почвах

| Форма структуры | Вид структуры | Размеры агрегатов,мм |
|---|---|---|
| I ТИП – КУБОВИДНАЯ СТРУКТУРА | | |
| ГРАНИ И РЕБРА ВЫРАЖЕНЫ ПЛОХО | | |
| Глыбистая - неправильная форма, неровная поверхность | крупноглыбистая<br>мелкоглыбистая | более 100<br>100-50 |
| Комковатая - неправильная форма, округлая и шероховатая поверхность | крупнокомковатая | 50-30 |
| | комковатая | 30-10 |
| | мелкокомковатая | 10-0,5 |
| Пылеватая | пылеватая | менее 0,5 |
| ГРАНИ И РЕБРА ВЫРАЖЕНЫ ХОРОШО | | |
| Ореховатая - более или менее правильная форма, поверхность граней сравнительно ровная, ребра острые | крупноореховатая | более 10 |
| | ореховатая | 10-7 |
| | мелкоореховатая | 7-5 |
| Зернистая - более или менее правильная форма, иногда округлая с гранями то шероховатыми то гладкими | крупнозернистая | 5-3 |
| | зернистая | 3-1 |
| | мелкозернистая | 1-0,5 |
| II ТИП – ПРИЗМОВИДНАЯ СТРУКТУРА | | |
| ХОРОШО ВЫРАЖЕНЫ БОКОВЫЕ И ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ГРАНИ | | |
| Столбчатая | | 50-30 |
| Призматическая | | 30-10 |
| Столбовидная - плохо выражены грани и ребра | | 50-30 |
| III ТИП – ПЛИТОВИДНАЯ СТРУКТУРА | | |
| ГРАНИ И РЕБРА ВЫРАЖЕНЫ ПЛОХО | | |
| Плитчатая - слоеватая с более или менее развитыми плоскостями спайности | сланцеватая | более 5 |
| | плитчатая | 5-3 |
| | пластинчатая | 3-1 |
| | листоватая | менее 1 |
| Чешуйчатая - со сравнительно небольшими, отчасти изогнутыми плоскостями спайности и часто изогнутыми острыми краями | скорлуповатая | более 3 |
| | грубочешуйчатая | 3-1 |
| | мелкочешуйчатая | менее 1 |

Важным морфологическим признаком почвы являются новообразования – скопления различных веществ, которые формируются и откладываются в ее толще в результате почвообразовательного процесса. Характер и состав новообразований диагностируются легко: соединения трехвалентного железа придают горизонту ржаво-бурый, охристый цвет; двухвалентного железа – голубовато-сизый; кремнеземистая присыпка имеет серова-

тый, белесоватый оттенок.

Новообразованные химические соединения встречаются в форме: пленок – тонких высокодисперсионных поверхностных образований на гранях структурных отдельностей, стенках пор и трещин (гумусовые, глинистые, железистые пленки); налетов – рыхлых диффузных пленок в виде выцветов, присыпок, припудривания (легкорастворимые соли, карбонаты, соединения кремния); конкреций – объемных новообразований, твердых, имеющих четкую границу с основной массой почвы; стяжений – в отличие от конкреций, образованных рыхлым материалом и не имеющих четких границ с почвенной массой (табл. 3.).

Включения – тела органического и минерального происхождения, находящиеся в почве, но не связанные с почвообразовательными процессами (крупные обломки горных пород, галька, валуны, кости животных, раковины, кусочки угля, кирпича, стекла и т.п.). Корни растений являются также включениями, но описываются отдельно и более подробно. При описании отмечают, в частности, их количество, размеры, глубину проникновения.

Влажность почвы – очень изменчивое свойство и описывается только на свежих разрезах. Различают 5 степеней влажности:

– сухая почва – пылит, влаги не ощущается, т.е. руку не холодит;

– свежая – не пылит, холодит руку, при сжатии образует комки, которые рассыпаются;

– влажная – влага ощущается на ощупь, при сжатии слипается, комок увлажняет фильтровальную бумагу, светлеет при подсыхании;

– сырая – при сжатии рука сыреет, почва приобретает тестоообразную форму, но образующиеся капли воды не просачиваются между пальцами;

– мокрая – при сжатии вода сочится между пальцами, вода, кроме того, сочится из стенок разреза.

На основании полученного таким образом описания почвенного разреза дается название почвы.

В названии почвы (на лицевой стороне бланка описания почвенного разреза) основной почвообразовательный процесс вписывают в строку

«Тип». Понятие «Подтип» обособляется в «Типе» группы почв, в которых заметны отдельные признаки, свойственные другим типам. Например, в типе дерновых почв выделяют подтипы типичных и глеево-дерновых.

Понятие «Род» используют для характеристики признаков почв, которые связаны с особенностями материнских пород. Например, дерновые почвы делят на карбонатные, карбонатно-выщелоченные и бескарбонатные.

Понятие «Вид» применяют для обозначения степени развития основного и накладывающегося почвообразовательных процессов. Например, среди дерновых почв по мощности горизонта $A_1$ различают маломощные, среднемощные, мощные и глубокодерновые.

Некоторые наиболее распространенные естественные почвы приводятся в Приложении 3. Систематика поверхностных тел городских территорий приведена в Приложении 4.

Таблица 3

Классификация почвенных новообразований химического происхождения

| Химический состав | Форма | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Налеты и выцветы | Примазки, потеки и корочки | Прожилки, трубочки и т.д. | Конкреции или стяжения | Прослойки |
| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* |
| Легкорастворимые соли: соленые – NaCl, $CaCl_2$, $MgCl_2$; горькие –$NaSO_4$ | Светлые и белесоватые налеты и выцветы легкорастворимых солей | Светлые примазки легкорастворимых солей, тонкие корочки глауберовой соли | Белые прожилки легкорастворимых солей и псевдомицелий глауберовой соли | Белые крапинки легкорастворимых солей | |
| Гипс – $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ | Светлые налеты и выцветы гипса (гипсовое полотенце) | Белые примазки и корочки гипса | Белые прожилки кристаллического гипса и псевдомицелий гипса | Земляные сердца и ласточкины хвосты, двойники гипса, слюзьба | Гажи |
| Углекислая известь – $CaCo_3$ | Налеты (сединки) и выцветы (плесень) карбонатные, а также дендриты, вскипающие от кислоты | Карбонатные светлые примазки, пятна, корочки и бородки извести | Карбонатный псевдомицелий, трубочки и прожилки кристаллической или мучнистой извести | Белоглазка, журавчики, дутики, погремки, желваки | Прослои луговой извести и хардпен |

Окончание табл. 3

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* |
|---|---|---|---|---|---|
| Полуторные окислы, соединения марганца и фосфорной кислоты – $Fe_2O_3$, $Al_2O_3$, $Mn_3O_4$, $FePO_4$, $AlPO_4$ | Охристые налеты и выцветы | Ржавые охристые пятна, примазки, потеки, языки и разводы, бурые точечные пятна Mn | Ржавая лжегрибница, бурые трубочки, бурые и желто-красные прожилки | Темно-бурые рудяковые зерна, бобовинки, глазки | Железняк, жерства, ортштейны и прослои бобовой руды. Псевдофибры и ортзанды |
| Соединения закиси железа – $FeCO_3$, $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ | - | Голубоватые пятна, языки и разводы | Сизоватые прожилки | Бурые, синеющие и буреющие на воздухе скопления | - |
| Кремнекислота – $SiO_2$ | Кремнеземистая седая присыпка | Белые и белесые пятна и языки | Белесоватые прожилки | | |
| Перегнойные вещества | Темные налеты на поверхности структурных элементов | Бурые глянцевитые пятна; темно-бурые потеки, языки и тонкие корочки | Буро-черная инкрустация на поверхности структурных отдельностей | Частично рудяковые зерна | Перегнойные прослои ортзанда и ортштейна |

Анализируя отечественную и зарубежную литературу, приходим к выводу, что на данный момент нет единого подхода к проблеме составления генетической классификации городских почв.

Систематика почв и почвоподобных тел городов южнотаежной зоны Европейской территории России, разработанная М.Н. Строгановой с соавторами (1992, 1997, 1998), основана на особенностях морфологического строения почвенного профиля, а также на особенностях почвообразующих пород и поверхностных грунтов, как более простых и объективных диагностических критериях, и является, таким образом, профильно-генетической распространенных на городской территории, исходит из того, что вся территория города представлена: 1) открытыми, частично озелененными территориями и 2) закрытыми застроенными и заасфальтированными. (Герасимова и др., 2003)

***Естественные ненарушенные*** почвы сохраняют нормальное залегание горизонтов естественных почв и приурочены к городским лесам и лесопарковым территориям, расположенных в черте города. Почвы определяются по принятым классификациям.

***Антропогенно-поверхностно-преобразованные естественные почвы*** (урбо-почвы) сочетают горизонт «урбик» мощностью до 50 см и ненарушенную срединную и нижнюю части профиля. Почвы сохраняют типовое название с добавлением приставки «урбо» (урбоподзолистая, урбодерновая и т.д.).

Мощность слоя нарушений, равная 50 см, была выбрана потому, что любой профиль, претерпевший нарушения, изменения или добавления материала менее 50 см при взаимодействии с биотой и атмосферой ведет себя как природное тело, если только он не подвергся резкому изменению (например, почвы запечатаны слоем асфальта или цемента).

***Антропогенно-глубоко-преобразованные*** почвы образуют группу собственно городских почв - *урбаноземов,* в которых урбиковый горизонт имеет мощность более 50 см. Почвы формируются на культурном слое или на насыпных, намывных и перемешанных грунтах. Урбаноземы можно разделить на две подгруппы:

***Механически (или физически) преобразованные почвы*:**

**Урбаноземы (собственно).** Почвенный профиль состоит из одного или нескольких подгоризонтов урбик Ul, U2 и т.д., образованных из своеобразного пылевато-гумусного субстрата разной мощности и качества с примесью городского мусора. Формируются на грунтах разного происхождения и на культурном слое. Иногда урбик подстилается непроницаемым материалом (асфальтом, фундаментом, бетонными плитами, коммуникациями). Профиль урбанозема характеризуются отсутствием природных генетических горизонтов до глубины 50 см и более.

**Культуроземы (агроурбаноземы)** - городские почвы фруктовых **н** ботанических садов, старых огородов. Характеризуются большой мощностью гумусового горизонта, наличием перегнойно-торфо-компостных слоев

мощностью более 50 см, развивающихся на нижней иллювиальной части почвенного профиля, на культурном слое или на грунтах разного происхождения.

**Некроземы** - почвы, входящие в комплекс почв городских кладбищ. Глубина перемешанности профиля более 200 см.

***Химически-преобразованные почвы***, в которых произошли значительные хемогенные изменения свойств и строения профиля за счет интенсивного химического загрязнения как воздушным, так и жидкостным путем:

**Индустриземы** - почвы промышленно-коммунальных зон, сильно техногенно загрязненные тяжелыми металлами и другими токсичными веществами, степень загрязнения достигает величин, чрезвычайно опасных по принятым нормативам. Химическое загрязнение изменяет почвенный поглощающий комплекс почв, предельно сокращает разнообразие почвенной биоты, а часто делает почву почти абиотичной. Данные почвы могут быть уплотненными, бесструктурными, с включениями токсичного непочвенного материала объемом более 20%. Название условно, их иногда называют «поллютоземы». Они частично могут соответствовать и хемоземам - техногенным почвам районов добычи полезных ископаемых.

**Интруземы** - почвы формируются в местах, где в результате аварий или бесхозяйственной деятельности человека в почвы постоянно проникают нефтепродукты (масло, мазут, бензин). Можем наблюдать в местах утечки органических масляно-бензиновых жидкостей на нефтепроводах, бензозаправочных станциях и автомобильных стоянках. То есть, это почвы, перекрытые с поверхности или пропитанные в профиле продуктами нефтепепереработки. Название условно, их также можно назвать нефтеземы, петролеумные почвы, ПАУ-почвы.

***Почвоподобные тела - «Техноземы»***

Подобные почвы ранее в городах назывались «почво-грунт», «плодородный грунт». Техноземы различаются по качественному составу, мощности и свойствам насыпного органогенного (гумусированного, перегнойного, торфокомпостного) слоя, составу и свойствам насыпных однослойных или многослойных грунтов. Они подразделяются на:

**Реплантоземы** - почвы, которые состоят из маломощного гумусового слоя, слоя торфо-компостной смеси или слоя органо-минерального вещества, нанесенных на поверхность рекультивируемой породы из смеси насыпных или других природных или техногенных грунтов. В основном формируются в районах городских промышленных и селитебных новостроек, на новых газонах.

**Конструктоземы** - искусственно целенаправленно создаваемые почвогрунты путем конструирования (создания) профиля по образу природной почвы. Состоят из серии слоев грунта разного гранулометрического состава и происхождения и плодородного насыпного гумусированного слоя.

Кроме этих почвоподобных поверхностных образований, в городах распространены участки с безгумусными **природными и техногенными открытыми** ***грунтами,*** а также территории муниципальных мусорных свалок со слабогумусированными или негумусированными минеральными грунтами, частично задерновывающимися. Природные грунты могут быть рыхлыми (насыпные, перемешанные, намывные, карьерные выемки и т.д.), различающимися по генезису (водно-ледниковые, аллювиальные, моренные, покровносуглинистые и т.д.) и гранулометрическому составу, а также грубообломочными (щебнистые и скальные). Первые преобладают в равнинных областях. В Классификации почв России они могут соответствовать техногенным поверхностным образованиям (ТПО), группе «натурфабрикаты».

Техногенные грунты промышленного и городского происхождения, не встречающиеся в природе, представлены инертными и токсичными отходами промышленного производства (шлаки, золы, горелая земля, иловые осадки со станций аэрации и т.д.) и твердыми бытовыми отходами городских свалок. В Классификации почв России они частично могут соответствовать ТПО, группам «артифабрикаты» и «токсифаб- рикаты».

При современном градостроительстве до 70-90% территории города закрыто асфальтобетоном и другим дорожным покрытием, а также зданиями и строениями. Процентное соотношение запечатанной и открытой территории в разных функциональных зонах города может быть различно Под покрытиями могут быть запечатаны разнообразные почвы, почвоподобные тела и грунты. Запечатанные почвы и грунты - неотъемлемая часть города. Они нуждаются в изучении и картографировании, так как их свойства необходимо учитывать при экологической оценке территории города.

Выделяется отдельная группа почв, запечатанных под дорожными асфальто-бетонным и каменными покрытиями, - **экраноземы,** экранированные почвы (название условное). Их также называют мощеные, запечатанные (sealed soils). Почвы существенно уплотнены, в них меняются водный, тепловой и газовый режимы; микробиота функционирует в основном по анаэробному типу; не происходит поступления вещества извне (в обычных условиях городская почва «растет вверх» из-за подсыпки грунта и осаждения пыли из атмосферы); при укладке покрытия может быть разрушена верхняя часть профиля.

При дорожном строительстве часто происходит срезание почвенного профиля до грунтов и (или) последующее наложение нового материала и дорожного покрытия. В этом случае выделяется группа **«запечатанный грунт»** (Герасимова и др., 2003)

Так как классификация городских почв разработана недостаточно, наблюдаются разные подходы и различные классификации. Так, для городов Урала была предложена классификация почвогрунтов Е.Т. Мамаевой (1966).

Все многообразие насыпных почвогрунтов по морфологическому строению и составу делится на 3 основные группы.

1. Почвогрунты, представляющие перемешанные генетические горизонты естественных почв, т.е. гумусовый + подзолистый + иллювиальный + материнская порода (на примере дерново-подзолистой почвы), смесь различных слоев и по механическому песок+суглинки+глины. При описании почвенного профиля предлагается горизонты называть насыпными и обозначать $H_1$, $H_2$, $H_3$ и т.д., различающимися по окраске, механическому составу и другим признакам.

Почвогрунты – смесь различных горизонтов, содержащих в своем составе каменистые обломки горных пород от 10 до 25 %, и более %. Обломки могут представлять одну горную породу (гранит, змеевик, хлоритовый сланец и т.д.) или несколько.

По содержанию каменистых примесей почвы этой группы можно поделить:

2.1.Щебневатые – примеси составляют 10-20 % от объема грунта

2.2. Сильнощебнистые – 20 – 40

2.3. Каменистые - свыше 40 %

3. Почвогрунты с высоким содержанием (свыше 10 %) строительного и бытового мусора, промышленных отходов в виде извести, кирпича, шлака, стекла и т.д. По составу они различны и могут быть известковые, шлаковые, шлаково-цементные и др.

Все насыпные почвы делятся по мощности насыпного слоя:

1. Маломощные - от 10–50 см.
2. Среднемощные - до 80 см.
3. Мощные - свыше 80 см.

В приложении 5 даны примерные вопросы для подготовки к экзамену.

Приложение 1

Описание почвенного разреза

Дата “ ” _ Разрез № _
Географическое положение: область _

район _ лесничество _

участковое лесничество квартал_ выдел_
Приуроченность разреза к рельефу:

микрорельеф _
мезорельеф, экспозиция и крутизна склона _
макрорельеф _
Описание растительности (например в лесу):
тип леса_ класс бонитета _
состав древостоя класс возраста _
подлесок _
подрост _

живой напочвенный покров

_____
_____
_____

Состояние поверхности участка вблизи разреза (признаки заболоченности, иссушения, оторфованности, задернения, каменистость, нарушения естественного сложения почвы, вырубка и т.д.

_____

Уровень грунтовых вод, м _____
Материнская порода _____
Глубина разреза, м _____
Вскипание от HCl с глубины, м _____
Название почвы:
тип _
подтип _
род _ _
вид _
разновидность _

Описание морфологических признаков почвы

| Схематический рисунок разреза | Генетический горизонт | | Окраска | Характер перехода горизонтов | Механический состав | Структура | Сложение | Новообразования и включения | Влажность | Распределение корней растений | Дополнительные замечания |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | буквенное обозначение | глубина залегания (от-до), см | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

Приложение 2

## ОПИСАНИЕ ПОЧВЕННОГО РАЗРЕЗА (пример)

Дата «14» июля 2017г. Разрез № 1

Географическое положение: область: Свердловская
Район Железнодорожный лесхоз УУОЛ
Лесничество Парковое квартал 40 выдел 11

Приуроченность разреза к рельефу:
Микрорельеф волнистый
мезорельеф, экспозиция и крутизна склона: средняя часть южного пологого склона
макрорельеф Восточный склон Уральских гор

Описание растительности (например в лесу):
тип леса Сосняк орляковый класс бонитета 3
состав древостоя 6С3Л1Б+Б класс возраста 9
подлесок черёмуха, рябина
подрост лиственница, ель, сосна, береза
живой напочвенный покров: папоротник орляк, костяника, вейник лесной, брусника, клевер белый, линнея северная, купена лекарственная, майник двулистный, черника, чина весенняя
Состояние поверхности участка вблизи разреза (признаки заболоченности, иссушения, оторфованности, задернения, каменистость, нарушение естественного сложения почвы, вырубка и т.д.)

Характер увлажнения участка (атмосферное, натечное, грунтовое)
Уровень грунтовых вод, м -
Материнская порода гранит
Глубина разреза, м 0,61
Вскипание от HCl с глубины, м нет

Название почвы:
Тип Бурая лесная
подтип типичная
род каменисто-галечниковая
вид маломощная
разновидность легкосуглинистая

ОПИСАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ПОЧВЫ

| Схематический рисунок разреза | Генетический горизонт | | Окраска | Характер перехода горизонтов | Механический состав | Структура | Сложение | Новообразования и включения | Влажность | Распределение корней растений | Дополнительные замечания |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | буквенное обозначение | глубина залегания (от-до), см | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|  | $A_0$ | 0-3 | Темно-бурая | Среднеразложившаяся, состоит из хвои, листьев, коры, веточек, остатков древесины | | | | | | | |
| | $A_1$ | 3-12 | Буровато-черная | Ясный | Легкий суглинок | Комковато-пылеватая | Рыхлое | | Свежая | равномерно-интенсивное | |
| | B | 12-61 | Бурая | Постепенный | Супесь | Комковато-бесструктурная | Рыхлое | Обломки горных пород | Свежая | неравномерное | |
| | C | >61 | | | | | | | | | |

Приложение 3

Наиболее распространенные почвы

| Тип почвы | Подтип | Род | Вид | Основные особенности строения почвенного профиля подтипа |
|---|---|---|---|---|
| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* |
| **Лесная зона (для всех подтипов)** | | | | |
| Подзолистые | 1. Глеево-подзолистые | Обычные остаточно-карбонатные | Слабоподзолистые $A_2$ < 5 см | $A_0^т + A_{2g} + Bg + C$. Оторфованность лесной подстилки и глееватость минеральной части |
| | 2. Типичные подзолистые | Иллювиально-гумусовые | Среднеподзолистые $A_2$ 5-15 см | $A_0 + A_0A_1 + (A_1A_2) + A_2 + B_1 + B_2 + B_3 + C$ |
| | | Иллювиально-железистые | Сильноподзолистые $A_2$ 15-25 см | |
| | | Контактно-глеевые | Подзолы (глубокоподзолистые*) $A_2$ > 25 см | |
| | | Слабодифференцированные | Слабодерновые** $A_1$ 5-15 см | |
| | 3. Дерново-подзолистые* | Со вторым гумусовым горизонтом* | Среднедерновые $A_1$ 15-25 см | $A_0 + A_1$ > 5 см + $A_2 + B_1 + B_2 + B_3 + C$ |
| | | | дерновые $A_1$ 25-35 см | Наличие $A_1$ > 5 см |
| | | | глубокодерновые $A_1$ > 35 см | Во всех подтипах могут быть переходные горизонты |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Дерновые | 1. Типичные дерновые<br>2. Глеево-дерновые | Бескарбонатные<br>Карбонатные<br>Карбонатно-выщелоченные | Маломощные<br>$A_1$ < 15 см<br>Среднемощные<br>$A_1$ 15-25 см<br>Мощные $A_1$ 25-35 см | $A_0+A_1+B+C$<br><br>$A_0+A_{1g}+B_g(G)+C$. Оторфованность лесной подстилки, глееватость минеральной части |

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* |
|---|---|---|---|---|
| Болотные | 1.Торфянисто-глеевые, слой торфа до 20 см<br><br>2. Торфяно-глеевые, до 50 см<br>3. Торфяные, более 50 см<br>4. Торфяники, более 100 см | Верховые<br><br>Низинные<br><br>Переходные | Маломощные 50-100 см<br>Среднемощные 100-150 см<br>Мощные, более 200 см | $A_0+(A_0^0)+ A_0^т +A_0^{пт}+A_0^п+G+C$ |
| Болотно-подзолистые | 1. Поверхностно-глеевые<br><br>2. Грунтово-глеевые | Глееватые (оглеенные пятнами)<br><br>Глеевые (сплошное оглеение) | По мощности торфа: торфянисто- болотно-подзолис-тые менее 20 см;<br>торфяно-болотно-подзолистые более 20 см | $A_0+(A_0^0)+ A_0^т +A_0^{пт}+A_0^п+$ $A_1+A_{2g}+B_g+C$ |
| Бурые лесные | 1. Бурые лесные типичные<br>2. Бурые лесные оподзоленные<br>3. Бурые лесные глеевые<br>4. Бурые лесные оподзоленно-глеевые | Обычные<br><br>Остаточно-карбонатные<br><br>Красноцветные | | $A_0+A_1+B+BC+C$<br><br>$A_0+A_1+ A_1A_2(A_2B)+B_1+B_2+C$<br><br>$A_0+A_1+B_g+C$<br><br>$A_0+A_1+ A_1A_2(A_2B)+B_g+C$ |

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* |
|---|---|---|---|---|
| | 5. Бурые лесные неполноразвитые | | | $A_0+A_1+BC+C$ |
| **Лесостепная зона** | | | | |
| Серые лесные | 1. Светло-серые<br><br>2. Серые<br><br>3. Темносерые | Обычные<br><br>Остаточно-карбонатные<br>Со вторым гумусовым горизонтом | Маломощные, $A_1$ до 20 см<br>Среднемощные 20-40 см<br>Мощные более 40 см | $A_0+A_1+ A_1A_2(A_2B)+B_1+B_2+C$<br><br>$A_0+A_1+ A_1A_2(A_2B)+B_1+B_2+C$<br><br>$A_0+A_1+ A_2B+B_1+B_2+C$ |
| Черноземы | 1. Оподзоленный<br>2. Выщелоченный<br>3. Типичный | Обычные<br><br>Слитные | По мощности $A + B_1$: маломощные до 40 см; | 1. $CaCO_3$ 130-150 см кремнеземистая присыпка $A_0+A+ B_1+B_2 + B_к + C$<br>2. $CaCO_3$ на глубине 100-130 см<br>3. Гумусовый слой > 80 см, $CaCO_3$ в нижней части гумусового горизонта |
| **Степная зона** | | | | |
| | 4. Обыкновенный<br><br>5. Южный | Карбонатные<br><br>Солонцеватые<br><br>Солончаковатые | среднемощные 40-80 см;<br>мощные 80-120 см;<br>сверхмощные более 120 см | 4. A - 30-40 см, $A + B_1$ - 60-70 см<br><br>5. A – 25-35 см, $A + B_1$ – 45-60 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| Каштановые | 1. Темно-каштановые<br>2. Каштановые<br>3. Светло-каштановые | Обычные, Солонцеватые<br>Солончаковатые<br>Осолоделые<br>Карбонатные<br>Неполноразвитые | Мощные<br>$A+B_1$ >50 см<br>Среднемощные<br>$A+B_1$ 30-50 см<br>Маломощные 20-30 см<br>Укороченные <20см | $A+B_1+B_2+B_K+C$ |
| Солонцы | 1. Черноземный<br>2. Каштановый<br>3. Бурый | По количественному составу солей | Корковые A<5 см<br>Средние A 10-18 см<br>Глубокие A >18 см | $A+B_1+B_2+C$ |
| Солончаки | Автоморфный<br>2. Гидроморфный | Корковые<br>Пухлые<br>Мокрые<br>Черные | Поверхностные соли на глубине 0-30 см<br>Глубоко профильные – соли по всему профилю | A+B+C |
| Солоди | 1. Лесные (типичные)<br>2. Луговые (дерновые)<br>3. Болотные (торфянистые) | | | $A_0+A_1+A_2+B+C$ |

Примечание. * Для дерново-подзолистых

** Для дерново-подзолистых вид оценивается по степени выраженности подзолистого и дернового процессов

Приложение 4

## Систематика поверхностных тел городских территорий (по М.И. Герасимова и др. 2003)

<table>
<tr><td colspan="7">Открытые не запечатанные территории</td></tr>
<tr><td colspan="3">Почвы</td><td colspan="2">Почвоподобные тела</td><td colspan="2">Грунты</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Природные с признаками урбогенеза</td><td colspan="2">Антропогенно-преобразованнные</td><td colspan="2" rowspan="2">Искусственно созданные</td><td rowspan="4">Грунт природный (насыпной, намывной, перемешанный и т.д.)</td><td rowspan="4">Грунт техногенный (шлаки, золы, промотходы и т.д.)</td></tr>
<tr><td>Поверхностно-преобразованные</td><td colspan="2">Глубоко-преобразованные</td></tr>
<tr><td>Урбо-почвы</td><td colspan="2">Урбанозёмы</td><td>Технозём</td></tr>
<tr><td>Подзолистая, Дерновая, Серая лесная, Чернозём и пр.</td><td>Урбоподзолистая Урбодерновая и пр.</td><td>физически<br>Урбанозём, Культурозём, Некрозём</td><td>химически<br>Интрузём, Индустризём</td><td>Реплантозём, Конструктозём</td></tr>
<tr><td colspan="7">Закрытые запечатанные территории</td></tr>
<tr><td colspan="2">Почвы и почвоподобные тела</td><td colspan="3">Грунты искусственные и естественные</td><td colspan="2" rowspan="3">Застроенные</td></tr>
<tr><td colspan="5">Под асфальто-бетонным и другим дорожным покрытием</td></tr>
<tr><td colspan="2">Экранозём</td><td colspan="3">Запечатанный грунт</td></tr>
<tr><td colspan="2">По природной почве, урбопочве, урбанозёму, технозёму</td><td colspan="3">Запечатанные абралиты, петролиты, стратолиты, руделиты и т.д.</td><td colspan="2">Под фундаментами зданий и строений</td></tr>
</table>

Приложение 5

## Примерные экзаменационные вопросы по курсу «Основы почвоведения»

1. Понятие о физическом, химическом и биологическом выветривании горных пород.

5.Почвоведение как наука, взаимосвязь с другими науками.

6.История развития почвоведения.

7. Почва, ее функции и основные свойства. Естественное, искусственное, потенциальное и эффективное плодородие.

8. Понятие о городской почве.

9. Минеральная часть почвы. Механический и минералогический состав почвы. Особенности почв города.

10. Материнские почвообразующие породы. Особенности материнских пород населенных пунктов.

11. Морфологические признаки почв. Особенности почв города.

12. Строение почвенного профиля. Особенности почв города.

13. Органическое вещество почвы. Специфические и неспецифические вещества.

14. Гумосообразование. Источники поступления органического вещества в лесные, луговые, степные почвы. Состав почвенного гумуса. Особенности почв города.

15. Строение и свойства почвенных коллоидов.

16. Почвенный поглощающий комплекс. Емкость поглощения, состав обменных катионов. Особенности почв города.

17. Поглотительная способность почв. Виды поглотительной способности.

18. Виды кислотности почвы и пути её регулирования. Особенности почв города.

19. Щелочность, буферность почвы. Приемы регулирования реакции почвы.

20. Почвенный раствор. Химический состав, концентрация, реакция.

21. Почвенный воздух и воздушные свойства почвы. Особенности почв города.

22. Общие физические свойства почвы: удельный, объемный вес, порозность. Зависимость их от химического, механического, минералогического состава, структуры почвы и содержания органического вещества. Особенности почв города.

23. Физико-механические свойства: липкость, пластичность, усадка, набухание, связность, плотность, сопротивление при механической обработке. Зависимость этих свойств от механического состава, влажности и структуры.Особенности почв города.

24. Тепловые свойства почвы. Теплопоглотительная способность, теплопроводность, теплоемкость, теплоиспускательная способность, зависимость их от содержания гумуса, структуры, механического состава и влажности. Особенности почв города.

25. Тепловой режим почв. поступление тепла, замерзание и размерзание почвы, зависимость от внешних факторов Способы регулирования теплового режима.

26. Формы влаги в почве. Силы удерживающие влагу в почве.

27. Водные свойства почвы. Водопроницаемость, водоподъемная и водоудерживающая способность, влагоемкость.

28. Водный баланс почвы Источники поступления влаги и статьи расхода.

29. Типы водного режима: промывной, непромывной, выпотной и мерзлотный. Нарушение водного баланса городских почв.

30. Сущность почвообразовательного процесса.

31. Факторы почвообразования. Особенности почв города.

32. Классификация почв. Таксономические единицы. Номенклатура почв.

33. Почвы бореального пояса. Краткая характеристика факторов почвообразования. Почвенный покров различных подзон.

34. Подзолистые почвы. Сущность подзолистого процесса. Изменения, возникающие в химическом, механическом составе генетических горизонтов под воздействием подзолистого процесса. Классификация. Распространение, условия почвообразования. Морфологические признаки и свойства почвы.

35. Глеево-подзолистые почвы. Классификация. Распространение. Условия почвообразования. Морфологические признаки. Химический, механический состав, свойства, плодородие.

36. Дерново-подзолистые почвы. Классификация. Распространение. Условия почвообразования. Морфологические признаки. Химический, механический состав, свойства, плодородие.

37. Дерновые почвы. Классификация. Распространение. Условия почвообразования. Морфологические признаки. Химический, механический состав, свойства, плодородие.

38. Болотно-подзолистые почвы. Классификация. Распространение. Условия почвообразования. Морфологические признаки. Химический, механический состав, свойства, плодородие.

39. Бурые лесные почвы. Классификация. Распространение. Условия почвообразования. Морфологические признаки. Химический, механический состав, свойства, плодородие.

40. Болотные почвы. Распространение. Условия почвообразования. Морфологические признаки, классификация, плодородие. Типы заболачивания.

41. Почвы суббореального пояса. Краткая характеристика условий почвообразования. Почвенный покров различных зон.

42. Серые лесные почвы. Классификация. Распространение. Условия почвообразования. Морфологические признаки, состав, свойства и плодородие.

43. Черноземные почвы лесостепной зоны. Классификация. Распространение. Условия почвообразования. Морфологические признаки. Химический, механический состав, свойства, плодородие.

44. Черноземные почвы степной зоны. Классификация. Распространение. Условия почвообразования. Морфологические признаки. Химический, механический состав, свойства, плодородие.

45. Солончаки. Классификация. Распространение. Условия почвообразования. Морфологические признаки. Химический, механический состав, свойства, плодородие.

46. Солонцы. Классификация. Распространение. Условия почвообразования. Морфологические признаки. Химический, механический состав, свойства, плодородие.

47. Каштановые почвы. Классификация. Распространение. Условия почвообразования. Морфологические признаки. Химический, механический состав, свойства, плодородие.

48. Почвы населенных пунктов. Условия формирования, свойства, классификация.

49. Систематика поверхностных тел городских территорий.

50. Отличительные особенности свойств городских почв от почв естественного фона.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная

1. Булах, Андрей Глебович. Минералогия : учебник для студентов учреждений высшего проф. образования, обучающихся по направлению подготовки "Геология" / А.Г. Булах. - М.: Академия, 2011. - 296 с.

2. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвоведение. [Текст]: учебник для студентов вузов / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. - Изд. 2-е, испр. и доп. - М.; Ростов-на-Дону: МарТ, 2006. - 496 с.

3. Герасимова М.И., Строгонова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Учебное пособие. Под редакцией академика РАН Г.В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 2003.-268 с.

4. Горбылева, А.И. Почвоведение: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по агроном. специальностям / А.И. Горбылева, В.Б. Воробьев, Е.И. Петровский; под ред. А.И. Горбылевой. - 2-е изд., перераб. - Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2012. – 400 с.

5. Короновский, Николай Владимирович. Общая геология: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению "Геология" / Н.В. Короновский. - М.: Академия, 2011. - 480 с.

6. Практическое руководство по общей геологии: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Геология" / А.И. Гущин [и др.]; под ред. Н. В. Короновского. - 5-е изд., испр. - М.: Академия, 2012. - 160 с.

7. Розанов, Борис Георгиевич. Морфология почв: учебник для студентов вузов / Б.Г. Розанов; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. - М.: Академический Проект, 2004. - 432 с.

8. Хабаров А.В., Яскин А.А. Хабаров. В.А. .Почвоведение (под. Ред. Белоусова А.А.). М.: Колос, 2007. - 311 с.

### Дополнительная

1. Бурсова А.И. Исследование почв в природе. Л., 1961. 144 с.

2. Миловский А.В. Минералогия и петрография. М.: Недра. 1979.

3. Почва, город, экология / Под общ. ред. Г. В. Добровольского, Отв. ред. М. Н. Строганова. - М. : Б., 1997. - 320 с. :

4. Роде А.А., Смирнов В.Н. Почвоведение. М.: Высшая школа. 1972. 480 с.

5. Почвоведение (Под ред. Кауричева И.С.). М.: Агропромиздат. 1989. 719 с.

6. Борголов И.Б. Курс геологии. М.: Агропромиздат. 1989. 215 с.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ Е.А. Удоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

# ОСНОВЫ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ

специальность

***21.05.02 Прикладная геология***

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания***

форма обучения: очная, заочная

Автор: Кузин А. В., к.г.-м.н., доц.

Одобрена на заседании кафедры

Геофизики
*(название кафедры)*

Зав.кафедрой _____
*(подпись)*

Талалай А. Г.
*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 12 от 05.03.2020 г.
*(Дата)*

Рассмотрена методической комиссией факультета

геологии и геофизики
*(название факультета)*

Председатель _____
*(подпись)*

Бондарев В. И.
*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 7 от 20.03.2020 г.
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

# ВВЕДЕНИЕ

Электрохимическая коррозия металлических сооружений приводит их к разрушению. Способы и меры защиты сооружений от коррозии требуют капитальных затрат, организации специальных служб, что существенно удорожает строительство и эксплуатацию сооружений.

Среди методов исследований природных и техногенных факторов, определяющих интенсивность коррозионных процессов, электроразведочные методы являются одними из информативных, точных, недорогих. По нормативным документам [1] определение коррозионной активности грунтов электроразведкой в определенных условиях является достаточным основанием, чтобы не дублировать эту оценку лабораторными методами.

Электроразведочные методы, используя различные мобильные ориентированные установки, позволяют определить удельное электрическое сопротивление грунтов на различных глубинах, по различным направлениям, а также определить интенсивность и направление блуждающих токов. Эти сведения являются основополагающими при определении природы и источников токов, при проектировании расположения сооружений, при определении степени и средств их защиты от коррозии.

В учебном пособии приведен перечень задач, возникающих в связи с необходимостью оценки коррозионной активности грунтов и интенсивности блуждающих токов, применяемые для этого электроразведочные методы и способы, а также приёмы камеральной обработки результатов.

# 1. ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ КОРРОЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ ГРУНТОВ И БЛУЖДАЮЩИХ ТОКОВ

Коррозия металлов в почве (подземная коррозия) происходит по электрохимическому типу. Металл на контакте с внешней средой переходит в более выгодную энергетическую форму – в окисел – и становится положительным ионом – катионом (двигаются к отрицательному катоду), который может вступить в реакцию с химическими компонентами внешней среды, отделиться от кристаллической структуры. Это называют анодным растворением металла.

Освободившиеся при окислении металла электроны также могут выйти из металла, вступить в реакцию с молекулярным кислородом внешней среды и восстановить его до иона гидроокисла $OH^-$ или вступить в реакцию с положительными ионами водорода и восстановить их до молекулярной формы.

В этих реакциях внешней средой является грунт – гетерогенная смесь сложных химических соединений, электролитов с растворенными в них анионами и катионами химических элементов и соединений.

***Мерой насыщения грунтов активными химическими элементами***, способными вступать в реакцию с корродируемым металлом, ***может служить такой физический параметр, как удельное электрическое сопротивление (УЭС) грунта.***

Чем ниже УЭС грунта, тем больше в нём растворов электролитов, содержащих химические компоненты, способные вступить с металлом в реакцию и ассимилировать электроны, освободившиеся при окислении металла. В основном именно эти процессы и определяют скорость коррозии. В этом заключается ***принцип оценки коррозионной активности грунтов по величине его УЭС.***

При переходе электронов с поверхности корродирующего металла во внешнюю среду на поверхности металла образуется двойной электрический слой и электродная разность потенциалов, т. е., металл приобретает электрическую поляризацию по отношению к внешней среде. Знак и интенсивность этой поляризации существенно влияют на скорость электрохимической коррозии. В частности, смещение потенциала металла сооружения в отрицательную (катодную) область относительно потенциала грунта снижает скорость его коррозии. В этом заключается суть ***катодной защиты*** сооружений, которая в данном пособии не рассматривается.

Смещение потенциала поляризации сооружения может быть вызвано натекающими на него токами любого естественного (фильтрационного, окислительно-восстановительного, диффузионно-адсорбционного, теллурического и др.) и искусственного (станции катодной защиты, утечки с электротехнических сооружений) происхождения, которые распространяются на большие расстояния по грунтам, искусственным металлическим сооружениям, кабелям и т. п. Их называют ***блуждающими токами.*** Для определения их наличия, интенсивности, природы проводят исследования специальными электроразведочными установками разностей потенциалов, обусловленных прохождением блуждающих токов через проводник (грунт) с определенным удельным электрическим сопротивлением. ***В этом заключается принцип исследования блуждающих токов электроразведкой.***

При проектировании и сооружении важных дорогостоящих подземных металлических сооружений (трубопроводов, линий связи, железных дорог и т.п.) исследование коррозионной активности грунтов и блуждающих токов является обязательным. Это предписывается специальными нормативным документами. Приведем их перечень и круг задач, регламентируемый ими.

В строительных нормах и правилах **«СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ»** [2] в приложении Д приведены задачи основных и вспомогательных методов геофизических исследований при инженерно-геологических изысканиях, в частности, указана необходимость измерять коррозионную активность грунтов и блуждающие токи. Указаны рекомендуемые для этого методы: вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ), электропрофилирование (ЭП), метод естественного поля для регистрации блуждающих токов. В приложении Е указана детальность исследований (табл. 1.1).

В СП указано, что приложение Е рекомендуемое, то есть оно допускает отклонение объемов и детальности исследований от указанных в таблице, в зависимости от особенностей геоэлектрического строения территории, её изученности, размеров исследуемых площадок и т.п.

Таблица 1.1

Задачи, методы и объемы геофизических исследований
при инженерно-геологических изысканиях [2]

| Задачи геофизических исследований | Электроразведка | |
|---|---|---|
| | расстояние между профилями, м | шаг по профилю, м |
| 1 | 2 | 3 |
| Определение коррозионной активности грунтов:<br>на площадке | 50-100 | 25-50 |
| по трассам:<br>внеплощадочные коммуникации<br>магистральные трубопроводы | | 50-100<br>300-500 |
| Определение интенсивности блуждающих токов:<br>на площадке<br>по трассам | 100-200 | 50-100<br>100-500 |

**В «СП 11-105-97 Часть IV. «Правила производства работ в районах распространения многолетнемерзлых грунтов»** [3] в составе геофизических исследований предписано определение коррозионной активности грунтов и интенсивности блуждающих токов. Это обусловлено известным фактом распространения блуждающих токов через низкоомные участки таликов среди многолетнемёрзлых грунтов. Такие зоны должны быть обязательно выявлены на стадии изысканий.

Наконец, собственно методики определения коррозионной активности грунтов и наличия блуждающих токов электроразведочными методами приведены в приложениях к «**ГОСТ 9. 602-2016 «Единая система защиты от коррозии и старения. Подземные сооружения. Общие требования к защите от коррозии**» **[1].** Приложение А содержит краткое директивное описание методики определения кажущегося удельного электрического сопротивления (УЭС) в полевых условиях. Приложение Д – описание методики определения наличия блуждающих токов. В ГОСТе дана таблица определения коррозионной активности грунтов по их УЭС: более 50 Ом·м – низкая, 20-50 – средняя, менее 20 – высокая.

Описание этих методик, их анализ, особенности применения различных модификаций рассмотрим в следующем разделе. Ведь любой нормативный документ содержит лишь краткое предписание выполнения определенного вида работ, а отечественная школа инженерных геофизических изысканий имеет традицию обучения исследователей теоретическим основам физических явлений и методик их изучения, стремлению к их дальнейшему развитию и совершенствованию. Только такой творческий подход к поставленным задачам исследований обеспечит их успешное решение.

# 2. ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОРРОЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ ГРУНТОВ

## *2.1. Методика работ*

Методика предусматривает регламентацию применяемых установок, детальности, точности исследований, а также технических средств измерений. В этом разделе рассмотрим установки определения УЭС грунтов. Детальность исследований предписывается СП 11-105-97 и техническим конкретным заданием, средства измерения обсудим в других разделах главы.

Для определения УЭС грунтов применяют установки вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) и электропрофилирования (ЭП).

Установки ВЭЗ исследуют УЭС грунтов на различной глубине под точкой исследований. Это даёт сведения о наличие в разрезе геоэлектрических слоёв с различными истинными, а не кажущимися, значениями УЭС, их мощности, глубине залегания. Сведения эти при проектировании антикоррозионной защиты подземных сооружений весьма ценны. Ведь ток в грунтах распространяется по слоям с наименьшим значением сопротивления.

Установки ВЭЗ могут быть четырехэлектродные симметричные, трех-, двухэлектродные, дипольные (рис. 2.1).

Глубинность исследований симметричной установкой ВЭЗ зависит от величины разноса питающих электродов *AB*. В случае, когда в разрезе есть верхние относительно электропроводные слои, ток распространяется по ним, малая его часть уходит в глубину, и тогда эффективная глубина исследования нижних геоэлектрических слоёв составляет 0,1 разноса *AB* [4]. В случае, когда УЭС полупространства под точкой зондирования одинаково, глубинность оценки УЭС может возрастать до 0,25 *AB*. Априорно при исследованиях коррозионной активности грунтов иногда предлагают размер установки питающих электродов выбирать в три раза большим, чем глубина погружения в грунт защищаемого от коррозии сооружения [5].

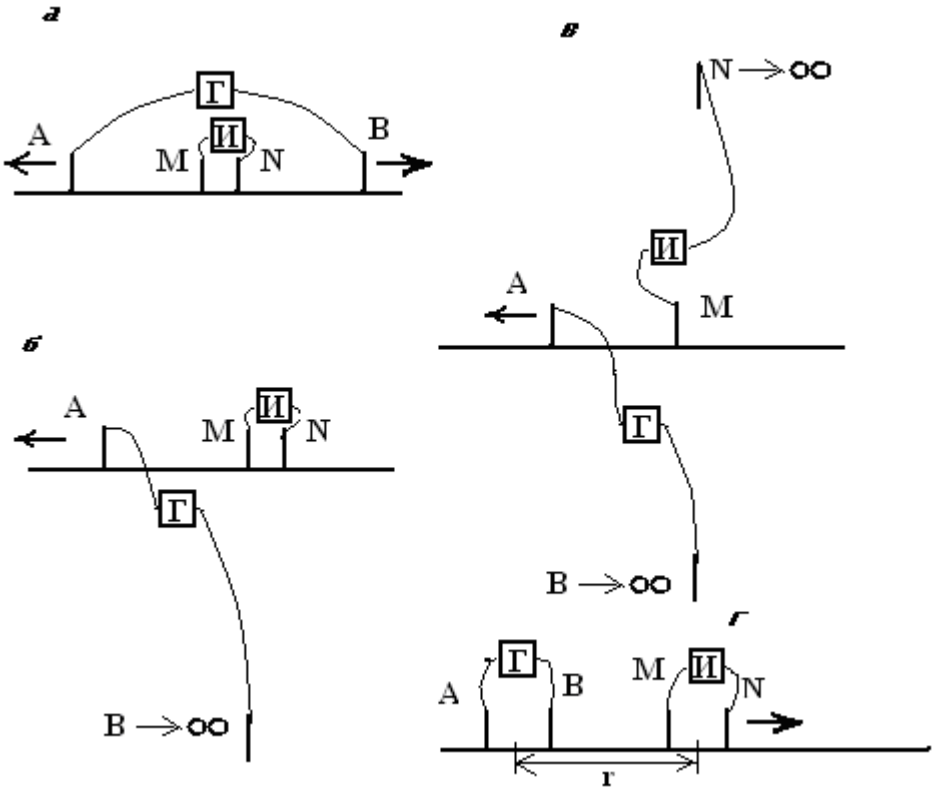



Рис. 2.1. Типы установок вертикального электрического зондирования:
*а* – симметричная четырёхэлектродная; *б* – трёхэлектродная с линией «бесконечность» для питающего электрода *B*; *в* – двухэлектродная *AM* с линиями «бескончность» для питающего электрода *B* и приёмного *N*; *г* – дипольная осевая. Г– генератор тока; И – измеритель напряжений

Применение трехэлектродных установок ВЭЗ при исследовании локальных площадок или объектов, где затруднительно разносить на местности оба питающих электрода, целесообразно и предпочтительно. К тому же, технологически при таком зондировании потребуется осуществлять последовательное заземление одного питающего электрода, а не двух. Это экономит силы и средства полевой бригады. При отнесении питающего электрода *B* («бесконечность») под прямым углом к простиранию установки *AMN* достаточно удалить его на расстояние в 5 раз большее, чем максимальный разнос питающего электрода *A*, и его влиянием на нормальное поле в пределах трехэлектродной установки можно пренебречь. Известна работа [5], показавшая увеличение эффективной глубины оценки УЭС разреза трехэлектродной установкой, в сравнении с симметричной, в 1,25 раза. Трехэлектродная установка зондирования позволяет оценивать УЭС разреза в непосредственной близости от линейного электропроводного объекта (металличе-

ская труба, кабель и т. п.) без существенного искажения последним кривой ВЭЗ [6].

Двухэлектродная установка зондирования *AM* предполагает удаление питающего электрода *B* и приемного *N* на «бесконечное» расстояние, в 10 раз превышающее максимальный разнос *AM*. Электроды «бесконечностей» должны разноситься в противоположные стороны, по крайней мере, не должны располагаться в одном квадранте. Глубина оценки УЭС разреза при зондировании двухэлектродной установкой больше в 1,4 раза, чем симметричной [7]. Двухэлектродная установка будет самой технологичной и информативной при проведении азимутальных исследований ВЭЗ с целью оценки электрической анизотропии разреза или выделения вблизи точки зондирования блоков грунтов с различными УЭС.

У дипольной осевой установки величина разноса ***r*** равна расстоянию между центрами питающего и приёмного диполей. Размер питающего и приёмного диполей должен быть менее 0,2*r*. Кривые ВЭЗ, полученные с дипольной осевой установкой, можно интерпретировать по палеткам и программам, рассчитанным для трёх- и четырёхэлектродных установок.

Величина кажущегося удельного электрического сопротивления $\rho_к$ рассчитывается по формуле:

$$\rho_ę = \frac{U}{I} \cdot K, \qquad (2.1)$$

где $\rho_к$ – кажущееся УЭС, Ом·м; *U* – измеренная в приемной линии *MN* разность потенциалов, мВ; *I* – ток в питающей линии, мА; *K* – коэффициент установки, м – рассчитывается по специальным формулам (2.2)-(2.6) [4].

Формула для расчета коэффициента симметричной установки *AMNB*:

$$K = \pi \frac{AM \cdot AN}{MN}; \qquad (2.2)$$

в методе ВЭЗ обычно в качестве меры величины установки используют полуразнос питающей линии *AB*/2, его записывают в полевой журнал, откладывают при построении кривой зондирования на специальном билогарифмическом бланке, потому для расчета коэффициента удобно использовать формулу

$$K = \pi \frac{(\acute{R}\hat{A}/2)^2 - (MN/2)^2}{MN}; \qquad 2.3)$$

трехэлектродной установки *AMN*, *B* в «бесконечности»

$$K = 2\pi \frac{AM \cdot AN}{MN}; \qquad (2.4)$$

двухэлектродной *AM*

$$K = 2\pi \cdot AM \ ; \qquad (2.5)$$

дипольной осевой *AB MN*

$$K = \frac{K_{BMN} \cdot K_{AMN}}{K_{BMN} - K_{AMN}}. \qquad (2.6)$$

Для оценки УЭС грунтов возможно применять также известные дифференциальные и многоэлектродные установки ВЭЗ.

Метод ВЭЗ при определении УЭС грунтов в сравнении с другими электроразведочными методами является самым информативным: он позволяет определить не только обобщённое кажущееся, но и близкое к истинному удельное электрическое сопротивление каждого из слоёв грунта. Главный его недостаток – длительное время исследования на одной точке. Оно при разносах питающей линии *AB* до 80-220 м составляет 10-15 минут. Оценка УЭС грунтов с установкой электропрофилирования требует затрат времени в 10 раз меньше.

Установки ЭП предполагают оценку УЭС грунта в точке на одном или двух разносах питающей линии. ГОСТ 9. 602-2005 рекомендует применение одной из таких установок, где расстояние между приемными и питающими электродами *AMNB* равны одному модулю ***a*** (рис. 2.2**)**. Это так называемая установка Веннера. Коэффициент установки *K* рассчитывается по формуле: $K=2\pi \cdot a$. Она исторически более распространена в зарубежном опыте исследований. В отечественной геофизике чаще применяется симметричная установка Шлюмберже. В ней расстояние между приемными электродами *MN* составляют от 1/20 до 1/4 величины *AB* [4]. При шаге исследований, соизмеримом с величиной разноса *MN*, она более чувствительна к выделению локальных неоднородностей в геоэлектрическом разрезе. Коэффициенты *K* различных установок электропрофилирования рассчитываются по тем же формулам, что в методе ВЭЗ.

Обычно установки ЭП применяют для оценки УЭС на небольшой глубине, равной погружению в грунт верхней и нижней частей проектного сооружения [8]. Расстояние между точками

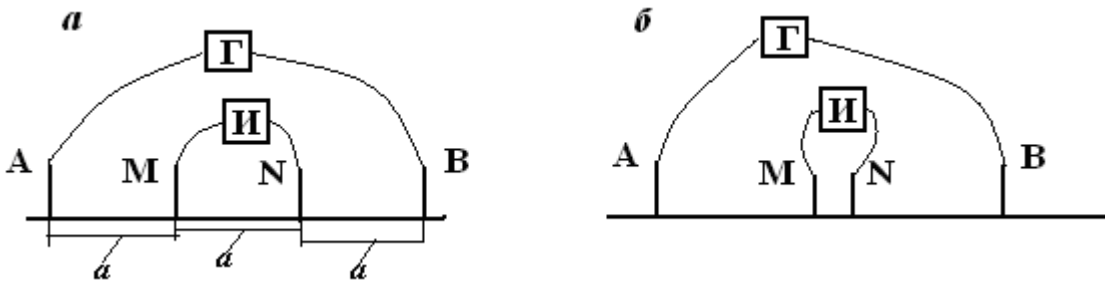



Рис. 2.2. Установки электропрофилирования:
*а* – Веннера, *б* - Шлюмберже

определения УЭС (10-100 м [8], 50-500 м [1]) может превышать многократно величину разносов установки. При таком виде исследований симметричные четырёхэлектродные установки Веннера и Шлюмберже наиболее технологичны.

При исследовании УЭС грунтов на локальных площадках возможно применять трех- и двухэлектродные установки электропрофилирования.

## *2.2. Аппаратура и оборудование для измерения УЭС грунтов*

Нормативные документы не требуют директивно, но сложилась практика оценки УЭС грунтов на постоянном или низкочастотном (до 5-20 Гц) токе. В этом случае УЭС грунтов, особенно низкоомных, не будет при измерениях искажено индукционными эффектами, возникающими при похождении через грунт переменных токов.

Главное требование к измерительной электроразведочной аппаратуре – высокое (не менее 20 МОм) входное сопротивление милливольтметра в приемной линии. Ток должен проходить только через исследуемый грунт, входная линия приемных заземлений не должна шунтировать природный проводник тока. Потому для измерений входного напряжения линий *MN* электроразведочных установок метода сопротивлений могут быть применены любые милливольтметры с указанным высоким входным сопротивлением. Нет необходимости указывать здесь их типы, так как измерительная техника постоянно совершенствуется и обновляется, а применявшаяся ранее устаревает морально и физически.

Тракт питающей линии в аппаратуре для измерения УЭС грунтов должен содержать миллиамперметр класса не ниже 4-го,

т. е., собственная его погрешность не превышает 4 %. Это обеспечивается низким собственным сопротивлением амперметра, чтобы падение напряжения на нём было ничтожным в сравнении с таковым на электродах заземлений и в грунтах. Современные миллиамперметры имеют, как правило, класс точности 1 или 2.

Для исследования УЭС требуется пропустить через грунт постоянный или низкочастотный ток. Если в аппаратуре есть генератор тока, то для питания генератора применяют промышленные типы батарей или аккумуляторов. При работе на постоянном токе возможно для создания тока в питающей цепи электроразведочной установки использовать специализированные электроразведочные или типовые промышленные сухие батареи или аккумуляторы. Напряжение в батарее может быть порядка 10-100 В, токи – единицы-десятки мА.

Для монтирования цепей питающей и приемной линий установок ВЭЗ и ЭП применяют специализированные электроразведочные сталемедные провода в изоляционном полиэтиленовом покрытии: ГПСМПО, ГПСМП, имеющие сопротивление 10 и 40 Ом/км, или медные изолированные провода.

Для устройства питающих и приемных заземлений используют специальные электроразведочные штыревые электроды. Их изготавливают из стальных прутков диаметром 10-14 мм, они имеют деревянную или пластмассовую ручку, упоры для ноги для задавливания их в почву. При работе на сухих прочных или промерзших грунтах применяют стальные штыревые электроды, которые забивают в землю кувалдой, а извлекают с помощью специальных приваренных или накладных ручек.

Для приемных заземлений целесообразно использовать медные или латунные штыри, так как они имеют меньший потенциал собственной поляризации при контакте с грунтами, чем стальные. Наблюдаемую перед моментом пропускания тока от генератора разность электродных потенциалов в приемной линии *MN* компенсируют с помощью специальной батареи в аппаратуре (АЭ-72, ЭРА и т. п.) или записывают и учитывают при измерении напряжения пропускания тока.

Низкочастотная аппаратура (АНЧ-3, ЭРА-Знак, «Берёзка» и т. п.) автоматическим исключает из измерительного тракта электродную разность потенциалов поляризации.

# 3. ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫЕ МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ БЛУЖДАЮЩИХ ТОКОВ

## *3.1. Методика измерения разности потенциалов блуждающих токов*

### *3.1.1. Измерительные установки, способы регистрации*

Блуждающие токи в земле можно обнаружить, измеряя приёмными электродами, расположенными один от другого на определённом расстоянии, разность потенциалов, которая образуется в грунтах с конечным удельным электрическим сопротивлением при прохождении через них тока. В электроразведке [4, 9] такую методику применяют при работах по методу естественного поля (ЕП).

Для обнаружения блуждающих токов обычно применяют ортогональные крестовые или угловые линии с двумя парами приемных неполяризующихся электродов (рис. 3.1).

Размер разносов между парами приемных электродов предписывается различными инструкциями и нормативными документами в 100 или 50 м [9, 10]. Блуждающие токи в грунтах распространяются на расстояния, превышающие сотни и тысячи метров, измерить разность потенциалов, обусловленную этими токами, можно установкой любой величины. Размер измерительной установки в 50 и 100 м принят из соображений надежности измерения разности потенциалов, которая пропорциональна длине линии.

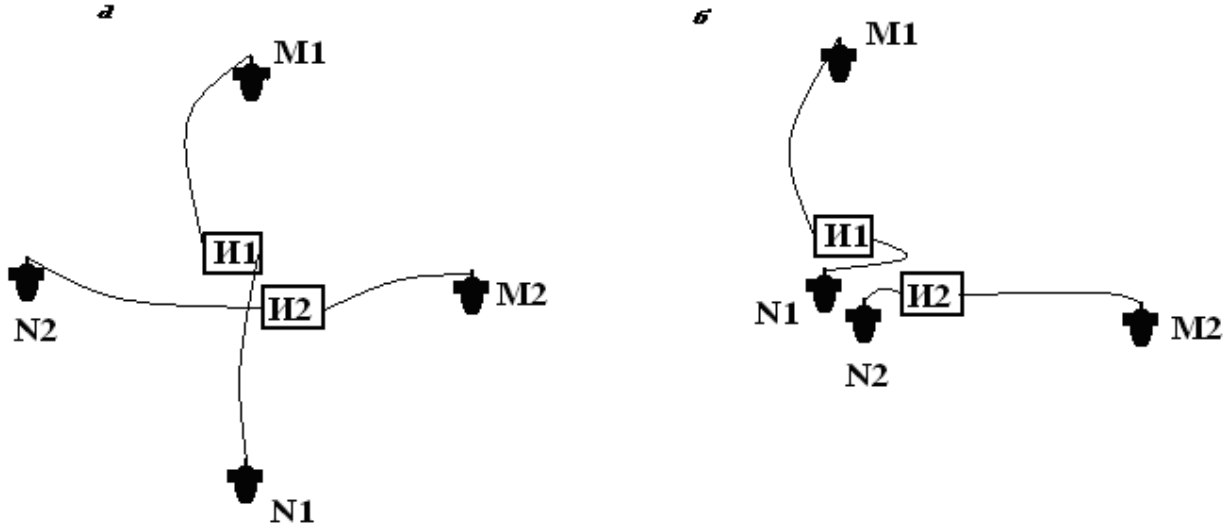



Рис. 3.1. Установки для измерения разности потенциалов блуждающих токов с неполяризующимися приемными электродами:
*а* – крестовая, *б* - угловая

Угловую установку из двух пар приемных электродов, разнесенных на 50 м, можно рассматривать как часть крестовой с разносами электродов 100 м. При однородном УЭС грунта в районе измерений, плоском фронте блуждающего тока обе установки должны определить ровно в два раза различающиеся значения разностей потенциалов в приемных линиях. Измерения с угловой 50-метровой установкой можно увеличить вдвое и привести их к условиям измерения с крестовой 100-метровой.

В условиях застроенности (непроходимости) территории не всегда возможно разнести приемные электроды на 100 м по ортогональным направлениям. В этих условиях угловая 50-метровая установка оказывается более мобильной. В зависимости от наличия препятствий и свободных для разноса электродов направлений точку измерений можно располагать в углу любого из квадрантов установки, лишь следует всегда оба электрода *N* располагать на западе и юге от электродов *M* (см. рис. 3.1).

Для регистрации разности потенциалов в двух парах приёмных линий ГОСТ 9. 602-2005 предписывает записывать отсчёты милливольтметра через 10 с в течение 10 минут. Причём, сначала в одной паре, затем – в другой (ГОСТ 9. 602-2005, прилож. Д, пункты Д1 и Д2). Это нерациональный приём. Во-первых, раздельная регистрация разностей потенциалов в двух линиях потребует затраты 20 минут рабочего времени на измерения. Во-вторых, при обработке материалов раздельной регистрации невозможно установить направление тока в любой из моментов времени 20-минутной регистрации. Ниже поясним это примерами в разд. 3.2.

Разность потенциалов в двух парах ортогонально расположенных измерительных линий следует регистрировать синхронно. Запись результатов измерений может быть выполнена в полевом журнале, а также на электронных носителях регистраторов. Некоторые из модификаций современных цифровых вольтметров позволяют это делать оперативно и надёжно.

### *3.1.2. Ориентировка измерительной установки*

Ориентировку приемных электродов выбирают по странам света [9] или по простиранию проектируемого или существующего линейного сооружения [1]. В последнем случае это целесообразно

потому, что разность потенциалов на электродах, расположенных параллельно линейному электропроводному объекту, будет близка к нулю, а в линии, перпендикулярной к сооружению, максимальна и иметь знак плюс или минус – в зависимости от явления натекания или стекания тока с сооружения. Последнее и позволит выделить его анодные и катодные зоны.

Проиллюстрируем методику ориентировки электродов угловой установки вдоль электропроводного сооружения примером. Пусть в грунте на глубине 2 м залегает линейный электропроводный объект (рис. 3.2), например, металлическая труба. Нам в методическом плане интересен случай, когда это сооружение не имеет электроизоляции. В ином случае такой объект в электропроводном грунте представлял бы собой линейный изолятор небольшого сечения, который почти не искажает силовые линии тока в сплошной проводящей среде. Электропроводность трубы в десятки-сотни-тысячи раз превышает электропроводность грунта. Например, стальная труба диаметром 325 мм с толщиной стенок 10 мм имеет сечение проводника 0,01 м$^2$ – равное сечению квадратного бруска стали с гранью 10 см. При удельном электрическом сопротивлении стали ρ, равном $1{,}3 \cdot 10^{-7}$ Ом·м, сопротивление $R$ одного метра трубы составит всего $1{,}3 \cdot 10^{-5}$ Ом, одного километра – 0,013 Ом.

Такой линейный проводник, во-первых, будет коллектором для любых блуждающих токов, тем или иным путём достигших его. Это может быть ток, стекающий с близкорасположенного анодного заземления станции катодной защиты, с электрифицированного железнодорожного полотна, пришедший по линейному электропроводному тектоническому нарушению, теллурический ток и т. п.

Во-вторых, ток по проводнику от точки ввода потечёт в обе стороны и станет стекать с него в грунт. На расстоянии в сотни метров это будет практически эквипотенциальный проводник. В однородной по электропроводности среде потенциал от линейного проводника в любой точке среды вне проводника определяется выражением [11]:

$$U = \frac{\rho I}{0.434 \cdot 2\pi b} \cdot \lg \frac{y + b_1 + (x^2 + (y + b_1)^2)^{0.5}}{y - b_2 + (x^2 + (y - b_2)^2)^{0.5}}; \qquad (3.1)$$

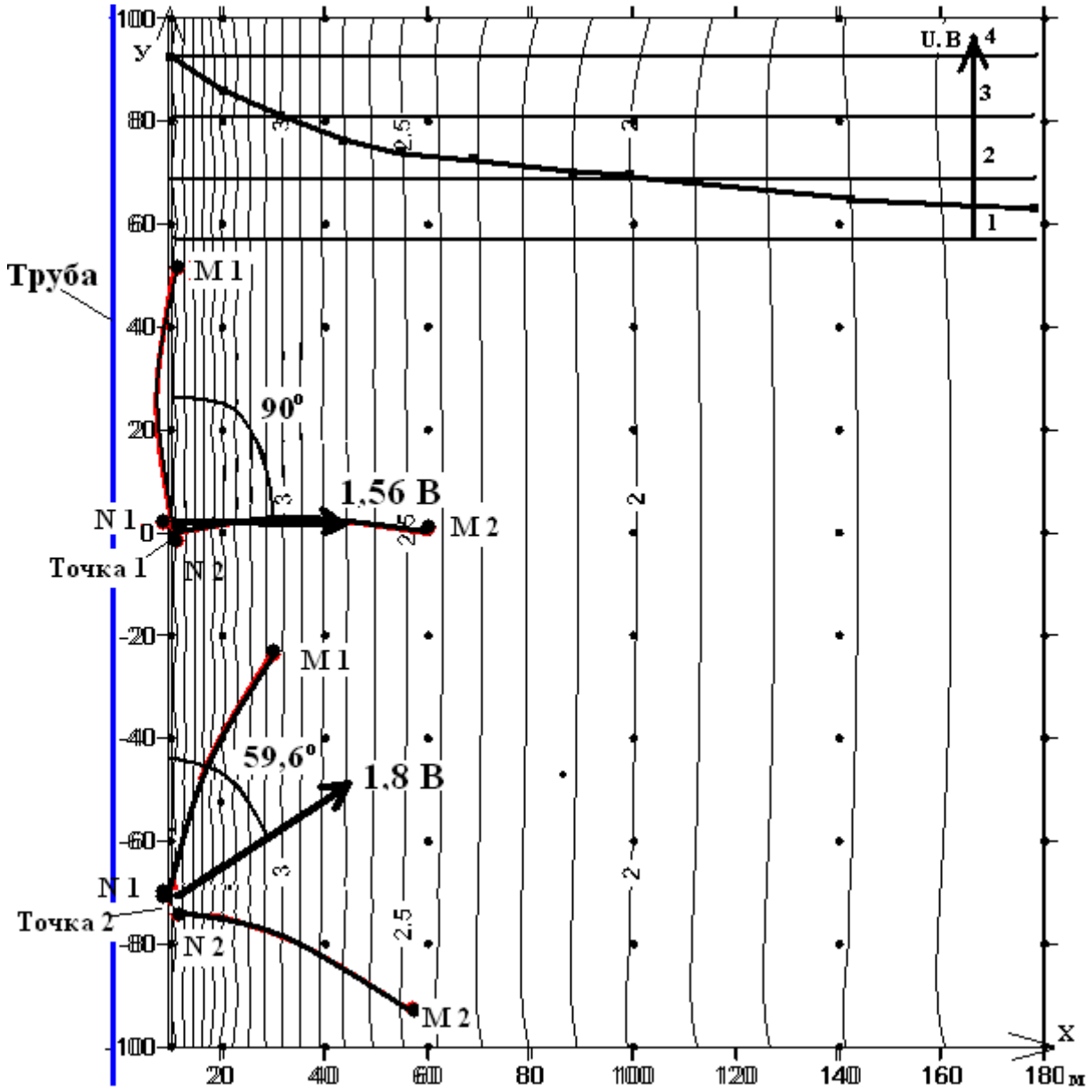



Рис. 3.2. Пример определения наличия блуждающих токов вблизи линейного электропроводного объекта:
точка 1 – параллельное расположение одной из линий *MN* объекту; точка 2 – поворот установки 22°. Стрелка указывает вычисленное направление тока (азимут в градусах) и разность потенциалов, измеренную угловой установкой с длиной приемных линий 50 м. УЭС среды 100 Ом·м. Ток, стекающий с трубы длиной 1000 м, равен 10 А. В верхней части рисунка показана кривая спада потенциала. Остальные пояснения – в тексте

где $b$ – длина проводника, примем её 1000 м; $b_1$ и $b_2$ – половинки длины проводника от точки начала координат системы расчета поля; 0,434 – множитель, учитывающий в формуле переход от десятичных логарифмов к натуральным; $x$ и $y$ – координатные оси (см.

рис. 3.2). При расчёте поля ток $I$ принят 10 А, удельное электрическое сопротивление среды ρ – 273 Ом·м, чтобы множитель перед логарифмом был равен 1.

Как видно на рис. 3.2, градиент потенциала вблизи линейного источника больше, чем на удалении от него. Установкой для измерения блуждающих токов в точке 1 будет зарегистрирована разность потенциалов минус 1,56 В в линии, ориентированной перпендикулярно к простиранию среды. Рассчитанный азимут течения тока (см. алгоритм расчета в разд. 3.2.2) составит 90°, как это и есть в модельном примере.

Установка, ориентированная не параллельно (повёрнута на 22° по часовой стрелке от азимута проложения трубы), покажет отрицательную разность потенциалов как в приемной линии $M1N1$(минус 0,94 В), так и $M2N2$ (минус 1,94 В). Суммарный вектор снижения потенциала от источника тока в среду при формальных методах расчёта указал бы направление тока по азимуту 59,6° и величину вектора 1,8 В, фактически завышенную на 15 % – за счет привлечения к расчётам составляющей напряжения в линии $M1N1$, расположенной в области высоких градиентов потенциала от линейного источника.

Отсюда следует вывод о важности строгого учёта расстояния приёмных электродов от исследуемого существующего электропроводного объекта в линии, располагающейся «параллельно» ему. В полевых условиях определить природу возможной разности потенциалов в этой линии возможно таким образом. Во-первых, если она обусловлена стеканием (натеканием) тока на объект, то в приемной линии, ориентированной перпендикулярно к линейному объекту, будет отмечаться разность потенциалов, превышающая таковую в параллельной линии. Во-вторых, перемещение приемного электрода $M$ параллельной линии в точку заземления, располагающуюся несколько ближе или дальше от трубы, обнаружит существенное изменение разности потенциалов, если объект сам является источником или приёмником токов. Впрочем, такие приемы работы не предусмотрены стандартной, по ГОСТ 9.602-2005, методикой определения наличия блуждающих токов и должны регламентироваться по времени и стоимости как специальные исследовательские.

### *3.1.2. Влияние УЭС грунтов на разность потенциалов*

Рассмотрим ещё один аспект определения наличия и направления блуждающих токов вблизи существующих линейных электропроводных объектов. Среда, в которой располагаются проводники, может быть неоднородной по величине УЭС. Потенциал от источника тока в среде прямо пропорционально зависит от величины УЭС. Теория электроразведки позволяет рассчитывать потенциал от точечных и линейных источников в среде, включающей контакты пород с различными УЭС, слои, пачки анизотропных по электропроводности пород, в среде с локальными электропроводными или высокомными объектами [4, 11]. Неоднородное геоэлектрическое строение среды в общем случае усложняет картину изменения потенциала в сравнении с таковой для однородной по электропроводности среде.

На одном простом примере покажем, что при определении наличия и направления блуждающих токов потенциальными установками метода естественного поля фактор влияния УЭС на потенциал от блуждающих токов следует принимать во внимание, по возможности учитывать, чтобы избежать существенных ошибок при решении конкретных исследовательских задач.

Особенно это важно при работах вблизи электропроводных объектов, выступающих источниками или приёмниками токов.

Пусть электропроводный объект (стальная труба) пересекает вертикальный контакт горных пород, УЭС которых различаются в два раза (рис. 3.3). Теорией и практикой электроразведки с линейными электродами установлено, что с эквипотенциального проводника в среду с чередованием пластов различного УЭС стекает одинаковый по интенсивности ток [12]. Одинаковая плотность стекающих токов с эквипотенциального проводника в среду с различными УЭС отдельных блоков обусловлена влиянием на плотность тока самого верхнего, вмещающего проводник, обычно относительно электропроводного (УЭС порядка 20-80 Ом·м), слоя рыхлых пород. Полевые работы по усовершенствованному методу изолиний включали установку дополнительных электродов в среде с низким УЭС, чтобы дополнительный ток вызвал возрастание в этой среде разности потенциалов вровень с таковой в слоях с высоким УЭС (это требовалось для получения прямолинейных изолиний на планшетах при поисках локальных рудных проводников) [13].

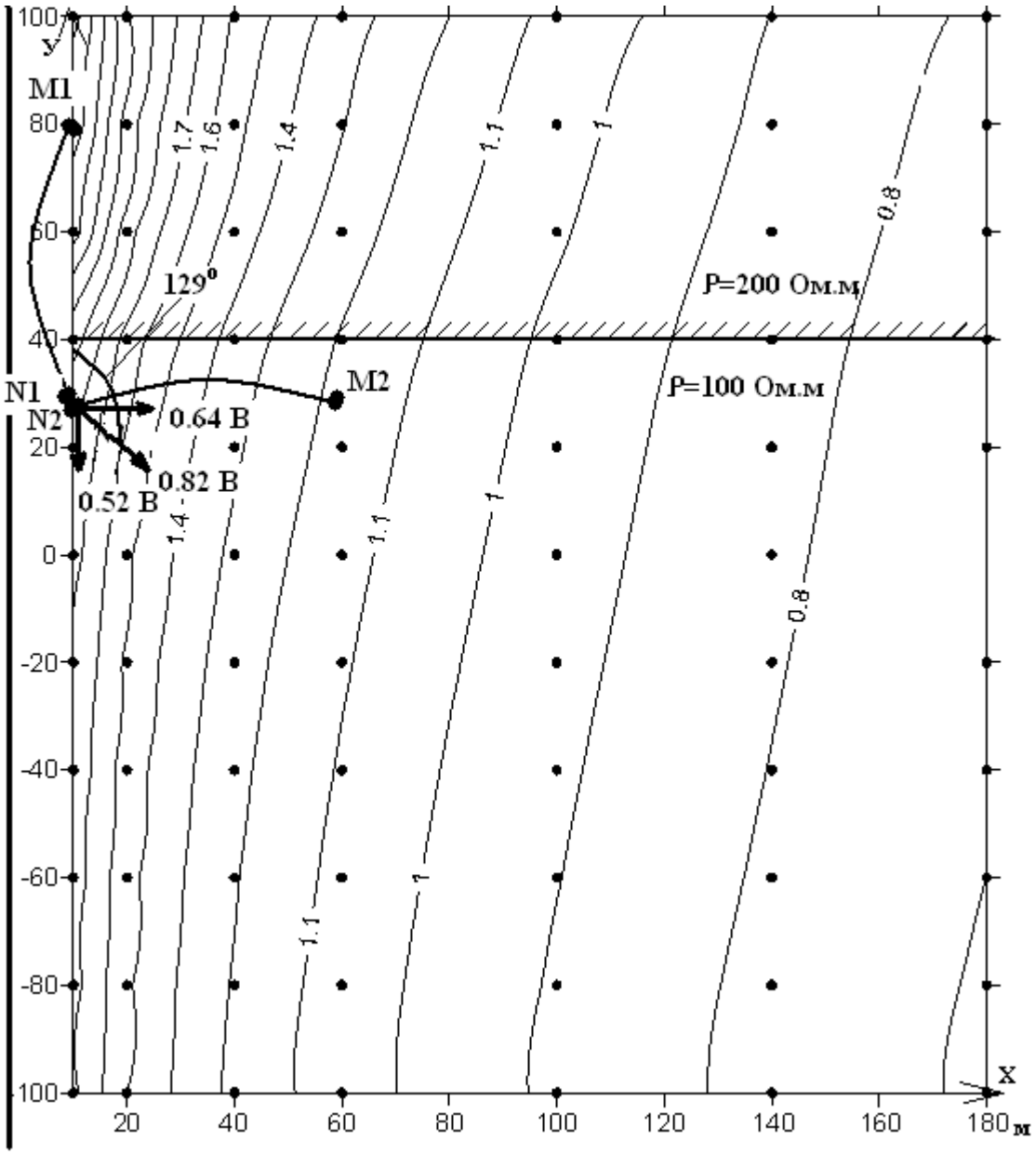



Рис. 3.3. Оценка разности потенциалов (в В) от линейного заряженного проводника в зоне контакта пород различного удельного электрического сопротивления. Длина проводника 1000 м, ток 10 А, угловая установка размером 50 м. Точками указаны места расчёта значений потенциала. Остальные пояснения – в тексте

Различие УЭС блоков вызовет приток электрического тока из среды с высоким УЭС в среду с низким. Это отразится на перекосе изолиний потенциала в районе контакта. (Расчёты потенциалов от линейного заряженного проводника выполнены по формулам, выведенным доцентом УГГУ В. А. Серковым). Угловая установка для определения интенсивности и направления тока, стекающего с проводника, расположенная одной из приемных линий параллельно

ему, зафиксирует разность потенциалов в каждой из измерительных линий. В практике изыскательских работ исследователь не наблюдает всю картину изолиний потенциала вблизи заряженного проводника. Формально по значениям измеренных разностей потенциалов в приведенном примере будет определено течение блуждающего тока в юго-восточном направлении, по азимуту 139$^{o}$ (см. рис. 3.3). В действительности силовые линии тока ортогональны направлению изолиний потенциала – т. е., азимут течения тока в точке измерений около 100$^{o}$.

Наличие контактов горных пород с различным удельным электрическим сопротивлением приводит к искривлению изолиний потенциала, возникающего в горных породах при прохождении через них блуждающих токов.

На рис. 3.4 приведены значения разностей потенциалов, которые могли бы быть измеренными установками приёмных электродов вблизи заряженного проводника. Такие локальные приемные установки рекомендуются методическими инструкциями [8, 10] для определения наличия и направления электрических токов вдоль подземных сооружений, для определения мест стекания и натекания токов на проводник – анодных и катодных зон.

Если не принимать во внимание истинную причину повышения значений потенциала (повышенное вдвое УЭС грунтов) на отрезке профиля наблюдений в интервале 40-100 м, то по данным измерений с ортогональной проводнику установкой в этой части будет ошибочно выделена область интенсивного стекания тока с проводника – «анодная зона». Но известно, что в обсуждаемом нами примере ток со всего проводника стекает одинаковый, т.е., весь проводник в равной мере находится в анодной зоне.

Точно так же формальное истолкование результатов измерения градиента потенциала вдоль заряженного проводника, пересекающего контакт грунтов с различными УЭС, приведёт к ошибочному выделению в районе отметки 60 м точки (см. рис. 3.4), от которой ток растекается в обе стороны вдоль проводника, в основном, в сторону максимального снижения потенциала, в «южном» направлении. Между тем, неизолированный от контакта с внешней средой проводник является почти эквипотенциальной средой, ток течёт только по нему, стекает с него в среду, но не течёт через высокоомную среду вдоль этого проводника, в 10 м от него.

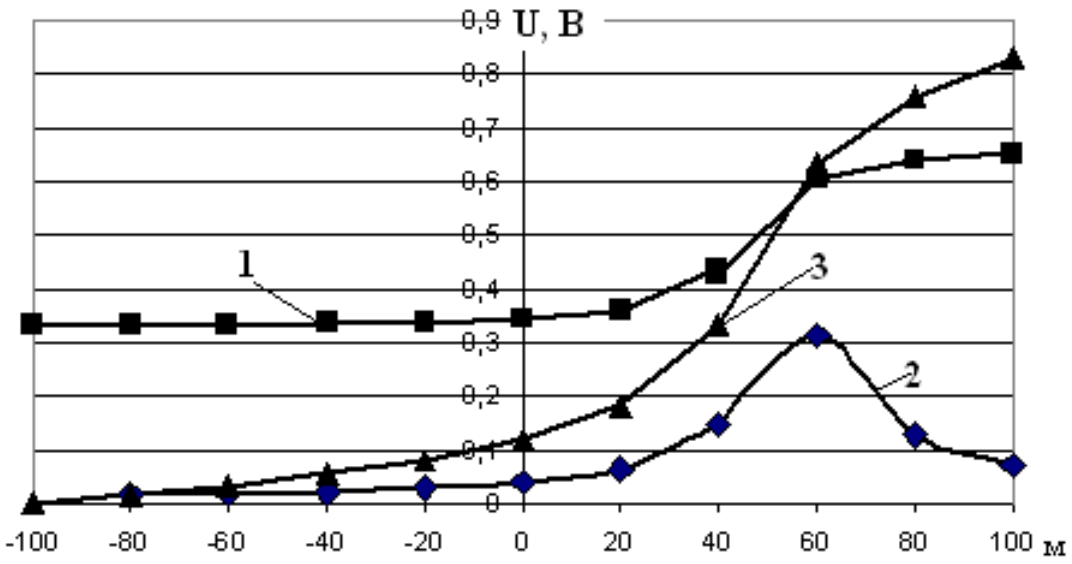



Рис. 3.4. Значения разностей потенциалов вблизи линейного заряженного проводника (см. рис. 3.3):
1 – разность потенциалов, измеренная перпендикулярной к проводнику установкой *MN*=20 м на удалении 10-30 м; 2 – градиент потенциала, измеренный параллельной установкой *MN*=20 м в 10 м от проводника; 3 – кривая суммы градиентов потенциала графика 2

Формальное истолкование особенности кривой потенциала вдоль проводника (см. рис. 3.4), на удалении 10 м от него, не учитывающее различие УЭС грунтов и вызванное этим увеличение потенциала в интервале 40-100 м, привело бы к выделению здесь «анодной» зоны.

Таким образом, наличие грунтов с различными УЭС определяет различие градиентов потенциала от блуждающих токов в них, особенно вблизи электропроводных объектов, которые сами могут являться проводниками, источниками, приемниками токов большой интенсивности. Потому при работах по определению наличия блуждающих токов на площадках и трассах знание УЭС грунтов необходимо для правильного истолкования измеренных значений разностей потенциалов.

В рассмотренном нами примере, иллюстрированном рис. 3.3 и 3.4, УЭС грунтов различаются в 2 раза. При проведении изыскательских работ в горно-складчатых областях соотношения УЭС различных блоков пород может достигать больших величин. Например, УЭС зоны тектонического разлома, заполненного в верхней части линейной глинистой корой выветривания, будет по-

рядка 20-80 Ом·м, УЭС коренных пород различного генезиса, вмещающих эту разломную зону, составит первые сотни-тысячи Ом·м [4]. То есть, градиенты потенциалов в блоках пород с различным электрическим сопротивлением могут отличаться существенно при прохождении через них токов одинаковой интенсивности, источниками которых являются близко расположенные от точек измерений линейные проводники.

В случаях измерения в неоднородной по УЭС среде блуждающих токов от источников любой формы и природы, удалённых от точек измерения, следует сознавать, что ток будет распространяться по путям наименьшего сопротивления, т. е., по зонам разломов, пластов, блоков пород с наименьшими значениями УЭС (в случае присутствия в природной среде неизолированных искусственных электропроводных линейных объектов блуждающие токи будут протекать по ним). Тогда повышенная плотность токов в блоках пород с пониженными УЭС обусловит относительное увеличение разности потенциалов, измеряемой на паре приемных электродов. Чтобы оценить плотность тока в районе точки измерений (а именно ток и определяет опасность и интенсивность электрохимической коррозии подземных сооружений), требуется знать удельное электрическое сопротивление грунтов. Методику расчётов плотности тока изложим в разделе 3.2 (пункт 3). Там же покажем необходимость учёта значений УЭС в точке измерений при вычислении плотности блуждающего тока.

### *3.2. Обработка результатов измерения разности потенциалов*

ГОСТ 9.602-2005 в пункте Д3 рекомендуемого прилож. Д указывает, что если в процессе измерений в линии длиной 100 м зафиксирована разность потенциалов более 0,5 В, то в этой точке следует отметить наличие блуждающих токов. В протоколе измерений на точке отмечается этот факт – и предполагается, что при проектировании защиты сооружения от коррозии это будет учтено наряду с другими факторами (агрессивность вод, коррозионная активность грунтов и др.) для расчетов степени защиты.

Мы полагаем, что при различных видах исследовательских задач, наряду с установлением факта наличия блуждающих токов, важно знать их природу, характер поведения, направление, плотность. Все эти элементы могут быть выявлены при обработке ре-

зультатов наблюдений. Приведём алгоритм обработки результатов по пунктам для удобства восприятия и использования методики.

1. Для оценки интенсивности измеренных разностей потенциалов и характера их поведения за время регистрации следует построить графики разностей потенциалов, измеренных в ортогональных линиях наблюдений (рис. 3.5, 3.6). Анализируя значения разностей потенциалов, приведённые на рис. 3.5, можно сделать заключение об относительно устойчивом характере блуждающих токов в этой точке во время проведения измерений. Среднее значение разности потенциалов в линии «юг-север» составляет плюс 38 мВ/50 м, в линии «запад-восток» – минус 39 мВ/50 м. В линии «юг-север» отмечались кратковременные – на 10-30 с – отклонения разности потенциалов от среднего значения на ±5-12 мВ. В те же моменты времени в линии «запад-восток» разность потенциалов не изменялась. Это указывает на наличие искусственного источника блуждающих токов, расположенного к югу или северу от линий наблюдений.

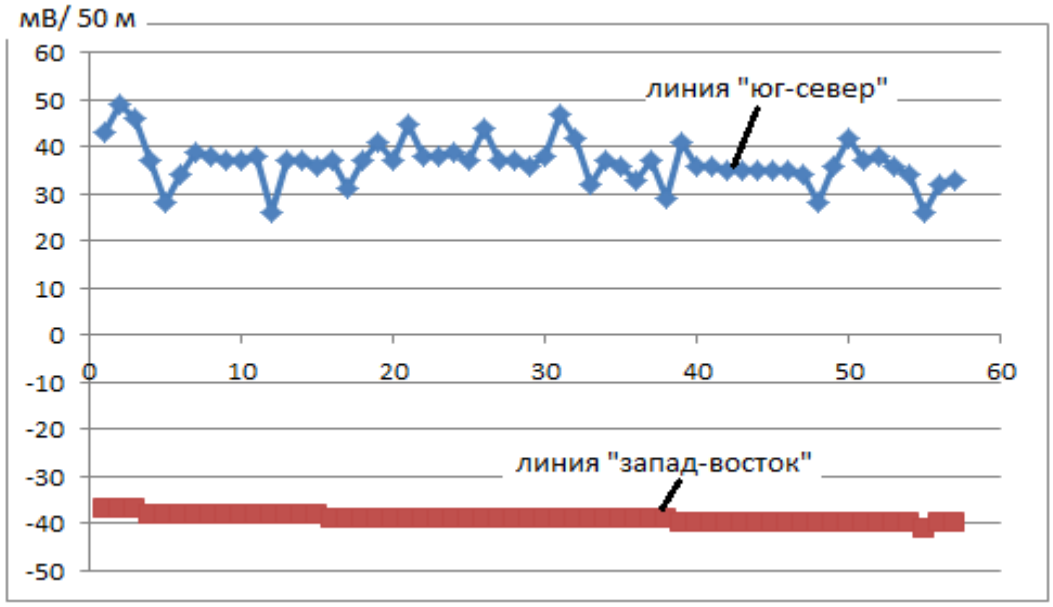



Рис. 3.5. Относительно устойчивые значения разности потенциалов блуждающих токов, измеренные угловой установкой приемных линий длиной 50 м через 10 с в г. Кировграде на перекрёстке ул. Ленина-Кировградская

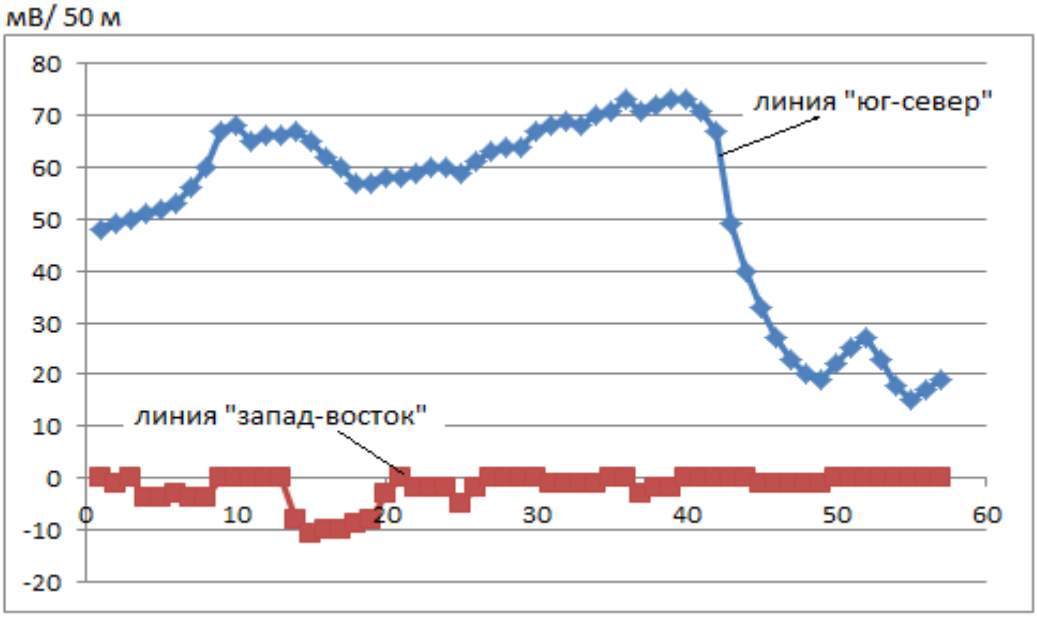



Рис. 3.6. Пример неустойчивых во времени значений разности потенциалов блуждающих токов в г. Кировграде на перекрёстке ул. Ленина-Кирова

Картина поведения измеренных разностей потенциалов, приведённая на рис. 3.6, показывает течение тока за время наблюдения в субмеридиональном направлении, с севера на юг, и изменение его интенсивности втрое в последней четверти интервала наблюдений. Здесь исследователю более интересно максимальное значение тока, характер его спада, новое установившееся значение поведение тока, чем характеристика его среднего значения за период наблюдений. Последнее значение может быть равным и нулю, если ток за время наблюдений сменил направление на противоположное. Такое наблюдается, например, вблизи железных дорог при остановке и отправлении электропоезда со станции: при остановке состав отдаёт ток своих динамомашин в контактную сеть, при наборе скорости – забирает ток.

Максимальное значение тока, его полярность при стекании или натекании на подземные металлические сооружения имеют важное значение при определении опасности коррозии – потому эти сведения и следует отразить в камеральных отчётных материалах по обработке материалов измерений разностей потенциалов.

2. Определение направления тока в районе точек наблюдений. Если за время измерений разности потенциалов в обеих ортогональных линиях были стабильными, то следует, что ток не изменял направления и интенсивности. Проиллюстрируем определение

направления тока графическими построениями векторов разностей потенциалов (рис. 3.7). Рассчитаем среднее значение разности потенциалов. В примере, изображенном на рис. 3.6, в линии «юг-север» она равна 38 мВ/50 м, в пересчёте на базу наблюдения 100 м среднее значение разности потенциалов *U* составит 76 мВ. При измерениях электрод *M* располагался к северу от точки измерений, он и показал повышенное (положительное) значение потенциала именно там. Следуя правилу изображения движения тока от области с повышенным (положительным) потенциалом к области с пониженным, отложим из точки измерений вектор потенциала в направлении с севера на юг.

Потенциал *U* в линии «запад-восток» при пересчёте на базу измерений 100 м составляет минус 78 мВ. Электрод *N* располагался на западе, *M* – на востоке. В зоне электрода *M* потенциал ниже, значит, вектор снижения потенциала направим из точки наблюдений на восток.

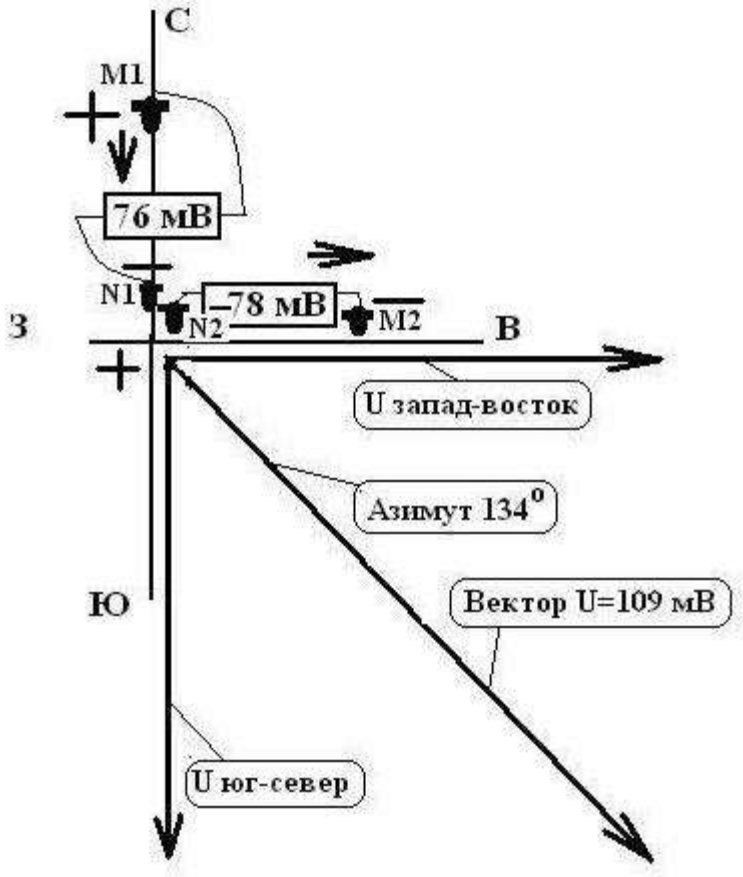



Рис. 3.7. Пример построения вектора разности потенциалов от блуждающего тока в грунте по измерениям с угловой установкой

Суммарный вектор разности потенциала можно построить графически, рассчитать по теореме Пифагора, он составит 109 мВ. Азимут его **А**, отсчитанный вправо от направления на север, можно рассчитать по формуле:

$$\acute{R} = \text{arctg}\frac{U\,\text{çŕď\'ra} - \text{âîńńîę}}{U\,\text{ţă} - \acute{n}\acute{l}\hat{a}\acute{l}đ}. \qquad (3.2)$$

В этом примере он составит 134°. При использовании формулы (3.2) следует учитывать знаки разностей потенциалов, определяющие номер квадранта, в котором будет расположен суммарный вектор.

В случае, когда за период наблюдений разность потенциалов в каждой из ортогональных линий изменяет величину и даже знак, можно определить интенсивность и направление вектора суммарного потенциала в любой момент времени. Это и будет служить характеристикой поведения блуждающего тока в данной точке в данное время, по которым можно судить об источнике тока, его интенсивности, опасности для защищаемых от коррозии сооружений.

Если ориентировка измерительной установки была привязана к проложению трассы исследований, т. е., одна приемная линия была направлена параллельно трассе, а другая – вкрест, то азимут течения тока можно также привязать к простиранию трассы или привести к полярной географической системе, внеся поправку за ориентировку трассы в каждой точке измерений.

3. Определение плотности блуждающих токов $j$ (в мА/м$^2$) можно сделать, зная измеренную разность потенциалов $U$ (мВ) в приемной линии $MN$ длиной $L$ (м), удельное электрическое сопротивление ρ (Ом·м = мВ·м/мА) грунта, в котором распространяется ток, по формуле

$$j = \frac{U}{L \cdot \rho}. \qquad (3.3)$$

Удельное электрическое сопротивление грунта определяют электроразведочными методами (см. разд. 2), лабораторными [1], принимают типичные значения, определённые ранее для данного грунта в данном регионе.

Для примера, иллюстрированного рис. 3.5, параметры которого приведены в пункте 2 настоящего раздела, при условии, что УЭС грунта в точке измерений 70 Ом·м, плотность тока составляет 0,016 мА/м$^2$. Разность потенциалов при расчёте принята 109 мВ, т. е., её полный вектор. Размер установки $L$=100 м.

Важность учёта УЭС среды, в которой проводится измерение разности потенциалов блуждающих токов и расчёт плотности тока, покажем, используя значения разности потенциалов от тока, стекающего с линейного проводника в среду, включающую контакт грунтов с УЭС 100 и 200 Ом·м (см. рис. 3.3). Если при расчёте плотности тока по формуле (3.3) использовать некое усреднённое, неточное, перенесённое с других точек замеров значение УЭС в точку, где проведена регистрация разности потенциалов блуждающих токов, то это приведёт к ошибкам в определении интенсивности блуждающего тока. На рис. 3.8 показано, что в блоке более высокоомных грунтов плотность тока будет завышена, если в расчётной формуле использовать значения УЭС грунтов, измеренные в соседнем блоке.

Ещё можно отметить завышение значений плотности тока в точках, расположенных в низкоомной среде, но располагающихся вблизи контакта и на контакте с высокоомной средой – за счёт характерной особенности поля потенциала в блоково-неоднородной по электропроводности среде. Потому выбор точек измерения блуждающих токов целесообразно делать после проведения измерений УЭС грунтов, с учётом знания о наличии блоков различного сопротивления, в пределах блоков, не на их границах.

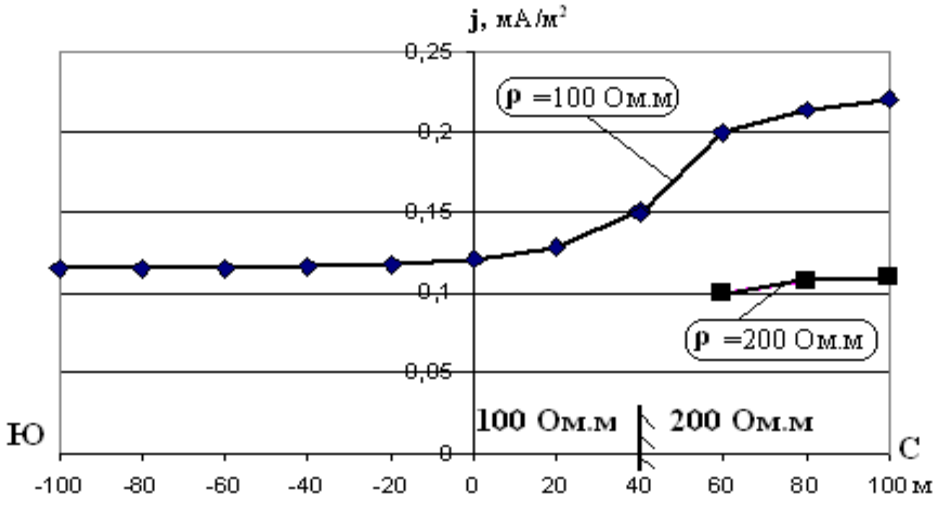



Рис. 3.8. Значения плотности тока *j*, рассчитанные по формуле (3.3), для условий примера стекания тока с линейного проводника в среде с блоками пород, УЭС которых 100 и 200 Ом·м (см. рис. 3.3), по «измерениям» разности потенциалов установкой приемных электродов разносом 50 м, расположенных перпендикулярно к проводнику

При расчёте плотности блуждающих токов в среде, имеющей горизонтально-слоистое строение, с различными УЭС слоёв, следует полагать, что ток наибольшей плотности течёт в слое с наименьшим УЭС. Теорией и практикой рудной электроразведки установлено [4, 11], что в многослойной среде линии потенциала от источника тока на границе слоёв с различными УЭС не испытывают разрыва, а напряжённость поля – испытывает, и плотность тока в этих слоях различная. При расчётах плотности токов в точках, где определяют потенциальную коррозионную активность грунтов, следует использовать УЭС самого низкоомного слоя. Возможно, подземное металлическое сооружение будет залегать не в самом этом слое, а в более высокоомном. Тем не менее, блуждающий ток, распространяющийся на огромной площади по электропроводному слою и преодолевающий природное сопротивление со стороны горной породы своему растеканию, в случае наличия неизолированного металлического проводника, располагающегося в соседнем слое, может преодолеть на небольшом расстоянии сопротивление более высокоомного слоя и перетечь в проводник. К тому же, если проводник протяжённый, потенциал его может существенно отличаться от потенциала среды в районе протекания блуждающего тока. Он может быть нулевым, иметь пониженный потенциал, как в той части пространства, куда течёт ток. В этом случае линейный проводник, имеющий электропроводность, во много раз превышающую электропроводность грунтов, шунтирует блуждающий ток, проведёт его через своё сечение. В любом случае, если потенциал проводника отличен от потенциала среды в данной точке, вблизи проводника создастся высокая напряжённость электрического поля, которая будет влиять на носителей электрического тока и «притягивать» их к проводнику.

Результаты обработки разностей потенциалов блуждающих токов ортогональной установкой можно представить в табличной форме, включающей следующие виды колонок:

| Номер точки | Разность потенциалов в линии «юг-север», мВ/100 м | Разность потенциалов в линии «запад-восток», мВ/100 м | Вектор разности потенциалов, мВ/100 м | Азимут тока А, градусы | Плотность тока, мА/м$^2$ | УЭС грунта, Ом·м |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 76 | -78 | 109 | 134 | 0,015 | 70 |

# 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНОДНЫХ И КАТОДНЫХ ЗОН БЛУЖДАЮЩИХ ТОКОВ

Определение в грунтах и на сооружениях зон стекания тока (анодная) и натекания (катодная) требует знания о наличии, направлении токов, объектах, способных проводить ток. Поясним эту терминологию и ситуацию рисунком (рис. 4.1).

Станция катодной защиты подаёт отрицательное напряжение минус 0,8 В на металлический трубопровод с целью его защиты от коррозии. Пластина анодного заземления помещена в нескольких сотнях метров от трубы в тектоническую электропроводную зону. Ток с анода под действием разности потенциалов по грунту будет двигаться к катоду. Последний – заземление линейного типа, потому силовые линии тока будут направлены к нему широким фронтом, составляющим сотни метров. Но и анодное заземление, помещенное в зону с наименьшим электрическим сопротивлением, в данном случае в тектоническую зону, будет фактически не точечным, а, по виду растекания тока, –линейным. Еще более электропроводный стальной водовод, пересекающийся с тектоническим нарушением, примет на себя часть тока анодного заземления. В примере, приведённом на рис. 4.1, водовод располагается в противоположной от катодного заземления стороне, и основные линии напряженности поля дипольной установки располагаются между катодным и анодным заземлениями. Тем не менее, водовод будет заряжен от анодного заземления и сам станет частью анодного заземления, то есть, потенциал его удалённых от анодного заземления частей относительно грунта будет положительным и он будет подвержен опасности электрохимической коррозии.

Картина распределения тока в грунтах может быть установлена в результате системных наблюдений за разностями потенциалов при помощи измерительных установок. Так можно установить положение анодных и катодных зон подземных сооружений и предусмотреть меры защиты от коррозии.

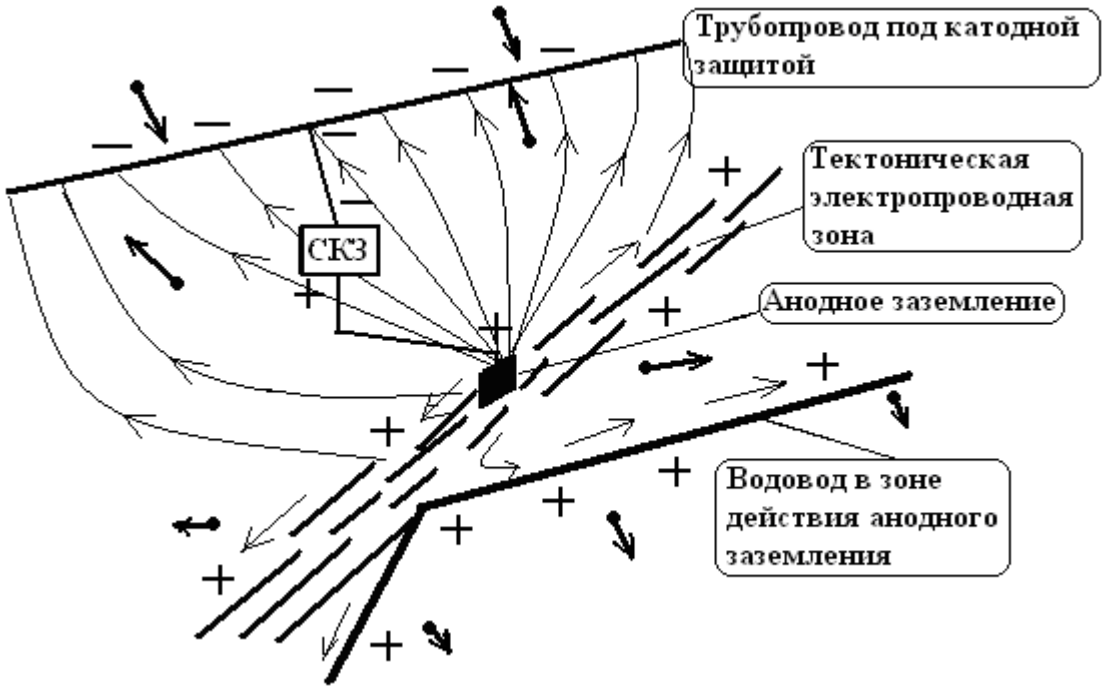



Рис. 4.1. Катодные и анодные зоны на искусственных металлических сооружениях вблизи станции катодной защиты (СКЗ). Тонкие стрелки показывают направление растекания тока от силовой установки СКЗ. В точках показано направление и интенсивность вектора разности потенциалов от токов в грунте

На рис. 4.2 приведён ещё один случай возникновения на линейном проводнике зон натекания и стекания тока, возникших в результате шунтирования этим проводником блуждающего тока, распространяющегося в грунте. Источником блуждающего тока в рассматриваемом примере могут быть токи теллурической природы, фильтрационной, искусственной (стекание с линейного проводника). При плотности 0,01 мА/м$^2$ ток создаст в грунте с УЭС 100 Ом·м градиент потенциала, линии которого могут быть установлены работами методом естественного поля [3, 9]. Линейный стальной неизолированный проводник (труба водовода от водозаборной скважины) в поле тока выступит эквипотенциальным проводником, около которого изолинии потенциала буду искривлены: в районе скважины пониженный потенциал протяженного проводника, дальний конец которого находится в области «отрицательного» поля, «оттолкнёт» положительные значения потенциала. Здесь потенциал проводника будет на 0,33 В ниже потенциала грунта. Значит, здесь на трубе создастся смещение потенциала в катодную зону, что замедлит скорость коррозии металла.

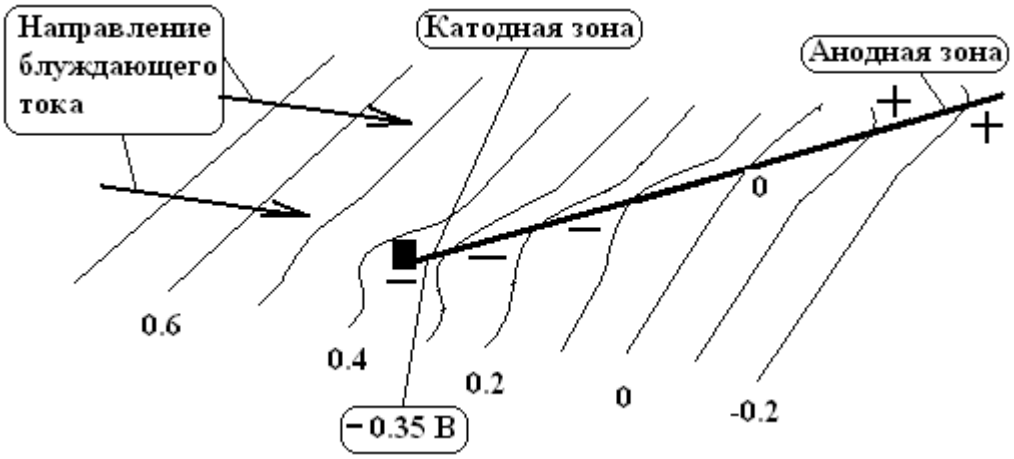



Рис. 4.2. Искажение стальным неизолированным водоводом изолиний потенциала (в В) в грунте с УЭС 100 Ом·м от блуждающего тока плотностью 0,01 мА/м$^2$

Наоборот, на отрезке трубы, удалённом от скважины, в результате стекания тока с металлического проводника создастся смещение потенциала в положительную сторону, это анодная зона, подверженная электрохимической коррозии. Будь такой проводник расположенным в зоне влияния, например, электрофицированной железной дороги, где токи утечек в момент прохождения составов могут составлять десятки ампер, отдельные его части будут подвергаться интенсивной электрохимической коррозии.

Проведение электроразведочных работ по определению наличия и интенсивности блуждающих токов на участках изысканий позволит установить их источники, характер, выработать меры защиты сооружений от коррозии.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Защита подземных металлических сооружений от коррозии – важная технологическая и экономическая задача. В силу наличия многообразных процессов и факторов, влияющих на скорость коррозии, эта задача является и чрезвычайно сложной. Так же как невозможно отменить решение этой задачи, так же невозможно и упростить подход к её решению, особенно на стадии прогнозирования опасности и активности коррозионных процессов. Электроразведочные методы определения характера геоэлектрического разреза, коррозионной активности грунтов, наличия блуждающих токов, их источников, характера, направления, интенсивности должны выступать обязательным и основополагающим этапом исследования и решения задачи защиты сооружений от коррозии.

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *ГОСТ 9. 602-2005*. Единая система защиты от коррозии и старения. Подземные сооружения. Общие требования к защите от коррозии
2. *СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства*. Часть I. Общие правила производства работ
3. *СП 11-105-97. Правила производства работ в районах распространения многолетнемёрзлых грунтов.* Часть IV
4. *Якубовский Ю. В., Ренард И. В*. Электроразведка: учебн. для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1991. 359 с.
5. *Саковцев Г. П.* Сравнение чувствительности разных методов электропрофилирования к поверхностным и глубинным неоднородностям. // Вопросы разведочной геофизики. Вып. XXXIV. Госгеолтехихдат. М., 1959. с. 36-50.
6. *Кузин А. В.* Трёхэлектродные ВЭЗ вблизи электропроводной линейной помехи. // Известия УГГГА, вып. 18. Серия Геология и геофизика. Екатеринбург, 2003. С. 200-206.
7. *Сапожников В. М., Голиков Ю. В., Петряев В. Е.* О целесообразности вертикального электрического зондирования двухэлектродной установкой в рудных районах. // Геофизические методы поисков и разведки рудных и нерудных месторождений. Свердловск, 1980. С. 36-43.
8. *Руководство по эксплуатации систем противокоррозионной защиты трубопроводов.* М., ВНИИГАЗ, 2003. – 163 с.
9. *Инструкция по электроразведке*. Л., Недра, 1984. 352 с.
10. *Озёрская М. Л.* Исследование коррозии подземных металлических сооружений методами электроразведки. Гостоптехиздат. М., Л., 1950. 80 с.
11. *Редозубов А. А.* Электроразведка. Часть 1. Электроразведка постоянным током. Поляризационные методы электроразведки: учебное пособие. Екатеринбург: УГГГА, 2004. 327 с.
12. *Козырин А. К., Косых Е. С., Блинкова Н. В.* Поле линейного электрода в слоистых средах. – Методика поисков и разведки глубокозалегающих рудных месторождений. Труды Свердловского горного ин-та, вып. 128. Свердловск, Изд-во СГИ, 1975. С. 76-88.
13. *Серков В. А.* Выбор оптимальной установки в усовершенствованном методе изолиний. // Методика поисков и разведки глубокозалегающих рудных месторождений. Труды Свердл. горного ин-та, вып. 128. Свердловск, Изд-во СГИ, 1975. С. 27-35.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ……3
1. ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ КОРРОЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ ГРУНТОВ И БЛУЖДАЮЩИХ ТОКОВ ……4
2. ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОРРОЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ ГРУНТОВ……..……8
2.1. Методика работ……8
2.2. Аппаратура и оборудование для измерения УЭС грунтов…….12
3. ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫЕ МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ БЛУЖДАЮЩИХ ТОКОВ…..……..14
3.1. Методика измерения разности потенциалов блуждающих токов…….14
3.1.1. Измерительные установки, способы регистрации……...14
3.1.2. Ориентировка измерительной установки……15
3.1.3. Влияние УЭС грунтов на разность потенциалов……19
3.2. Обработка результатов измерения разности потенциалов…….23
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНОДНЫХ И КАТОДНЫХ ЗОН БЛУЖДАЮЩИХ ТОКОВ……..……30
ЗАКЛЮЧЕНИЕ…….……....33
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ……...…….34

**МИНОБРНАУКИ РФ**
**ФГБОУ ВО**
**«Уральский государственный горный университет»**

**Л. И. Кралина, Г. А. Усов, Ф. П. Сердюков**

# БУРОВЫЕ СТАНКИ И БУРЕНИЕ СКВАЖИН

***Методические указания***

**по выполнению курсового проекта**
**по дисциплине**
**«Буровые станки и бурение скважин»**

**для студентов специальности**
**21.05.02 Прикладная геология**

***очного и заочного обучения***

**Екатеринбург**
**2018**

Оглавление

1. Общие положения ……3
2. Объем курсового проекта и его оформление ……3
3. Содержание основных разделов проекта ……4
Введение……4
3.1. Гидрогеологическая характеристика разреза……..4
3.2. Выбор и характеристика средств откачки ……..……4
3.3. Выбор и расчет фильтра ……...5
3.4. Выбор способа бурения и расчет конструкции скважины …….....5
3.5. Технология бурения скважин……...6
3.6. Выбор бурового оборудования и инструмента……...7
3.7. Вскрытие и освоение водоносного пласта …….8
3.8. Промсанитария, техника безопасности и охрана окружающей среды.....8
Рекомендуемая литература …….8
Приложение 1. Пример выполнения титульного листа курсового проекта…….9
Приложение 2. Пример бланка задания …….10
Приложение 3. Геолого-технический наряд……...12

## 1. Общие положения

Студенты специальности Прикладная геология выполняют курсовой проект по бурению скважин на воду после изучения дисциплины «Буровые станки и бурение скважин». Это самостоятельная работа, характеризующая умение студентам решать комплексные инженерные задачи в зависимости от конкретных технико-экономических и гидрогеологических условий производства работ.

Целью курсового проекта является закрепление и углубление знаний по дисциплине «**Буровые станки и бурение скважин**» и их практическое применение к решению конкретных инженерных задач, знакомство с методикой пользования специальной и справочной литературой. Курсовой проект можно рассматривать как важнейший этап подготовки к работе над технической частью дипломного проекта.

Курсовой проект разрабатывается на основании фактических материалов, собранных студентами на производственной практике. Эти материалы включают геологическую карту района производства работ, геологический разрез с указанием места заложения проектной скважины, гидрогеологическую характеристику разреза с подробными данными о всех водоносных горизонтах и ориентировочном проектном дебите каждого из них.

Курсовой проект выполняется под руководством преподавателя кафедры технологии и техники разведки месторождений полезных ископаемых. Каждый студент перед началом проектирования получает у руководителя индивидуальное задание, в котором содержатся формулировка темы проекта, характеристика проектного геологического разреза, данные о проектном дебите скважины, статическом уровне подземных вод и условиях производства работ.

## 2. Объем курсового проекта и его оформление

Курсовой проект выполняется на бумаге формата А4 (210×297) с одной стороны листа. С левой стороны листа оставляется поле для подшивки 30 мм; с верхней – 20 мм; с правой – 15 мм; с нижней – 35 мм, на котором посередине проставляется порядковый номер страницы.

После титульного листа (приложение 1) помещается задание на курсовой проект, затем содержание, и далее следует текст. В конце проекта приводится список используемой литературы и приложения.

Текст пояснительной записки должен быть выполнен на компьютере. Общий объем записки курсового проекта – 25-30 с.

Графические приложения к тексту выполняются на плотной бумаге, кальке или миллиметровке формата 210×297 мм и подшиваются вместе с текстом записки. На отдельном листе формата А3 выполняется чертеж, на котором могут быть представлены геолого-технический наряд, схемы различных устройств, технологические схемы откачки, вскрытия, освоения водоносных пластов.

Пример оформления геолого-технического наряда представлен в приложении 3.

Текст курсового проекта включает следующие основные разделы.

Вводная часть – 5 % от всего объема.

Гидрогеологическая часть – 5-10 % объема.

Технико-технологическая часть – 85-90 % объема.

Разработка и изложение отдельных вопросов в проекте должны быть осуществлены в следующей последовательности.

Содержание курсового проекта:

Введение

1. Гидрогеологическая характеристика разреза.
2. Выбор и характеристика средства откачки.
3. Выбор и расчет фильтра.

4. Выбор способа бурения и расчет конструкции скважины.
5. Выбор бурового оборудования и инструмента.
6. Вскрытие и освоение водоносного пласта.
7. Техника безопасности и охрана окружающей среды.

Список использованной литературы.
Приложения.

## 3. Содержание основных разделов проекта

**Введение.**

Во введении обосновывается назначение проектируемой скважины. Приводятся общие сведения о районе работ, дается его краткая физико-географическая и экономическая характеристика, оцениваются условия производства работ по бурению и оборудованию скважин, отмечается обеспеченность электроэнергией, топливом, водой, глиной и т. д.

### 3.1. Гидрогеологическая характеристика разреза

Приводится описание литологического состава горных пород, указываются их мощность, физические свойства, категория буримости, дается характеристика коллекторских свойств пород водоносных горизонтов (трещиноватость, гранулометрический состав, пористость, проницаемость), величина дебита каждого водоносного горизонта и статический уровень подземных вод.

Затем приводится характеристика тектонических зон и указываются возможные осложнения при их бурении.

Геологический разрез составляется в масштабе 1:200 или 1:500.

### 3.2. Выбор и характеристика средств откачки

В зависимости от целевого назначения скважины и ее дебита выбирается наиболее рациональный способ подъема воды из скважины. Выбор водоподъемной установки производится с учетом следующих исходных данных:

1) проектного дебита скважины;
2) глубины установки водоподъемных средств;
3) особых условий производства откачки, обусловленных повышенной температурой, минерализацией или высоким загрязнением воды. При этом фактические производительности и напор выбранного водоподъемника должны быть равны или несколько больше проектных. Особое внимание уделяется размерам водоподъемника, особенно его диаметру, который влияет на выбор размера водоподъемных труб и, следовательно, на конструкцию скважины. Обычно необходимо выбирать водоподъемники с минимально возможными размерами рабочих органов, что упрощает и удешевляет конструкцию скважины.

Водоподъемные установки выбираются по справочникам на основании данных о проектном дебите и динамическом уровне откачки.

Эрлифты применяются на стадии испытания, освоения водоносных горизонтов и при откачке из разведочных скважин. Выбранная схема эрлифта должна быть рассчитана для определения основных его параметров: глубины погружения смесителя, удельного расхода воздуха и производительности эрлифта, диаметров водоподъемных и воздухопроводных труб.

### 3.3. Выбор и расчет фильтра

Производительность скважины в процессе откачки зависит от правильного выбора водоприемной части скважины (типа фильтра и от его геометрических размеров).

Тип, конструкция фильтра выбираются в зависимости от характера пород (гранулометрического состава) водоносного горизонта, назначения скважины, ее производительности и глубины, агрессивности вод и ряда других факторов.

Необходимые конструктивные размеры фильтра для конкретных условий откачки определяются расчетом.

Диаметр и длина рабочей части фильтра подбираются и рассчитываются с учетом дебита скважины, коэффициента фильтрации пород водоносного горизонта и его мощности.

При этом необходимый диаметр фильтра рассчитывается исходя из диаметра выбранного водоподъемника, а точнее диаметра эксплуатационной колонны. При мощности водоносного горизонта, не превышающей 10 м, диаметр фильтра рассчитывается с учетом проектного дебита скважины, рабочей длины фильтра и коэффициента фильтрации пород. В данном случае длина рабочей части фильтра принимается равной мощности водоносного горизонта (10 м), а при мощности более 10 м рассчитывается на основании проектного дебита скважины диаметра фильтра. Скважность фильтра выбирается с учетом характеристики пород водоносного горизонта и должна обеспечивать водопропускную способность фильтра с минимальным сопротивлением движению и с допустимой скоростью движения воды, которая не приводит к переносу частиц шлама в скважину.

При правильном выборе и расчете параметров фильтра его водопропускная способность должна быть равна или более проектного дебита скважины.

### 3.4. Выбор способа бурения и расчет конструкции скважины

Выбор способа бурения скважин на воду производится с учетом гидрогеологических условий, проектной глубины скважины, ее целевого назначения, экономичности и качественных показателей по вскрытию и освоению водоносного горизонта.

В настоящее время применяются следующие способы бурения скважин на воду: роторный, колонковый, ударно-вращательный и ударно-канатный.

Роторный способ применяется при бурении разведочно-эксплуатационных и эксплуатационных скважин на воду в твердых, трещиноватых породах с промывкой водой, в мягких породах, а также в тектонических зонах сильно рассланцованных, перемятых пород с промывкой глинистым раствором. В районах с затрудненным водоснабжением (Крайний Север, Средняя Азия) роторное бурение целесообразно использовать с продувкой воздухом или применять пневмоударное бурение. Роторное бурение рекомендуют использовать при вскрытии глубокозалегающих водоносных горизонтов, и оно отличается более высокой производительностью и экономичностью по сравнению с другими способами.

Канатно-ударное бурение применяется для бурения разведочно-эксплуатационных, эксплуатационных и дренажных скважин большого диаметра (свыше 500 м) при вскрытии низконапорных горизонтов. Оно отличается высокой металлоемкостью конструкции скважин и является более дорогостоящим по сравнению с роторным бурением. Канатно-ударный способ рекомендуется при бурении скважин глубиной до 150 м в породах осадочного комплекса, представленного средне- и крупнозернистыми песками, плывунами, валунно-галечными отложениями, а также сильно трещиноватыми и кавернозными породами, в которых использование роторного бурения весьма затруднительно.

Колонковый способ в основном применяется при бурении разведочных скважин на воду небольшого диаметра (до 200 мм) в породах различной крепости.

После выбора способа бурения проектируется конструкция скважины. При бурении скважин на воду выделяют следующие элементы конструкции скважин: кондуктор (направление), эксплуатационную колонну и фильтр.

При проектировании конструкции скважины необходимо учитывать специфику и возможности выбранного способа бурения. В частности, расчетные диаметры бурения обсадных труб должны быть указаны со стандартными размерами бурового инструмента конкретно для выбранного способа бурения.

### 3.5. Технология бурения скважин

Технология бурения разрабатывается на основании составленного ранее геологического разреза с учетом физико-механических свойств горных пород и характеристик водоносных горизонтов. При этом для каждой разновидности горных пород выбираются рациональные конструкции буровых наконечников и определяются технологические параметры режима бурения этими наконечниками.

Прежде всего необходимо выбрать типы буровых наконечников (коронки, долота) и установить их необходимые характеристики в соответствии с конструкцией скважины.

Затем для вращательных способов бурения выбирается вид промывочной жидкости и определяются необходимые параметры (например, глинистых растворов), характеризующие их качество. Параметры промывочных жидкостей (удельный вес, вязкость, водоотдача, статическое напряжение сдвига, содержание песка и др.) применяются в зависимости от возможных осложнений при бурении скважин.

После этого рассчитываются рациональные величины технологических параметров режима бурения. Для вращательных способов бурения это – осевая нагрузка на породоразрушающий инструмент, частота вращения бурового снаряда и количество промывочной жидкости, нагнетаемой в скважину. Для ударно-канатного бурения определяются вес, высота сбрасывания и частота ударов бурового инструмента.

Необходимо также разработать мероприятия по борьбе с возможными осложнениями при бурении скважин (обвалы стенок скважин, поглощения промывочной жидкости и др.).

Устье скважины оборудуется направлением или кондуктором. Эксплуатационная колонна обеспечивает крепление ствола скважины, в ней обычно устанавливают насос для подъема воды.

В скважинах со сложным геологическим разрезом, в котором может встречаться несколько зон осложнений, устанавливают иногда промежуточную колонну, которая обычно следует после кондуктора. Выбор конструкции разведочно-эксплуатационной скважины необходимо начинать с определения типа водоподъемника и его диаметра, который определяет внутренний диаметр эксплуатационной колонны:

$$D_{в.эк} = D_{в} + 2\Delta,$$

где $D_{в}$ - наружный диаметр водоподъемника, мм; $\Delta$ - зазор между водоподъемником и эксплуатационной колонной, мм.

Диаметр долота под эксплуатационную колонну определяется из условия:

$$D_{д} = D_{м} + 2\delta,$$

где $D_{м}$ - наружный диаметр муфты, мм; $\delta$ - зазор между муфтой и скважиной, мм.

Для $D_{м}$ <250 мм $\delta$ = 25 мм; для $D_{м}$ >250 мм $\delta$ =20-50 мм.

Чем больше выход колонны из-под башмака обсадных труб, тем больше должен быть зазор $\delta$.

Диаметр фильтра подбирают из условия обеспечения необходимого водопритока. Конечный диаметр скважины определяется необходимостью проведения комплекса гидрогеологических исследований и наблюдений.

Особое внимание уделяется технологии бурения скважин в интервалах водоносных горизонтов, направленной на сохранение естественной водопроницаемости водоносных пластов.

В случае бурения разведочных скважин устанавливаются интервалы бурения с отбором керна для составления детального геологического разреза и проведения исследований образцов горных пород. Особое внимание необходимо уделить разработке мероприятий по обеспечению получения качественного керна с интервалов водоносных горизонтов. С целью обеспечения получения качественных образцов горных пород при бурении необходимо выбрать комплекс технических средств и разработать специальные технологические и организационные мероприятия.

### 3.6. Выбор бурового оборудования и инструмента

Буровое оборудование выбирается с учетом целевого назначения скважины, ее конструкции, характера пород геологического разреза, способа бурения и разработанной технологии бурения.

В настоящее время буровое оборудование комплектуется в буровые агрегаты и установки, которые выпускаются отечественной промышленностью. Поэтому выбор основного бурового оборудования сводится к выбору буровой установки.

Выбор буровой установки производится по способу бурения, по проектной глубине бурения, по величине начального и конечного диаметра, которые обычно даются в ее характеристике. Также учитываются и другие данные характеристики буровой установки, такие как скорости вращения, осевое усилие, развиваемое механизмом подачи, которые обеспечивают необходимые технологические параметры режима бурения. В зависимости от наличия источников энергосбережения в районе бурения скважин буровые установки выбираются с электроприводом (от электролинии) или с автономным приводом от двигателя внутреннего сгорания (при отсутствии электролинии).

Вспомогательное буровое оборудование (труборазвороты, глиномешалки, КИП, талевая оснастка, вертлюги-сальники и др.) выбирается в зависимости от его потребности и условий производства работ.

После выбора всего комплекса бурового оборудования, необходимого для бурения проектируемой скважины, приводятся его технические характеристики.

Выбор породоразрушающего инструмента (коронок, долот) производится с учетом физико-механических свойств горных пород и их буримости.

Для вращательного бурения выбираются типы бурильных труб и их диаметры, конструкция и тип колонковой трубы для обеспечения качественного выхода керна; длина и диаметр утяжеленных труб при бурении скважин сплошным забоем большого диаметра (более 150 мм).

Для ударно-канатного бурения выбирается конструкция и размеры ударного снаряда, тип и размеры долот. Для ликвидации наиболее распространенных аварий (обрывы бурильных канатов, колонковых, обсадных труб) необходимо предусмотреть ловильный аварийный инструмент (метчики, колокола, труболовки, крючки, штопоры, овершоты).

В приложении нужно дать спецификацию всего бурового оборудования и инструмента с указанием его наименования и количества, необходимого для бурения скважины.

На основании геологического задания, выбора бурового оборудования, конструкции скважины и разработанной технологии бурения составляется геолого-технический наряд на бурение скважины, форма которого приведена в приложении 2.

### 3.7. Вскрытие и освоение водоносного пласта

Ответственными операциями при сооружении скважин на воду являются вскрытие и освоение водоносного пласта, которые оказывают большое влияние на производительность и долговечность скважины.

Вскрытие водоносного пласта включает комплекс технологических операций, направленных на успешное бурение горных пород водоносного пласта при обеспечении их устойчивости и сохранения естественной водопроницаемости.

Выбор технологии вскрытия водоносного пласта зависит от глубины его залегания, устойчивости и коллекторских свойств горных пород, слагающих водоносный пласт, пластового давления, мощности водоносного пласта и дебита скважины.

Неустойчивые горные породы водоносного пласта не рекомендуется вскрывать с применением глинистого раствора, так как глинистые частицы вызывают кольматацию пор и трещин и резкое снижение их водопроницаемости. В этом случае применяют специальные промывочные жидкости: малоглини-стые, меловые, полимерные, аэрированные, самораспадающиеся промывочные жидкости, пены и др.

Безнапорные пески при наличии устойчивой кровли водоносного пласта могут вскрываться гидровмывом фильтра, а также формированием каверны в водоносном пласте. Существуют и другие методы с применением различных схем промывки.

Освоение скважины обычно включает такие технологические операции, как установка фильтра в скважину, восстановление естественной водопроницаемости или ее искусственное увеличение, устройство гравийной обсыпки фильтров, откачки воды из скважины с целью формирования водоприемной части скважины и осветления воды.

При выборе способа освоения скважины необходимо учитывать его эффективность и простоту его технологического выполнения.

### 3.8. Промсанитария, техника безопасности и охрана окружающей среды

В этом разделе необходимо предусмотреть мероприятия по охране здоровья работающего персонала и средства по оказанию первой помощи пострадавшим.

Мероприятия по технике безопасности, противопожарной технике и охране окружающей среды проектируются в соответствии с действующими инструктивными указаниями при выполнении различного вида работ: монтаж установок, бурение скважины, транспорт, демонтаж установки, эксплуатация скважин.

### Рекомендуемая литература

*Бейсебаев А. М., Туякбаев Т. Н., Федоров Б. В.* Бурение скважин и горно-разведочное бурение. – М.: Недра, 1990. – 303 с.

*Соломин Б. Н.* Проектирование скважин на воду. – М.: Недра, 1983. – 107 с.

*Справочник по бурению скважин на воду* / Д. Н. Башкатов, С. С. Сулакшин, С. Л. Драхлис, Г. П. Квашнин. – М.: Недра, 1979. –560 с.

*Справочник по бурению и оборудованию скважин на воду* / В. В. Дубровский [и др.]. – М.: Недра, 1972. – 512 с.

*Разведочное бурение* / О. В. Ошкордин [и др.] – М.: Недра, 2000. – 748 с.

Приложение 1

**Пример выполнения титульного листа курсового проекта**



**МИНОБРНАУКИ РФ**
**ФГБОУ ВО**

**«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ**

**Кафедра ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКИ РАЗВЕДКИ МПИ**

# КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

**НА ТЕМУ: «Сооружение разведочно-эксплуатационной скважины на воду»**

Руководитель_____
Студент_____
Группа _____

Екатеринбург 201__г.

Приложение 2

**Пример бланка задания**

**З А Д А Н И Е**

по курсовому проекту на бурение гидрогеологической скважины

Студенту _____ группы _____

Тема проекта _____
_____

Содержание проекта

I. Исходные данные
1. Геологический разрез скважины.

| № п/п | Наименование пород и горизонты | Интервалы, м | Примечание |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |

2. Проектная глубина скважины _____
3. Проектный дебит скважины ___$м^3$/час из горизонта_____
4. Статический уровень _____
5. Проектный динамический уровень _____
6. Период работы _____
7 . Особые условия (обеспеченность электроэнергией, водой, глиной и т. п.)_____

II. Задачи проектирования
1) выбрать и обосновать тип и размеры откачных средств;
2) обосновать выбор типа фильтра и произвести его расчет;
3) выбрать и обосновать способ бурения скважины;
4) составить и обосновать конструкцию скважины;
5) разработать рациональную технологию бурения для каждого горизонта:
   а) выбрать породоразрушающий инструмент;
   б) выбрать промывочную жидкость и обосновать ее качественные параметры;
   в) рассчитать технологические параметры режима бурения.
6. Выбрать буровое оборудование:
   а) буровой агрегат (буровой станок, насос, привод);
   б) буровой копер или мачту.
7. Разработать конструкцию бурового снаряда:
   а) колонкового набора;
   б) колонны бурильных труб;
   в) колонны обсадных труб.

*Примечание*: для выбранного оборудования приводится краткая техническая характеристика.

8. Уточнить режим бурения с учетом технических характеристик выбранного оборудования.

9. Произвести проверочный расчет выбранного бурового оборудования:

а) насоса (по производительности и рабочему давлению);

б) привода бурового станка и насоса;

в) бурового копра или мачты (по грузоподъемности);

г) колонны бурильных труб.

10. Запроектировать способ вскрытия водоносного горизонта и опробования.

11. Предусмотреть мероприятия по технике безопасности, противопожарной технике и промсанитарии.

12. Составить спецификации основного оборудования, инструмента и материалов, необходимых для бурения скважин.

III. Графические приложения

1. Геолого-технический наряд.
2. Схема конструкции скважины.
3. Схема бурового снаряда.
4. Схема фильтра.
5. Схема оборудования скважины для откачки.

Дата сдачи проекта на кафедру _____

Руководитель проекта _____

Приложение 3

**Геолого-технический наряд**

ГРО, ГРЭ _____
Проектная глубина, м _____
Начало бурения _____
Окончание бурения _____

Буровой станок_____
Буровой насос _____
Двигатель _____
Мачта_____
Буровые трубы _____

Скважина _____

| Геологическая часть | | | | | | | Техническая часть | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Масштаб глубин | Наименование горных пород | Категория пород по буримости | Литология | Интервал и вид отложений | Статический уровень Динамический уровень | Мощность слоев, м | Конструкция скважины | Тип и диаметр ПРИ, мм | Длина и диаметр УБТ | Режимы бурения | | | Качество бурового раствора | Способы борьбы с осложнениями | Способ вскрытия водоносного пласта | Тип фильтра | Примечание |
| | | | | | | | | | | Осевая нагрузка, кН | Частота вращения, об/мин. | Расход промывочной жидкости, л/мин. | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**МИНОБРНАУКИ РФ**

**ФГБОУ ВО**
**«Уральский государственный горный университет»**

**Л. И. Кралина, Ф. П. Сердюков, Г. А. Усов**

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ В БУРЕНИИ

**Учебно-методическое пособие**
**к практическим занятиям и самостоятельной работе**
**по профилирующим дисциплинам**
**для студентов специальности**

**21.05.02 Прикладная геология**
**очного, заочного обучения**

**Екатеринбург**
**2018**

# ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено в помощь преподавателям и студентам при проведении занятий по бурению скважин, а также для подготовки курсовых и квалификационных работ по профилирующим дисциплинам. Сборник выполнен для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология. При выполнении работ используются справочные материалы, которые приведены в таблицах каждого расчета. Большинство работ рассчитано на выполнение и оформление непосредственно на занятиях. Если работа не закончена, то с разрешения преподавателя она может быть оформлена и сдана к следующему занятию.

В конце приводится список литературы, использованной при написании данного учебно-методического пособия.

**Расчет №1**
**Расчет предельного значения кернопотерь**

1. Расчет предельного значения кернопотерь

$$B_k^{\min}=F(\text{НП, И},[m_k]).$$

При НП, И $[m_k]$ табличные значения (см. таблицу) расчет по формуле для реального (различного) $B_k$ и по данным лабораторных анализов $P$, $P_{\text{к}}$, $P_{\text{сред}}$

$$B_k^{\min} = \frac{(\text{НП}-1)*\text{И}}{(\text{НП}-1)*\text{И}+m_k^{\text{доп}}} * 100\ \%$$

где $B_k^{\min}$- выход керна минимальный, %;
НП- неоднородность оруденения, %;
И- избирательность кернопотерь, %;
$m_k^{\text{доп}}$ - погрешность опробования, %.

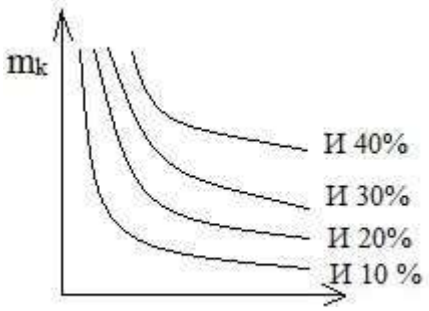
Группировка месторождений по значениям НП и И

| Группы и типы руд | Примеры руд и месторождений | Характерные значения | |
|---|---|---|---|
| | | НП, % | И |
| I. Сплошные массивные | | | |
| I.1. Мономинеральные | Сплошные мартитовые, магнетитовые, гидромагнетитовые и другие богатые железные руды криворожского типа, сплошные мономинеральные руды каменной соли, бокситы Боксонского месторождения, тальк Алгуйского месторождения и т. п. | 1,2±10 | 40±15 |
| I.2. Полиминеральные | Сплошные колчеданные медные и медно-цинковые месторождения ураль-ского типа, сплошные полиметаллические руды Горевского, Риддер-Сокольного и других месторождений.<br>Апатиты Ошурковского месторождения и т. п. | 4±10<br>2,5±10 | 15±10<br>20±10 |
| II. Вкрапленные | | | |
| II. 1. В массивных изверженных и осадочных породах | Вкрапленные руды полиметаллических месторождений Садовое, Миргалимсай. медные руды Алмалыка, редкометал-льных месторождений Белозиминское, Африкандское и т. п. | 6,5±10 | 7± 5 |
| II. 2. В жилах и дайках | Руды жильных золоторудных месторождений Средней Азии, Забайкалья, Якутии, оловянных и вольфрамовых месторождений Приморья, Якутии и др. | 16±5 | 5±4 |
| III. Прожилково- и слоисто-вкрапленные | | | |
| III. 1. Руды штокверковых месторождений | Руды вольфрамовых, молибденовых, медно-молибденовых месторождений Забайкалья, Казахстана и Средней Азии | 6,5±5 | 10±8 |
| III. 2. В линейно-вытянутых зонах трещиноватости | Руды полиметаллических месторождений Алтая, Средней Азии, Прибайкалья, оловорудных месторождений Комсомольского района, ртутных месторождений Терлиг-Хая и частично Никитовки и т. п. | 8,3±6 | 10±8 |
| IV.Прожилковые, слоистые и переливающиеся | | | |
| IV. 1. Прожилковые | Медные руды месторождения Дальнего: никель-кобальтовые руды Тувинской АССР, асбестовое месторождение Молодежное; оловянные - Тарбальджей, Иигода, Хрустальное; золотые - Советское, Коммунар и др. | 3,3±15 | 25±15 |
| IV. 2. Переслаивающиеся и полосчатые | Железистые кварциты Кольского полуострова, Кривого Рога, сферосидериты Дагестана | 1,7±10 | 30±15 |
| V. Прожилково-гнездовые | | | |
| V. Прожилково-гнездовые | Руды ртутных месторождений Средней Азии (Хайдаркан, Акташ, Чувай), отдельных участков Никитовки и др.<br>Мусковит Луговского, Чуйского и Согдиондонского месторождений | 20±10<br>6,5±5 | 4±3<br>8±5 |

2. Изучение влияния выхода керна на погрешность опробования для различных сортов руд (для бакалаврской работы)

Слабонеоднородные руды **НП=2**

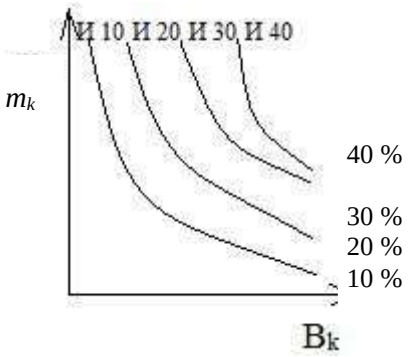
| $m_k$\И | 10 % | 20 % | 30 % | 40 % |
|---|---|---|---|---|
| 5 % | $B_k^{1-1}$ | $B_k^{1-2}$ | … | … |
| 10 % | … | $B_k$ | | $B_k^{2-4}$ |
| 15 % | $B_k^{3-1}$ | | | |
| 20 % | … | | | $B_k^{4-4}$ |
| 25 % | $B_k^{5-1}$ | … | … | $B_k^{5-4}$ |



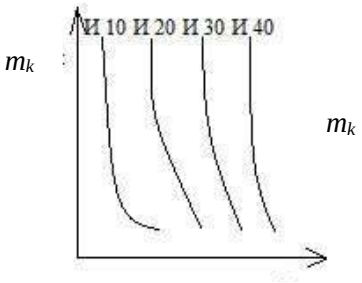

$B_k$

Средненеоднородные руды **НП=6**

| $m_k$\И | 10 % | 20 % | 30 % | 40 % |
|---|---|---|---|---|
| 5 % | $B_k^{1-1}$ | $B_k^{1-2}$ | … | … |
| 10 % | … | $B_k$ | | $B_k^{2-4}$ |
| 15 % | $B_k^{3-1}$ | | | |
| 20 % | … | | | $B_k^{4-4}$ |
| 25 % | $B_k^{5-1}$ | … | … | $B_k^{5-4}$ |




Сильнонеоднородные руды **НП=15**




$B_k$

| $m_k$\И | 10 % | 20 % | 30 % | 40 % |
|---|---|---|---|---|
| 5 % | $B_k^{1-1}$ | $B_k^{1-2}$ | … | … |
| 10 % | … | $B_k$ | | $B_k^{2-4}$ |
| 15 % | $B_k^{3-1}$ | | | |
| 20 % | … | | | $B_k^{4-4}$ |
| 25 % | $B_k^{5-1}$ | … | … | $B_k^{5-4}$ |

3. Основные аналитические задачи:

3.1. Для каких руд избирательность истирания более всего влияет на погрешность опробования?

3.2. При какой избирательности и в каких сортах руд наибольший эффект дают мероприятия по повышению выхода керна?

3.3. Постройте таблицу нормативных значений минимального выхода керна, при допустимой погрешности $m_k$=5 % (10 %, 15 %, 20 %, 25 %) для всех сортов руд (для всех табличных комбинаций НП и И).

## Расчет №2

## Определение рациональной частоты вращения бурового снаряда при твердосплавном бурении, рад/с

$$n = \frac{60*0{,}105\omega_0}{\pi*D_0} \approx \frac{2*\omega_0}{D_0};$$

$$n = \frac{60*\omega_0}{\pi*D_0} \approx \frac{20*\omega_0}{D_0}.$$

Таблица исходных данных

| Обозначение | Наименование | Ед.изм | Пределы изменения | | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | от | до | |
| $\omega_0$ | Окружная скорость движения резцов | м/с | 1,0 крепкие породы (YI-YIII кат.) | 3,0 мягкие породы (II-IYкат.) | Ограничивается сверхнормативным износом |
| $D_0$ | Средний диаметр коронки | м | $46*10^{-3}$ | $223*10^{-3}$ | Стандарт |
| $n_0$ | Частота вращения | Рад/с<br>об/мин | 9,3<br>93 | 65<br>500 | Ограничение техническими условиями бурения |

## Расчет №3

**Минимальная (критическая) частота вращения шнекового снаряда,** рад/с

$$n_{\min} = \frac{30}{\pi} * \frac{\sqrt{g*(\tan a + f)}}{f'*R*(1 - f*\tan a)}.$$

Таблица исходных данных

| Параметр | Наименование | Единица измерения | Пределы измерения | |
|---|---|---|---|---|
| | | | от | до |
| $R$ | Радиус вала шнека | м | $50*10^{-3}$ | $89*10^{-3}$ |
| $a$ | Угол подъема винтовой ленты | град | 10 | 30 |
| $f$ | Коэффициент трения породы о шнек | - | 0,25 | 1,4 |
| $f'$ | Коэффициент трения породы о породу | - | 0,2 | 1,5 |
| $g$ | Ускорение силы тяжести | м/с$^2$ | 9,8 | |

Основные аналитические задачи

1.1. Оцените влияние коэффициента трения породы о шнек и породы о породы на $n_{\min}$. Постройте графики зависимости $n_{\min}$ от $f$ и $f'$ для различных значений $R$ и $a$.

1.2. Оцените влияние конструктивных параметров шнека ($R$ и $a$) на $n_{\min}$ для вязких ($f'$=1,5; $F$=0,25). Постройте графики.

## Расчет №4

## Определение критической скорости восходящего потока и расхода очистного агента по предельным нормативным характеристикам (для воды малоглинистых растворов)

1. Критическая скорость восходящего потока очистного агента, м/с:

$$U_{kp} = K_{\text{ф}}\sqrt{\frac{d_u(\gamma_{\text{п}}-\gamma_{\text{р}})}{\gamma_{\text{р}}}}.$$

2. Рациональная скорость восходящего потока, м/с:

$$U_{\text{р}} = U_{\text{кр}} + U\ .$$

3. Расход промывочной жидкости, обеспечивающий рациональную скорость движения восходящего потока, м$^3$/с:

$$Q_{\text{кр}} = U_{\text{р}} * \frac{\pi(D^2_{\text{скв}}-d^2_{\text{бур.тр.}})}{4}.$$

| Пара-метр | Наименование | Ед. изм. | Пределы изменения | |
|---|---|---|---|---|
| | | | от | до |
| $K_{\text{ф}}$ | Коэффициент формы частиц шлама | - | 2,5 (плоские) | 5,11 (ид. шар) |
| $d_u$ | Диаметр (средний размер) частиц | м | 0,1*10$^3$ | 1,5*10$^3$ |
| $\gamma_{\text{п}}$ | Удельный вес горной породы, руды | т/м$^3$ | 2,0 | 5,5 |
| $\gamma_{\text{р}}$ | Удельный вес раствора | т/м$^3$ | 1 | 1,15 |
| $U$ | Желательная скорость движения шлама вверх | м/с | 0,1 | 0,3 |
| $d_{\text{бур.тр.}}$ | Диаметр бурильной колонны, номинальный (без учета износа) | м | 32*10$^{-3}$ | 73*10$^{-3}$ |
| $d'_{\text{бур.тр.}}$ | Диаметр бурильной колонны, с учетом износа | м | 30*10$^{-3}$ | 70*10$^{-3}$ |
| $D_{\text{скв}}$ | Диаметр скважины, номинальный | м | 46*10$^{-3}$ | 225*10$^{-3}$ |
| $D'_{\text{скв}}$ | Диаметр скважины, с учетом разработки ствола | м | 47*10$^{-3}$<br>230*10$^{-3}$ | 50*10$^{-3}$<br>250*10$^{-3}$ |
| $D''_{\text{скв}}$ | Диаметр скважины, с учетом каверн | м | По геолого-геофизическим и гидрогеологическим данным $D_{\text{скв}}$ 500*10$^{-3}$ | |
| $Q$ | Расход очистного агента | м$^3$/с<br>л/мин | 0,0002<br>10,0 | 0,003<br>160 |

## Расчет №5

## Критический расход глинистого раствора с учетом реологии раствора

$$Q_{\text{кр}} = 0{,}392 * \text{ŋ} * \frac{D+d}{\gamma}\left[1 + \sqrt{1 + \frac{2*10^{-3}*\gamma*t_0*(D-d)^2}{3*\text{ŋ}}}\right]$$

Таблица исходных данных

| Пара-метр | Наименование | Ед. изм. | Пределы измерения | | Примечания |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | от | до | |
| *D* | Диаметр долота | мм | 46 | 225 | |
| *d* | Диаметр колонны | мм | 32 | 73 | |
| ŋ | Пластическая вязкость | Пуаз (Па*с) | 0,05 | 0,4 | В зависимости от содержания глины в качестве раствора |
| γ | Уд. вес раствора | г/см$^3$ | 1,01 | 1,2 | |
| $t_0$ | Динамическое напряжение сдвига | Дин/ см$^2$ | 50 | 600 | |
| *Q* | Расход глинистого раствора<br>Критическая скорость восходящего потока | л/с<br>м/с | 0,1 | 5,0 | В зависимости от диаметра скважины |

## Расчет №6

**Расчет осевой нагрузки при твердосплавном бурении**, кН

$$P = \frac{b^2 * m}{\text{ŋ}\sqrt{\frac{2\omega * \mu_к * D_н * n * K * \tan a}{b * P_ш}}}.$$

Таблица исходных данных

| Параметр | Наименование | Ед. изм. | Пределы изменения | |
|---|---|---|---|---|
| | | | от | до |
| $b$ | Ширина резца | м | $3*10^3$ | $30*10^3$ |
| $K$ | Количество резцов на ширине кольца | шт | 2 (М-1) | 4 (СТ-2) |
| $m$ | Количество основных резцов | шт | 8 (М-1) | 30 (СА-3) |
| $\boldsymbol{\mu_к}$ | Коэффициент резцов о породу | - | 0,2 | 1,0 |
| $\boldsymbol{\omega}$ | Удельный износ резца | $м^3/Н*м$ | 2 | 60 |
| $D_н$ | Наружный диаметр коронки | М | $46*10^3$ | $225*10^3$ |
| $n$ | Частота вращения снаряда | рад/с | 60 | 360 |
| $a$ | Угол приострения резца | град | 45 | 90 |
| ŋ | Коэффициент угла приострения | - | 0,97 | 0,9 |
| $P_ш$ | Твердость породы по штампу | Па | $1*10^6$ | $70*10^3$ |

**Расчет №7**
**Определение механической скорости (интенсивности) углубки скважины при твердосплавном бурении**, м/ч

$$V_м = V_0 * e^{-\gamma t} = V_0 * (\frac{1}{e})^{\gamma t}.$$

Если $V_0 = 60 * n * h_0 * K * m$ ,

то $V_м = 60 * n * h_0 * K * m * e^{-\gamma t}$ .

Таблица исходных данных

| Пара-метр | Наименование | Ед. изм. | Пределы изменения | |
|---|---|---|---|---|
| | | | от | до |
| $n$ | Частота вращения снаряда | об/мин | 40 | 600 |
| $h_0$ | Торцовый вылет основных резцов | М | $0,1*10^{-3}$ | $5*10^{-3}$ |
| $m$ | Количество резцов | шт | 4 | 20 |
| $K$ | Коэффициент включения резцов | - | 0,3 | 0,5 |
| $e$ | Основание натуральных логарифмов | 1/град | 2,71 | 2,71 |
| γ | Декремент затухания | - | 0,1 | 1 |
| $t$ | Текущее время (длительность рейса) | Ч | 0,5 | 6 |
| $V_м$ | Интенсивность углубки (механическая скорость) | м/ч | 0,15 | 25 |
| $V_0$ | Начальная механическая скорость | м/ч | | |

Здесь $V_м$ - величина приращения глубины скважины в единицу времени на данный момент (интенсивности углубки). Выражается показательной функцией постепенного замедления от максимального начального значения $V_0$ в соответствии с γ.

$V_0$ и γ зависят от технологических условий: прочности пород, абразивности, характеристик инструмента, параметров бурения {$P_ш$, $K_{абр}$, $X_и$, $P_б$}.

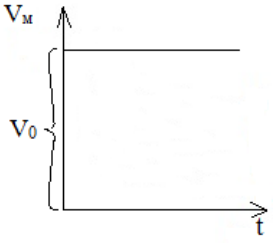
***Чем легче условия бурения и лучше инструмент,*** тем больше $V_0$ (↑) и меньше γ (↓) - долго не замедляется бурение.

***Чем интенсивнее режим бурения (максимальные параметры),*** тем больше $V_0$ (↑) и γ (↑) - вначале углубка идет быстро, но очень быстро замедляется - на малой глубине приемлемо.

***Чем слабее режим бурения,*** тем меньше $V_0$ , но и тем медленнее затухание $V_м$ (см. рисунок).

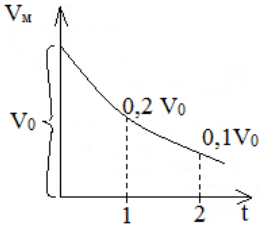
γ =0; $V_м$=$V_0$

Незатупл. инструмент



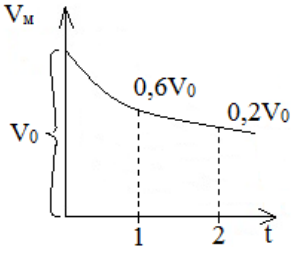

γ =1; $V_м$=$V_0$*$\left(\frac{1}{2,7}\right)^t$

Интенсивное затупление




γ =0,5; $V_м$=$V_0$*$\left(\frac{1}{2,7}\right)^t$

Интенсивное затупление




Графики изменения механической скорости
от декремента затухания

## Расчет №8

## Определение механической скорости бурения на основе физико-механических свойств пород при алмазном бурении, м/ч

$$V_{\text{м}} = L * F_{\text{д}}^{-a} * K_{\text{абр}}^{-a} .$$

| Параметр | Наименование | Ед. изм. | Пределы изменения | |
|---|---|---|---|---|
| | | | однослойные алмазные коронки | импрегнированные алмазные коронки |
| $F_{\text{д}}$ | Коэффициент динамической прочности | - | 10-15 | 15-30 |
| $K_{\text{абр}}$ | Коэффициент абразивности пород | - | 1,1-2,0 | 2,1-2,6 |
| $L$ | Коэффициент конструктивности коронки | - | 5,9 | 0,14 |
| $-a$ | Коэффициент влияния прочности пород | - | 0,36 | 0,2 |
| -β | Коэффициент влияния абразивности пород | - | 0,5 | 0,2 |
| $V_{\text{м}}$ | Механическая скорость бурения | м/ч | 1,8-1,9 | 0,15-0,12 |

## Расчет №9

## Расчет шпинделя бурового станка

Шпиндель испытывает осевую нагрузку от механизма подачи и крутящий момент.

1. Напряжение от осевой нагрузки, Н/м$^2$:

$$\sigma = \frac{4Q}{\pi*(D^2-d^2)}.$$

2. Крутящий момент на шпинделе, Н·м:

$$M = 9750\frac{N^{max}}{n}.$$

$$N_{\max} = N_g * \eta * \lambda \text{, кВт}$$

3. Касательные напряжения от крутящего момента, снимаемого со шпинделя, Н/м$^2$:

$$\tau = \frac{M}{2W};$$

$$W = \frac{\pi}{16} * \frac{D^4-d^4}{D} \text{, м}^3.$$

4. Полное приведенное напряжение в теле шпинделя, Н/м$^2$:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma^2 - \tau^2}.$$

Таблица исходных данных

| Пара-метр | Наименование | Ед. изм. | Пределы изменений | |
|---|---|---|---|---|
| | | | от | до |
| $Q$ | Усилие подачи станка | Н | 40000 | 50000 |
| $D$ | Наружный диаметр шпинделя | м | $51*10^{-3}$ | $61*10^{-3}$ |
| $d$ | Внутренний диаметр шпинделя | м | $43*10^{-3}$ | $53*10^{-3}$ |
| $N_{\max}$ | Мощность, передаваемая на шпиндель | кВт | - | - |
| $n$ | Число оборотов шпинделя | - | 80 | 1500 |
| $N_g$ | Номинальная мощность шпинделя | - | 0,8 | |
| $\eta$ | КПД передачи от вала двигателя до шпинделя | - | | |
| $\lambda$ | Коэффициент возможной перегрузки:<br>- электродвигатель<br>-двигатель внутреннего сгорания | <br>-<br>- | <br>1,5<br>1,1 | <br>2,0<br>1,15 |

## Расчет №10

## Расчет механического зажимного патрона

Расчет патрона приведен для двух плашек, управляемых двумя болтами.

1. Допустимое осевое усилие по болту из условий его прочности на сжатие, Н:

$$P = F[\sigma_{сж}] .$$

2. Допустимое осевое давление, развиваемое болтом, Н:

$$P' = \frac{\pi*(d^2-d_t^2)*I*P}{4t} .$$

3. Сила трения, при закреплении ведущей трубы в двух патронах, Н:

$$T = 4P' * f.$$

4. Окружное усилие, передаваемое патроном, Н:

$$P_0 = \sqrt{T_0^2 - Q^2}$$

5. Передаваемая мощность патронами, кВт:

$$N = \frac{P_v*V}{75} .$$

Таблица исходных данных

| Пара-метр | Наименование | Ед. изм. | Пределы изменений | |
|---|---|---|---|---|
| | | | от | до |
| $F$ | Площадь поперечного сечения | м$^2$ | 0,04 | 0,06 |
| $[\sigma_{сж}]$ | Допустимое напряжение сжатия | Н/м$^2$ | 1000*10$^5$ | 1400*10$^5$ |
| $d$ | Наружный диаметр резьбы болта | м | 0,03 | 0,5 |
| $d_1$ | Внутренний диаметр резьбы болта | м | 0,025 | 0,4 |
| $I$ | Длина резьбы болта | м | 0,03 | 0,5 |
| $P$ | Наибольшее удельное давление болта | Н/м$^2$ | 65*10$^5$ | 75*10$^5$ |
| $t$ | Шаг резьбы болта | м | 0,003 | 0,004 |
| $f$ | Коэффициент трения между плашками и бурильной трубой | - | 0,35 | 0,4 |
| $Q$ | Осевое усилие | Н | 40000 | 120000 |
| $V$ | Окружная скорость | м/с | 0,2 | 0,85 |

## Расчет №11

## Расчет фрикционной лебедки

1. Скорость вращения подъемного вала лебедки, мин$^{-1}$:

$$n_2 = n_1 \frac{d_1}{d_2} \varphi.$$

2. Скорость навивки каната на барабан, м/с:

$$V = \frac{(D+d)n_2}{60}.$$

3. Окружная скорость на ободе большого фрикционного колеса, м/с:

$$V_1 = \frac{\pi * d_2 * n_2}{60}.$$

4. Окружное усилие на ободе барабана, Н:

$$P = \frac{75 * N * \eta}{V}.$$

5. Окружное усилие на ободе фрикционного колеса, Н:

$$P_ф = \frac{75 * N * \eta}{V_1}.$$

6. Необходимое усилие нажатия фрикционных колес друг на друга, Н:

$$Q = \frac{k * P_ф * \sin\alpha}{f}$$

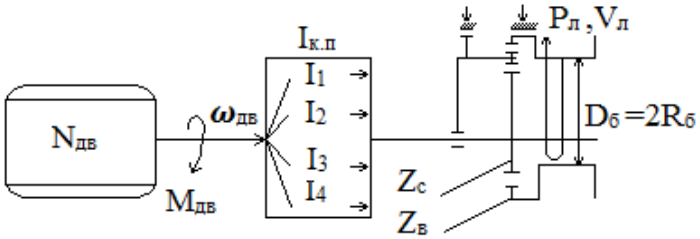
Таблица исходных данных

| Параметр | Наименование | Ед. изм. | Пределы изменений | |
|---|---|---|---|---|
| | | | от | до |
| $n_1$ | Число оборотов приводного вала станка | мин$^{-1}$ | 80 | |
| $d_1$ | Диаметр малого фрикционного колеса | м | 0,15 | |
| $d_2$ | Диаметр большого фрикционного колеса | м | 0,8 | |
| $\varphi$ | Коэффициент скольжения при фрикционной передаче | - | 0,98 | |
| $D$ | Диаметр барабана | м | 0,22 | |
| $d$ | Диаметр каната | м | 0,12 | |
| $N$ | Мощность электродвигателя станка | кВт | 11 | |
| $\eta$ | КПД передачи от двигателя до барабана | - | 0,8 | |
| $k$ | Коэффициент запаса | - | 1,5 | |
| $\alpha$ | Угол наклона боковых поверхностей клиньев | град | 12 | 15 |
| $f$ | Коэффициент трения чугуна по стали | - | 0,2 | |

**Расчет №12**

**Анализ взаимосвязи мощности привода, конструктивных параметров и эксплуатационных характеристик планетарной лебедки бурового станка**

1. Принципиальная расчетная схема




2. Основные расчетные формулы:

$$N_{\text{дв}} = 713 * M_{\text{дв}} * \omega_{\text{дв}}(\text{л.с.}) = 973 * M_{\text{дв}} * \omega_{\text{дв}}, \text{кВт}$$

$$M_{\text{Б}} = \frac{N_{\text{дв}}}{\omega_{\text{дв}}} * i_{\text{к.п.}} * \frac{Z_{\text{с}}}{Z_{\text{В}}}, \text{Н*м};$$

$$\text{Р}_{\text{л}} = \frac{M_{\text{Б}}}{R_{\text{Б}}}, \text{Н};$$

$$\omega_{\text{Б}} = \frac{N_{\text{ДВ}}}{M_{\text{Б}}} * \frac{i}{i_{\text{К.П.}}} * \frac{Z_{\text{В}}}{Z_{\text{С}}}, \text{об/мин};$$

$$V_{\text{Л}} = \omega_{\text{Б}} * 2\pi * R_{\text{Б}}, \text{м/мин}.$$

Таблица основных исходных данных

| Пара-метр | Наименование | Ед. изм. | Пределы изменения | |
|---|---|---|---|---|
| | | | от | до |
| $N_{\text{дв}}$ | Мощность двигателя | кВт<br>л.с. | 10<br>15 | 150<br>220 |
| $\omega_{\text{дв}}$ | Число оборотов двигателя | об/мин | 1200 | 5000 |
| $I_{\text{к.п.}}$ | Передаточное число коробки перемены передач | - | 1 (прямая передача) | 10 (высшая передача) |
| $D_{\text{б}}$ | Диаметр барабана лебедки | м | 0,2 | 0,7 |
| $Z_{\text{с}}$ | Число зубьев солнечной шестерни лебедки | шт | 50 | 150 |
| $Z_{\text{в}}$ | Число зубьев венца лебедки | шт | 250 | 1500 |

3. Основные эксплуатационные характеристики лебедки

$P_{\text{л}}$ – рабочее усилие (грузоподъемность на прямом канате, кГс, Тс, кН, даН) на конкретной передаче ($P_{\text{л}1}$, $P_{\text{л}2}$, $P_{\text{л}3}$, …);
$V_{\text{л}}$ – скорость подъема груза (на прямом канате, м/мин) на конкретной передаче ($V_{\text{л}1}$, $V_{\text{л}2}$, $V_{\text{л}3}$, …).

4. Основное задание

4.1. Рассчитать и построить графики зависимости эксплуатационных характеристик лебедки ($V_{\text{л}}$, $P_{\text{л}}$) от конкретных параметров бурового станка: $Z_{\text{с}}$ и $Z_{\text{в}}$, $D_{\text{б}}$, $i_{\text{i}}$.

4.2. Рассчитать и построить графики зависимости мощности и механической характеристики ($\omega_{\text{дв}}$=F($N_{\text{дв}}$)) двигателя.

**Расчет №13**

**Расчет талевой системы**

1. Натяжение на струне талевой системы, Н:

$$P_m = \frac{P_л}{\beta^m}.$$

2. Натяжение каната наматываемого на барабан лебедки, Н:

$$P_л = Q * \frac{\beta^m(\beta-1)}{\beta^m-1}.$$

3. Натяжение закрепленного конца каната, Н:

$$P_m = Q * \frac{\beta-1}{\beta(\beta^m-1)}.$$

4. КПД талевой системы, Н:

$$\eta = \frac{1}{m} * \frac{(\beta^m-1)}{\beta^m*(\beta-1)}.$$

Таблица исходных данных

| Параметр | Наименование | Ед. изм. | Пределы изменений | |
|---|---|---|---|---|
| | | | от | до |
| β | Коэффициент сопротивления узла одного ролика | - | 1,03 | 1,04 |
| *m* | Число струн талевой системы | шт | 1 | 6 |
| *Q* | Нагрузка на крюке | Н | 15000 | 55000 |

**Расчет №14**

**Расчет колонны бурильных труб на прочность**

Сечение I-I

1. Напряжение растяжения, Н/м$^2$:

$$\sigma_{\text{р}} = \frac{Q_{\text{кр}}}{F}.$$

2. Напряжение кручения, Н/м$^2$:

$$\tau = \frac{M_{\text{б}}}{W_{\text{р}}}.$$

3. Крутящий момент при бурении, Н*м:

$$M_{\text{б}} = \frac{N_{\text{б}}}{\omega}.$$

4. Мощность, затрачиваемая на бурение, кВт:

$$N_{\text{б}} = N_{\text{тр}} + N.$$

5. Первый момент сопротивления, м$^3$:

$$W_{\text{р}} = 0{,}1 * \frac{d_{\text{н}}^4 - d_{\text{в}}^4}{d_{\text{н}}}.$$

6. Суммарное напряжение в сечение I-I:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_{\text{р}}^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma_g].$$

Сечение II-II

7. Напряжение сжатия, Н/м$^2$:

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P_{\text{ос}}}{F}.$$

8. Напряжение изгиба, Н/м$^2$:

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{\pi^2 * E * D * f}{2 * 1^2}.$$

9. Напряжения кручения, Н/м$^2$:

$$\tau = \frac{M_{\text{б}}}{W_{\text{р}}}.$$

10. Мощность, затрачиваемая на бурение, кВт:

$$N_{\text{б}} = 1{,}5 * N_{\text{з}}.$$

11. Суммарное напряжение в сечение II-II, Н/м$^2$:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{(\sigma_{\text{сж}} + \sigma_{\text{из}})^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma_g].$$

12. Запас статической прочности колонны:

$$n = \frac{\sigma_{\text{т}}}{\sigma_{\Sigma}} \geq 1{,}7.$$

13. Запас прочности по нормальным напряжениям:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{из} * k_g}.$$

14. Запас прочности по касательным напряжениям:

$$n_\tau = \frac{\tau_г}{\tau}.$$

15. Суммарный запас прочности:

$$n_\Sigma = \frac{n_\sigma * n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 * n_\tau^2}}.$$

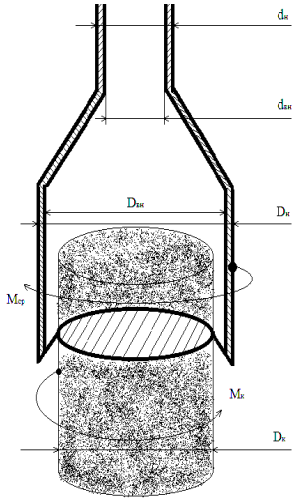
Таблица исходных данных

| Пара-метр | Наименование | Ед. изм. | Пределы изменений | |
|---|---|---|---|---|
| | | | от | до |
| $Q_{кр}$ | Нагрузка на крюке | Н | 0 | 55000 |
| $F$ | Площадь опасного сечения | м$^2$ | 2,16*10$^{-4}$ | 7,06*10$^{-4}$ |
| $M_б$ | Крутящий момент при бурении | Н*м | 70 | 6500 |
| $W_р$ | Полярный момент сопротивления | м$^3$ | 5,4*10$^{-6}$ | 10,6*10$^{-6}$ |
| $N_б$ | Мощность, затрачиваемая на бурение | кВт | 1,5 | 70 |
| $d_н$ | Наружный диаметр бурильных труб | м | 42 | 54 |
| $d_в$ | Внутренний диаметр бурильных труб | м | 22 | 40 |
| $P_{ос}$ | Осевая нагрузка на забой | Н | 0 | 120000 |
| $E$ | Модуль упругости | Н/м$^2$ | 0,7*10$^{11}$ | 2,1*10$^{11}$ |
| $D$ | Диаметр скважины | м | 0,037 | 0,133 |
| $f$ | Стрела прогиба | м | 0,01 | 0,025 |
| $I$ | Длина полуволны | м | 5 | 30 |
| $\boldsymbol{\omega}$ | Угловая скорость вращения снаряда | с$^{-1}$ | 8,3 | 156 |
| $N_{гр}$ | Затраты мощности на вращение колонны бурильных труб | кВт | 12 | 40 |
| $N_з$ | Затраты мощности на разрушение забоя | кВт | 1,2 | 2,5 |
| $[\sigma_g]$ | Предел прочности материала, из которого изготовлены бурильные трубы | Н/м$^2$ | 230*10$^5$ | 683*10$^5$ |

**Расчет №15**

**Сопоставление конструктивных характеристик бурового снаряда и параметров керна при срыве вращением**

1. Принципиальная схема и таблица исходных расчетных данных




| Пара-метр | Наименова-ние | Ед. изм. | Пределы изменения | |
|---|---|---|---|---|
| | | | от | до |
| $d_н$ | Наружный диаметр бурильных труб | м | $32*10^{-3}$ | $73*10^{-3}$ |
| $d_{вн}$ | Внутренний диаметр бурильных труб | м | $22*10^{-3}$ | $59*10^{-3}$ |
| $D_н$ | Наружный диаметр колонковой трубы | м | $34*10^{-3}$ | $219*10^{-3}$ |
| $D_{вн}$ | Внутренний диаметр колонковой трубы | м | $27*10^{-3}$ | $203*10^{-3}$ |
| $D_к$ | Диаметр керна | м | $23*10^{-3}$ | $199*10^{-3}$ |
| $[\tau_{тр}]$ | Прочность материала труб при кручении | МПа | 162 | 284 |
| $[\tau_к]$ | Прочность горных пород при кручении | МПа | 1,5 | 56,0 |

2. Основные аналитические зависимости.

Момент срыва керна $M_{ср}$ равен моменту реакции керна $M_к$, Н*м :

$$M_{ср} = [\tau_{тр}] * W_{тр} = [\tau_к] * W_к = M_к$$

где $W_{тр}$- момент сопротивления поперечного сечения труб, м$^3$:

а) бурильных труб:

$$W_{тр}^{б.тр} = \frac{\pi}{16} * \frac{d_н^4 - d_{вн}^4}{d};$$

б) колонковых труб:

$$W_{тр}^{к} = \frac{\pi}{16} * \frac{D_{н.к.т.}^4 - D_{вн.к.т}^4}{D_{н.к.т}};$$

$W_к$- момент сопротивления поперечного сечения керна, м$^3$:

$$W_к = \frac{\pi * D_к^4}{32}.$$

3. Основные аналитические задачи

3.1. Задайте некоторое значение прочности горной породы и материала труб. Постройте графики зависимости минимальных значений наружного диаметра бурильных труб (при постоянной толщине стенок) от диаметра керна.

3.2. При тех же условиях постройте график зависимости диаметра колонковой трубы от диаметра срываемого керна.

3.3. Задайте некоторый постоянный диаметр керна и материала труб. Постройте графики зависимости минимального диаметра бурильных труб от прочности горной породы.

3.4. При тех же условиях постройте график зависимости диаметра колонковой трубы от прочности горной породы.

3.5. Задайте диаметры труб и керна, постройте график зависимости необходимой прочности труб от диаметра срываемого керна.

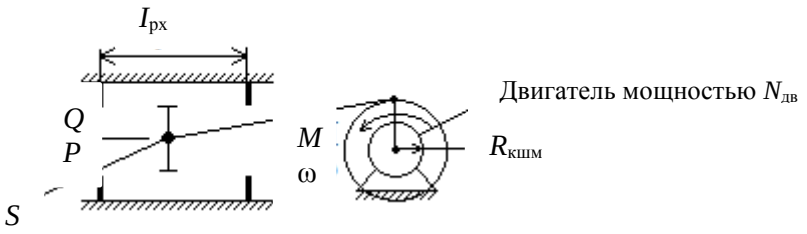
3.6. Задайте диаметры труб, прочность горной породы и постройте график зависимости необходимой прочности труб от диаметра срываемого керна.

3.7. Повторите расчеты 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 при измененных начальных условиях.

**Расчет №16**

**Анализ взаимосвязи мощности привода, конструктивных параметров и эксплуатационных характеристик бурового промывочного насоса**

1. Принципиальная расчетная схема




2. Основные расчетные формулы

$$N_{дв} = K_i * M * \beta ,$$

где М – крутящий момент, кГс*м;
ω- частота вращения, об/мин;
$N_{дв}$- мощность двигателя (при $K_1$=973 кВт, а при $K_2$=713 л. с.).

$$Q = S * I_{рх} * \omega;$$

$$P = \frac{M}{R_{кшм}} * \frac{1}{S};$$

$$I_{рх} = 2 * R_{кшм} ,$$

где $Q$ – расход промывочной жидкости, м$^3$/мин;
$S$ – площадь поршня, м$^2$;
$I_{рх}$ – ход поршня, м;
$P$ – рабочее давление в напорной магистрали, кГс/м$^2$
$R_{кшм}$ – радиус кривошипа, м.

3. Расчетно-аналитические задачи

3.1. При постоянной мощности асинхронного двигателя:
- Как влияет площадь поршня $S$ на эксплуатационные характеристики насоса (построить графики $P=f_1(S)$ и $Q=f_2(S)$ для $N$=10, … 50 кВт).
- Как влияет радиус кривошипа и величина рабочего хода поршня на эксплуатационные характеристики насоса.

3.2. С изменяемой мощностью:
- До какой глубины возможно применение насоса с приводом 10, 20, …50 кВт, если гидросопротивления на каждые 100 м скважины при алмазном бурении ($Q$=300 л/мин) составляют 10 атмосфер, при твердосплавном бурении ($Q$=60 л/мин) 7 атмосфер, при шарошечном бурении ($Q$=100 л/мин) 15 атмосфер.

## Расчет №17

## Расчет эрлифта для откачки воды из скважины

**Условия откачки:**

- Проектный дебит откачки Q, м$^3$/ч.
- Глубина статического уровня в скважине $h_0$, м.
- Проектное понижение уровня воды при откачке $h_п$, м.
- Мощность водоносного горизонта $m$, м.
- Глубина залегания водоносного горизонта $L$, м.
- Конструкция эрлифта с расположением эрлифтных труб по схеме «рядом».

Расчетная схема представлена на рисунке.

### 1. Расчет глубины погружения смесителя

1.1 Определяется проектный динамический уровень воды в скважине, при откачке воды относительно излива:

$$h_g = h_0 + h_п + h_и ,$$

где $h_g$ – проектный динамический уровень, м;

$h_0$ – статический уровень, м;

$h_п$ – проектное понижение уровня, при откачке ($h_п \leq 0{,}4\ m$), м;

$m$ – мощность водоносного горизонта, м;

$h_и$ – высота расположения излива относительно устья скважины (0,5 м), м.

1.2. Определяется глубина погружения смесителя относительно уровня излива, при проектном динамическом уровне воды в скважине:

$$H = K + h_g ,$$

где $H$- погружение смесителя относительно уровня излива, м;

$h_g$- динамический уровень относительно излива, м;

$K$- коэффициент погружения смесителя.

Абсолютная величина коэффициента погружения смесителя $K$ в зависимости от динамического уровня определяется опытным путем и поэтому принимается при расчетах согласно табл.1.

Таблица 1

Зависимость коэффициента погружения смесителя эрлифта от динамического уровня

| $h_g$ | 70-40 | 60-20 | 30-10 |
|---|---|---|---|
| $K$ | 1,4-1,6 | 1,7-2 | 2,5-3 |

### 2. Расчет расхода и давления воздуха, нагнетаемого в эрлифтную систему

2.1. Определяется удельный расход воздуха для откачки из скважины 1 м$^3$ воды:

$$W_0 = \frac{h_g}{C_0 * \log_{10} \frac{h_g * (K-1) + 10}{10}} ,$$

где $W_0$ – удельный расход воздуха, приводимый к 1 атм или 0,1 МПа, м$^3$/мин;

$h_g$ – динамический уровень воды в скважине, м;

$K$ – принятый коэффициент погружения смесителя;

$C_0$ – опытный коэффициент, зависящий от коэффициента погружения смесителя, принимается согласно табл. 2.

Таблица 2

Зависимость коэффициента $C_0$ от $K$

| $K$ | 4 | 3,35 | 2,85 | 2,5 | 2,2 | 2 | 1,8 | 1,7 | 1,55 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $C_0$ | 14,3 | 13,9 | 13,6 | 13,1 | 12,4 | 11,5 | 10 | 9 | 8 |

При расчете удельного расхода воздуха для откачки из скважины жидкостей, имеющих удельный вес больше единицы ($\gamma_ж > 1$), г/см$^3$, необходимо $W_0$ умножить на $\gamma_ж$.

2.2. Определяется полный расход воздуха для откачки воды из скважины с проектной производительностью Q, м$^3$/ч:

$$\sum W_0 = \frac{Q * W_0}{60},$$

где $\sum W_0$ – суммарный полный расход воздуха, приведенный к 1 атм или 0,1 МПа, м$^3$/мин;
$Q$ – проектный дебит откачки, м$^3$/мин
$W_0$ – удельный расход воздух, приведенный к 1 атм или 0,1 МПа, м$^3$/мин.

## 3. Расчет необходимого давления и производительности для выбора компрессора

3.1. Определение необходимого давления сжатого воздуха, при спуске компрессора:

$$P_п = 0{,}01 * \left(K * (h_g - h_0\right) + P_1),$$

где $P_п$ – пусковое давление компрессора, МПа;
$K$ – принятый коэффициент погружения смесителя;
$h_g$ – динамический уровень воды в скважине, м;
$h_0$ – статический уровень воды в скважине, м;
$P_0$ – потери напора в воздухопроводах, при спуске компрессора: $P_1 = 1$ м. вод. ст.

3.2. Определение рабочего давления компрессора в процессе откачки воды из скважины:

$$P_р = 0{,}01 * (h_g * (K - 1) + P_2,$$

где $P_р$ – рабочее давление компрессора, МПа;
$h_g$ – динамический уровень воды в скважине, м;
$K$ – принятый коэффициент погружения смесителя;
$P_р$ – потери напора в воздухопроводах, при процессе откачки.

3.3.Определение рабочего расхода сжатого воздуха в процессе откачки воды из скважины с проектной производительностью Q, м$^3$/ч:

$$W_р = \sum W_0 * \frac{P_0}{P_p},$$

где $W_р$ – рабочий расход промывочной жидкости, м$^3$/мин;
$\sum W_0$ – полный расход воздуха, приведенный к 1 атм или 0,1 МПа, м$^3$/мин;
$P_0$ – атмосферное давление воздуха, $P_0$=0,1 МПа;

$P_р$ – рабочее давление сжатого воздуха, МПа.

3.4. Выбор компрессора для оборудования эрлифта.

Для откачки воды из скважины м проектной производительностью $Q$ давление компрессора $P_к$ и производительностью компрессора $q_к$ выбирается согласно следующим условиям:

$$Р_к \geq Р_п; \quad P_к \geq Р_р; \quad q_к \geq W_р.$$

## 4. Расчет внутренних диаметров эрлифтных колон

4.1. Выбор скоростей движения потоков воздуха и аэрированной воды в эрлифтных колоннах труб.

Для устойчивой и эффективной работы эрлифта необходимо обеспечить следующие скорости движения потоков воздуха и аэрировонной воды в эрлифтных колоннах труб:

$V_в$ – скорость потока в воздухопроводной колонне труб:

$$V_в=10 \text{ м/с};$$

$V_с$ – скорость потока аэрированной воды в водоподъемной колонне труб над смесителем

$$V_с=(2\text{-}4) \text{ м/с};$$

$V_н$ – скорость потока аэрированной воды в водоподъемной колонне труб, перед изливом

$$V_н=(6\text{-}12) \text{ м/с}.$$

$V_с$ и $V_н$ зависят от $h_g$ (чем больше $h_g$, тем больше $V_с$ и $V_н$).

4.2. Расчет площади сечения потока воздуха в воздухопроводной колонне:

$$\omega_в = \frac{W_р}{60 * V_в},$$

где $\omega_в$ – площадь сечения потока воздуха в воздухопроводной колонне, м$^2$;

$W_р$ – рабочий расход сжатого воздуха, м$^3$/мин;

$V_р$ – скорость потока воздуха в воздухопроводной колонне, м/с.

4.3. Расчет площади потока аэрированной воды в водоподъемной колонне

4.3.1. Определение расхода воды над смесителем:

$$q_c = \frac{Q}{360} + \frac{W_p}{60},$$

где $q_с$– расход аэрированной воды над смесителем, м$^3$/с;

$Q$ – проектный дебит откачки, м$^3$/ч;

$W_р$ – рабочий расход сжатого воздуха, м$^3$/мин.

4.3.2. Расчет площади сечения потока аэрированной воды над смесителем:

$$\omega_с = \frac{q_с}{V_с},$$

где $\omega_с$ – площадь сечения потока над смесителем, м$^2$;

$q_с$ – расход потока над смесителем, м$^3$/ч;

$V_с$ – скорость потока над смесителем, м/с.

4.3.3. Определение расхода аэрированной воды перед изливом:

$$q_н = \frac{Q}{3600} + \frac{\sum W_0}{60},$$

где $q_н$ – расход аэрированной воды перед изливом, м$^3$/ч;

$Q$ – проектный дебит откачки, м$^3$/ч;

$\sum W_0$– суммарный полный расход воздуха, приведенный к 1 атм или 0,1 МПа, м$^3$/мин.

4.3.4. Расчет площади сечения аэрированного воды перед изливом:

$$\omega_{н} = \frac{q_{н}}{V_{н}},$$

где $\omega_{н}$ – площадь потока перед изливом, м$^3$;

$q_{н}$ – расход потока перед изливом, м$^3$/ч;

$V_{н}$ – скорость потока перед изливом, м/с.

4.4. Расчет внутренних диаметров внутренних эрлифтных колонн

Внутренние диаметры эрлифтных колонн определяются на основании площадей сечений потоков воздуха в воздухопроводной колонне и аэрированной воды в водоподъемной колонне по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4\omega_{н}}{\pi}},$$

где d- внутренний диаметр трубы, м;

$\omega_{н}$- площадь сечения потока в трубе, м$^2$.

Таблица исходных данных

| Параметр | Наименование | Ед. изм. | Пределы изменений | |
|---|---|---|---|---|
| | | | от | до |
| $L$ | Глубина залегания водоносного горизонта | м | 50 | 150 |
| $h_0$ | Статический уровень воды | м | 8 | 26 |
| $h_{н}$ | Понижение уровня воды | м | 1 | 5 |
| $Q$ | Дебит | м$^3$/ч | 10 | 130 |
| $m$ | Мощность водоносного горизонта | м | 2 | 14 |

## Расчет №18

## Цементирование скважин

*Основная цель цементирования* – получение прочного водогазонефте непроницаемого, концентрично расположенного в затрубном пространстве кольца цементного камня, который по всей высоте обеспечивал бы разобщение и надежную изоляцию вскрытых скважиной продуктивных горизонтов и зон осложнений.

Способ цементирования выбирается в зависимости от температуры в ее стволе, опасности поглощения при заданной высоте подъема цементного раствора и возникновения затрубных проявлений в период ОЗЦ для каждой конкретной скважины.

*Расчет цементирования сводится к определению:*

- потребного количества сухого цемента, воды, промывочной жидкости;
- конечного давления при цементировании и выбора типа и потребного количества цементировочных агрегатов и цементно-смесительных машин;
- продолжительности цементирования.

### 1. Определение потребного количества сухого цемента, воды, продавочной жидкости при цементировании обсадной колонны

1.1. Определение потребного количества цементного раствора, м$^3$:

$$V_{\text{п.р.}} = \frac{\pi}{4}\left[(k^2 \cdot D^2 - d^2) \cdot h_{\text{ц}} + h_0 \cdot d_{\text{в}}^2\right],$$

где $k$ – коэффициент увеличения ствола скважины ($k$ = 1,1÷1,25).

1.2. Определение удельного веса цементного раствора, г/с$^3$:

$$\gamma_{\text{ц.р}} = \frac{\gamma_{\text{ц}} \cdot \gamma_{\text{в}} \cdot (1+m)}{m \cdot \gamma_{\text{ц}} + \gamma_{\text{в}}},$$

где $\gamma_{\text{ц}}$, $\gamma_{\text{в}}$ - соответственно удельный вес сухого цемента и воды ($\gamma_{\text{ц}}$ = 3,15 г/см$^3$, $\gamma_{\text{в}}$ =1,0 г/см$^3$);

$m$ – цементное отношение.

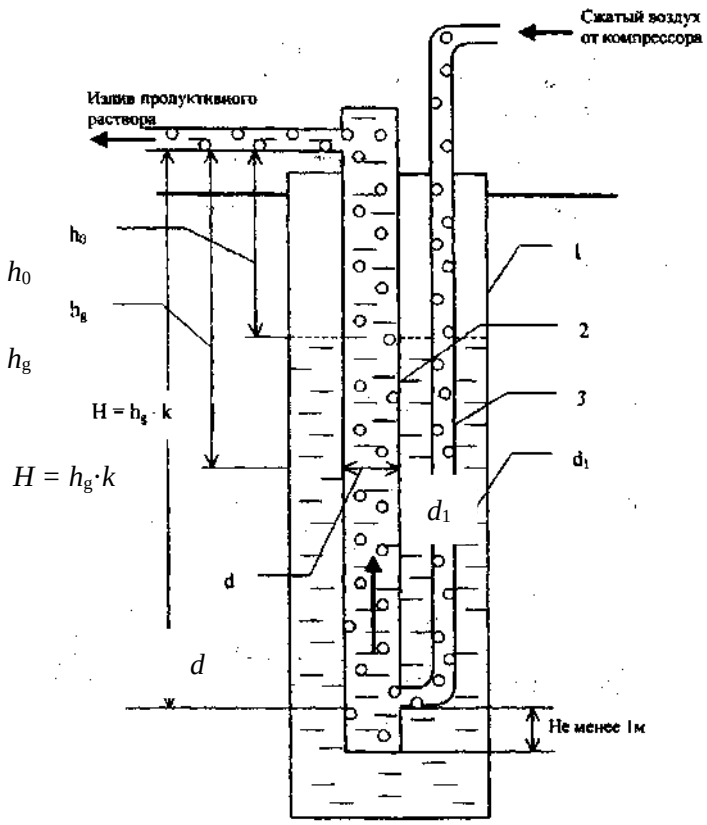



Схема эрлифта с расположением труб «рядом»:

1 – обсадные трубы; 2 – водоподъемные трубы; 3 – воздухопроводные трубы

1.3. Определение потребного количества сухого цемента, т:

$$Q_{\text{ц}} = e \cdot \frac{1}{1+m} \cdot \gamma_{\text{ц.р}} \cdot V_{\text{ц.р}} ,$$

где $e$ – коэффициент, учитывающий потери сухого цемента при транспортировке и затворении ($e$ = 1,03÷1,05).

1.4. Определение потребного количества воды для затворения цемента, м$^3$:

$$V_{\text{в}} = m \cdot Q_{\text{ц}} .$$

1.5. Определение объема продавочной жидкости, м$^3$:

$$V_{\text{пр}} = \Delta \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{вн.ср}}^2 \cdot (L - h_0) ,$$

где Δ - коэффициент, учитывающий сжатие жидкости (Δ = 1,03 ÷ 1,05).

Таблица исходных данных

| Пара-метр | Наименование | Ед. изм. | Пределы измерений | | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | от | до | |
| $D$ | Диаметр долота | м | 161 | 445 | $D$ (161, 172, 190, 214, 243, 269, 295, 320, 346, 370, 394, 445) |
| $d$ | Диаметр обсадных труб | м | 114 | 340 | $d$ (114, 127, 146, 168, 178, 194, 219, 245, 273, 299, 324, 340, 508) |
| $\delta$ | Толщина стенки обсадных труб | мм | 6,5 | 12 | |
| $d_{\text{вн.ср}}$ | Средний внутренний диаметр обсадных труб | м | $(d-\delta)$ | | |
| $h_{\text{ц}}$ | Высота подъема цементного раствора за колонной | м | 50 | 4000 | |
| $h_0$ | Высота цементного стакана в колонне | м | 20 | 20 | |
| $L$ | Глубина спуска обсадных труб | м | 50 | 4000 | |

## 2. Определение конечного давления при цементировании

2.1 Определение давления в цементировочной головке в конце цементирования, атм:

$$P_{\max} = P_{\text{гидр}} + 0{,}1 \cdot \left[\left(L - h_{\text{ц}}\right)\gamma_{\text{г.р}} + \left(h_{\text{ц}} - h_0\right)\gamma_{\text{г.р}} - (L - h_0)\gamma_{\text{пр.ж}}\right] + (15 \div 20),$$

где $P_{\text{гидр}}$ – гидравлические сопротивления, атм.:

$$P_{\text{гидр}} = 0{,}01L + 8, (V_{\text{восх}} \leq 1 \text{ м/с и 1 агрегатом}),$$

$$P_{\text{гидр}} = 0{,}02L + 16, (V_{\text{восх}} > (1 \div 2)\text{м/с});$$

$L$ – длина эксплуатационной колонны, м;

$h_{\text{ц}}$ - высота цементирования, м;

$h_0$ - высота цементного стакана, м;

$\gamma_{\text{г.р}}$ - плотность глинистого раствора, г/см$^3$;

$\gamma_{\text{п}}$ – плотность продавочной жидкости, г/см$^3$.

$(15 \div 20)$ - скачок давления на манометре в момент посадки продавочной пробки на упорное кольцо, атм.

Выбор ЦА $P_{\text{агр}} \geq P_{\max}$(выписываем характеристику ЦА – $P$ и $q$).

2.2. Определение производительности цементировочного кольца агрегата в конце цементировочного агрегата в конце цементирования, м$^3$/с:

$$\sum q = \frac{\pi}{4} \cdot (K^2 \cdot D^2 - d^2) \cdot V_{\text{восх,}}$$

где $K$ – коэффициент кавернозности;

$V_{\text{восх}}$ - скорость восходящего потока, м/с.

2.3. Определение необходимого количества цементировоч-ных агрегатов по скорости, шт:

$$n = \frac{\sum q}{q^{\text{v}}} + 1,$$

где $\sum q$ – необходимый расход для обеспечения заданной скорости поднятия цементного раствора за эксплуатационную колонну, м$^3$/с;

$q^v$ – производительность выбранного агрегата на высшей скорости, л/с.

Характеристика 3ЦА-400

| Скорость | Число двойных ходов поршня насоса в 1мин | *d* = 100 мм | | *d* = 115 мм | | *d* = 127 мм | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | подача, л/с | давление, атм | подача, л/с | давление, атм | подача, л/с | давление, атм |
| I | 53,2 | 6,5 | 400 | 8,6 | 305 | 11,25 | 232 |
| II | 76,2 | 9,6 | 270 | 12,7 | 205 | 16,10 | 163 |
| III | 112,5 | 14,2 | 182 | 18,7 | 138 | 23,8 | 110 |
| IV | 156,0 | 19,7 | 131 | 26,0 | 100 | 33,0 | 79 |

Характеристика ЦА-320М

| Режим работы | Скорость | Число двойных ходов поршня насоса в 1мин | *d* = 90 мм | | *d* = 100 мм | | *d* = 115 мм | | *d* = 127 мм | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | подача, л/с | подача, л/с | давление, атм | давление, атм | давление, атм | давление, атм | давление, атм | давление, атм |
| Максимальная производительность | I | 28 | 2,4 | 390 | 3,0 | 305 | 4,1 | 225 | 5,1 | 182 |
| | II | 54 | 4,5 | 202 | 5,8 | 159 | 7,9 | 117 | 9,9 | 95 |
| | III | 97 | 8,3 | 113 | 10,4 | 88 | 14,2 | 65 | 17,6 | 52 |
| | IV | 125 | 10,6 | 87 | 13,5 | 69 | 18,3 | 50 | 22,8 | 40 |
| Максимальное давление | I | 27 | 2,3 | 400 | 2,9 | 320 | 3,9 | 230 | 4,9 | 185 |
| | II | 41 | 3,5 | 231 | 4,4 | 182 | 6,0 | 134 | 7,5 | 109 |
| | III | 73 | 6,2 | 130 | 7,8 | 103 | 10,7 | 75 | 13,3 | 61 |
| | IV | 94 | 8,0 | 102 | 10,1 | 80 | 13,8 | 59 | 17,1 | 47 |

2.4. Определение количества цементно-смесительных машин, шт:

$$i = \frac{Q_{\text{ц}}}{20},$$

где $Q_{\text{ц}}$ - количество цемента, необходимое для цементирования эксплуатационной колонны, т.

Таблица исходных данных

| Параметр | Наименование | Ед. изм. | Пределы измерений | |
|---|---|---|---|---|
| | | | от | до |
| $D$ | Диаметр долота | м | 161 | 445 |
| $d$ | Диаметр обсадных труб | м | 114 | 340 |
| $L$ | Глубина спуска обсадной колонны | м | 50 | 4000 |
| $h_{\text{ц}}$ | Высота подъема цементного раствора за колонной | м | 50 | 4000 |
| $h_0$ | Высота цементного стакана в колонне | м | 20 | 20 |
| $\gamma_{\text{г.р}}$ | Удельный вес глинистого раствора | г/см$^3$ | 1,2÷1,25÷ 1,3 | |
| $\gamma_{\text{ц.р}}$ | Удельный вес цементного раствора | г/см$^3$ | 1,9÷ 1,85 ÷ 1,8 | |
| $\gamma_{\text{п}}$ | Удельный вес продавочной жидкости | г/см$^3$ | 1,0÷ 1,25 | |
| $V_{\text{восх.}}$ | Скорость подъема восходящего потока цементного раствора в затрубном пространстве:<br>- для кондукторов и технических колонн<br>- для эксплуатационных колонн | м/с | <br><br>(0,6÷ 0,8)<br>(1,2÷1,5) | |
| $k$ | Коэффициент увеличения диаметра ствола скважины | - | 1,1 | 1,25 |

3. Определение продолжительности цементирования обсадной колонны

Возможность начала закачки определяется следующим условием:

$$P^V > P_г,$$

где $P^V$ – максимальное давление, развиваемое ЦА на наивысшей скорости, атм;
$P_г$ - давление на преодоление в скважине в скважине гидравлических сопротивлений, атм.

$$P_г = 0{,}01L + 8 \text{ (при } V_{восх} \leq 1 \text{ м/с)};$$

$$P_г = 0{,}02L + 16 \text{ (при } V_{восх} \leq 2 \text{ м/с)}.$$

Если условие не выполняется, выбираем ближайшую скорость, на которой

$$P_{агр} > P_г.$$

3.1. Определяем, сколько цементного раствора будет закачано на этих скоростях:

$$h_{ц.р}^{IV} = \frac{10(P_г - P^V)}{(\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р})},$$

где $h_{ц.р}^{IV}$ - высота столба цементного раствора, который необходимо закачать на IV скорости, м;

$P^V$ – давление, создаваемое насосом агрегата на V скорости.

Определяем объем раствора, закачанного на IV скорости, м$^3$:

$$V_{ц.р}^{IV} = \frac{\pi \cdot d_{вн.ср}^2}{4} \cdot h_{ц.р}^{IV},$$

Определяем объем цементного раствора, закачанного на V скорости, м$^3$:

$$V_{ц.р}^{V} = V_{ц.р} - V_{ц.р}^{IV}.$$

3.2. Определение высоты столба продавочной жидкости в колонне при работе агрегата на V скорости, м:

$$I_i^V == \frac{L \cdot (d_{вн}^2 + k^2 \cdot D_с^2 - d_{э.к}^2) + (k^2 \cdot D_с^2 - d_{э.к}^2) \cdot \frac{10(P_н^V - P_г)}{\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р}} - \frac{4V_{ц.р}}{\pi}}{(k^2 \cdot D_с^2 - d_{э.к}^2)\frac{\gamma_{ц.р} - \gamma_{пр.ж}}{\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р}} + d_{вн}^2}.$$

**Определяем постоянные элементы для данной формулы:**

$$a = L \cdot (d_{вн}^2 + k^2 \cdot D_с^2 - d_{э.к}^2);$$

$$b=(k^2 \cdot D_с^2 - d_{э.к}^2);$$

$$c = \frac{\gamma_{ц.р} - \gamma_{пр.ж}}{\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р}};$$

$$Z = \frac{4V_{ц.р}}{\pi};$$

$$I_1^V = \frac{a + b \cdot \frac{10(P_н^V - P_г)}{\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р}} - Z}{b \cdot c + d_{вн}^2}.$$

3.3. Определение высоты подъема цементного раствора за колонной на V скорости агрегата, м:

$$I_2^V = \frac{a + b \cdot \frac{10(P_{\text{н}}^V - P_{\text{г}})}{\gamma_{\text{ц.р}} - \gamma_{\text{гл.р}}} - Z}{b \cdot c + d_{\text{вн}}^2},$$

т. е.

$$I_2^v = \frac{Z - d^2(L - I_1^v)}{b}.$$

3.4. Высота столба продавочной жидкости на IV скорости агрегата, м:

$$I_1^{IV} = \frac{a + b \cdot \frac{10(P^{IV} - P^V)}{\gamma_{\text{ц.р}} - \gamma_{\text{гл.р}}} - Z}{b \cdot c + d_{вн}^2}.$$

3.5. Высота подъема цементного раствора за колонной на IV скорости агрегата, м:

$$I_2^{IV} = \frac{Z - d^2(L - I_1^{IV})}{b}.$$

3.6. Высота столба продавочной жидкости на III скорости агрегата, м:

$$I_2^{III} = \frac{a + b \cdot \frac{10(P^{III} - P^{IV})}{\gamma_{\text{ц.р}} - \gamma_{\text{гл.р}}} - Z}{b \cdot c + d_{\text{вн}}^2}.$$

3.7. Высота подъема цементного раствора за колонной, на III скорости агрегата, м:

$$I_2^{III} = \frac{Z - d^2(L - I_1^{III})}{b}.$$

3.8. Определяем количество продавочной жидкости, закачиваемой на различных скоростях агрегата, м$^3$:

$$V_{\text{пр}}^V = e \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4} \cdot I_1^V;$$

$$V_{\text{пр}}^{IV} = e \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4} \cdot (I_1^{IV} - I_1^V);$$

$$V_{\text{пр}}^{III} = e \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4} \cdot (I_1^{III} - I_1^{IV});$$

$$V_{\text{пр}}^{II} = V_{\text{пр}} - V_{\text{пр}}^I - V_{\text{пр}}^{III} - V_{\text{пр}}^{IV} - V_{\text{пр}}^V;$$

$$V_{\text{пр}}^I = 2.$$

3.9. Определяем время работы одним агрегатом на разных скоростях, мин:

$$t^{\text{V}} = \frac{(V_{\text{ц.р}}^V + V_{\text{пр}}^V)}{q^V \cdot 60};$$

$$t^{IV} = \frac{(V_{\text{ц.р}}^{IV} + V_{\text{пр}}^{IV})}{q^{IV} \cdot 60};$$

$$t^{III} = \frac{(V_{\text{ц.р}}^{III} + V_{\text{пр}}^{III})}{q^{III} \cdot 60};$$

$$t^{II} = \frac{(V_{\text{ц.р}}^{II} + V_{\text{пр}}^{II})}{q^{II} \cdot 60};$$

$$t^{I} = \frac{(V_{\text{ц.р}}^{I} + V_{\text{пр}}^{I})}{q^{I} \cdot 60}.$$

3.10. Общее время цементирования, мин:

$$T' = t^{\text{I}} + t^{\text{II}} + t^{\text{III}} + t^{\text{IV}} + t^{\text{V}}.$$

С учетом подготовительно-заключительных работ

$$T_{\text{ц}} = T' + 15 \text{ мин.}$$

3.11. Определяем температуру на забое скважины, ℃:

$$t_{\text{заб}} = t_{\text{ср}} + 0{,}025L,$$

где $t_{\text{ср}}$ – среднегодовая температура воздуха, ℃,

$L$ – глубина скважины, м.

3.12. Определяем количество агрегатов, шт:

По времени схватывания

$$n_{ЦА} = \frac{T}{0{,}75T_{\text{скв}}} + 1,$$

по скорости

$$n = \frac{\sum q}{q^{\text{v}}} + 1,$$

где $\sum q$ – необходимый расход для обеспечения заданной скорости поднятия цементного раствора за эксплуатационную колонну, л/с;

$q^{\text{v}}$ – производительность выбранного агрегата на высшей скорости, л/с.

# ЛИТЕРАТУРА

## Основная:

1. Технология бурения разведочных скважин / А. Г. Калинин, В. И. Власюк, О. В. Ошкордин, Р. М. Скрябин. - М.: Техника, ТУМА ГРУПП, 2004. - 528 с.
2. Башкатов Д. Н., Кривошеев В. В., Соловьев Н. В. Бурение разведочных скважин: учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 2007.
3. Гусман А. М., Порожский К. П. Буровые комплексы. Современные технологии и оборудование. – Екатеринбург, 2002. - 592 с.

## Дополнительная:

1. Ошкордин О. В. Технологическое проектирование в разведочном бурении на твердые полезные ископаемые: учебное пособие. – Екатеринбург: УГГГА, 1994.
2. Калинин А. Г., Ошкордин О. В. Разведочное бурение. – М.: Недра, 2000.
3. Михайлова Н. Д. Техническое проектирование колонкового бурения. – М.: Недра, 1985.
4. Ганджумян Р. А. Практическое расчеты в разведочном бурении. – М.: Недра, 1986.
5. Поляков Г. Д., Булгаков Е. С. Проектирование, расчет и эксплуатация буровых установок. – М.: Недра, 1983.
6. Кирсанов А. Н., Зиненко В. П., Кардыш В. Г. Буровые машины и механизмы. –М.: Недра, 1986.
7. Элияшевский И. В., Орсуляк А. М. Типовые задачи и расчеты в бурении. – М.: Недра, 1974.
8. Справочник по бурению и оборудованию скважин на воду /под общей ред. В. В. Дубровского – Второе издание, перераб. и доп. – М.: Недра, 1972.
9. Справочник по бурению скважин на воду / под общей ред. Д. Н. Башкатова. – М.: Недра, 1979.
10. Справочник инженера по бурению геологоразведочных скважин /авторский колл.; гл. ред. проф. Е. А. Козловский. – СПб, 2000.

**МИНОБРНАУКИ РФ**

**ФГБОУ ВО**
**«Уральский государственный горный университет»**

**Л. И. Кралина, Г. А. Усов, Ф. П. Сердюков**

# Исследование процессов разрушения и физико-механических свойств горных пород

**Методическое пособие**
**к комплексу практических занятий**
**по дисциплине**

# «Буровые станки и бурение скважин»

**для студентов специальности**
**21.05.02 Прикладная геология**
**Очного и заочного обучения**

## Часть 1

**Екатеринбург**
**2018**

Оглавление

Введение…….3
Лабораторная работа № 1. Определение абразивности образцов горной породы методом Барона……4
Лабораторная работа № 2. Определение физико-механических параметров скальных горных пород……..6
Лабораторная работа № 3. Определение энергоемкости процесса распиловки горных пород алмазным диском…….....10
Лабораторная работа № 4. Исследование акустического спектра резания горной породы алмазным диском…….....15
Библиографический список…….....18

# ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено для выполнения лабораторных работ по профилирующим дисциплинам для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология. Предложенные в учебно-методическом пособии лабораторные работы выполняются с целью закрепления теоретических знаний, приобретения практических навыков в выполнении работ лабораторного характера, в том числе с элементами НИРС, расчетов, необходимых при изучении студентами профилирующих дисциплин, курсовом и дипломном проектировании. При выполнении работ используются справочные материалы, приведенные в приложении. Большинство работ рассчитано на выполнение и оформление непосредственно на занятиях. Если работа не закончена, то с разрешения преподавателя она может быть оформлена и сдана к следующему занятию.

Структурно, в зависимости от теоретического характера лабораторных исследований, учебно-методическое пособие состоит из трех частей:

Часть 1. Исследование процессов разрушения и физико-механических свойств горных пород;

Часть 2. Исследование буровых промывочных жидкостей и тампонажных растворов;

Часть 3. Методика обработки результатов исследования при выполнении лабораторных работ и справочные материалы.

Список литературы, использованной при написании учебно-методического пособия, приведен в конце каждой части.

Предлагаемые в настоящем методическом пособии лабораторные работы студентами выполняются побригадно по 2-3 человека. Объем данных работ рассчитан в основном на 2-4 часа, реже - на 6-8 часов в случае проведения студентами комплексных исследований повышенной сложности и детальности.

Полученные результаты лабораторных исследований оформляются студентами в виде отчета, содержащего следующие данные и разделы:

1. Полное наименование работы.
2. Состав исполнителей.
3. Руководитель работы.
4. Задание, дата.
5. Исходные данные.
6. Порядок выполнения работы.
7. Выводы и рекомендации по результатам исследований.

## Лабораторная работа № 1

## Определение абразивности образцов горной породы методом Барона

Настоящие методики определения абразивности горных пород разработаны в Институте горного дела им. А. А. Скочинского, Л. И. Бароном и А. В. Кузнецовым. Сущность ее заключается в истирании о поверхность образца горной породы торца вращающегося стержня из незакаленной стали -серебрянки с последующим определением весового износа стержня во время опыта. За критерий абразивности принимается суммарная потеря в весе стержня за стандартное время опыта 10 минут. Опытное потирание стержня производится при осевой нагрузке 150 Н и скорости вращения 400 об/мин.

Испытания производятся на установке, выполненной на базе обычного сверлильного станка типа НС - 1 2 А.

Образец горной породы устанавливается в зажимном приспособлении таким образом, чтобы истираемая поверхность была перпендикулярна шпинделю станка. В патроне станка закрепляется эталонный стержень из инструментальной калиброванной стали-серебрянки У8А диаметром 8 мм. Изготовление стержней производится на токарном станке, где пруток разрезается на части длиной 70 мм. В одном из торцов каждого стержня высверливается центральное отверстие диаметром 4 мм и глубиной 12 мм.

Определение абразивности породы производят сверлением образца породы эталонным стержнем, предварительно взвешенным на аналитических весах с точностью до 0,1 мг. Исследования производят по схеме парных опытов: сначала сверление осуществляется в течение 10 мин одним концом стержня, затем в течение 10 мин – другим.

После опыта стержень очищается и снова взвешивается на аналитических весах с точностью до 0,1 мг.

Коэффициент абразивности породы вычисляется на основании результатов исследований по формуле

$$A = \frac{\sum q_i}{2n_{\text{п}}}, \tag{1.1}$$

где $A$ - коэффициент абразивности, мг,

$q_i$ - потеря массы эталонного стержня за каждый парный опыт, мг;

$n_{\text{п}}$ - число парных опытов.

На каждом образце горной породы проводится 3-5 парных опытов, а в целом по пробе необходимо провести 9-15 таких опытов

Необходимое число единичных опытов определяется с учетом коэффициента вариации, зависящего от структуры горных пород, на основании величины отношения

$$a = \frac{K_{\text{доп}}}{K_{\text{вар}}} \tag{1.2}$$

где $K_{\text{доп}}$ - допускаемое отклонение точности определения коэффициента абразивности;

$K_{\text{вар}}$ - коэффициент вариации, принимаемый согласно табл. 1.1.

Согласно абсолютной величине $a$, необходимо определить минимальное число единичных опытов, руководствуясь табл. 1.2.

Таблица 1.1

Определение коэффициента вариации $K_{\text{вар}}$

| Структура пород | Размер зерен, мм | $K_{\text{вар}}$, % |
|---|---|---|
| Крупнозернистая | 5 | 30 |
| Среднезернистая | 3-5 | 22 |
| Мелкозернистая | 0,3-0,2 | 19 |
| Тонкозернистая с включениями | 0,2 | 34 |

Таблица 1.2

Определение минимального числа единичных опытов

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 2,0 | 0,98 | 0,69 | 0,57 | 0,49 | 0,48 |
| *n* | 1 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |

Запись результатов измерений и вычислений производится в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Определение абразивности горных пород

| № п.п | Порода | | Номер образца опыта | Масса стержня. $G_{1,2}$, мг | | Потеря массы, мг | Абразивность А, мг | | | | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | шифр | название | | до опыта | после опыта | | по опыту | по образцу | среднее по пробе | коэф. вариац, % | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |

**Построение графиков и выводы результатов работы**

Построение графиков по результатам измерений и вычислений настоящей лабораторной работы. УП1, УП2 - предварительные усилители;

Количественный и качественный анализ зависимостей

$A = f\left(\frac{H_{м,\max}}{H_{м,\min}}\right)$ и $A = f\left(H_{м,\max}\right)$, а также степени зернистости

(крупно-, средне-, мелко-, микрозернистости) исследуемых образцов горных пород.

Обосновать практическое значение полученных результатов лабораторных исследований и дать практические рекомендации.

## Лабораторная работа № 2.

## Определение физико-механических параметров скальных горных пород

Для оценки прочностных свойств горных пород определяются коэффициент динамической прочности (крепости и дробимости) $F_д$, а для оценки абразивных свойств - коэффициент абразивности $K_{абр}$.

Методика разработана в ЦНИГРИ под руководством Н. И. Любимова и рекомендована для исследований ФМС скальных горных пород.

### Отбор н подготовка образцов горных пород

Отбор образцов горных пород производится, как правило, из керна. Можно также отбирать образцы произвольной формы соответствующего размера.

Размеры образцов из керна: длина 20-25 см при бурении коронками диаметром 46-59 мм и 15-18 см при бурении коронками диаметром 76-92 мм.

Подготовка проб из образцов осуществляется в следующем порядке:

- исследуемый образец породы разбивается на куски изометрической формы без острых углов размером 1,5-2,0 см в поперечнике;
- набираются две пробы: каждая проба состоит из 25 кусков и разделяется на пять частей по пять кусков.

### Оборудование и материалы, необходимые для исследований

При определении прочностных и абразивных свойств горных пород по методике ЦНИГРИ применяются:

- прибор ПОК для определения динамической прочности (крепости) горных пород;
- прибор ПОАП-2М для определения абразивности горных пород;
- весы типа ВЛКТ-100 г / 5-3.

Прибор ПОК состоит из трубчатой ступы (рис. 2.1, а) и объемомера (рис. 2.1, б). Составными частями трубчатой ступы являются: загрузочный стакан *1*, направляющая труба *2*, удерживающий шплинт *3*, гиря *4*, упор *5*, шнур *6* и рукоятка *7*.

Объемомер состоит из стакана *1* и поршня со шкалой *2*.

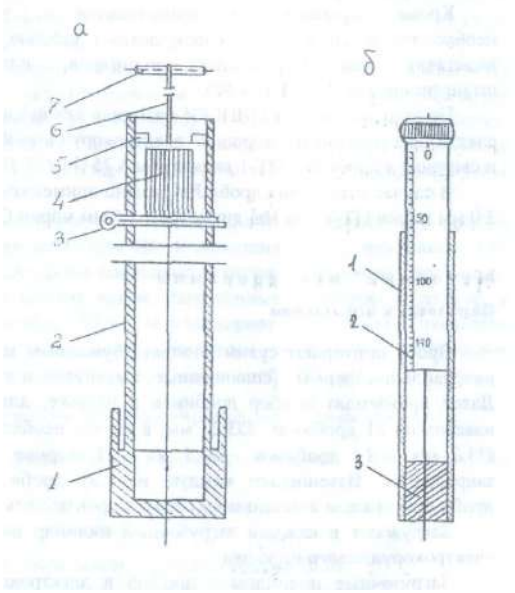



Рис. 2.1. Прибор ПОК для определения динамической прочности горных пород:

*а* – трубчатая ступа: *1* – загрузочный стакан; *2* – направляющая труба; *3* – шплинт удерживающий; *4* – гиря; *5* – упор; *6* – шнур; *7* – рукоятка; *б* – объемомер: *1* – стакан; *2* – поршень со шкалой; *3* – дно

Прибор ПОАП-2м, схема которого приведена на рис. 2.2, состоит из электродвигателя АОЛБ 22-4 мощностью 0,18 кВт с числом оборотов 1420 об/мин, двух рабочих органов с загрузочными камерами и пульта управления со счетчиком оборотов двигателя.

В приборе ПОАП-2м рабочий орган представляет собой жесткое сварное соединение *8* трех загрузочных камер *4*, шатуна *7* и эксцентрикового вала *2*, совершающего колебательно-вращательное движение в шариковых подшипниках *10*.

Опорой рабочего органа служат маятниковые шатуны *3*, которые с помощью шариковых подшипников *6* шарнирно связывают рабочий орган с плитой прибора.

Загрузочные цилиндры вставляются в камеры *4* прямоугольной формы и закрываются крышками *5* при помощи натяжных замков.

Привод рабочего органа прибора осуществляется от электродвигателя *1* через эксцентриковый вал *2* с насаженным на него маховиком *9*. При помощи вала 2 загрузочные камеры совершают возвратно-поступательное движение, обеспечивающее интенсивное перемешивание помещенного в них материала.

Механический редуктор-счетчик оборотов *12*, который присоединяется к валу электромотора при помощи двух шкивов и приводного ремня, позволяет контролировать число колебаний рабочего органа.

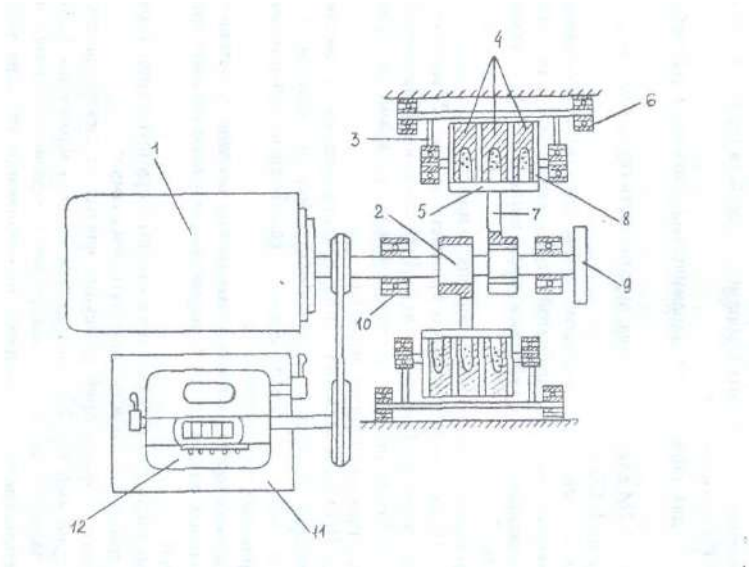



Рис. 2.2. Схема прибора ПОАП-2М для определения абразивности горных пород:
*1* – электродвигатель; *2* – эксцентриковый вал; *3* – шатуны; *4* – загрузочные цилиндры; *5* – крышка; *6* – опоры; *7* – шатун; *8* – рабочие органы; *9* – маховик; *10* – подшипники; *11* – пульт управления; *12* – счетчик.

Весы типа ВЛКТ-100 г/5-3 предназначены для определения потери веса эталонного материала при определении абразивности пород с требуемой точностью

Для исследований на приборах ПОК и ПОАП-2м используются:

- загрузочные цилиндры из стекла органического СОЛ (ГОСТ 15809-70) - 18 шт. (6 - для проведения опыта, 6 - для промывки дроби после опыта, 6 - запасные);
- сито из сетки №5 (ГОСТ 3826-66);
- мерка емкостью l $см^3$.

Кроме перечисленных принадлежностей, учтенных в ОСТе, необходимо иметь молоток, совок, лоток с шестью
ячейками для дроби, подставку для загрузочных цилиндров, пластинку, лопаточку, штангенциркуль (ГОСТ 166-80).
По разработанной в ЦНИГРИ методике для исследований необходимы следующие
материалы: порошок электрокорундовый №12 (ГОСТ 3647-80) и свинцовая дробь №4 ОТ-1 диаметром 3.25 (ГОСТ 7837-76).

В случае отсутствия дроби №4 можно применять дробь №5 диаметром 3,0 мм марки ОТ-1 или №3 диаметром 3,5 мм марки ОТ-П.

## Методика исследований
### Подготовка к испытаниям

Дробь протирают сухим хлопчатобумажным материалом. Дробинки неправильной формы (сплющенные, вытянутые и т. п.) отбраковываются. Далее производят подбор дробинок в навеске, для чего заготовляют 6 навесок по 21 дробинке Ø 3,25 мм; в случае необходимости 26 дробинок Ø 3,0 мм и 14 дробинок Ø 3,5 мм. Повторное использование дроби запрещается. Взвешивают каждую навеску дроби. Определение массы дроби при каждом взвешивании следует производить с точностью до 5 мг.

Загружают в каждый загрузочный цилиндр навеску дроби и 1 см электрокорундового порошка.

Загрузочные цилиндры с дробью и электрокорундовым порошком помещают в прибор и включают его на 20 минут. При этом электродвигатель должен совершить 28 тыс. оборотов, которые контролируются счетчиком прибора.

Каждую навеску дроби после указанного опыта помещают в сосуд с водой и после перемешивания (всполаскивания) извлекают и протирают насухо чистым хлопчатобумажным материалом.

Промытую дробь взвешивают. Потеря массы дроби в каждой пробирке должна быть 200±10 мг. В случае отклонения потери массы дроби от указанного необходимо изменить количество дробинок в навеске и повторить тарировочные работы вновь.

### Проведение испытаний

Каждую часть пробы, состоящую из 5 кусков, помещают в стакан прибора ПОК и производят 10 сбрасываний гири массой 2,4 кг с высоты 600 мм (груз поднимается до упора). Продукт разрушения всех пяти частей каждой пробы породы просеивается через сито с размером стороны ячейки а свету 0,5 мм. Прошедшую через сито фракцию 0,5 мм и менее ссыпают в трубу объемомера (рис. 4.2). В трубу свободно вставляют до упора цилиндр и снимают отсчет "$h$" по шкале цилиндра в миллиметрах.

Раздробленную горную породу фракции 0,5 мм и менее высыпают из объемомера на лист чистой бумаги в виде конуса, затем конус с помощью пластинки развертывают в диск, который снова пересыпают в конус. Процесс перемешивания повторяют 2 - 3 раза для получения однородной среды. Из противоположных частей диска отбирают пробы объемом 1 см$^3$ каждая.

Загрузочные цилиндры с дробью и пробами помещают в прибор ПОАП-2м и включают на 20 мин. После испытания дробь промывают. Для этого каждую навеску дроби помещают в чистые загрузочные цилиндры, заполненные на 2/3 объема водой. Загрузочные цилиндры с дробью и водой помещают в прибор ПОАП-2м и включают его на 3 мин. Промытую дробь протирают сухим хлопчатобумажным материалом, взвешивают каждую навеску и определяют потерю массы дроби $\Delta Q$ (мг).

### Определение физико-механических параметров по результатам испытаний

Коэффициент динамической прочности породы определяет по формуле:

$$F_{д} = \frac{20n}{h} = \frac{200}{h}, \qquad (2.1)$$

где $n$=10 - число сбрасываний гири на приборе ПОК;

$h$ - отсчет по шкале цилиндра объемомера, мм.

Коэффициент абразивности исследуемой породы определяют по формуле:

$$K_{\text{абр}} = \frac{\Delta Q}{100}\ , \tag{2.2}$$

где $\Delta Q$ - потеря массы дроби, мг.

Коэффициенты динамической прочности и абразивности определяются по двум пробам.

За средние значения $F_{\text{д}}$ или $K_{\text{абр}}$ принимаются среднеарифметические двух определений при условии:

$$Z = \frac{X_1 - X_2}{(X_1 + X_2)/2} \cdot 100 \langle 25\ \%, \tag{2.3}$$

где $X_1$ и $X_2$ - значения двух определений $F_{\text{д}}$ и $K_{\text{абр}}$.

В случае отклонения от приведенного условия проводятся дополнительные определения. Из полученных значений $F_{\text{д}}$ и $K_{\text{абр}}$ выбираются те два, для которых выполняется условие (2.3).

На основании определенных опытным путем значений динамической прочности $F_{\text{д}}$ и коэффициента абразивности $K_{\text{абр}}$ можно определить объединенный комплексный показатель бурности $\rho_{\text{м}}$ по формуле:

$$\rho_{\text{м}} = 3F_{\text{д}}^{0.8} \cdot K_{\text{абр}} \tag{2.4}$$

## Лабораторная работа № 3.
## Определение энергоемкости процесса распиловки горных пород алмазным диском

Распиловка является начальной операцией в обработке каменного сырья. Для распиловки горных пород используют несколько типов алмазных пил и станков, конструкция которых зависит от размеров камней и конкретной цели распиловки.

Процесс распиловки можно контролировать по показаниям электроприборов, которые устанавливаются в системе электропривода для измерения силы тока, напряжения и потребляемой мощности.

Оценка процесса распиловки возможна по удельным затратам электроэнергии на единицу площади распиливания, которая зависит от ФМС горных пород, параметров режущего инструмента и технологических параметров распиливания.

Задачей исследования является определение энергоемкости процесса распиливания горных пород с различными ФМС на камнерезном станке.

### Технические средства для определения энергоемкости процесса распиловки

В качестве распиловочного механизма используется серийный камнерезный станок ПТ-44, оснащенный алмазным отрезным диском:

Техническая характеристика камнерезного полуавтомата ПТ-44

| | |
|---|---|
| Наибольшая высота обрабатываемой заготовки, мм …. | 150 |
| Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм ….. | 160 |
| Частота вращения шпинделя, об/мин …….. | 1500 |
| Инструмент: круг отрезной, 2726-0272 ГОСТ 10110-78 | 1000 |
| диаметр, мм …… | 450 |
| толщина, мм…… | 2,4 |
| Скорость подачи (продольное перемещение салазок), мм/мин | |
| при модуле червячной передачи $m$ = 1…….. | 5,4-31,5 |
| $m$ = 2…….. | 10,8-63 |
| Питающая эл. сеть: | |
| род тока……. | Переменный |
| частота тока, Гц…… | 50 |
| напряжение, В…….. | 220, 380 |
| Электродвигатель | |
| Тип……. | 4А80В (АИР90В) |
| мощность, кВт…….. | 1,5 (2,2) |
| частота вращения, об/мин…….. | 1500 |
| габариты, мм, не более…… | 1240 890 940 |
| масса, кг, не более…….. | 350 |

### Принцип работы камнерезного полуавтомата ПТ-44

Привод станка осуществляется от электродвигателя *1* (рис. 3.1) Вращение от двигателя передается через клиноременную передачу на шпиндель *2*, на котором закреплен алмазный круг *10*. Вращение шпинделя двухскоростное, так как шкив шпинделя имеет два ручья с разными диаметрами.

При распиловке заготовок продольная подача заготовки *11* производится механически от двигателя *1* через клиноременную передачу, червячную передачу *7*, передачу "винт-гайка", гайка *8* которой является разъемной. При разомкнутом положении

гайки механическая подача на заготовку не происходит. Заготовка при распиловке надежно закрепляется в зажимном устройстве *9*, которое имеет возможность продольного перемещения по направляющим *4*. Скорость продольной подачи во время распиловки регулируется бесступенчатым вариатором *6*. При переводе рычага влево подача замедляется, вправо - ускоряется

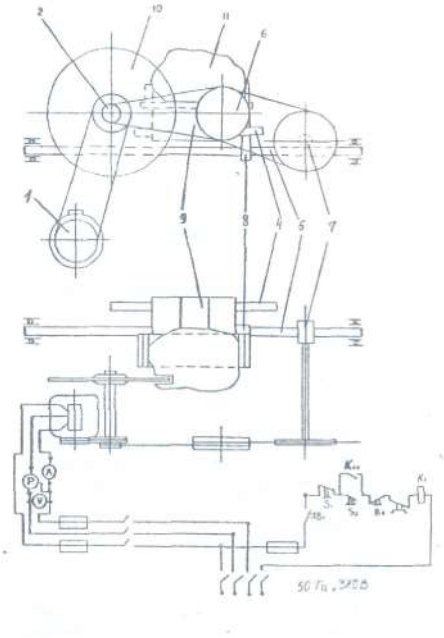


Рис. 3.1. Электромеханическая схема ПТ-44

### Приборы для контроля процесса распиловки

Для контроля процесса распиловки камнерезный полуавтомат ПТ-44 имеет электрический щит, оборудованный вольтметром с ценой деления 20 В в диапазоне 500 В, амперметром с ценой деления 0,5 А в диапазоне ЮЛ и ваттметром с ценой деления 0,5 кВт в диапазоне 1,4 кВт.

Для проведения исследований необходимо иметь секундомер.

### Методика определения процесса распиловки
### Подготовка образцов для распиловки

Для распиловки используются образцы скальных горных пород произвольной формы. Размеры образца следует подбирать из расчета затрат времени на отрезание одной пластины в пределах 4-6 мин. и возможности получения из образца двух пластин толщиной 30 мм и длиной не менее 100 мм. Каждый образец должен быть промаркирован. Полученные при распиловке пластины используются в следующей лабораторной работе.

### Подготовка камнерезного полуавтомата ПТ-44

Исследуемый образец закрепляется в зажимном устройстве станка. Для распиловки следует использовать червячное колесо с модулем $m$=1. Рычагом вариатора устанавливается нужная скорость резания. Рекомендуемая скорость резания при распиловке твердых пород (яшма) -23,4 мм/мин., при распиловке мягких пород (змеевик) – 33,4 мм/мин.

**Организация наблюдений за процессом распиловки**

В процессе исследований по показаниям ваттметра измеряется потребляемая мощность на холостое вращение алмазного диска и суммарная потребляемая мощность в процессе распиловки. Потребляемая мощность на распиливание определяется по формуле:

$$P_p = \sum P - P_{xx} \qquad (3.1)$$

где $P_p$ - потребляемая мощность на распиливание, Вт;

$\sum P$ - суммарная потребляемая мощность, Вт;

$P_{xx}$ - потребляемая мощность на холостое вращение алмазного диска, Вт.

Для получения достоверной информации необходимо провести 3 опыта - параллельные распиловки образца, обеспечивающие получение двух пластин.

Каждый опыт начинается с регистрации потребляемой суммарной мощности в момент начала распиловки. Затем суммарная потребляемая мощность регистрируется с помощью секундомера через каждые 30 с до окончания распиловки.

Результаты наблюдений и обработки заносятся в таблицу.

**Регистрация результатов наблюдения и расчетов**

| Номер парал. набл. | $P_{xx}$ | Суммарная потребляемая Мощность Σ$P$, Вт | | | | | | | | | | Площадь распила S,м$^2$ | Работа $A$, Втс | Удельная энергоемкость W, Вт·с/м$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | | | |
| Образец №1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| Образец №2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | |

На основании наблюдений при распиловке каждого образца строятся графики, характеризующие изменение $P_P$ во времени. Форма графика приведена на рис. 3.2.

**Определение произведенной работы для распиливания образца**

Работа распиливания характеризуется площадью фигуры 5 (рис. 3.2), ограниченной кривой, характеризующей изменение суммарной потребляемой мощности $\sum P$ во времени, и линией, ограничивающей мощность холостого вращения $P_{xx}$.

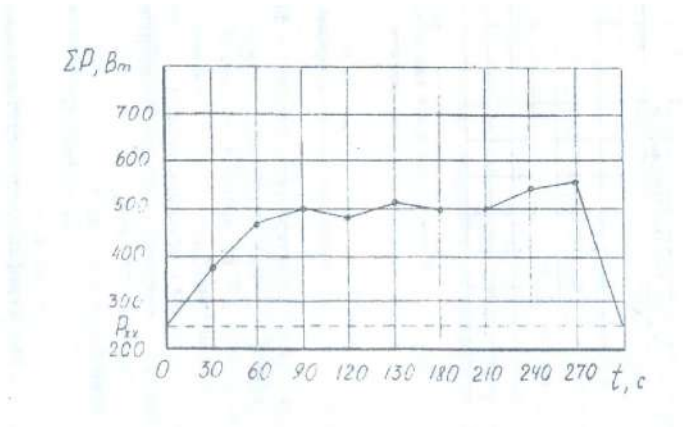



Рис. 3.2. График изменения потребляемой мощности во времени при распиловке яшмы технической.

Площадь $S$ определяется с помощью палетки. Масштаб одной клетки палетки определяется в соответствии с масштабом координат графика:

$$M = P_p t_н, \tag{3.2}$$

где $M$ - масштаб одной клетки, Вт·с;

$P_p$ - масштаб мощности на графике, Вт;

$t_н$ - масштаб времени, с. Приведенный на рис. 4.6 график имеет следующий масштаб:

$M = 100 \cdot 30 = 3000$, Вт·с.

Тогда работа распиливания образца определяется из условия, Вт/с:

$$A = Mm, \tag{3.3}$$

где $M$ - масштаб одной клетки, 3000 Вт·с;

$m$ - количество расчетных клеток палетки в пределах площади, ограниченной кривой изменения $P_Р$ во времени, шт.

Для определения количества расчетных клеток под кривой методом палетки подсчитывается количество полных клеток $n_1$ и количество неполных клеток $n_2$. Затем приближенно определяется общее количество расчетных клеток из условия:

$$M=(n_1+n_2)/2. \tag{3.4}$$

**Определение площади распила**

Площадь поверхности распила образца горной породы определяется также по палетке. В качестве палетки может быть использован лист миллиметровки или разлинованный в клетку тетрадный лист. На палетку накладывается распиленный образец горной породы, и фиксируется площадь распила. Масштаб палетки принимается

$$M= 1 \text{ см}^2 = 0{,}0001 \text{ м}^2.$$

Площадь распила рассчитывается из условия:

$$S=Mm, \tag{3.5}$$

где $S$ - площадь распила, м$^2$;

$M$ - масштаб палетки, м$^2$;

$m$ - количество расчетных клеток палетки, шт.

**Определение удельной энергоемкости процесса распиливания**

Удельная энергоемкость распиливания на единицу площади горной породы рассчитывается по формуле:

$$W = \frac{A}{S}. \tag{3.6}$$

где $W$ - удельная энергоемкость распиливания, Вт·с/м$^2$;

$A$ - работа, Вт·с;

$S$ - площадь распила, м$^2$.

**Методика статистической обработки результатов наблюдений**

Обобщающими результатами наблюдений, характеризующих энергоемкость процесса распиловки, являются удельные затраты мощности на единицу площади распиловки $W_1$, $W_2$, $W_3$, …, $W_n$, которые получены при проведении параллельных опытов при распиловке образца определенной горной породы.

Энергоемкость процесса распиловки образца горной породы характеризуется удельными затратами мощности, которые определяются как среднее арифметическое значение удельных затрат мощности при проведении параллельных опытов по формуле:

$$\overline{W} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} W_i \quad . \tag{3.7}$$

Дисперсия удельных затрат мощности параллельных опытов, характеризующих степень разброса вокруг среднего значения, рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{1}{1-n}\sum_{i=1}^{n} (W_i - \overline{W})^2 \, . \tag{3.8}$$

Среднее квадратическое отклонение результата каждого опыта как абсолютный показатель изменчивости удельных затрат мощности определяется из выражения:

$$S = \sqrt{\frac{1}{1-n}\sum_{i=1}^{n} (W_i - \overline{W})^2} \quad . \tag{3.9}$$

Отдельным показателем изменчивости удельных затрат мощности параллельных опытов является коэффициент вариации, который рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{вар}} = \frac{S}{W} 100 \ \% \tag{3.10}$$

## Лабораторная работа № 4.

## Исследование акустического спектра резания горной породы алмазным диском

### Отбор и подготовка образцов

Для исследований необходимо использовать образцы горных пород с известными параметрами динамической прочности, абразивности и модуля продольной упругости. Образец должен иметь форму пластины толщиной 30 мм. Рекомендуется использовать пластины, полученные при выполнении лабораторной работы № 3 данного раздела. Каждый образец должен иметь свою маркировку.

### Технические средства для регистрации акустического спектра

Для исследования акустического спектра резания горных пород алмазным диском используется анализатор спектра АС-1.

Акустический спектр регистрируется анализатором спектра АС-1 в пределах звуковых колебаний 16 Гц – 20 кГц при распиловке образца горной породы на камнерезном станке ПТ-44, оснащенном алмазным отрезным диском АС-50 315/250 50 М. Для контроля процесса резания станок оснащен ваттметром, вольтметром и амперметром.

### Техническая характеристика анализатора спектра АС-1

Прибор состоит из измерительного блока и двух микрофонов МД 52. Измерительный блок предназначен:

- для усиления сигналов, поступающих от микрофонов;
- выделения из шумового спектра основных гармонических составляющих;
- измерения частоты звуковых колебаний в трех диапазонах (I−20-200 Гц, II - 200-2000 Гц, III - 2-16 кГц);
- измерения уровня звукового давления акустического спектра с помощью микроамперметра.

Функциональная схема АС-1 представлена на рис. 4.2. На схеме показаны:

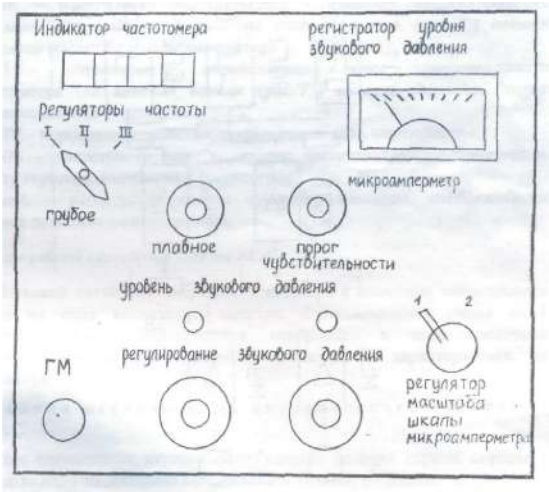



Рис. 4.1. Схема лицевой панели АС-1

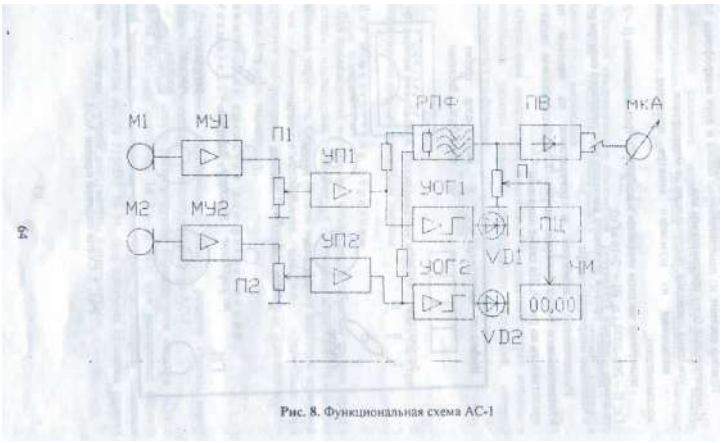


Рис. 8. Функциональная схема АС-1

Рис. 4.2. Функциональная схема АС-1

МУ1, МУ2 -микрофонные усилители 1 и 2 каналов;

П1, П2 - потенциометры установки уровня сигналов с микрофонных усилителей (ручки потенциометров П1 и П2 выведены на лицевую панель (см. рис. 4.2) и обозначены "регулирование звукового давления 1-й канал и 2-й канал");

УОГ1, УОГ2 - усилители-ограничители шумового сигнала с выходом на светоиды VD1, VD2 (на лицевой панели (см. рис. 4.2) светоиды обозначены "уровень звукового давления");

РПФ - режекторный полосовой фильтр с высокой добротностью, (перестройка частоты фильтра осуществляется ручками (см. рис. 4.2) "регуляторы частоты грубое, плавное", расположенными на лицевой панели);

ПВ - прецезионный выпрямитель выделяет положительную полуволну первой гармоники шумового сигнала;

SA - масштабный переключатель - изменяет чувствительность микроамперметра мкА в 2 раза (на лицевой панели (см. рис. 4.2) показан "регулятор масштаба шкалы амперметра");

П - потенциометр, определяющий порог чувствительности частотометра (на лицевой панели (см. рис. 4.2) имеется указатель "порог чувствительности");

ПУ - пороговое устройство, открывающее вход частотометра;

ЧМ - частотометр или "индикатор частотометра", отображающий частоту звуковых колебаний в килогерцах;

мкА - регистратор уровня звукового давления, отображающий звуковое давление в микроамперах.

## Принцип работы анализатора спектра АС-1

Звуковой сигнал от микрофонов подается с помощью специального кабеля на вход анализатора спектра. Функциональная схема АС-1 усиливает сигнал, фильтрует и отображает в виде частотной характеристики на частотометре и амплитудной характеристики на амперметре.

## Методика исследования акустического спектра на АС-1

Для регистрации акустического спектра резания горной породы с помощью АС-1 необходимо выполнить следующие операции:

Расположение приборов и регуляторов на лицевой панели измерительного блока показано на рис. 4.1,

1. Установить микрофоны в непосредственной близости от режущего инструмента, обеспечив условия предотвращения попадания влаги на микрофоны.
2. Подключить микрофоны к гнезду ГМ прибора.
3. Подключить прибор к сети 220 В.
4. Установить ручки управления прибора в положение, соответствующее готовности прибора к работе. Для этого необходимо выполнить следующие операции.

4.1. Ручки потенциометров "регулирование звукового давления" (П1 и П2) установить в крайнее левое положение (повернуть против часовой стрелки до упора).

4.2. Переключатель "регуляторы частоты грубое, плавное" установить в крайнее левое положение.

4.3. Ручку "порог чувствительности" установить в крайнее левое положение, при этом индикатор частотометра должен показывать 00.00.

4.4. Переключатель ЗА "регулятор масштаба шкалы микроамперметра" установить в крайнее левое положение, при этом стрелочный индикатор мкА должен быть на нуле.

5. Включить камнерезный станок, установить режим подачи с помощью вариатора в зависимости от физико-механических свойств распиливаемого образца и обеспечить работу станка в установившемся режиме резания горной породы.

6. Медленно поворачивать ручки потенциометров П1 и П2 "регулирование звукового давления" по часовой стрелке до включения светоидов УВ1 и УО2. После включения светоидов повернуть ручки П1 и П2 против часовой стрелки, стараясь уловить положение регуляторов уровня сигнала, соответствующее моменту затухания светоидов.

7. Произвести измерения параметров акустического спектра, выполняя последовательно следующие операции.

7.1. Поворачивая ручку "регуляторы частоты плавное" по часовой стрелке, установить по микроамперметру на положение ручки, соответствующее максимальному уровню сигнала в выбранном частотном диапазоне. Точнее можно найти положение ручки, поворачивая ее по или против часовой стрелки.

7.2. Повернуть ручку "порог чувствительности" до включения частотометра в режим счета частоты. Рекомендуется поворачивать ручку не плавно, а дискретно, изменяя угол поворота в связи с некоторым запаздыванием включения счетного устройства.

7.3. Показания частотометра и стрелочного индикатора занести в таблицу. При необходимости взять еще 1-2 отсчета на этом же частотном диапазоне, стремясь отыскать локальный максимум.

7.4. Повернуть ручку "порог чувствительности" против часовой стрелки до сброса показаний индикатора частотометра (до установки 00.00).

7.5. Повернуть ручку "регуляторы частоты плавное" в крайнее левое положение и перейти на следующий частотный диапазон, переключив переключатель «регуляторы частоты грубое» по часовой стрелке в следующее положение.

7.6. Повторить измерения на вновь избранном диапазоне частоты, выполнив пункты 7.1-7.3 Результаты измерений занести в таблицу.

7.7. Выполнив пункты 7.4 и 7.5, перейти на третий диапазон частот, установив переключатель "регуляторы частоты грубое" в положение III (крайнее правое).

7.8. Повторить измерения на III диапазоне частот, выполнив пункты 7.1. - 7.3. Результаты измерений занести в таблицу.

Результаты измерений исследования акустического спектра резания горной породы алмазным диском

| Диапазон | I | | | II | | | III | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Уровень звукового давления, мкА | | | | | | | | | |
| Частота звуковых колебаний, кГц | | | | | | | | | |

Примечания.

1. После выполнения пункта 7.3 положение ручки "регулирование звукового давления" нельзя изменять до окончания работы, в противном случае достоверность характера спектрограммы будет нарушена.

2. В некоторых случаях на одном или двух диапазонах частот могут отсутствовать ярко выраженные основные максимумы, в этом случае рекомендуется ограничиться регистрацией локальных максимумов, стараясь как можно точнее устанавливать порог чувствительности порогового устройства частотомера ручкой "порог чувствительности".

3. Если при измерении локальных максимумов показания стрелочного измерительного прибора весьма малы и отсчет взять затруднительно, можно перевести переключатель SA "регулятор масштаба шкалы микроамперметра" в крайнее правое положение. В этом случае в таблицу следует заносить численное значение, равное 1/2 от показания прибора.

## Методика обработки результатов наблюдения

Графическое построение измеренных спектров производится на полулогарифмической бумаге, для того, чтобы весь диапазон измеряемых частот умещался в размерах одного листа формата А4 и при этом масштаб был бы читаемым. Построение спектрограммы (рис. 4.3), характеризующей процесс резания, производится по следующей методике.

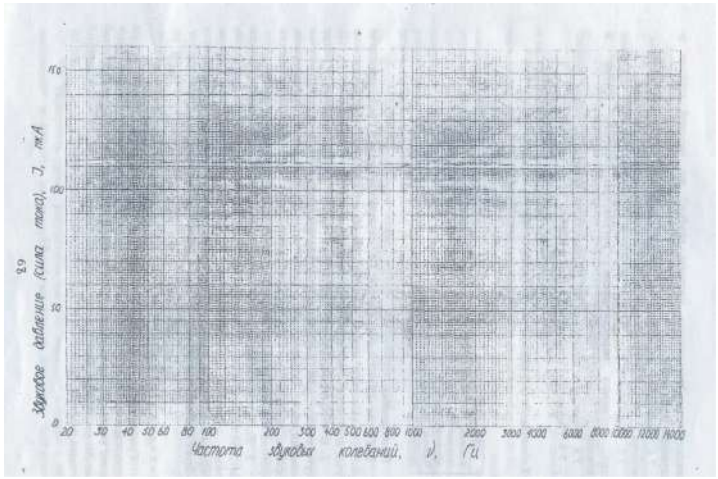



Рис. 4.3. Спектрограмма звуковых колебаний процесса резания

1. На логарифмической шкале абсцисс, соответствующей трем диапазонам АС-1, откладываются частоты в герцах, на линейной шкале ординат – уровни звукового давления акустического спектра резания в микроамперах.
2. На спектрограмме находится уровень звукового давления, соответствующий зарегистрированному максимуму длины полуволны акустического спектра.

## Библиографический список

1. Инструкция по применению прибора ПСХ-4 для определения удельной поверхности измельченных материалов/ Госкомитет по промышленности строительных материалов при Госстрое СССР. – М.: 1964. - 14 с.
2. Ржевский В. В., Новик Г. Я. Основы физики горных пород: учебник для вузов. – 5-е изд, перераб. и доп. – М.: Недра, 1989. - 359 с.
3. Спивак А. И., Попов А. Н. Разрушение горных пород при бурении скважин: учебник для вузов. – 4-е изд. Перераб. и доп. – М.: Недра, 1986. - 208 с.
4. Ямщиков В. С. Методы и средства исследования и контроля горных пород и процессов. – М.: Недра, 1982.

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Чупров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И МЕТОДИКЕ ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ Б2.Б.01(У) ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПЕРВИЧНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ Ч. 1. ДЛЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Авторы: Огородников В. Н., д.г-м.н., доцент; Поленов Ю. А., д.г-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры геологии
*(название кафедры)*
Зав.кафедрой _____
*(подпись)*
Огородников В.Н.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 17.03.2020
*(Дата)*

Рассмотрен методической комиссией Факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В курсе «Общая геология», который читается студентам специальности 21.05.02 Прикладная геология Уральского государственного горного университета (УГГУ), предусмотрено проведение учебной геологической практики. Она является важной составной частью образовательного процесса, так как способствует формированию у студентов умения наблюдать, документировать и обобщать различного рода геологические факты. Все это – основа для закрепления теоретической части указанного курса. В итоге студенты приобретают определенную базу восприятия специальных учебных дисциплин геологического профиля.

Место проведения практики, которое включает обнажения в городе Екатеринбург и его окрестностях, в пределах листов О-41-XXV и О-41-XXXI, выбрано в связи с тем, что здесь на сравнительно небольшой площади расположены разнообразные объекты, которые характеризуются сложным геологическим строением и разнообразием горных пород и месторождений полезных ископаемых всех геодинамических обстановок, проявленных на Урале.

Студенты заочного обучения, работающие на предприятиях геологоразведочного и горного профиля с согласия преподавателя могут проходить учебную геологическую практику на своем предприятии, предварительно получив для этого разрешение руководства учреждения.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, ч.1 после первого курса обучения студентов проводится в течение двух недель.

Цель практики: закрепление теоретических знаний и практических навыков студентов по общей и исторической геологии путем изучения результатов эндогенных и экзогенных процессов в натуре на природных геологических объектах и знакомство студентов с элементами документирования естественных и искусственных обнажений.

Задачи практики:

- ознакомление студентов с основами методики полевых геологических, геоморфологических и гидрогеологических наблюдений, с документацией полевых наблюдений, с некоторыми горнопромышленными предприятиями в окрестностях г. Екатеринбурга.

- обучение студентов свободному владению горным компасом при работе с картой и выполнении различных замеров на местности, документированию опорных разрезов, горных выработок и различных объектов при маршрутных наблюдениях, камеральной обработке полевых материалов и оформлению геологического отчета с необходимыми графическими приложениями;

Студенты, прошедшие геологическую практику, должны:

- знать основные геологические структуры земной коры на территории Среднего Урала и геологическую историю их развития;

- иметь представление об эндогенных и экзогенных геологических процессах, приводящих к образованию и преобразованию различных месторождений полезных ископаемых, о пространственно-временных основах геологии, базирующихся на методе актуализма, т. е. развитии процессов и геологических структур в пространстве и во времени;

- закрепить навыки и уметь определять минералы и горные породы как продукты различных геологических процессов; наблюдать и документировать обнажения и горные выработки, уметь вести абрис маршрута, полевую книжку; отбирать стандартные образцы для геологической коллекции; замерять элементы залегания горных пород и трещиноватости горным компасом, составлять фрагментарные геологические схемы и планы, разрезы к ним; анализировать условия их залегания, возрастные взаимоотношения различных геологических образований как в обнажениях, так и на геологических картах и фиксировать все полученные материалы в геологическом отчете;
- отличать экзогенные процессы, обусловленные антропогенными факторами.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ

Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, ч.1 должна проводится квалифицированными специалистами, имеющими соответствующее образование. Как любые геологические исследования, она состоит из трех основных этапов – подготовительного, полевого и камерального.

*Подготовительный этап*. В течение этого этапа со студентами проводятся лекции о целях и задачах экскурсий, формируются учебные бригады, собирается, закупается и выдается полевое снаряжение (рюкзак, полевая сумка, мешки под образцы, компас, фотоаппарат, рулетка, геологический молоток, лупа, саперная лопатка, складной нож, ручка, карандаш, офицерская линейка, медицинская аптечка) и документы (карты, полевой дневник, журнал образцов, этикетки), позволяющие фиксировать полученные наблюдения. Перечисленным снаряжением и документами должна располагать каждая учебная бригада. Полевой дневник должен иметь каждый учащийся. На подготовительном этапе дается форма дневника (полевой книжки) и другой геологической документации.

Для успешного проведения геологических экскурсий заранее необходимо осуществлять рад мероприятий, направленных на строгое выполнение правил по технике безопасности в полевых условиях. Прежде всего, нужно организовать медицинский осмотр всех экскурсантов и сделать предохранительные прививки.

Вторым обязательным мероприятием является ознакомление студентов непосредственно перед проведением экскурсий с правилами техники безопасности с росписью в соответствующей ведомости. Экскурсанты должны усвоить правила техники безопасности при 1) проведении маршрутов, 2) использовании автотранспорта, 3) обеспечении питьевой водой, 4) оказании доврачебной помощи.

В *полевой этап* проводятся геологические маршруты на хорошо обнаженные геологические объекты, сложенные различными метаморфическими, осадочными и магматическими породами; на месторождения полезных ископаемых различного генезиса.

Первые маршруты предусматривают усвоение студентами общих навыков работы в полевых условиях. С этой целью преподаватели рассказывают о методике полевых геологических объектов с теми или иными явлениями и процессами.

Выполнение маршрутного задания, прежде всего, зависит от четкой организации работы студенческих бригад в полевых условиях. Этому способствует предварительное распределение обязанностей между членами бригад перед очередным маршрутом. В каждом маршруте посменно одни студенты отвечают за составление абриса маршрута и привязку обнажений, другие за работу с горным компасом, за отбор образцов горных пород, фотографирование геологических объектов и т.д.

Объем геологической информации возрастает от маршрута к маршруту. Своевременная обработка этого материала определяет качество итоговых геологических документов. Основная форма проведения полевых геологических наблюдений – маршруты, которые являются составной частью учебного процесса. Количество их и

содержание определяется целями и задачами, планом обучения и программой геологических экскурсий.

Практически во многих случаях маршруты являются комплексными, когда одновременно ведутся наблюдения над несколькими геологическими процессами и объектами. Целесообразность таких маршрутов обусловлена выявлением взаимосвязи отдельных геологических процессов и явлений. Например, в одном маршруте полезно проследить связи между формами рельефа, литологией пород и тектоникой района, выходами подземных вод на поверхность и определенным стратиграфическим горизонтом, выветриванием и составом горных пород и т.д.

Необходимо особенно подчеркнуть, что *геологические наблюдения в маршруте должны вестись непрерывно*. Это означает, что после описания какого-либо объекта или процесса наблюдение за ним (ними) не прекращается, а продолжается в процессе всего маршрута.

Основная работа в маршрутах – изучение горных пород, осуществление тектонических, геоморфологических и других наблюдений и записи в полевой книжке проводятся на специальных остановках – точках наблюдения (Тн). По характеру изучаемых явлений "Тн" можно условно разделить на три вида: изучение и описание геолого-географических особенностей (тектоники, рельефа, деятельности подземных вод, выветривания и т.д.), изучение и описание горных пород и условий их залегания в обнажениях и, наконец, наиболее частый случай, когда исследуется и те, и другие вопросы. Остановка на "Тн" даже на небольшом объекте отнимает много времени, поэтому нужно выбирать каждую точку так, чтобы на такой точке породы были хорошо обнажены, легко доступны для наблюдения и вместе с тем обладали чертами, существенными для понимания строения района.

При остановке на "Тн", прежде всего, следует сориентироваться по сторонам света (по компасу, солнцу, часам или другим способом) и определить нахождение точки не карте и местности, т.е. дать адрес. Определение местонахождения производится методом засечек по азимутам на хорошо заметные элементы рельефа, гидрографии (вершины гор характерные излучины рек, устья ручьёв) или глазомерной привязки точки по азимуту и расстоянию, определяемому, например, шагами. После привязки наносят местонахождение данной "Тн" на карту год соответствующим номером (нумерация точек должна быть сквозная).

Изучая на точке геологическое строение отдельного участка, целесообразно, прежде всего, описать общегеологические явления - геоморфологию, гидрографию, тектонику и т.д. Переходя к описанию пород обнажения, прежде всего, отмечают его размер по высоте и ширине и тип (обрывистый склон, скальный выход на склоне, обнажения в русле рек, стенки и забои карьере или шурфа и т.д.). После этого приступают к описанию пород. В зависимости от целей и задач такое описание даётся либо в обобщенном виде, либо более подробно и послойно, либо по отдельным пачкам. В последнем случае лучше описывать слои и пачку снизу вверх (рис. 1). В описании пород должна быть приведена сжатая характеристика главных отличительных и генетически важных свойств пород: текстура, структура, минеральный состав, различные неоднородности, тектонические дислокации. В описании указываются элементы залегания слоистости, сланцеватости, крыльев складок или плоскостей сместителя и т.д. Отмечаются места взятия образцов и их нумерация. На левой стороне пикетажной книжки делаются зарисовки и указываются места фотоиллюстраций.

При описании пород целесообразен следующий порядок работы на обнажении. Прежде всего, студенты должны внимательно осмотреть обнажение, отобрать серию образцов, определить все имеющиеся здесь породы, выделить отдельные пласты или метасоматические зоны, контакты. Определить элементы залегания. Руководитель консультирует и направляет работу, как отдельных студентов, так и всей группы, и в итоге устанавливается общая картина обнажения. После этого делают полное описание, а

затем схематическую зарисовку обнажения, которая дублируется фотографированием. При необходимости делают зарисовки и фотографии деталей обнажения.

В первых маршрутах и при изучении принципиально новых объектов преподаватель должен сам давать соответствующие описания. Позднее, когда школьники овладеют определёнными навыками и усвоят общую схему описания, можно поручить одному из них рассказать о том, что он мог бы написать в своём полевом дневнике на данной "Тн". Остальные участники делают замечания и дополнения. Преподаватель обобщает все сказанное и формулирует данные для общей записи.

*Камеральный этап*. Камеральные работы проводятся последовательно после завершения одного или двух маршрутов и включает в себя время на составление отчёта и его защиты.

В камеральный этап выполняются следующие виды работ:

- обработка полевых книжек;
- занесение в каталог образцов;
- оформление рисунков к отчёту, изготовление и описание стратиграфических разрезов, схем и карт;
- изготовление фотографий, их ретуширование, при необходимости вынесение на них геологической информации;
- окончательное уточнение полевых определений горных пород и минералов, уточнение наименований окаменелостей с использованием атласа руководящих форм, составление рабочей коллекции каменного материала;
- написание и оформление отчёта;
- защита отчёта.

Главная цель написания отчёта - овладение навыками анализа и обобщения геологических наблюдений и умение геологически грамотно изложить результаты такого обобщения в отчёте, правильного подбора и изготовления графических приложении, составления списка литературы.

### 2.1. Документация при ведении геологических маршрутов

Обилие различного рода информации, получаемой в результате геологических исследований, разнообразие форм и методов обработки делают задачу систематизации и унификации первичных геологических данных чрезвычайно важной

Первичная геологическая документация при ведении геологических маршрутов включает: I) дневники (полевые книжки); 2) формы регистрации каменного материала - журналы образцов, проб и др.; 3) этикетки; 4) зарисовки обнажений, горных выработок, керна скважин, отдельных деталей геологических тел и т.п.; 5) фотографии естественных и искусственных обнажений и их деталей.

Ко всем видам первичной геологической документации предъявляются единые требования к её оформлению;

1. Все записи должны делаться максимально разборчиво, с тем, чтобы не создавать затруднений при их чтении.

2. Записи должны иметь стандартную форму и строгую последовательность перечисления признаков описываемого объекта.

3. Записи производятся простым карандашом или шариковой ручкой. Использование химических карандашей и чернил всех видов (в том числе фломастеров) воспрещается.

4. Во всех формах документации во избежание затирания записей следует оставлять поля с внешней стороны листа.

5. Рекомендуется все данные о номерах наблюдений, образцов, проб и элементах залегания выделять из текста отдельной строчкой или условным знаком (если для них не предусмотрена фиксация в специальных графах формы документации).

6. Все страницы дневников, пикетажных книжек и других сброшюрованных форм документации должны иметь сквозную нумерацию.

***Дневник (полевая книжка*)** – основной первичный документ регистрации геологических наблюдений всех видов (собственно геологических, поисковых, геоморфологических и др.). Он изготовляется в виде книжки в твердом переплете, покрытом дермантином или другим материалом, предохраняющем ее от сырости, механических или иных повреждений. Рекомендуется использование материалов яркого цвета, хорошо заметных на фоне растительности и почвенного покрова.

Задняя крышка обычно имеет клапан, закрывающий торец книжки. На третьей странице обложки иногда изготовляется карман. С внутренней стороны клапана располагается держатель для карандаша (ручки).

Формат книжки допускается в пределах от 10-12 на 15-18 см (для кармана полевой одежды) до 13-15 на 20-22 см (для полевой сумки). Большие форматы не рекомендуются вследствие неудобства для использования в маршруте, меньшие - как неоправданно дробящие запись на чрезмерно короткие строки и затрудняющие ее чтение.

Рекомендуемый объем дневника - 100-130 листов. Дневник должен изготовляться из хорошей бумаги и нескольких листов кальки, миллиметровки.

На обороте переплета может помещаться перечень признаков, обязательных для наблюдения.

Титульный лист дневника должен содержать название организации, экспедиции (партий, отрядов), фамилию, имя, отчество исполнителя, даты начала и окончания дневника, номера точек наблюдений и адрес, по которому следует вернуть утерянный дневник.

На первой странице помещается оглавление дневника.

На второй странице помещаются условные обозначения к зарисовкам, список сокращений, принятых в тексте, и необходимые замечания. Далее при необходимости могут быть помещены вспомогательные таблицы и необходимые пояснения к ним.

На правой стороне дневника ведется запись наблюдений. Здесь же отмечаются взятые пробы, образцы и другие виды каменного материала.

Перед описанием маршрута, разреза и т.п. указывается день, месяц, год и цель работы. Описание каждой точки наблюдения начинается с красной строки. Привязка точки к местности или предыдущей точке помещается рядом с её номером и образует вместе с ним отдельную строку или абзац. Номера точек наблюдения рекомендуется выделить прямоугольными рамками, номера образцов и проб подчеркиваются или заключаются в овальную рамку. Измерение элементов залегания, радиоактивности, содержание химических элементов выделяются отдельной строкой.

На левой стороне дневника помещаются вспомогательные записи, облегчающие пользование документацией. На неё выносятся все номера образцов, проб и других видов каменного материала, номера фотографий (с указанием их содержания), могут выносится также элементы залегания. На этой же стороне помещаются зарисовки геологических объектов и их деталей, а также различные схемы для обнажений (отбора образцов и проб, расположение рисунков и фотографий и т.п.) для участков (расположение геологических тел на местности, кроки местности с расположением обнажений, горных выработок). Здесь же излагаются предположения и соображения исследователей, возникающие в процессе наблюдения, но требующие дальнейшего подтверждения или детализации.

В конце описания каждого маршрута должны быть приведены основные выводы исследователя и протяженность маршрута в км.

Законченный дневник подписывается исполнителем, проверяется и подписывается начальником (старшим геологом) партии (отряда, участка).

***Формы регистрации каменного материала.*** Регистрация каменного материала начинается при документации геологических объектов и продолжается в течение всего процесса геологических работ и фиксируется в журнале образцов.

***Журнал образцов*** предназначен для регистрации всех видов образцов и проб, взятых на протяжении полевого периода во время маршрутов, при описании обнажений, горных выработок и предназначенных для любых производственных и научных целей (изготовление шлифов и аншлифов, определение органических остатков, производство разнообразных анализов).

Журнал образцов заполняется непосредственно после маршрута или, если количество взятых образцов не велико, в камеральный день, но не реже одного раза в неделю. Журнал образцов заполняется шариковой ручкой. Желательно, чтобы записи в нем вел один и тот же сотрудник.

***Этикетки*** для образцов рекомендуется печатать на плотной бумаге и брошюровать в виде книжек по 25-50-100 листов; обычный формат этикетки 10х10 или 10х13 см. В разделе "место взятия" для образцов из обнажений и высыпок указывается привязка к точке наблюдения, для скважин - интервал отбора, для горных выработок - глубина или интервал (в канавах) отбора. Этикетки заполняются на месте взятия данного образца. Заполнение этикетки обязательно для рыхлых и слабоцементированных пород. Для крепких пород в полевых условиях допускается подписывать только номер тушью или шариковой ручкой на лейкопластыре, наклеенном на образце. Такая маркировка рациональна, в особенности при отборе ориентированных образцов, когда кроме номера необходимо указывать ориентировку образца. В отдельных случаях допустимо также нанесение маркировки непосредственно на образец. С этой целью могут быть использованы баллончики с тушью (например, "Kaalmar") или цветной (предпочтительно красный) карандаш. В дальнейшем на каждый образец заполняется этикетка.

Номер образца дублируется на бумаге, в которую завернут образец, или на геологическом мешочке. Для образцов, взятых из скважин и горных выработок, указывается также глубина или интервал отбора.

Отдельная этикетка составляется для каждого шлифа. Размеры этикетки шлифа 6х5 см.

Самостоятельные формы этикеток размером 13х10 см рекомендованы для проб, отобранных из горных выработок, извлеченного керна и шлиховых проб.

Регистрационные данные отмечаются также на капсуле для хранения шлихов. Для капсул используется прочная бумага. При разделении шлиха на фракции используется капсула стандартных размеров - 16х22 см. Для отмытого неразделенного шлиха предпочтительнее использовать капсулу формата 21х30 см (размер стандартного листа) либо других размеров, соответствующих реальному объему шлиха.

***Альбомы зарисовок и фотографий.*** Альбом для зарисовок изготавливают из плотной белой бумаги типа чертежной. Его размер не должен превышать 18х24 см. Такой размер позволяет делать достаточно крупные и детальные зарисовки, удовлетворяющие всем предъявленным к ним требованиям.

Альбом не должен содержать более 25 листов, так как со временем, при работе в полевых условиях, он неизбежно загрязняется, и зарисовки, выполненные ранее, могут быть испорчены. Рационально иметь в распоряжении несколько альбомов и заменять их по мере накопления зарисовок.

Альбом заключают в жесткий переплет из дермантина или из плотной материи типа коленкора. Задняя крышка переплета должна иметь клапан шириной около 5 см. На внутренней стороне переплета, на сгибе между внутренней крышкой и клапаном - гнездо для карандаша.

Первая страница альбома - титульный лист. В исключительных случаях для зарисовок могут быть использованы "альбомы для рисования", выпускаемые промышленностью.

Зарисовки выполняются только на одной (правой) стороне листа, где помещаются также все необходимые надписи и пояснения.

Страницы альбома должны иметь сквозную нумерацию. Каждому рисунку присваивается порядковый номер. Номера фотографий и их содержание, как указывалось выше, фиксируется в полевом дневнике. Специальной формы документации для них не предусматривается.

При наиболее ответственных съемках рекомендуется делать в дневнике записи о чувствительности пленки, диафрагме, выдержке, характере погоды и времени съемок.

### 2.2. Маршрутные наблюдения

Наземные маршруты в обнаженных районах дают основную массу данных по составу геологических тел и признакам полезных ископаемых. Они включают описание рядовых обнажений и промежутков между обнажениями, в которых наблюдения ведутся по высыпкам.

Описание маршрута состоит из следующих частей: 1) дата маршрута, 2) номер маршрута, 3) привязка района маршрута, 4) характеристика ожидаемых объектов наблюдения и цель маршрута, 5) привязка начала маршрута, 6) описание маршрута, 7) выводы по маршруту.

Номер маршрута обычно дается каждым исполнителем на протяжении всего сезона, однако если в дальнейшем намечается обработка на ЭВМ, необходимо каждому исполнителю выделить свою серию номеров.

Привязка района маршрута дается в таком виде чтобы его легко можно было находить на карте фактического материала. С этой целью указывается участок района, где проводится маршрут (бассейн реки, ручья, район крупной высоты, урочище и т.п.). Обязательно наличие всех таких названий на топографических картах. При проведении работ с применением аэрофотоматериалов в привязке указывается номера аэрофотоснимков, на которых расположен маршрут. Для маршрутов, проводимых на нескольких геодезических трапециях, обязательно указание номенклатуры трапеции. Для обработки материалов на ЭВМ привязка района маршрута дается в виде указания координат начала и конца его.

Привязка начала маршрута дается по отношению к четко определенным элементам рельефа и постоянным элементам топографической ситуации, созданным деятельностью человека (дороги и т.п.). В тех случаях, когда маршрут ведется с использованием аэрофотоснимков, привязка начала маршрута проводится после ориентирования и накола начальной его точки на аэрофотоснимке. Допустимо указание координат начальной точки.

Описание маршрута включает фиксацию всех наблюдений, проводимых над геологическими объектами, геоморфологическими элементами и т.д., а также выводов, к которым приходит геолог в процессе маршрута. По ходу маршрута описываются геологические образования и тектонические элементы, осуществляются поиски полезных ископаемых и сборы остатков ископаемой флоры и фауны, собираются материалы для выяснения природы расположенных в зоне маршрута контуров, отдешефрированных на аэрофотоснимках и других дистанционных материалах, геофизических и геохимических аномалий (их связь с геологическими телами, структурами и вещественным составом тел), отбираются необходимые образцы, пробы и т.д. Обязательно проверяются результаты дешифрирования аэрофотоснимков и интерпретации геофизических данных.

Каждая точка наблюдения включает запись на точке и запись по ходу между точками. Рекомендуется сначала записывать наблюдения на точке, а затем наблюдения по ходу следующей точки. В этом случае наблюдение на точке будет своего рода выводом из наблюдений по ходу. Таким "выводом" может быть, например, фиксация резкой смены пород в высыпках, другого стратиграфического подразделения, чем наблюдавшееся по ходу, обнаружение обнажения, в котором видны складки и т.п.

Выводы по маршруту завершают описание. Ими могут быть обобщенная характеристика состава изученных отложений, вывод о взаимоотношении интрузивов,

толщ, разрывов, складок и т.п., об их генезисе, о перспективности признаков полезных ископаемых и др.

### 2.3. Документация обнажений

Документация естественных и искусственных обнажений является одним из основных источников геологической информации, в первую очередь сведений о составе геологических тел и горных пород и условиях их залегания. В соответствии с этим большое значение имеет степень единообразия геологического описания и соответствие его унифицированной схеме, обеспечивающей сопоставимость данных, полученных различными исследователями.

Геологические наблюдения всегда в той или иной мере специализированы применительно к специфике горных пород и геологических тел, слагающих изучаемый район, и образуемых ими структур.

Со времен выхода в свет "Полевой геологии" В.А. Обручева сложился перечень геологических признаков, отражающих минимально необходимый набор сведений об исследуемом объекте и подлежащих обязательному фиксированию в геологической документации. Модификации таких перечней в настоящее время легли в основу формализованной документации, ориентированной на решение задач автоматизированной обработки данных на ЭВМ.

Составление унифицированной схемы описания изучаемых объектов является обязательной частью подготовки к полевым работам. Наличие такой схемы обеспечивает необходимую полноту документации, а тем самым и ее качество.

Требования единой системы первичной документации, удобной для практического использования, диктуют также необходимость единообразной структуры записи. Схему последовательности описания целесообразно иметь каждому геологу в виде краткой памятки, которую следует помещать в качестве вкладки в полевом дневнике.

В описаниях геологических наблюдений можно выделить несколько смысловых полей:

- описание горных пород,
- описание сочетаний горных пород в пределах обнажения,
- описание залегания горных пород,
- выводы.

***Описание горных пород*** имеет последовательность: название породы, структура, цвет, степень литификации, минеральный состав, морфология зерен, текстура, включения, прожилки, органические остатки, конкреции и секреции, контактовые поверхности геологических тел, отдельность, прочие характеристики - элементы залегания пластов в осадочных, потоков в эффузивных и сланцеватости в метаморфических породах, мощность осадочных слоев, потоков эффузивных и пластов метаморфических пород, а также характер эпигенетических изменений.

***Описание сочетаний горных пород*** должно предусматривать характеристику признаков, перечень которых может изменяться в зависимости от того, какой тип пород является объектом исследования.

Осадочные породы:

а) чередование пород по вертикали в виде послойного описания;
б) переходы пластов по простиранию;
в) мощность каждого пласта или обобщенная характеристика;
г) характер поверхностей напластования;
д) соотношение выше- и нижележащих пластов - залегание согласное, согласное с размывом или несогласное.

Вулканогенные породы:

а) чередование пород по вертикали;

б) смена пород по горизонтали;
в) мощность каждого пласта или потока или ее обобщающая характеристика;
г) характер граничных поверхностей между пластами или потоками;
д) соотношение выше- и нижележащих пластов и потоков. Интрузивные породы - контакты и переходы разновидностей пород и их изменение на контактах.

Жилы и прожилки:
а) сочетание между собой;
б) изменения вмещающих пород на контакте;
в) выдержанность жил и прожилков и их мощность.

Для рыхлых отложений следует давать описание в следующем порядке:
а) название, размеры, минералогический состав и форма зерен, их соотношение по размеру;
б) цвет и запах;
в) наличие, содержание, размер и форма неорганических включений;
г) наличие и характер органических остатков;
д) влажность и плотность;
е) консистенция (для минеральных отложений) и степень разложенности (для торфов) - признаки особенно важные при гидрогеологических и инженерно-геологических работах;
ж) степень карбонатности основной части грунта и включений;
з) структура и текстура отложений.

***Описание залегания горных пород*** включает измерение элементов залегания, характеристику складок, разрывов и т.д.

Измерение элементов залегания документируется в виде сокращенной записи азимута и угла падения, например, аз. пад. $340^0$, $\angle$-$30^0$, или при вертикальном залегании - азимута простирания и угла падения, например, аз. прост. $340^0$ $\angle 90^0$. Точность измерения в складчатых областях $5^0$ для азимута и 2-$3^0$ для угла. При изменчивых углах падения или отсутствии уверенности в единообразии элементов залегания во всем обнажении и отсутствии видимых складок обязательно измерение в разных частях обнажения для определения среднего залегания с точностью до 4-$5^0$. Таких измерений необходимо сделать не менее 4-5. Разброс измерений в 20-$30^0$ обычно свидетельствует о наличии складок. Вычисление средних элементов залегания в этом случае недопустимо и должна быть составлена схема элементов залегания в обнажении. Словами отмечается опрокинутое залегание.

Описание складчатости. Описание единичной складки включает характеристику следующих признаков:
-текстурные элементы, образующие складку (пласты, слоистость, сланцеватость);
- форма складки;
- форма замка складки;
- форма шарнирной (осевой) поверхности;
- высота и ширина складки;
- элементы залегания слоистости на разных участках складки в количестве, достаточном для изображения характера изгибов слоев различной компетентности.

***Описание обнажений.*** Описание естественных коренных обнажений проводится во время маршрутов. Нужно различать описание рядовых и ключевых (опорных) обнажений, которое проводится с разной степенью детальности.

Ключевым обнажением называется изолированный выход (или ряд сближенных выходов) коренных пород, в пределах которого наблюдаются стратиграфические взаимоотношения отложений, типичные интрузивные контакты, характерные структурные формы (складки, разрывы), сочетание структурных форм разного возраста и размера и т.п. Выявление ключевых обнажений, а также оценка

степени их типичности и значимости могут быть осуществлены лишь после того, когда будет осмотрен более или менее обширный участок исследуемого района. Следовательно, в большинстве случаев ключевые обнажения первоначально фиксируются в качестве рядовых и лишь потом подвергаются специальному детальному изучению.

***Описание рядовых обнажений*** включает следующие операции:

- привязка обнажения к местности;
- осмотр обнажения;
- зарисовка или (и) фотографирование;
- описание обнажения и отбор образцов и проб.

Эти операции могут различным образом сочетаться при описании обнажений разного размера. При описании обнажений небольших размеров (до 15-20 м) привязка рядового обнажения к местности осуществляется в ходе маршрута, при котором оно было выявлено.

Осмотр обнажения начинается с определения его положения в рельефе (у подножья склона, на склоне, на водоразделе, в русле реки и т.п.) и оценки того, что оно действительно представляет коренной выход, а не оползень, отдельную скатившуюся глыбу и т.п. Эта оценка отражается словами "в коренном выходе", "в коренном залегании" и т.п. В процессе общего осмотра выясняются характер слагающих пород, условия их залегания и взаимоотношения; предварительно намечаются места отбора образцов и проб (они могут отбираться и на стадии осмотра).

Зарисовка и фотографирование рядовых обнажений осуществляется лишь в тех случаях, когда в них обнаруживаются какие-либо характерные особенности, представляющие значительный геологический интерес. Нередко такие обнажения в дальнейшем переходят в ранг ключевых.

Стратифицированные отложения, сложенные чередованием пластов различных пород, описываются послойно снизу вверх. Описание сверху вниз не рекомендуется как из соображения единства описания во всей геологической службе, так и из-за возможности засорения поверхности обнажения обломками вышележащих пород (это особенно мешает при описании и опробовании обнажений рыхлых образований и горных выработок).

Обнажения значительной протяженности рационально осматривать и описывать поинтервально. В качестве границ интервалов следует выбирать участки существенного изменения состава отложений или условий их залегания, смену пород или толщ и т.п. Осмотренная часть обнажения документируется, дается описание контактирующих толщ. Затем осматривается и документируется следующая часть обнажений и т.д. Если имеется возможность, то целесообразно заранее рационально разметить обнажение шагами или лентой на интервалы по 10-20 м. Для протяженных обнажений обязательно составление маршрутной схемы..

***Образцы и пробы.*** Образцы горных пород представляют собой каменный документ, который хранится до завершения геологосъемочных и поисковых работ. По окончании работ часть образцов, достаточно полно характеризующая все возрастные подразделения района и типичные разновидности пород, выделяется в эталонную коллекцию и часть - в коллекцию обменного фонда. Остальная часть коллекции после окончания камеральной обработки сокращается. В соответствии с этим, к образцам эталонной коллекции и рядовым образцам могут быть предъявлены различные требования.

Образец для эталонной коллекции должен быть достаточно типичным для подразделения и разновидности пород. Нормальный размер его 9 х 12х 3 см. Обычное требование к образцу - наличие свежих поверхностей. Однако, как отмечал ещё В.А. Обручев, при недостатке времени для рядовых случаев необязательно заниматься выкалыванием стандартного образца, достаточно лишь, чтобы он имел три поперечных свежих скола. В дополнении к этому следует заметить, что в ряде случаев структурные и

текстурные особенности породы значительно рельефнее видны на выветриваемой поверхности породы (а иногда только на ней!). В таких случаях сохранение выветрелой поверхности обязательно. Многие образцы сопровождаются по сколам породы для шлифа обязательно из того же куска.

Образец и шлиф отмечаются в документации естественного или искусственного обнажения, из которого они отобраны, наносятся на зарисовку (если она делается), снабжаются этикеткой установленного образца и заносятся в каталог образцов.

Номер образца должен соответствовать номеру обнажения, точке наблюдения, горной выработке или буровой скважине. При отборе нескольких образцов они различаются прибавлением через дефис порядковой цифры, например, обр. I4-I, 14-2 и т. д, Применение букв для различения образцов (например, 14-А, 14-Б и т.д.) не рекомендуется, так как для протяженных обнажений и горных выработок и для скважин значительной глубины букв может не хватить. Самостоятельная (независимая от номера обнажения, скважины и т.п.) нумерация образцов воспрещается.

Пробы горных пород, полезных ископаемых и др. бывают нескольких видов:

- штуфные пробы - образцы горных пород 150-500 г, отбираемые из одного участка;
- сколковые пробы - составленные из небольших (10-25г) обломков породы, взятых в различных частях изучаемого обнажения или его обособленной части с расчетом получения общей массы пробы 150-500 г;
- бороздовые пробы - отбираются сплошной или пунктирной бороздой, пересекающей весь опробуемый объект при сечении борозды 10х5 или 20х10 см; применяется в основном при изучении полезных ископаемых для получения усредненной характеристики полезных компонентов во всем геологическом теле.

Все пробы, отбираемые из естественных обнажений, горных выработок и буровых скважин, обязательно включаются в их описание, их положение изображается на зарисовках. Пробы снабжаются этикеткой единого образца и фиксируются в журналах проб.

### 2.4. Графическая документация геологических объектов

Графическая документация в виде различного рода зарисовок и фотографий часто применяется в практике геолого-съемочных и поисковых работ, особенно при описании обнажений и геологоразведочных выработок. В настоящей главе содержатся общие рекомендации и специально рассмотрены правила графической документации геологоразведочных выработок, для которых зарисовка является обязательной частью всей документации. Содержание документации не рассматривается, так как оно изложено ранее.

Зарисовки и фотографии геологических объектов являются документами, которые в целом ряде случаев невозможно заменить словесным описанием. Известно, насколько трудно, пользуясь словесным описанием, найти в изученном геологическом объекте все то, что видел автор. Ведь любое описание неполно. Кроме того, язык описания достаточно бледен при фиксации деталей объекта и их пространственных соотношений, тогда как рисунок и фотография обладают наглядностью, т.е. позволяют с необходимой - степенью детальности получить информацию при рассмотрении документа, не пользуясь описанием.

Рисунок и фотография объективно передают все особенности и детали изученного геологического объекта, они дают возможность выделить главное в объекте, что присуще только ему и чем он отличается (или чем сходен) от других аналогичных объектов.

Чтобы рисунок или фотография обладали всеми свойствами документа - носителя объективной информации, они должны в той или иной форме иметь:

- точную географическую привязку;
- ориентировку плоскости рисунка или фотографии;
- масштаб;

- заголовок;
-пояснительные надписи;
- указания на авторство рисунка или фотографии (если они приводятся не в дневнике или журнале).

Графическое документирование любого геологического объекта предусматривает выполнение ряда операций, объемы и методы выполнения которых могут в достаточно широких пределах меняться в зависимости от цели работ и изучаемого объекта:
- подготовку фотоаппаратуры, принадлежностей для рисования, бумаги, дневников, компаса и т.д.;
- привязку - ориентирование плоскости рисунка или фотографии;
- при осмотре геологического объекта выделение отдельных частей и установление мест, где должны быть сделаны зарисовки или фотографии;
- разметка, ведущаяся как для облегчения зарисовок (соблюдение верных соотношений между частями объекта), так и для масштаба при фотографировании.

Под названием "Полевые зарисовки обнажений" объединяется большая группа графических документов, различающихся между собой содержанием и детальностью. Несмотря на то, что выполняемая человеком зарисовка передает его восприятие объекта, вследствие чего, казалось бы, является сугубо субъективной, она вполне объективно отражает облик и состояние объекта и является надежным документом.

Зарисовки в их практическом применении имеют ряд преимуществ перед фотографией. Даже при достаточном опыте и наличии всей необходимой аппаратуры и фотоматериалов хорошую фотографию геологического объекта получить не всегда возможно: объект съёмки может быть мало выразительным, могут быть неблагоприятные условия освещенности или погоды. Кроме того, детали геологического объекта, представляющие наибольший интерес, могут оказаться невыразительными вследствие слабой цветовой или тоновой контрастности. Во всех этих случаях получение удовлетворительного снимка практически невозможно, тогда как полевая зарисовка позволяет не только изобразить, но и подчеркнуть наиболее важные характеристики изучаемого объекта.

Зарисовка в отличие от фотографии не передает объект во всех подробностях, цель ее - максимально объективное изображение особенностей объекта, представляющих интерес для данного исследования. При этом все детали, не имеющие прямого отношения к целевому назначению рисунка, опускаются. Правильно выполненный и оформленный рисунок максимально лаконичен и вместе с тем обладает большой информативностью, четок и точен в изображении всего, что привлекло внимание исследователя.

Для того чтобы рисунок обладал всеми указанными свойствами и удовлетворял всем предъявлявшем требованиям, при его исполнении следует придерживаться определенных правил:
1) Масштаб зарисовки выбирается в зависимости от сложности изображаемого объекта и необходимой степени детализации. Масштаб должен быть выдержан на всей зарисовке во всех частях объекта. При необходимости отдельные части объекта, представляющие особый интерес, изображаются в более крупном масштабе, но уже на другом рисунке;
2) Зарисовки делаются четко и ясно, линиями различной толщины, без штриховки и тем более растушевки;
3) Второстепенные детали, вводимые в рисунок для масштаба (деревья, дома), выполняются схематически;
4) Зарисовка должна иметь географическую привязку, соответствующую привязке объекта в описании. Если на зарисовке изображается только часть объекта, делается привязка к объекту;
5) Плоскость зарисовки должна быть ориентирована;

6) Зарисовка должна иметь заголовок, необходимые поясняющие надписи и условные обозначения (в дневнике условные обозначения могут быть указаны в начале);
7) На рисунке указываются места, в которых делались измерения элементов залегания и их числовые значения и места отбора образцов и проб и их номера;
8) Все данные, помещаемые на рисунке, должны совпадать с записями в дневнике;
9) Запись в дневнике должна содержать ссылку на рисунок.

В соответствии с объектом и масштабом изображения, а также степенью его детальности можно выделить несколько типов зарисовок, различающихся техникой исполнения.

***Схема*** – мелкомасштабная зарисовка, выполненная в условной манере, в приближенном или относительном масштабе. Ее назначение - пояснение записей в дневнике, указание на порядок записей или отбора образцов и т.д. Схема, поскольку она привязана к тексту дневника, обычно выполняется на левой стороне разворота. Если записи в дневнике ведутся шариковой ручкой, то и схему можно выполнять ею же. Схема снабжается надписями, поясняющими цель, с которой она выполнена, и детали изображения.

***Зарисовки обнажений*** и их отдельных частей в зависимости от характера могут проводиться в проекции на вертикальную и наклонную плоскости, а также на разные плоскости, если обнажение расположено на склоне с уступом. В последнем случае зарисовка сопровождается дополнительной схемой, показывающей взаимоотношения и положение отдельных частей обнажения, спроецированных на разные плоскости, и указанием (текстовым или графическим знаком) на плоскость проекции. Соблюдение определенного масштаба и пропорций между отдельными частями обнажения достигается предварительной разметкой путем установки через определенное расстояние вешек или каменных пирамидок.

***Крупномасштабные зарисовки*** отдельных частей обнажений выполняются с возможно более точным соблюдением масштаба и относительного расположения деталей, однако, без загромождения рисунка незначащими подробностями. Для выполнения такой зарисовки разметка обнажения делается более тщательно - обычно с помощью рулетки, натянутой поперек зарисовываемой площади, и в особо сложных случаях - двух рулеток (мерных реек, веревок с узлами и т.п.), натянутых крестообразно (горизонтально и вертикально) в плоскости рисунка.

Зарисовки разнообразных трещин и линейных тектонических структур проводятся с большой тщательностью и точностью в соблюдении размеров, ориентировки и их взаимного расположения. При этом рисуются только главные, наиболее характерные трещины. При изображении систем трещин необходимо дать представление о густоте трещин, принадлежащих к каждой системе. Все измерения помещаются на рисунке с указанием места, где они сделаны.

***Фотосъемка в маршруте***. Подготовка к маршрутной съемке начинается еще перед выездом на полевые работы. При изучении материалов предыдущих исследований: по району предстоящих работ составляется представление о его геологическом строении и возможных объектах фотографирования, достаточно полно характеризующих наиболее интересные особенности района в соответствии с задачами проектируемых полевых работ.

***Порядок фотосъемки в маршруте***. При фотографировании геологических объектов в маршруте не следует жалеть пленки: по возможности надо фиксировать все имеющее значение для целей исследования. Возможно, что встреченный объект уникален и случая зафиксировать его на пленку больше не представится. Даже если аналогичные объекты будут встречаться в дальнейшем, их надо фотографировать: снимки можно сравнить, отмечая черты сходства или, напротив, различия, зафиксированные объективом.

Фотосъемка геологических объектов представляет собой ряд последовательно выполняемых операций, каждая из которых в известной степени определяет качество будущего снимка.

1. Точка съемки выбирается с учетом характера объекта и цели, с которой делается снимок. При этом следует иметь в виду:

а) свет на объект должен падать спереди и несколько сбоку. Детали объекта при этом выглядят более контрастно, а сам объект приобретает объемность. Это особенно важно при фотографировании обнажений. Лучше всего для съемки подходит рассеяно направленный свет, которой дает солнце за тонким слоем облаков. При этом тени на объекте получаются не чрезмерно контрастными;

б) нормальная высота точки съемки соответствует уровню глаз человека. При этом фотография передает неискаженное представление об объекте - такое, каким видит его наблюдатель в обычных условиях.

2. Определение границ кадра и его композиция. В кадре должен помещаться фотографируемый объект целиком или его определенные детали, а в некоторых случаях и окружающее объект пространство (если необходимо зафиксировать взаимоотношения фотографируемого объекта с другими объектами или показать его положение в пространстве). В соответствии с этим граница кадра выбирается горизонтальной или вертикальной. Если с данной точки зрения изображение, размещающееся в кадре, не соответствует поставленной цели, границы кадра можно регулировать одним из следующих методов:

а) подойти ближе или, напротив, отойти подальше;

б) применить сменную оптику;

в) сделать панорамный снимок.

В кадре должно располагаться лишь то, что необходимо для цели документации.

3. Масштаб снимка должен быть показан в каждом кадре. Это достигается размещением в кадре предметов, которые могут служить масштабом: при фотографировании крупных обнажений - фигура человека, разметка вешками или пирамидами камней, при съемке деталей обнажений - молоток, компас и т.д., при съемке мелких деталей – линейка с сантиметровыми делениями.

## 3. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Студенты, участвующие в геологических экскурсиях должны знать элементарные правила по технике безопасности. Опыт показывает, что незнание правил техники безопасности, пренебрежение, казалось бы, элементарными правилами влекут за собой несчастные случаи.

Геологические экскурсии должны проводиться по утвержденным в установленном порядке программам, в которых предусматриваются мероприятия по технике безопасности с учетом местных условий в соответствии с «Правилами безопасности при геологоразведочных работах».

Перед геологическими экскурсиями все студенты должны пройти медицинское освидетельствование и сделать предохранительные прививки против энцефалита.

Руководители экскурсий перед их началом обязаны провести специальный инструктаж всех щкольников об условиях экскурсий, правилам безопасности и дисциплине. Врач проводит инструктаж об оказании необходимой медицинской помощи на маршруте. О прохождении инструктажа каждый школьник расписывается в «Книге регистрации обучения и инструктирования по технике безопасности». В процессе проведения полевых работ руководители групп должны также систематически проходить дополнительный инструктаж о мерах предотвращения наиболее вероятных для данного района работ опасностей и несчастных случаев.

Каждый работающий, заметивший опасность, угрожающую людям, обязан принять зависящие от него меры для ее устранения и немедленно сообщить об этом своему непосредственному руководителю. Руководитель обязан принять меры к устранению опасности; при невозможности устранения опасности прекратить работы, вывести работающих в безопасное место.

Запрещается во время работы и во время перерывов располагаться в траве, кустарнике и других не просматриваемых местах, если на участке работ используются транспортные средства.

Запрещается допускать к работе лиц в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения, а также в болезненном состоянии. Перед выходом группы в маршрут руководитель группы обязан:

а) проверить готовность группы к маршруту (обеспечить ее топоосновой, снаряжением, продовольствием, инструментом, защитными и спасательными средствами);

б) дать указание о порядке проведения маршрута, правилах передвижения применительно к местным условиям;

в) нанести на свою карту линию намеченного маршрута группы.

В дни, когда по прогнозу погоды затяжной дождь, сильный ветер, выходить в маршруты запрещается.

Если затяжной дождь, густой туман застают группу в пути, необходимо прервать маршрут, укрыться в безопасном месте и переждать непогоду.

Движение группы должно быть компактным, обеспечивающим постоянную зрительную или голосовую связь между людьми и возможность взаимной помощи. При оставлении кого-либо из участников маршрута с потерей видимости или голосовой связи старший группы обязан остановить движение и подождать отставшего.

В маршрутах каждому участнику рекомендуется надевать яркий шарф, косынку или рубашку для обеспечения лучшей взаимной видимости.

Запрещается употреблять в пищу неизвестные грибы, ягоды и рыбу во избежание возможного отравления.

Использование для питьевой воды минеральных источников, бальнеологические свойства которых неизвестны, запрещается, не рекомендуется также купаться в них.

При движении и на привалах необходимо соблюдать питьевой режим. Пить сырую воду из луж, ям и других поверхностных водоемов запрещается.

Особое внимание в маршрутах необходимо уделять мерам предупреждения тепловых и солнечных ударов. В жаркие безветренные дни работать с непокрытой головой не разрешается.

Одежда не должна стеснять движений при работе, обувь обязательно подбирается по ноге.

Для защиты от кровососущих насекомых рекомендуется надевать накомарники или периодически смазывать лицо, шею, руки репеллентами.

При проведении маршрутов в лесу особенно строго должны соблюдаться правила зрительной и голосовой связи.

Передвижение через лесные завалы разрешается только с соблюдением соответствующих мер предосторожности.

На участках, заросшей высокой и густой травой, рекомендуется начинать работу после высыхания росы.

При работе в лесу следует строго соблюдать меры пожарной безопасности.

Бросать в лесу непотушенные спички и окурки запрещается. Костры разрешается разводить лишь в местах, где исключена возможность возникновения пожара.

При малейшем признаке лесного пожара (запах дыма, гари, бег зверей и полет птиц в одном направлении) группа должна выйти к ближайшей речной долине или поляне.

При возникновении пожара необходимо приступить к его тушению с помощью всех имеющихся средств и одновременно сообщить об этом местным органам власти.

При передвижении по горелым лесам и торфяникам следует соблюдать особую осторожность.

При проведении маршрутов в местах распространения энцефалитных клещей рекомендуется плотно застегивать одежду и 3-4 раза в день осматривать тело и одежду.

При отборе образцов в выработках должны применяться меры по защите от падения кусков породы со склона и бортов выработки.

При одновременной работе двух или более проботборщиков не одном уступе расстояние между участками их работ должно быть не менее 1,5 м.

Если произошел несчастный случай или школьник почувствовал недомогание, то следует:

- прекратить работу, сохранить обстановку места происшествия, если это не представляет опасности для окружающих, и сообщить руководителю, вызвать скорую помощь.

При получении травмы оказать первую помощь пострадавшему, сообщить руководителю, при необходимости вызвать скорую помощь или отправить пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение. Для оказания первой помощи при ранениях и кровотечениях необходимо на рану наложить стерильный бинт, предварительно смазать настойкой йода очищенный от грязи участок вокруг раны. При сильном кровотечении необходимо наложить выше раны жгут не более чем на 1.0 – 1.5 часа.

По окончании рабочего времени привести в порядок снаряжение и другие принадлежности. Провести мероприятия личной гигиены. Провести осмотр всех участников экскурсии на предмет обнаружения клещей.

Организованно пройти на автобусную остановку для возврата в город.

Ожидать транспорт разрешается только на посадочных площадках, а при их отсутствии – на тротуаре или обочине.

## 4. ПОЛЕВОЕ СНАРЯЖЕНИЕ

Вполне очевидно, что успешное проведение геологических маршрутов (экспедиций) в существенной мере зависит от обеспеченности участников соответствующим оборудованием, снаряжением и материалами. Подчеркнем специально, что при ведении полевых исследований все необходимое должно «быть под руками». При этом ничего не должно быть лишнего. В таблице приведен список необходимых «вещей» для полевой бригады, состоящей из 5 человек.

| № п./п. | Наименование оборудования, снаряжения и др. | Кол-во (шт.) |
|---|---|---|
| 1 | Полевая книжка (пикетажка) | 5 |
| 2 | Геологический молоток | 1 |
| 3 | Компас горный | 1 |
| 4 | Лупа с десятикратным увеличением | 1 |
| 5 | Карандаш простой (мягкий и твердый) | 10 |
| 6 | Транспортир | 1 |
| 7 | Авторучка шариковая | 10 |
| 8 | Рулетка 10 м | 1 |
| 9 | Сумка полевая | 5 |
| 10 | Рюкзак (желательно непромокаемый) | 1 |
| 11 | Мешочки пробные | 20 |
| 12 | Линейка 30 см | 2 |
| 13 | Фотоаппарат | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| 14 | Аптечка универсальная | 1 |

## 5. ОФОРМЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ

В результате геологических экскурсий накапливается большой фактический материал: коллекции минералов и горных пород, остатки ископаемых животных и растений, образцы полезных ископаемых, графический материал. Все это может составить основу тематических выставок и стендов.

**Министерство образования и науки РФ**
**ФГБОУ ВО**
**«Уральский государственный горный университет»**

**И.В. Назаров, Е.В. Шипилова**

# Методические указания к геодезической практике для студентов всех специальностей

**Екатеринбург - 2018**

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ..... 5

1. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ИХ РАБОЧИЕ ПОВЕРКИ ..... 6

1.1. Рабочие поверки теодолита Т-30 (2Т-30) ..... 6

1.2. Рабочие поверки нивелира Н-3 ..... 10

2. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ. ..... 13

2.1. Рекогносцировка местности и закрепление пунктов съёмочного обоснования. ..... 13

2.2. Измерение горизонтальных и вертикальных углов в тахеометрическом ходе ..... 14

2.3. Измерение длин сторон тахеометрического хода ..... 18

2.4. Привязка хода к пунктам опорной геодезической сети. ..... 19

3. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ. ..... 20

3.1. Вычисление привязки ..... 20

3.2. Вычисление горизонтальных проложений длин линий ..... 22

3.3 Вычисление отметок пунктов съемочного обоснования методом тригонометрического нивелирования ..... 23

3.4. Вычисление координат пунктов съемочного обоснования ..... 26

*3.4.1. Вычисление угловой невязки хода* ..... 26

*3.4.2. Вычисление дирекционных углов сторон хода* ..... 29

*3.4.3. Вычисление приращений координат, их невязок и координат пунктов съемочного обоснования.* ..... 29

4. ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА ..... 32

4.1. Работа на станции ..... 32

4.2. Ведение журнала тахеометрической съемки ..... 33

4.3.Составление абриса ..... 37

5. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА ..... 39

5.1. Вычерчивание координатной сетки ..... 39

*5.1.1. Построение пунктов съемочного обоснования по координатам* ..... 39

5.2. Нанесение ситуации и рельефа местности на план ..... 40

5.3.Оформление топографического плана ..... 40
6. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ПО ОСИ ТРАССЫ ..... 41
6.1. Рекогносцировка трассы ..... 42
6.2.Разбивка пикетажа по трассе и поперечных профилей ..... 42
6.3. Нивелирование по оси трассы и по поперечным профилям ..... 43
6.4. Работа на станции при нивелировании ..... 44
6.5. Камеральная обработка результатов нивелирования ..... 4
*6.5.1. Обработка нивелирного журнала* ..... 4
*6.5.2. Построение профиля трассы* ..... 6
*6.5.3. Проектирование по профилю* ..... 9
7. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ..... 12
7.1. Элементы геодезических разбивочных работ ..... 12
*7.1.1. Вынос в натуру проектного горизонтального угла* ..... 12
*7.1.2. Вынос в натуру проектного расстояния* ..... 13
7.2. Вынос в натуру точки с заданными координатами (полярным способом) ..... 13
7.3. Вынос в натуру точки с заданной отметкой ..... 16
7.4. Вынос в натуру линии с проектным уклоном ..... 17
8. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ ..... 20
*Приложение 1* ..... 22
*Приложение 2* ..... 23

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Задачей учебной геодезической практики является закрепление теоретических знаний студентов и приобретение ими практических навыков при решении различных инженерно-геодезических задач.

Все виды работ, предусмотренные программой, выполняются студентами самостоятельно бригадами в составе 6 человек, Продолжительность учебной геодезической практике 2 недели.

Студенты допускается к производству геодезических работ на практике лишь после изучения правил по охране труда и технике безопасности.

В период прохождения геодезической практики студенты обязаны выполнять установленный распорядок дня, бережно относиться к полученным приборам и инструментам и поддерживать дисциплину и порядок на полигоне и территории базы.

Руководитель практики систематически контролирует в течение всего периода практики се виды полевых и камеральных работ и принимает законченные работы.

Зачет по практики преподаватель принимает по пятибалльной системе от каждого студента в присутствии всех членов бригады.

Студенты, пропускающие дни практики, опаздывающие или уходящие с работы раньше срока по неуважительной причине, к зачету по практике не допускаются.

## 1. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ИХ РАБОЧИЕ ПОВЕРКИ

Для измерения углов на учебно-геодезической практике используются теодолиты Т-30, 2Т-30.

Основные части теодолита показаны на рис 1.1, отсчетные устройства приборов - на рис 1.2, сетка нитей - на рис 1.3.

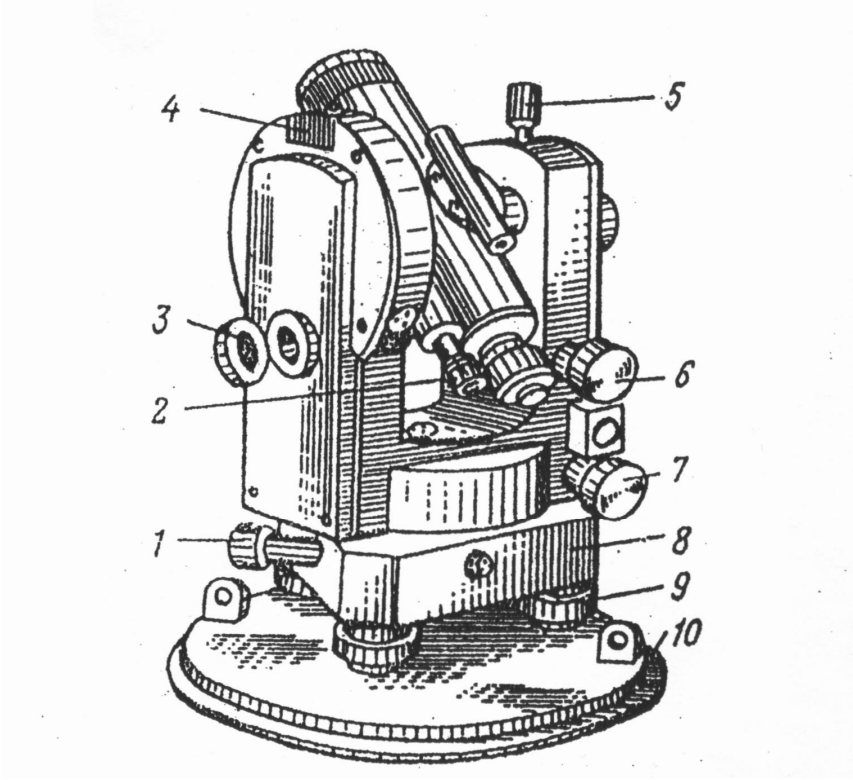



Рис. 1.1. Устройство теодолита 2Т30:
1 – наводящий винт лимба; 2 – микроскоп; 3 – зеркало для освещения шкал микроскопа; 4 – гнездо для крепления буссоли; 5 – закрепительный винт трубы; 6 – наводящий винт трубы; 7 – наводящий винт алидады; 8 – подставка; 9 – подъемные винты; 10 – основание.

### 1.1. Рабочие поверки теодолита Т-30 (2Т-30)

**Поверка 1.** Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения прибора.

Уровень горизонтального круга устанавливают по направлению двух подъемных винтов, приводят или пузырек на середину, Затем поворачивают, алидаду на 180°. При отклонении пузырька от средины более чем на 2 деления производят юстировку – на половину дуги отклонения пузырька

уровня перемещают юстировочными винтами уровня. Затем поверку повторяют.

**Поверка 2.** Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения трубы

Выбирают на местности удаленную точку. Наводят теодолит на удаленную точку и берут отсчёты по горизонтальному кругу при двух положениях вертикального круга $КЛ_1$ и $КП_1$. Открепив становым винтом штатива подставку теодолита, поворачивают прибор примерно на 180° и повторяют то же самое, получая отчеты при $КЛ_2$ и $КП_2$. Получают значение коллимационной ошибки С по формуле:

$$C = \frac{(ККЛ - КП1 \pm 180°) + (ККЛ - КП2 \pm 180°)}{4}$$

Если величина С превышает 2', то вычисляют исправленный отсчет КП - С и устанавливают его на горизонтальном круге микрометренным винтом алидады. При этом центр сетки нитей сместится с точки наведения. Для исправления данного положения вращают горизонтальные исправленные винты сетки нитей до совмещения ее центра с точкой наведения.

*Пример:* отсчеты по горизонтальному кругу

| | КЛ | КП |
|---|---|---|
| Наведение 1 | 40°22′ | 220°20′ |
| Наведение 2 | 200°10′ | 20°10′ |

$$C = \frac{(40°22' - 220°20' + 180°00') + (200°10' - 20°10' - 180°00')}{4}$$

$$C = \frac{4'}{4} = 1'$$

В штриховом микроскопе теодолита Т30 в середине поля зрения виден штрих, относительно которого осуществляется отсчет по лимбу (рис. 1.2, а). Перед отсчетом по лимбу необходимо определить цену деления лимба. В теодолите Т30 цена деления лимба составляет 10 угловых минут, т.к. градус разделен на шесть частей. Число минут оценивается на глаз в десятых долях

цены деления лимба. Точность отсчета составляет 1′.

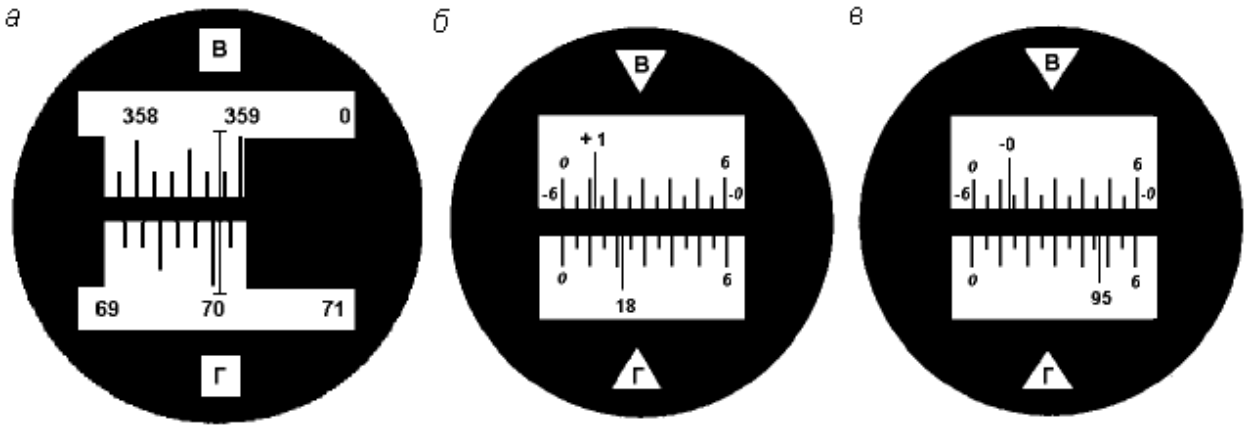



Рис. 1.2. Поле зрения отсчетных устройств: штрихового микроскопа с отсчетами по вертикальному кругу – 358° 48′ , по горизонтальному – 70° 03′ (*а*); шкалового микроскопа с отсчетами: по вертикальному кругу – 1° 11′, по горизонтальному – 18°22′ (*б*); по вертикальному кругу – -0°47′ по горизонтальному – 95° 47′ (*в*).

В шкаловом микроскопе теодолита 2Т30 в поле зрения видна шкала, размер которой соответствует цене деления лимба (рис. 1.2, *б*, *в*). Для теодолита технической точности размер шкалы и цена деления лимба равны 60′. Шкала разделена на двенадцать частей, и цена ее деления составляет 5 угловых минут. Если перед числом градусов знака минус нет, отсчет производится по шкале от 0 до 6 в направлении слева направо (рис. 1.2, *б*). Если перед числом градусов стоит знак минус, в этом случае минуты отсчитываются по шкале вертикального круга, где перед цифрами от 0 до 6 стоит знак минус в направлении справа налево (рис. 1.2, *в*). Десятые доли цены деления шкалы берутся на глаз с точностью до 30″.

**Поверка 3.** Горизонтальная ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита.

Устанавливают теодолит недалеко от стены здания. Центр сетки нитей зрительной трубы наводят на высоко расположенную точку и, закрепив алидаду, наклоняют трубу примерно до горизонтального положения. Отмечают карандашом на стене проекцию центра сетки нитей. Переводят трубу через зенит, снова повторяют все действия. Если наблюдаемое в

зрительной трубе горизонтальное расстояние между двумя проекциями центра сетки нитей не превышает тройную ширину биссектора сетки, то условие поверки считается выполненным (рис. 1.3). В противном случае прибор подлежит исправлению на заводе.



Рис. 1.3 Сетка нитей

**Поверка 4.** Определение и исправление места нуля (МО) вертикального круга.

При двух положениях круга наводят центр сетки нитей на хорошо видимый предмет и берут отсчёты по вертикальному кругу КЛ и КП. Значение МО вычисляют по формуле:

Для 2Т-30

$$\text{МО} = \frac{\text{КЛ} + \text{КП}}{2}$$

для Т-30

$$\text{МО} = \frac{\text{КЛ} + \text{КП} - 180^\circ}{2}$$

*Пример:*

*Отсчёты* КЛ $7^\circ 20'$ $\text{МО} = \frac{7^\circ 20' + 172^\circ 44' - 180^\circ}{2} = 2'$

для Т-30 КП $172^\circ 44'$

отсчёты КЛ $7^\circ 20'$ $\text{МО} = \frac{7^\circ 20' - 7^\circ 24'}{2} = -2'$

для 2Т-30 КП $-7^\circ 24'$

Место нуля определяют дважды. Среднее значение недолжно превышать 1-3′.

В противном случае микрометренным винтом вертикального круга устанавливают на вертикальном круге отсчет, равный КП-МО. При этом центр сетки нитей сместится с наблюдаемой точки. Для исправления МО его совмещают с точкой наведения, вращая вертикальные исправительные винты сетки нитей.

Для контроля поверку повторяют. При выполнении этой поверки следят, чтобы пузырёк уровня горизонтального круга находился в нуль-пункте.

### 1.2. Рабочие поверки нивелира Н-3

Нивелир Н-3 предназначен для определения превышения между смежными точками местности. Основные части нивелира приведены на рис. 1.4.

**Поверка 1.** Ось круглого уровня должна быть параллельно оси вращения нивелира.

Вращением подъемных винтов приводят пузырек круглого уровня на середину. Поворачивают нивелир на 180°. Если пузырек не сместится с средины то условие выполнено. В противном случае юстировочными винтами уровня перемещают его к нуль-пункту на половину дуги отклонения. Затем поверку повторяют.

**Поверка 2**. Визирная ось зрительной трубы, должна быть параллельна оси цилиндрического уровня.

Поверку выполняют двойным нивелированием одной и той же линии длиной 50-75 м (рис 1.5)

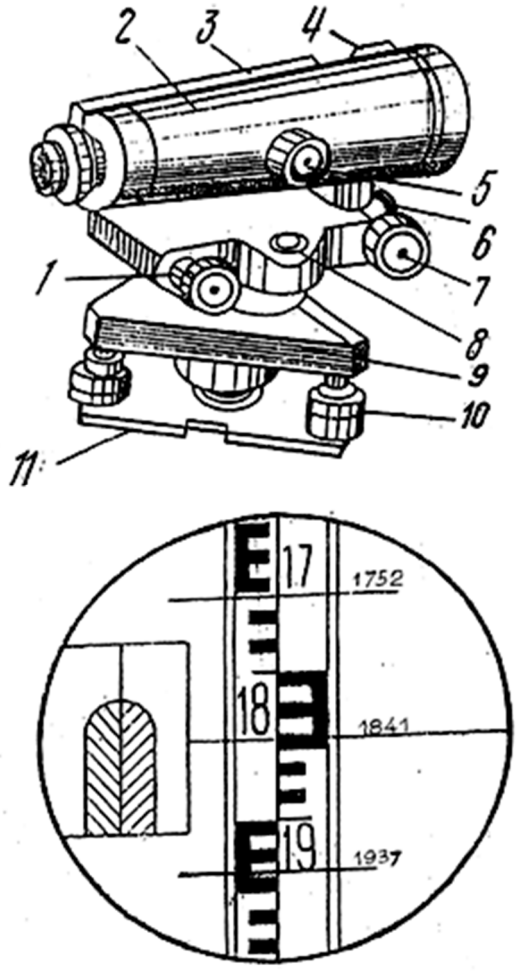



Рис. 1.4. Устройство нивелира:

1 – элевационный винт;

2 – зрительная труба;

3 – цилиндрический уровень;

4 – визир;

5 – винт фокусировки;

6 – закрепительный винт;

7 – наводящий винт;

8 – круглый уровень;

9 – подставка;

10 – подъемные винты;

11 – основание.

Отсчёты по рейке:

1752 мм - верхняя нить

1841 мм - средняя нить

1937 мм - нижняя нить

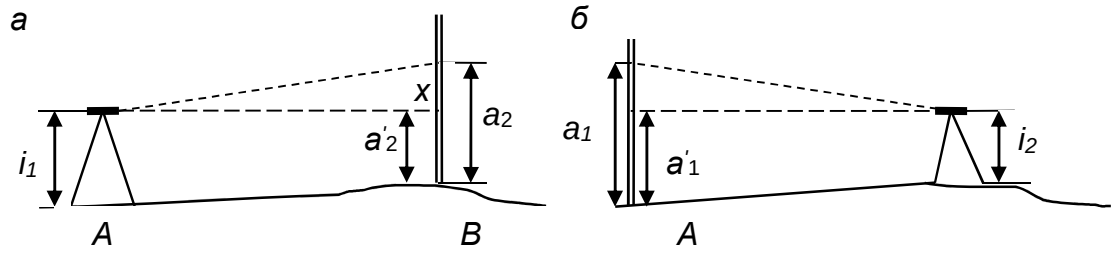



Рис. 1.5. Схема поверки главного геометрического условия

Устанавливают нивелир в точке. А, а рейку в точке В. Измеряют высоту инструмента $i_1$, в точке А и берут отсчёт по рейке $a_1$ в точке В. Затем нивелир и рейку меняют местами и снова измеряют высоту инструмента $i_2$ и берут отсчёт по рейке $a_2$. Если визирная ось не параллельна оси уровня и составляет с ним некоторый угол v, то отсчёты по рейке будут содержать некоторую погрешность $X$. Величину этой погрешности определяют по формуле:

$$X = \frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2} \text{ мм}$$

*Пример:* $i_1$=1420 мм $i_2$= 1540 мм

$a_1$=1180 мм $a_2$=1786 мм

$$X = \frac{1180 + 1786}{2} - \frac{1420 + 1540}{2} = 3 \text{мм}$$

Если величина $X$>4 мм, то не параллельность осей исправляют. Для этого вычисляют исправленный отсчет $a_2=a_2-X$ (рис 1.5) и, действуя элевационным винтом, устанавливают его на рейке по средине нити сетки. Затем, действуя вертикальными юстировочными винтами цилиндрического уровня, совмещают изображение концов пузырька уровня. Для контроля поверку повторяют.

**Поверка 3.** Сетка нитей должна быть расположена правильно, т.е. вертикальная нить должна быть вертикальна, а горизонтальная – горизонтальна.

На расстояние 15-20 м вывешивают отвес, наводят трубу нивелира на нить отвеса. Если вертикальная нить сетки нитей параллельна нити отвеса, то условие выполнено. В противном случае исправление делают поворотом всей оправы сетки нитей до правильного положения, предварительно ослабив винты оправы.

# 2. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ.

Для производства топографо-геодезических работ на местности необходимо иметь сеть пунктов съемочного обоснования.

На практике каждая бригада студентов на своем участке создает планово-высотную съемочную сеть в виде замкнутого тахеометрического хода с общим числом вершин 6-7, в котором измеряют горизонтальные и вертикальные углы и длины сторон, а также осуществляют привязку тахеометрического хода к пунктам опорной геодезической сети.

## 2.1. Рекогносцировка местности и закрепление пунктов съёмочного обоснования.

Инструменты и принадлежности для выполнения работы: штыри, две вешки, молоток, тетрадь, две ручки.

Бригада студентов вместе с преподавателем обходит участок, выбирает места для точек съемочного обоснования и закрепляет их. При этом необходимо соблюдать ряд условий:

- Удобство установки теодолита для работы на станции;
- Взаимная видимость на соседние пункты;
- Максимальный обзор местности и полнота съемки;
- Расстояния между пунктами от 40 до 100 м.

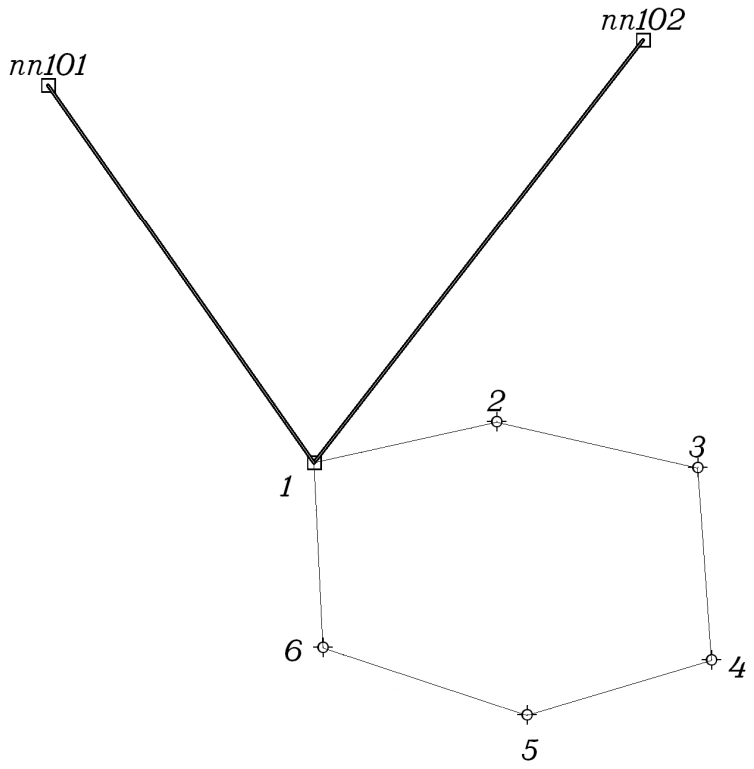



Рис 2.1 Схема расположения пунктов съемочного обоснования.

Закрепление пунктов съемочного обоснования производят металлическими штырями, которые забивают до уровня земной поверхности, вокруг штыря делают окопку, каждому из них присваивается порядковый номер. При рекогносцировке составляют общую схему расположения точек съемочного обоснования (рис. 2.1).

### 2.2. Измерение горизонтальных и вертикальных углов в тахеометрическом ходе

Инструменты и принадлежности для выполнения работы: теодолит, две вешки, одна рейка, полевой журнал для измерения углов, карандаш, тетрадь.

На каждом пункте планово-высотного хода измеряют горизонтальный угол, вертикальные углы и наклонные длины линий. Углы измеряют теодолитами Т-30 или 2Т-30 одним полным приемом, длины сторон хода – нитяным дальномером. Результаты измерений записывают в журнал

измерения углов и длин линий простым карандашом (таблица 1).

*Порядок работы:*

1) Теодолит центрируют над пунктом по отвесу с точностью 5 мм и горизонтируют с помощью цилиндрического уровня при горизонтальном круге;

2) На две смежные точки выставляют визирные вехи, на которых отмечают ярким шнурком высоты инструмента на данной точке стояния;

3) Измерение горизонтального угла начинают при положении зрительной трубы КЛ. Открепив закрепительный винт алидады, наводят на низ вехи (во избежание ошибок из-за наклона вехи). Берут отсчет по горизонтальному кругу, записывают его в полевой журнал (1) (таблица 1, действие(1). В скобках показана последовательность действий при измерениях и записи в журнале). Затем открепляют закрепительный винт алидады, пересечение основных штрихов сетки наводят на низ правой вехи, берут отсчет по горизонтальному кругу, записывают в журнал (2). Вычитая из отсчёта (2) отсчёт (1), получают значение угла (3), измеренное одним полуприёмом;

4) Переводят трубу через зенит. Повторяя действия, описанные в пункте 3, измеряют горизонтальный угол вторым полуприемом при положении зрительной трубы КП. По отсчетам (4) и (5) вычисляют значение угла (6), полученного из второго полуприема;

5) Сравнивают значения углов (3) и (6), полученные из двух полуприемов. Их разность не должна быть больше 2t, т.е. 1’, где t=30” – точность теодолита. Вычисляют среднее значение горизонтального угла (7) по формуле:

$$\frac{(3)-(6)}{2}=(7)$$

6) Измерение вертикального угла начинают при положении зрительной трубы КЛ. Зрительную трубу наводят на веху, установленную на смежной точке. Основной (средний) горизонтальный штрих сетки совмещают с

отметкой высоты инструмента на вехе (шнурок). После чего берут отсчет по вертикальному кругу (8). Затем наводятся на веху, установленную второй точке, и записывают значения по вертикальному кругу (9);

7) Переводят зрительную трубу через зенит, повторяют действия, описанные в пункте 6, при положении зрительной трубы КП. Берут отсчет по вертикальному кругу и записывают в журнал (10), (11);

8) Вычисляют МО вертикального круга (12).

9) Вычисляют угол наклона (13) по формуле:

$$\nu = КЛ - МО$$

*Контроль:*

- При измерении вертикальных углов на станции колебание МО для разных вертикальных углов не должно превышать $\pm 2'$;

- Значения углов наклона, измеренных в прямом и обратном направлениях, не должны отличаться более, чем на $\pm 3'$.

***Запрещается!*** В полевом журнале стирать резинкой результаты измерений, писать цифру на цифре, переписывать полевой журнал. Ошибочные измерения зачеркиваются одной чертой, затем записи продолжаются дальше. Все записи должны вестись четко и аккуратно с использованием шрифтов (см. Приложение 1).

Таблица 1

# ЖУРНАЛ ИЗМЕНЕНИЯ УГЛОВ И ДЛИН ЛИНИЙ

Дата Исполнитель $МО = \frac{КЛ + КП}{2}$ $\nu = КЛ - МО$

| **Точка стояния** | **Круг** | **Точки визирован.** | **Горизонтальный круг** | | | **Точки** | | **Круг** | **Вертикальный круг** | | | **Длины линий измеренные** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Отсчёт ° '** | **Измеренный угол ° '** | **Средний угол ° '** | **Стояния** | **Визиров.** | | **Отсчёт** | **Место нуля** | **Угол наклона** | **Горизонт. Проложение** |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1 | КЛ | 2 | 196°15' (1) | 244°24' (3) | 244°24,5' (7) | 1 | 2 | КЛ | -2°01' (8) | -0°0'30" (12) | -2° 00' 30" (13) | 57,1 (14) |
| | | 6 | 80°39' (2) | | | | | КП | 2°00' (10) | | | |
| | КП | 2 | 16°17' (4) | 244°25' (6) | | 1 | 6 | КЛ | 8°35' (9) | 0° | 8°35' | 116,5 (15) |
| | | 6 | 260°42' (5) | | | | | КП | -8°35' (11) | | | |
| 2 | КЛ | 3 | 146°55' | 59°46' | 59°46' | 2 | 1 | КЛ | -8°36' | 0° | -8°36' | 116,5 (16) |
| | | 1 | 206°41' | | | | | КП | 8°36' | | | |
| | КП | 3 | 326°59' | 59°46' | | 2 | 3 | КЛ | -2°20' | -0°2' | -2°18' | 82,5 |
| | | 1 | 26°45' | | | | | КП | 2°18' | | | |

### 2.3. Измерение длин сторон тахеометрического хода

В процессе проложения тахеометрического хода в поле измеряют длины сторон хода. Для этого на смежные точки ставят нивелирную рейку (нулем вниз), наводят зрительную трубу на рейку, совмещая верхний дальномерный штрих сетки нитей с каким-нибудь целым делением рейки (обычно с отсчетом 1000). Подсчитывают длину отрезка "*l*" в см между верхним и нижним дальномерными штрихами. Доли сантиметровых делений оценивают на глаз.

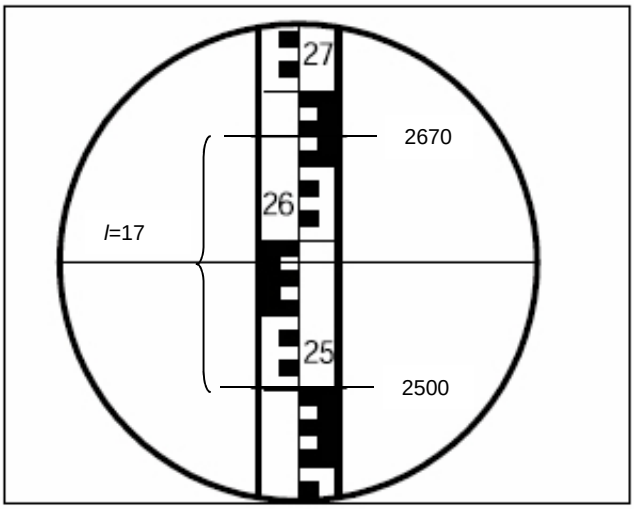



Рис. 2.2 Определение расстояний нитяным дальномером

Длина измеренной стороны определяется по формуле

$$S_{изм} = K * l_{см,}$$

где *K* - коэффициент нитяного дальномера (*K*=100), *l* - длина отрезка в см между верхней и нижней дальномерными нитями.

*Пример:* на рис. 2.2 отчет по верхней нити 2670, отчет по нижней нити 2500, $l$=2670-2500=170 мм=17 см, $S_{изм}$=17 см х 100=1700 см=17,0 м.

На станции длину каждой стороны хода измеряют дважды по черной и по красной сторонам рейки, или по одной стороне, но по разным делениям рейки. Разность результатов измерений должна быть не более 0,3 м на 100 метров длины. Среднее значение длины стороны хода записывают в полевой журнал (14) с округлением до 0,1 м.

Длины сторон хода обязательно измеряют в обратном направлении. Разность между результатами измерений ”прямо” (15) и “обратно” (16) не должна превышать 1:200-1:400 (0,3-0,5 м на 100 м длины).

### 2.4. Привязка хода к пунктам опорной геодезической сети.

Привязку тахеометрического хода выполняют для определения дирекционного угла начальной стороны хода. Одна из вершин тахеометрического хода является пунктом опорной геодезической сети (рис. 3.1). С него есть видимость на два других геодезических пункта (пп101, пп102). Для привязки хода к опорной геодезической сети производят измерение примычных углов $\varphi_1$ и $\varphi_2$. Это угол между твердой стороной и первой стороной тахеометрического хода (рис. 3.1). В полевом журнале вычерчивают схему привязки, показывают примычные углы.

Каждый примычный угол $\varphi_1$ и $\varphi_2$ измеряют двумя приемами с перестановкой лимба между приемами примерно на $90^\circ$. Для контроля измеряют угол между исходными сторонами (δ). Контроль производят по формуле:

$$\delta = \varphi_1 - \varphi_2$$

Допустимое расхождение ±3′.

## 3. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ.

После последних измерений производят проверку полевых журналов, правильность записей и вычислений измеренных и средних значений. По значениям измеренных горизонтальных углов и длин линий составляют схему съемочного обоснования и ее привязки (рис. 3.1). На схему выписывают измеренные значения углов и длин. Затем приступают к вычислениям. Вычисления линейных величин ведут с точностью до 0.1м, а углов – до 30”. Из полевого журнала выписывают измеренные примычные углы $\varphi_1$ и $\varphi_2$.

### 3.1. Вычисление привязки

Дирекционный угол начальной стороны хода ($\alpha_{1\text{-}2}$) (рис. 3.1) вычисляют дважды, исходя из значений дирекционных углов исходных сторон опорной геодезической сети ($\alpha_{1\text{-}A}$ , $\alpha_{1\text{-}B}$) и измеренных углов ($\varphi_1$ , $\varphi_2$) по формулам:

$$\alpha_{1\text{-}2}=\alpha_{1\text{-}\,nn101}+\varphi_1$$

$$\alpha_{1\text{-}2}=\alpha_{1\text{-}\,nn102}+\varphi_2$$

Дирекционные углы исходных сторон вычисляют решая обратные геодезические задачи , по формулам:

$$r_{1-nn101}=arctg\frac{Y_{nn101}-Y_1}{X_{nn101}-X_1},\ r_{1-nn102}=arctg\frac{Y_{nn102}-Y_1}{X_{nn102}-X_1}.$$

Расхождение полученных значений $\alpha_{1\text{-}2}$ не должно превышать 2-3′.

После нахождения значения румба необходимо определить координатную четверть, содержащую направление. Координатную четверть определяют по знакам приращений координат (рис. 3.2).

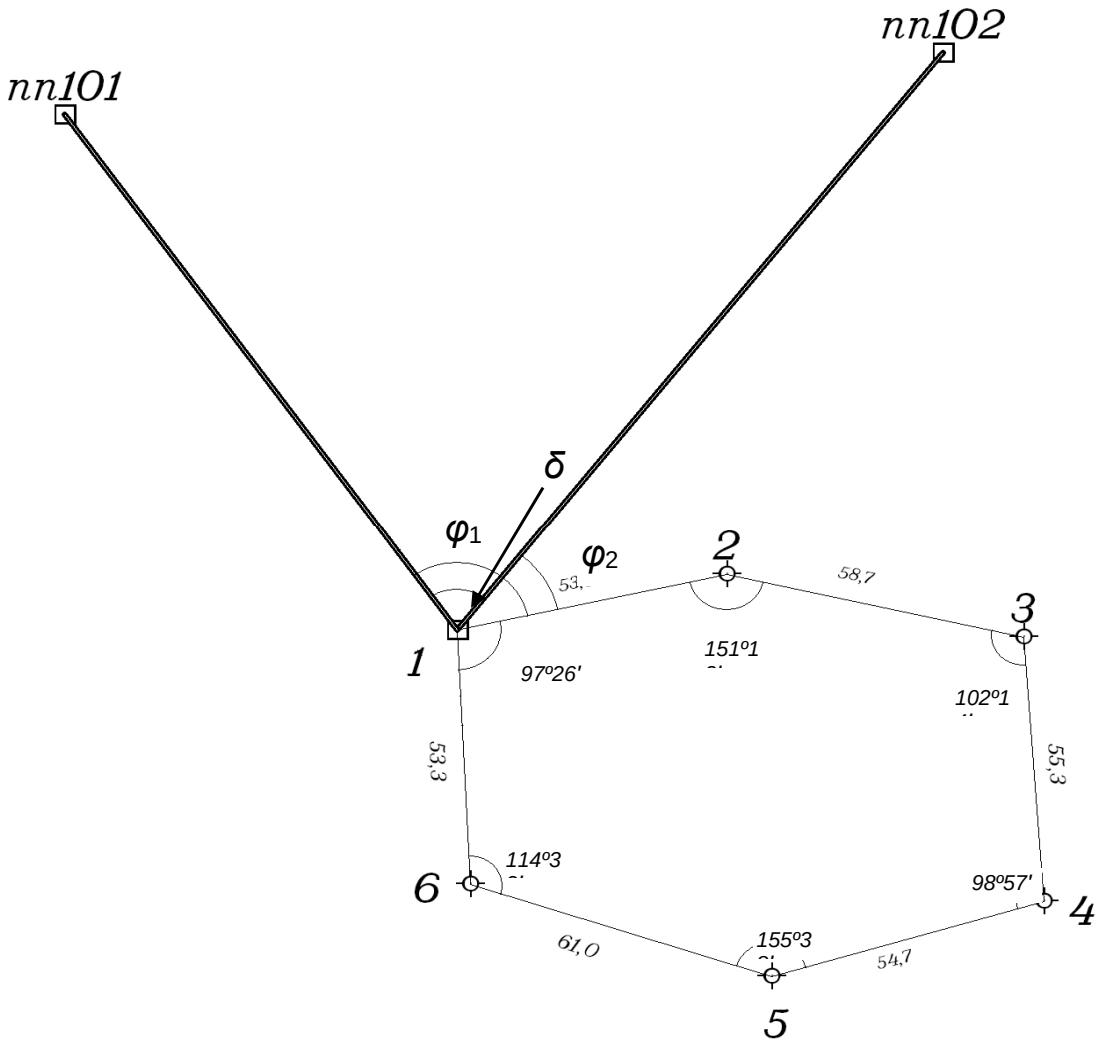



Рис. 3.1. Схема тахеометрического хода и геодезической привязки

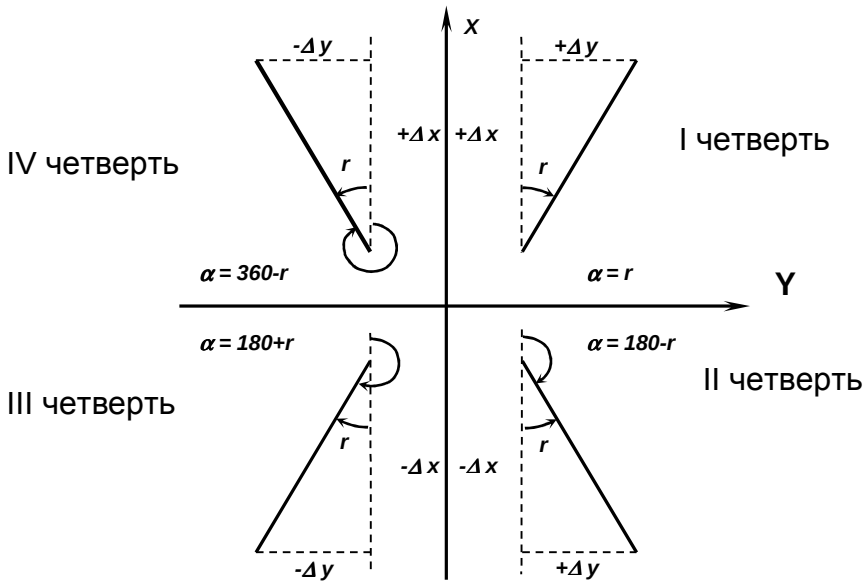



Рис 3.2 Зависимости между дирекционными углами и румбами

Пример записи и вычислений дирекционных углов приведен ниже.

Таблица 2

Исходные данные

| Название пункта | X, м | У, м | H, м |
|---|---|---|---|
| 1 | 3348.05 | 2238.25 | 271,36 |
| пп101 | 4099.71 | 1639.28 | 282,40 |
| пп102 | 4001.87 | 2581.51 | 290,24 |

$$r_{1-nn101} = arctg\frac{Y_{nn101} - Y_1}{X_{nn101} - X_1} = arctg\frac{1639.28 - 2238.25}{4099.71 - 3348.05} = arctg\frac{-598.97}{751.66} =$$
$$= 38.54993965° = 38°33'00''(IVч.)$$

$$\alpha_{1-nn101} = 360° - 38°33'00'' = 321°27'$$

$$r_{1-nn102} = arctg\frac{Y_{nn102} - Y_1}{X_{nn102} - X_1} = arctg\frac{2581.51 - 2238.25}{4001.87 - 3348.05} = arctg\frac{343.26}{653.82} =$$
$$= 27.69992196° = 27°42'00''(Iч.)$$

$$\alpha_{1-nn102} = 27°42'00''$$

$\varphi_1 = 333°18'00''$

$$\alpha_{1-2} = 321°27'00'' + 333°18'00'' = 294°45'00''$$

$\varphi_2 = 267°05'00''$

$$\alpha_{1-2} = 27°42'00'' + 267°05'00'' = 294°47'00''$$

Средний $\alpha_{1-2} = 294°46'00''$

### 3.2. Вычисление горизонтальных проложений длин линий

Горизонтальные проложения необходимо знать для вычисления координат точек тахеометрического хода.

Вычисление горизонтальных проложений выполняют в ведомости вычисления отметок съемочного обоснования (Таблица 3).

Из журнала измерения улов и длин линий выписывают среднее значения длин линий (S), полученные по результатам измерений в прямом и обратном направлениях, в графу 4 табл. 3 и углы наклона (v), измеренные в прямом и обратном направлениях, в графы 2 и 3 табл. 3. По этим данным

вычисляют горизонтальные проложения с точностью до 0.01 м по формуле:

$$D = S * cos^2 v,$$

где $S$ – среднее значение измеренной длины линии (графа 4), $v$ – угол наклона линии в прямом направлении (графа 2), $D$ – горизонтальное проложение (графа 5).

### 3.3 Вычисление отметок пунктов съемочного обоснования методом тригонометрического нивелирования

Вычисление отметок производится с точностью до 0.01 м в ведомости вычисления отметок (Таблица 3).

По измеренным расстояниям и углам наклона вычисляют превышения между точками хода в прямом и обратном направлениях по формуле:

$$h = D * \tan v$$

Значения превышений с соответствующим знаком записывают в графы 6 и 7.

Расхождения в превышениях, полученных в прямом и обратном направлениях, допускаются не более 4 см на 100 м. Если это условие выполнено, то в графе 8 вычисляют средние превышения, сохраняя перед ними знак превышения из прямого хода. Сумму положительных и отрицательных значений превышений записывают в графе 8 внизу. Далее подсчитывают невязку по превышениям. Она равна сумме превышений замкнутого хода:

$$f_h = \Sigma h_{ср}$$

Допустимую высотную невязку вычисляют по формуле:

$$доп.\ f_h = \pm 0.2 м \sqrt{\sum D(км)}$$

где $-\sum D$ сумма горизонтальных проложений ходя (периметр в км).

Полученную невязку $f_h$ распределяют между превышениями с обратным знаком пропорционально длинам линий по формуле:

$$\delta_{hi} = -\frac{f_h}{\sum D} * D_i$$

***Контроль:*** $\Sigma\delta = -f_h$

Величины поправок записывают в графе 8 над превышениями. В графу 9 записывают исправленные превышения.

***Контроль:*** если исправленные превышения вычислены правильно, их алгебраическая сумма должна быть равна нулю.

По исправленным превышениям последовательно вычисляют отметки пунктов съемочного обоснования по формуле:

$$H_{n+1} = H_n + h_n ,$$

где $H_{n+1}$ – высота последующего пункта (м), $H_n$ – отметка предыдущего пункта (м), $h_n$- превышение между смежными пунктами (м).

***Контролем*** вычисления отметок является получение отметки исходной точки в конце вычислений.

Таблица 3

**Вычисления отметок точек съемочного обоснования**

| №№ точек | Вертикальные углы | | Длины сторон, м | | Превышение, м | | | | Отметки точек, м | №№ точек |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Прямо ° ' | Обратно ° ' | Измеренные S | Горизонтальное проложение D | Прямо | Обратно | Среднее | Исправленное | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | | | | | | | | | 230.00 | 1 |
| | -2°01' | +2°02' | 83.0 | 82.90 | -2,92 | +2,95 | -0,02<br>-2,94 | -2,96 | | |
| 2 | | | | | | | | | 227.04 | 2 |
| | -5°24' | +5°25' | 122.0 | 120.92 | -11,43 | 11,46 | -0,03<br>-11,45 | -11,48 | | |
| 3 | | | | | | | | | 215.56 | 3 |
| | +2°15' | -2°16' | 98.0 | 97.85 | +3,85 | -3,88 | -0,02<br>+3,87 | +3,85 | | |
| 4 | | | | | | | | | 219.41 | 4 |
| | +1°56' | -1°57' | 120.0 | 119.86 | +4,05 | -4,09 | -0,03<br>+4,07 | +4,04 | | |
| 5 | | | | | | | | | 223.45 | 5 |
| | +4°30' | -4°29' | 100.5 | 99.88 | +7,86 | -7,83 | -0,02<br>+7,85 | +7,83 | | |
| 6 | | | | | | | | | 231.28 | 6 |
| | -0°56' | +0°58' | 76.5 | 76.48 | -1,25 | +1,29 | -0,01<br>-1,27 | -1,28 | | |
| 1 | | | | | | | | | 230.00 | 1 |
| | | | | ΣD = 597,89 м | | $\sum h_{cp}$ (+) = +15.79<br>$\sum h_{cp}$ (-) = -15.66 | | Σ=0 | | |
| | | | | | | | $f_h$=+0.13 | Доп.$f_h$ = ±0.2м$\sqrt{\sum D(км)}$ | | |
| | | | | | | | | Доп.$f_h$ = ±0.2м$\sqrt{0.6}$ =±0.15 | | |

Вычислил Орлов Проверил Петров

### 3.4. Вычисление координат пунктов съемочного обоснования

Вычисление координат производится в ведомости вычисления координат (Таблица 4). В графу 1 ведомости выписывают номера вершин хода, в графу 2 – номера точек визирования. В графу 3 выписывают против соответствующих вершин средние значения измеренных горизонтальных углов. Значения горизонтальных проложений линий выписывают в графу 6 из таблицы 3.

#### *3.4.1. Вычисление угловой невязки хода*

Угловой невязкой $f_\beta$ замкнутого тахеометрического хода называется разность между суммой измеренных горизонтальных углов $\Sigma\beta_{изм}$ и теоретической суммой внутренних углов плоского многоугольника $\Sigma\beta_{теор}$ т.е.

$$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор}$$

где $\Sigma\beta_{теор} = 180°*(n-2)$, n – число углов многоугольника.

Вычисленные значения $\Sigma\beta_{изм}$ и $\Sigma\beta_{теор}$ подписывают внизу графы 3.

Здесь же вычисляют величину допустимой угловой невязки по формуле:

$$f_{\beta доп} = 2 * t \ (t=0°0'30'' – точность\ инструмента),$$

$$f_{\beta доп} = \pm 1' \sqrt{n}\,.$$

Если значение угловой невязки не превосходит допустимой величины, то ее распределяют поровну с обратным знаком между измеренными углами, с точностью до 30″, т.е. вычисляют поправки к измеренным горизонтальным углам по формулам:

$$\delta_\beta = -\frac{f_\beta}{n}$$

Если полученное значение поправки меньше 30″, то угловую невязку вводят в наиболее слабое место тахеометрического хода (короткие стороны хода, горизонтальные углы $\leq 20°$ или $\geq 150°$, точки съемочного обоснования, наиболее удаленные от исходных пунктов сети).

***Контроль:*** $\Sigma\delta_\beta = -f_\beta$.

Поправки в измеренные углы подписывают над их значениями. Вычисляют исправленные горизонтальные углы

$$\beta_{исп} = \beta_{изм} + \delta_\beta.$$

***Контроль:*** $\Sigma\beta_{исп} = 180°*(n-2)$.

Таблица 4

**Вычисление координат точек съемочного обоснования**

| Номера точек | | Горизонтальные углы | | Дирекционные углы ° ' | Горизонтальные проложения, м | Приращения координат, м | | | | Координаты, м | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Вычисленные | | Исправленные | | | |
| Стояния | Визиров | Измеренные ° ' | Исправленные ° ' | | | **Δ**X | **Δ**Y | **Δ**X | **Δ**Y | X | Y |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | | | | | | +0.05 | +0,08 | | | **3348.05** | **2238.25** |
| | 3 | | | **294°46'** | 82.90 | +34.73 | -75.27 | +34.78 | -75.19 | | |
| 2 | 1 | 110°59'00" | 110°59' | | | +0.07 | +0.12 | | | 3382.83 | 2162.06 |
| | 4 | | | 3°47' | 120.92 | +120.64 | +7.98 | +120.71 | +8.10 | | |
| 3 | 2 | 123°09'00" | 123°09' | | | +0.06 | +0.10 | | | 3503.54 | 2171.16 |
| | 5 | | | 60°38' | 97.85 | +48.01 | +85.32 | +48.07 | +85.42 | | |
| 4 | 3 | 105°15'00" | 105°15' | | | +0.07 | +0.12 | | | 3551.61 | 2256.58 |
| | 6 | | | 135°23' | 119.86 | -85.35 | +84.21 | -85.28 | +84.33 | | |
| 5 | 4 | 117°58'00" | 117°58' | | | +0.06 | +0.10 | | | 3466.33 | 2340.91 |
| | 1 | -0°0'30" | | 197°25' | 99.88 | -95.32 | -29.90 | -95.26 | -29.8 | | |
| 6 | 5 | 124°58'30" | 124°58' | | | +0.05 | +0.08 | | | 3371.07 | 2311.11 |
| | 2 | -0°0'30" | | 252°27' | 76.48 | -23.07 | -72.94 | -23.02 | -72.86 | | |
| 1 | 6 | 137°41'30" | 137°41' | | | | | | | **3348.05** | **2238.25** |
| | | | | (294°46') | ΣD = 597,89 | | | | | | |
| | | | $\sum\beta_{исп}$=720° | | | fx= -0.36 | fy= -0.6 | | | | |
| | | | | | | fs=0.85 | | 0 | 0 | | |

$\Sigma\beta_{изм}$ = 720°01'00"

$\Sigma\beta_{теор}$ = 720°00'00"

$f_{\beta}$=+1'

$f_{\beta доп}=\pm 1'\sqrt{n}=\pm 1'\sqrt{6}=\pm 2{,}4'$

$$\frac{1}{\sum D \div f_s} = \frac{1}{703} \langle \frac{1}{300}$$

Вычислил Орлов

Проверил Петров

### *3.4.2. Вычисление дирекционных углов сторон хода*

Вычисление дирекционных углов сторон хода производят по дирекционному углу начальной стороны и исправленным горизонтальным углам. Начальный дирекционный угол стороны 1-2 выписывают из решения привязки (см. раздел 3.1). В нашем примере $\alpha_{1-2}$ =294°46'. Его записывают в графу 5 между точками 1 и 2. Дирекционные углы остальных сторон хода вычисляют по формулам:

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n + \beta_{лев} - 180° \text{ - для левых углов,}$$

$$\alpha_{n-1} = \alpha_n - \beta_{прав} + 180° \text{ - для правых углов,}$$

где $\alpha_{n+1}$ – дирекционный угол последующей стороны хода, $\alpha_n$ – дирекционный угол предыдущей стороны хода.

*Контроль:* полученный дирекционный угол первой стороны хода в конце вычислений должен быть равен исходному. С этой целью по дирекционному углу последней стороны и горизонтальному углу при вершине 1, которые ранее в вычислениях не участвовал, получают дирекционный угол начальной стороны ($\alpha_{1-2}$ = 294° 46').

Вычисленные значения дирекционных углов сторон хода записывают в графу 5.

### *3.4.3. Вычисление приращений координат, их невязок и координат пунктов съемочного обоснования.*

Приращение координат хода вычисляют по следующим формулам:

$$\Delta X_i = D_i * cos\alpha_i, \; \Delta Y_i = D_i * sin\alpha_i,$$

где $D_i$ – горизонтальное проложения линий; $\alpha_i$ – дирекционные углы этих линий.

Вычисления производят с точностью до 0.01 м.

Вычисленные приращения координат записывают в графах 7 и 8.

Для замкнутого хода алгебраическая сумма приращений по каждой оси координат должна быть равна нулю:

$$\sum \Delta X = 0, \sum \Delta Y = 0$$

Внизу графы 7 и 8 находят значения невязок $f_x$ и $f_y$ (по осям абсцисс и ординат), по формулам:

$$f_x = \sum \Delta X\ ,\ f_y = \sum \Delta Y$$

Невязки в приращениях координат обусловлены действием погрешностей измерения углов и сторон хода. Совместное влияние невязок приращений по осям координат характеризуется линейной невязкой в периметре:

$$f_s = \sqrt{fx^2 + fy^2}$$

Допустимую линейную невязку вычисляют по формуле относительной ошибки:

$$\frac{1}{\sum D \div f_s} \leq \frac{1}{500},$$

где $\sum D$ – сумма горизонтальных проложений длин сторон хода (периметр).

Периметр ($\sum D$) подсчитывают в графе 6 и выписывают внизу. После проверки допустимости относительной линейной невязки $\frac{1}{\sum D \div f_s}$ распределяют невязки приращений координат $f_x$ и $f_y$.

Невязки $f_x$ и $f_y$ распределяют с обратным знаком в каждое приращение координат пропорционально длинам сторон, т.е. вычисляют поправки к приращениям координат по формулам:

$$\delta X_i = -\frac{f_x}{\sum D} * D_i\ ,\ \delta Y_i = -\frac{f_y}{\sum D} * D_i$$

и подписывают их над приращениями в графах 7 и 8.

В графах 9 и 10 записывают исправленные значения приращений координат:

$$\Delta X_{ИСПР} = \Delta X_i + \delta X_i,\ \Delta Y_{ИСПР} = \Delta Y_i + \delta Y_i.$$

***Контроль:*** $\sum \Delta X_{ИСПР} = 0, \sum \Delta Y_{ИСПР} = 0.$

Далее, в графах 11 и 12 последовательно вычисляют координаты точек тахеометрического хода от координат начальной точки 1, используя исправленные приращения координат, по формулам:

$$X_{n+1} = X_n + \Delta X_{\text{ИСПР}},\ Y_{n+1} = Y_n + \Delta Y_{\text{ИСПР}},$$

где $X_n$, $Y_n$ – координаты предыдущего пункта, $X_{n+1}$ ,$Y_{n+1}$ – координаты последующего пункта.

***Контроль:*** вычисленные координаты начальной точки хода должны быть равны исходным (Таблица 4).

## 4. ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

Инструменты и принадлежности для выполнения работ: теодолит, одна вешка, одна рейка, полевой журнал для тахеометрической съемки, абрисы, два карандаша, тахеометрические таблицы.

Тахеометрическую съемку ситуации и рельефа местности выполняют с пунктов съемочного обоснования в масштабе 1:500. На каждой станции измеряют расстояние, горизонтальный и вертикальные углы до съемочных пикетов, т.е. определяют полярные координаты каждой снимаемой точки (съемочных пикетов).

Все записи результатов измерений ведут в журнале тахеометрической съемки (Таблица 5). В процессе съемки составляют абрис (рис. 4.1).

Особо важное значение при съемке имеет правильный выбор съемочных пикетов. При съемке ситуации рейку устанавливают на характерных точках контуров (углы зданий, изгибы дорог, рек, границы угодий, столбы электролиний и т.д.). При съемке рельефа рейку устанавливают на характерных точках и линиях рельефа местности (вершина холма, дно котловины, водораздел, тальвег, перегибы скатов, урезы воды).

Съемочные пикеты должны равномерно покрывать всю территорию съемки. Расстояние от точек съемочного обоснования до съемочных пикетов должно быть не более 80 м.

### 4.1. Работа на станции

Работу на станции выполняют в следующем порядке:

- теодолит центрируют над точкой с точностью до 1см с помощью отвеса и горизонтируют с помощью цилиндрического уровня горизонтального круга;

- определяют МО вертикального круга на каждой станции, значение МО записывают в журнал тахеометрической съемки (Таблица 5) для данной станции. Устанавливают визирную веху на следующую по ходу точку

съемочного обоснования. Направление на эту точку принимают за начальное (например: станция 1, направление на точку 2), ориентируют лимб по начальному направлению. Для этого, вращая алидадой, устанавливают отсчет на горизонтальном круге 0°00’. Затем алидаду закрепляют, открепляют лимб, наводят теодолит на выставленную веху (на пункте 2). Далее лимб закрепляют до конца съемки на этой станции, а алидаду открепляют. Съемка ведется только при положении зрительной трубы круг «лево» (КЛ);

- рейкой измеряют высоту инструмента до 0.01м, записывают ее значение в журнал и отмечают на рейке ярким шнурком ( i = 1.30м);

- рейку устанавливают на съемочный пикет;

- наводят теодолит на рейку, измеряют нитяным дальномером расстояние до рейки и записывают в журнал (1);

- наводят центр сетки нитей на высоту инструмента (шнурок), берут отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам теодолита и записывают в журнал (2), (3). Если на рейке отметки высоты инструмента не видно, то наводят центр сетки нитей на верх рейки и записывают на этом пикете высоту визирования (v=3 м) в графу 8 таблицы 5.

### 4.2. Ведение журнала тахеометрической съемки

В журнале указывают номер станции, начальное направление, МО, высоту инструмента i в метрах, отметку точки $H_0$ съемочного обоснования в метрах. В соответствующие графы журнала записывают результаты полевых измерений (расстояний, отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам). Затем вычисляют углы наклона на съемочные пикеты по формуле:

$$v = КЛ – МО.$$

Находят горизонтальное проложение D и превышение h’ между точкой съемочного обоснования и съемочным пикетом по углу наклона и расстоянию из тахеометрических таблиц или по формулам, которые приведены в тахеометрических таблицах:

$$D = S * cos^2 v,$$

$$h' = D * \tan v$$

$$h = h' + i - v,$$

где $D$ – горизонтальное проложение, $S$ – измеренное нитяным дальномером расстояние, $v$ – угол наклона, $i$ – высота инструмента, v – высота визирования.

Знак превышения соответствует знаку угла наклона.

Отметку съемочного пикета вычисляют по формуле:

$$H = H_0 + h,$$

и записывают в графу 11 (Таблица 5).

Таблица 5

ЖУРНАЛ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

$$МО = \frac{КЛ + КП - 180°}{2}$$ (Т-30)

КЛ=354°35'

КП=185°23'

МО=- 0°1'

Точка стояния *1* $H_0$=230.0 *i*=1.30

Начальное направление *2*

Дата 13.07.17.

Исполнитель Петров *v*=КЛ-МО

| №№ пикетов | Расстояния по дальномеру, м | Отсчеты по кругам /КЛ/ | | Углы наклона ° ' | Горизонтальн. проложения, м | h', м | Высота визиров v, м | i-v | Превышение h=h'+i-v | Отметки пикетов H=$H_0$+h | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Горизонтальн. ° ' | Вертикальн. ° ' | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | | 0°00 | | | | | | | | | |
| 1 | 38.0 | 23°00' | 352°59' | -7°00' | 37.44 | -4.60 | 1.30 | 0 | -4.60 | 225.40 | рельеф, дорога |
| 2 | 35.0 | 53°30' | 355°06' | -4°53' | 34.75 | -2.97 | 1.30 | 0 | -2.97 | 227.03 | рельеф, дорога |
| 3 | 56.0 | 81°00' | 356°06' | -3°53' | 55.74 | -3.78 | 1.30 | 0 | -3.78 | 226.22 | дорога |
| 4 | 86.1 | 100°00' | 356°36' | -3°23' | 85.80 | -5.07 | 1.30 | 0 | -5.07 | 224.93 | дорога |
| 5 | 52.3 | 112°41' | 358°47' | -1°12' | 52.28 | -1.10 | 1.30 | 0 | -1.10 | 228.90 | рельеф,луг |
| 6 | 72.0 | 116°02' | 354°23' | -5°36' | 71.31 | -6.99 | 3.00 | -1.70 | -8.69 | 221.31 | рельеф,луг |
| 7 | 25.0 | 137°30' | 352°34' | -7°25' | 24.58 | -3.20 | 1.30 | 0 | -3.20 | 226.80 | обрыв, 2м |
| 8 | 46.5 | 141°00' | 355°17' | -4°42' | 46.19 | -3.80 | 1.30 | 0 | -3.80 | 226.20 | обрыв, 2м |
| 9 | 25.8 | 180°10' | 349°39' | -10°20' | 24.97 | -4.55 | 1.30 | 0 | -4.55 | 225.45 | обрыв, 2м |

Вычислил

Проверил

### 4.3.Составление абриса

Абрис – это схематический чертеж участка местности, снимаемого с данной станции. Абрис составляют на каждой станции одновременно с заполнением журнала тахеометрической съемки (рис. 4.1).

При заполнении абриса центр окружности принимают за станцию, с которой выполняют съемку, один из радиусов за начальное направление (0°), расстояния между окружностями принимают равными 10 м. Каждый съемочный пикет намечают на абрисе точкой, рядом надписывают его порядковый номер.

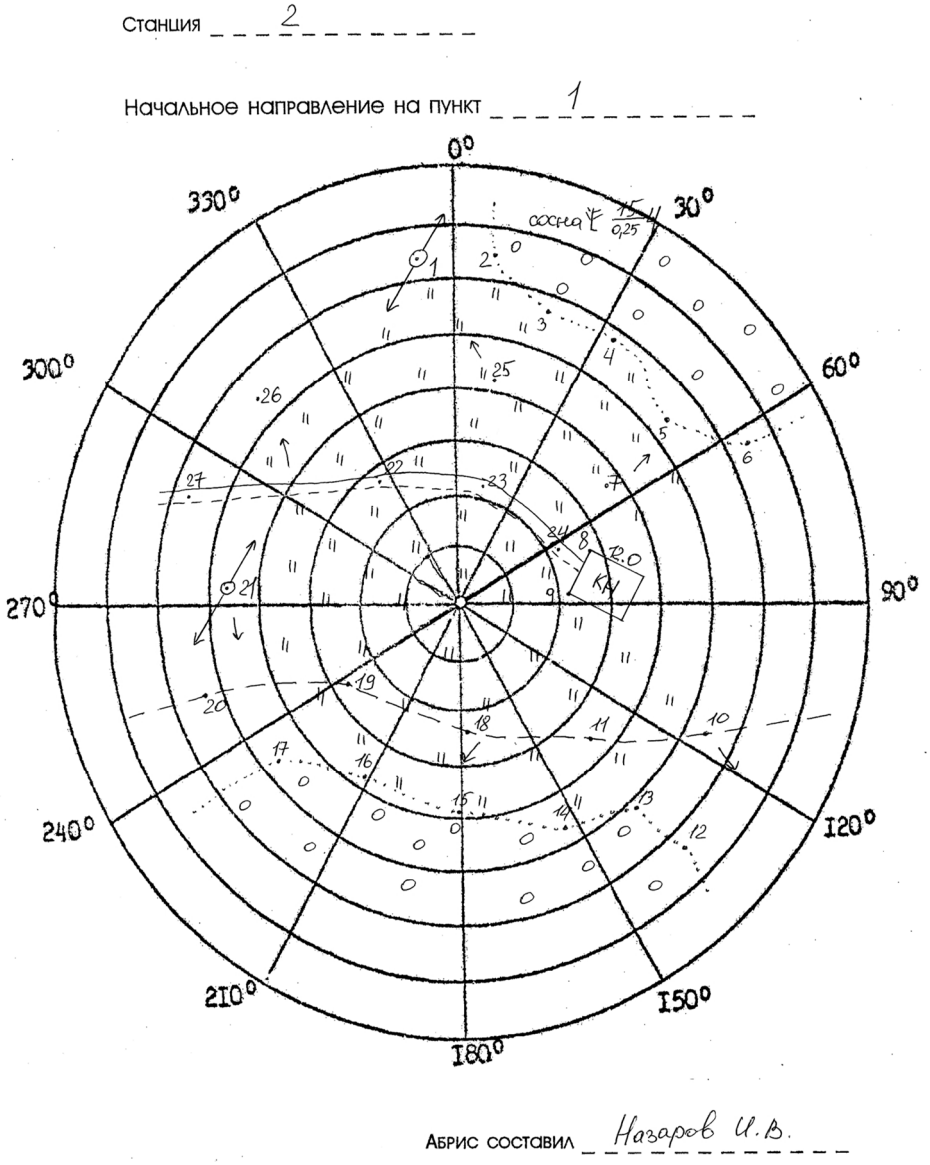



Рис. 4.1 Абрис тахеометрической съемки на п.1

При съемке следят за тем, чтобы нумерация съемочных пикетов на абрисе соответствовала нумерации этих же пикетов в журнале тахеометрической съемки. На абрис наносят все снятые контуры ситуации, сопровождая их пояснительными надписями и условными знаками. На абрисе стрелками показывают направление скатов.

Составление абрисов является ответственной частью тахеометрической съемки, т.к. он в дальнейшем используется для создания топографического плана. Его надо вести аккуратно, все записи делают четко, отточенным карандашом, прямолинейные контуры вычерчивать по линейке. Четкое ведение абриса способствует качественному составлению топографического плана. Абрис сдается вместе с журналом тахеометрической съемки.

Закончив съемку на станции, по абрису проверяют, все ли элементы ситуации и рельефы засняты, нет ли пропусков, достаточно взято ли съемочных пикетов. Съемочные пикеты должны быть расположены не реже, чем через 3 см в масштабе плана, т.е. через 15 м на местности (в масштабе 1:500), их количество зависит от сложности ситуации и сложности рельефа. Кроме того, проверяют, не сбилась ли во время съемки ориентировка теодолита. Для этого в конце съемки снова визируют зрительную трубу по начальному направлению и проверяют неизменность отсчета по лимбу. Допустимое отклонение должно быть не более 3′. Сделав такой контроль, переходят на следующую станцию.

# 5. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА

При тахеометрической съемке топографический план создается камеральным путем. Размер рамки для планов масштаба 1:500 принят 50*50см. План составляют в масштабе 1:500 и оформляют в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500».

Составление плана выполняют в следующем порядке:

- вычерчивание координатной сетки;

-построение точек по координатам;

-нанесение ситуации и местности на план;

-оформление топографического плана.

## 5.1. Вычерчивание координатной сетки

Координатную сетку строят на листе чертежной бумаги А1, стороны сетки принимают равными 10*10см. Координатную сетку получают путем ее переноса со стандартных сеток, изготовленных на картографической пленке, через световой стол.

Правильность построения координатной сетки контролируют путем измерения циркулем-измерителем диагоналей всех квадратов сетки. Ошибки в длинах диагоналей не должно превышать 0.2 – 0.3 мм.

### *5.1.1. Построение пунктов съемочного обоснования по координатам*

Для построения пунктов съемочного обоснования по координатам в масштабе 1:500 сетку координат оцифровывают через 50 м. За начало координат принимают юго-западный угол рамки. От него к северу надписывают абсциссы X, к востоку – ординаты Y. Координаты юго-западного угла плана выбирают так, чтобы тахеометрический ход разместился примерно в середине листа. Построение каждой точки съемочного обоснования производят с помощью циркуля-измерителя и

масштабной линейки. Вначале определяют, в каком квадрате сетки располагается данная точка. Затем значение абсциссы откладывают по обеим сторонам квадрата и соединяют тонкой прямой линией. На этой линии откладывают значение ординаты Y. Полученную точку обводят условным знаком (кружочком), рядом надписывают номер пункта планово-высотного хода и его отметку до 0.01 м (справа от пункта).

Построение пунктов съемочного обоснования обязательно контролируют. Для этого значение горизонтального проложения между двумя точками циркулем-измерителем откладывают на масштабной линейке и сравнивают с расстоянием между соответствующими точками на плане. Допустимое расхождение этих величин не должно быть более ±0.5 мм.

### 5.2. Нанесение ситуации и рельефа местности на план

Ситуацию наносят на план по данным журнала тахеометрической съемки и абрисов. Съемочные пикеты наносят на план по горизонтальному углу и горизонтальному проложению. Горизонтальные углы откладывают при помощи кругового транспортира от начального направления, а горизонтальные проложения – циркулем-измерителем по линейке. Справа от полученной точки подписывают отметку съемочного пикета до 0.1 м, слева – ее номер. Руководствуясь абрисом и подписями, сделанными в примечаниях тахеометрического журнала, рисуют условными знаками элементы ситуации. Виды угодий пока обозначают надписями. По отметкам точек проводят горизонтали с сечением рельефа через 1 м. Интерполирование горизонталей выполняют по тем направлениям, которые указаны в абрисе.

Окончив составление ситуации и рельефа на станции, приступают к нанесению съемочных пикетов следующей станции.

Составленный план представляют на просмотр преподавателю. После просмотра и проверки по указанию преподавателя план оформляют.

### 5.3.Оформление топографического плана

Порядок оформления следующий:

1) Пункты опорной геодезической сети, пункты съемочной сети, характерные высотные точки, ориентиры и местные предметы.

2) Гидрографическая сеть, урезы воды, подписи, относящиеся к гидрографии.

3) Населенные пункты.

4) Элементы линейной протяженности (границы контуров, дорожная сеть, электролинии, телефонные линии и др.)

5) Рельеф. При этом выделяют утолщенные горизонтали, расставляют бергштрихи, размещают надписи горизонталей, кратные 5 м, вычерчивают формы рельефа, не выражающиеся горизонталями (обрывы, ямы, скалы и др.).

6) Почвенно-растительный покров (виды угодий, которые ранее подписывались, теперь вычерчивают условными знаками).

7) Рамка и зарамочное оформление.

Во избежание пропусков после оформления план тщательно корректируют. Без разрешения преподавателя не следует стирать с плана съемочные пикеты. Все оформление выполняется в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500».

Перечень сдаваемых материалов: журнал тахеометрической съемки, абрисы для каждой станции, топографический план.

## 6. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ПО ОСИ ТРАССЫ

Назначение нивелирования по оси трассы - определение отметок точек местности и построение профиля оси будущего инженерного сооружения.

Работы по нивелированию трассы состоят из следующих этапов:

-рекогносцировка трассы;

-разбивка пикетажа и поперечных профилей;

-нивелирование по оси трассы и по поперечным профилям;

-камеральная обработка результатов нивелирования;

-построение профиля;

-проектирование по профилю.

Инструменты и принадлежности для выполнения работы: нивелир Н-3 со штативом, две рейки, мерная лента, шпильки, колья или штыри для закрепления пикетов, молоток, нивелирный журнал, пикетажный журнал, карандаши.

### 6.1. Рекогносцировка трассы

Трассу выбирают с учетом следующих условий: число поворотов трассы должно быть минимальным, стороны трассы должны проходить на местности по возможности с малыми углами наклона.

В процессе рекогносцировки закрепляют вершины углов поворота (ВУ).

### 6.2.Разбивка пикетажа по трассе и поперечных профилей

Стороны трассы измеряют стальной лентой (шпагатом), отмечая на трассе штырями или колышками пикеты – точки, отстоящие одна от другой на 100м. Для трасс, проходящих по участкам со сложным рельефом, пикеты могут разбиваться через 50м.

Количество пикетов на бригаду – 12, количество поперечников – 2.

Если угол наклона местности больше 2°, то расстояние между пикетами увеличивают на величину поправки за наклон. Около каждого пикета забивают сторожок – кол или штырь с табличкой, на котором пишут номер пикета и номер бригады.

Расстояние до плюсовых точек, намечаемых на перегибах местности и пересечении трассы с дорогами и ЛЭП, измеряют от младшего пикета и

отмечают сторожками, например ПК 5 + 65.0 (рис. 6.1).

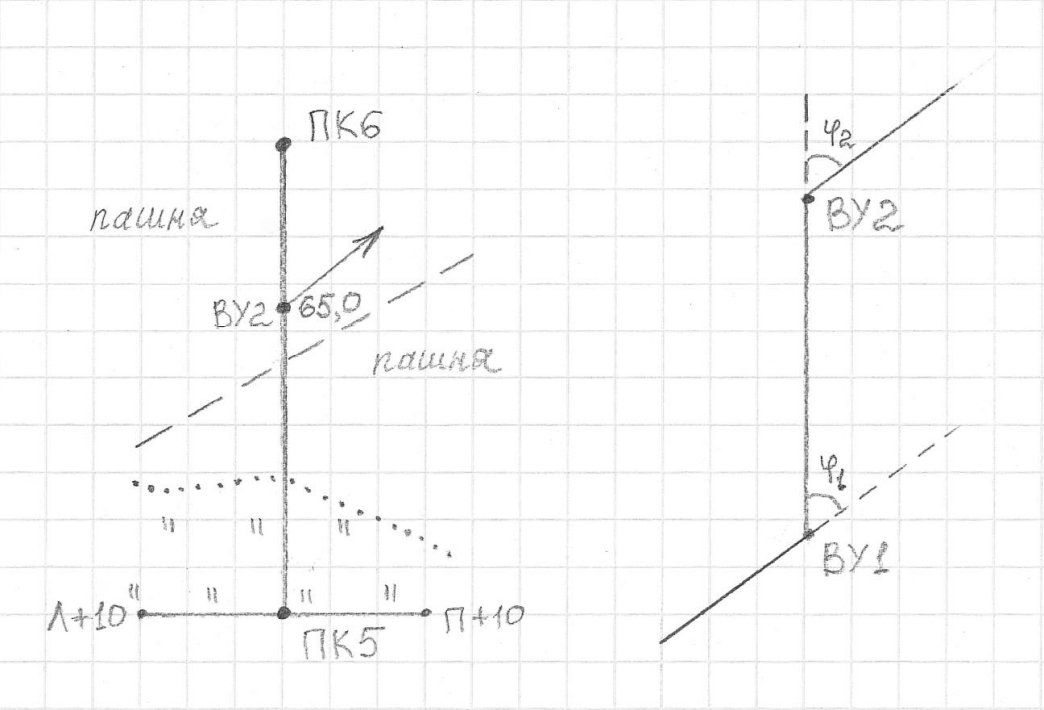



Рис. 6.1 Пикетажный журнал

Разбивают поперечные профили. Для этого перпендикулярно к оси трассы измеряют расстояние от оси трассы влево и вправо до точек перегиба местности. Концы поперечного профиля и точки перегиба отмечают сторожками, на которых надписывают расстояния от оси трассы с добавлением буквы Л (влево) или П (вправо) от оси трассы, например, Л+10.0 или П+5.0. Началом поперечного профиля может быть пикет или плюсовая точка. Его длину принимают по указанию преподавателя (10-20м).

В процессе разбивки пикетажа ведут пикетажный журнал (рис. 6.1), в котором в масштабе 1:1000 показывают ось трассы, пикеты, плюсовые точки, поперечные профили, углы поворота, направление поворота трассы (стрелкой), на глаз зарисовывают контуры местности в полосе шириной по 20м в обе стороны от оси трассы.

### 6.3. Нивелирование по оси трассы и по поперечным профилям

После выполнения поверок нивелира, результаты которых записывают на первой странице журнала, приступают к нивелированию по пикетажу.

Нивелирование выполняют способом «из середины». Нивелирный ход привязывают к ближайшему реперу. На каждой станции хода две нивелирные точки являются связующими, с их помощью передают высоты по ходу. Остальные точки называются промежуточными. Как правило, связующими точками являются пикеты. Если превышение между пикетами больше длины рейки, то для передачи высот используют дополнительные связующие точки, называемые «икс» точками. «Икс» точки закрепляют колышками или штырями. Между смежными пикетами может быть несколько точек «икс», в зависимости от рельефа. В качестве «икс» точек можно использовать плюсовые точки. Примеры выбора станции и связующих точек показаны на рис. 6.2.

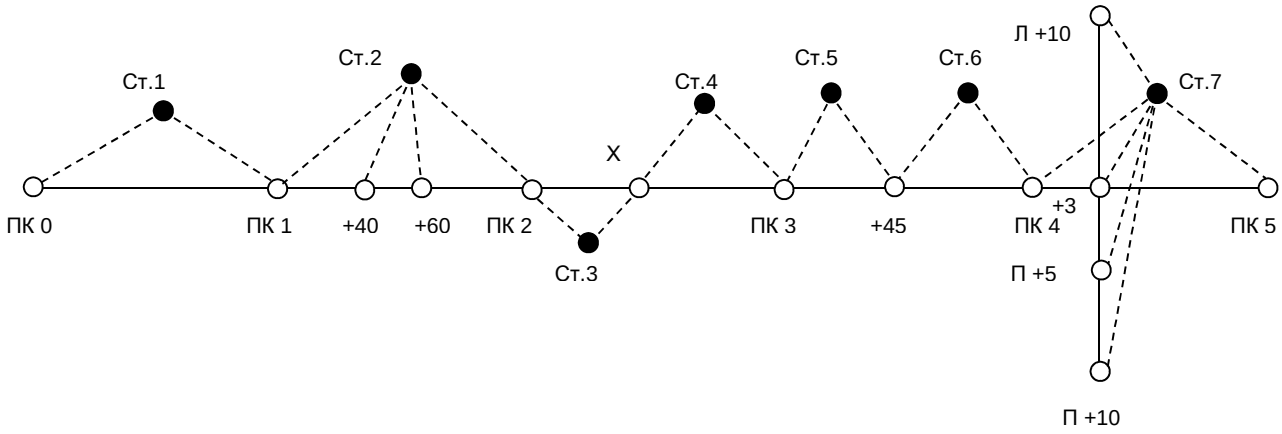



Рис. 1.12 Выбор станций при нивелировании трассы

### 6.4. Работа на станции при нивелировании

Все записи при нивелировании ведут в полевом журнале карандашом. Работу на станции производят в следующем порядке. Нивелир устанавливают примерно на равном расстоянии от связующих точек. Равенство расстояний определяют на глаз. На связующих точках на колышках устанавливают рейки.

Нивелир горизонтируют с помощью круглого уровня. Наводят трубу нивелира на заднюю рейку, совмещают элевационным винтом концы пузырька цилиндрического уровня и берут отсчет по черной стороне рейки (1). Порядок записей и вычислений показан в таблице 6. Поворачивают

рейку, проверяют точность совмещения концов пузырька цилиндрического уровня и берут отсчет по красной стороне (2). Затем нивелир наводят на переднюю рейку, обязательно совмещают элевационным винтом концы пузырька цилиндрического уровня и снова берут отсчеты по черной и по красной сторонам рейки (3), (4).

При нивелировании все отсчеты и превышения записывают в миллиметрах.

Если отсчет по рейке больше 1м, то рейку необходимо слегка покачивать вперед и назад. При этом в нивелир наблюдают и берут наименьший отсчет. Тут же на станции вычисляют превышения h по черной (5) и красной (6) сторонам реек по формуле:

$$h = З - П,$$

где З – отчет по задней рейке; П – отсчет по передней рейке.

Эти превышения не должны отличаться более чем на 5мм. При большем расхождении нивелирование связующих точек повторяют, несколько изменив высоту инструмента.

ЖУРНАЛ НИВЕЛИРОВАНИЯ

Таблица 6

Прямой ход

Дата 27.07.02

Исполнитель *Орлов*

| №№ станции | Номер пикетов и промежут. точек | Отсчет по рейке | | | Превышения | | Среднее превышение | | Горизонт инструмента | Отметки точек | Номера пикетов и пром. Точек | Примечания |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | задний | передний | промежут. | + | - | + | - | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1 | 0-1 | 1861(1) | 1363(3) | | 498(5) | | | | | | | |
| | | 6646(2) | 6146(4) | | 500(6) | | +2 499(7) | | | 127.115 | 0 | |
| 2 | 1-2 | 0430(1) | 0656(3) | | | 226(5) | | | 128.046 | 127.616 | 1 | |
| | | 5218(2) | 5440(4) | | | 222(6) | | +2 224(7) | | | | |
| | 1+40.0 | | | 2530(8) | | | | | | 125.516 | 1+40.0 | |
| | 1+60.0 | | | 2340(9) | | | | | | 125.706 | 1+60.0 | |
| 3 | 2-x | 2830 | 420 | | 2410 | | | | | 127.394 | 2 | |
| | | 7615 | 5202 | | 2413 | | +2 2412 | | | | | |
| 4 | x-3 | 2131 | 720 | | 1411 | | | | | | | |
| | | 6915 | 5509 | | 1406 | | +2 1408 | | | | | |
| 5 | 3-3+45.0 | 2752 | 151 | | 2601 | | | | | 131.218 | 3 | |
| | | 7535 | 4942 | | 2593 | | +1 2597 | | | 133.816 | 3+45.0 | |
| ∑ | | 43933 | 30549 | | 13832 | 448 | 6916 | 224 | | | | |
| | | +13384 | | | +13384 | | +6692 | | | | | |
| | | | | | +6692 | | | | | | | |

Вычислил *Петров*

Проверил *Иванов*

Если разность превышений, вычисленных на станции, не превосходит допуск, то вычисляют среднее превышение (7) до целых мм и записывают в графе 8 или 9.

Одновременно с нивелированием связующих точек нивелируют плюсовые точки и точки поперечного профиля. Для этого после вычисления среднего превышения на станции рейку с задней связующей точками и точки поперечного профиля, устанавливают ее на землю у сторожков нулем вниз, берут по одному отсчету только по черной стороне рейки и записывают отсчет в графу 5 (8), (9).

После этого задний реечник переходит на следующую связующую точку, а передний остается на предыдущей связующей точке, наблюдатель переходит и выбирает следующую станцию. Если в районе трассы есть только один репер, к которому будет привязываться трасса, то для контроля нивелирования студенты на практике прокладывают обратный нивелирный ход, начиная нивелирование с последнего пикета. В обратном ходе нивелируют только связующие точки. Если есть возможность привязать последний пикет к реперу, то обратный ход не прокладывают.

Все записи в журнале должны быть выполнены аккуратно, без подчисток и исправлений. Неправильные записи зачеркивают, а в примечаниях пишут причину зачеркивания.

В полевом журнале дают схему привязки (рис. 6.3) и делают полевую привязку. Для этого выполняют нивелирование от репера до ПКО в прямом и обратном направлениях, вычисляют среднее превышение h ср.

Решают привязку, т.е. вычисляют отметку ПКО ($H_{пко}$) по формуле:

$$H_{ПКО} = H_{Rp} + h_{ср}$$

$$h_{ср} = \frac{h_{пр} + h_{обр}}{2}$$

если привязка сделана по схеме (а).

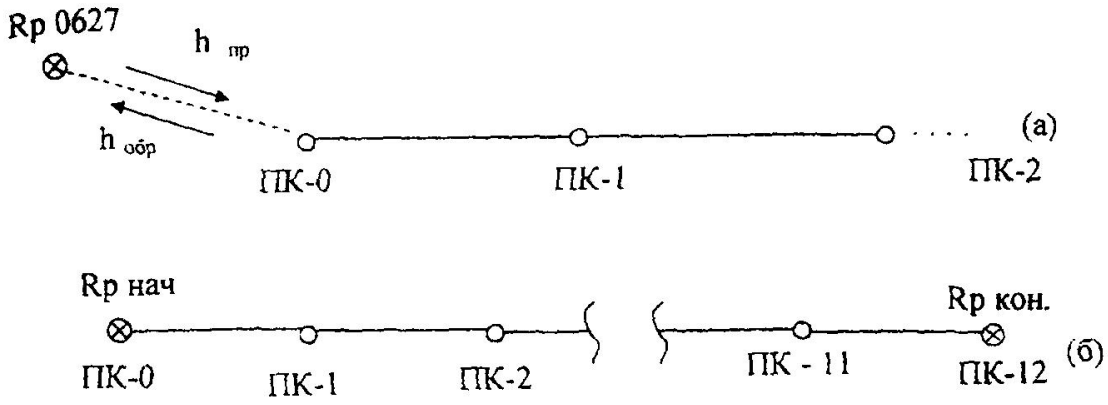



Рис. 6.3 Схемы привязки нивелирного хода: (*а*) – висячий ход, (*б*) – разомкнутый ход

## 6.5. Камеральная обработка результатов нивелирования

Камеральную обработку производят в таком порядке:

-обработка нивелирного журнала;

-построение профиля;

-проектирование по профилю.

### *6.5.1. Обработка нивелирного журнала*

Для проверки правильности записей и вычислений в журнале производят постраничный контроль по формуле:

$$\sum З - \sum П = \sum h.$$

Для этого на каждой странице журнала находят: суммы отсчетов ∑3, ∑4 по графам 3, 4; суммы превышений ∑6, ∑7, ∑8, ∑9 по графам 6, 7, 8, 9 (Таблица 6). Вычисляют величины:

$$\sum 3 - \sum 4;\ \sum 6 + \sum 7;\ \sum 8 + \sum 9.$$

Соблюдение равенств:

$$\sum 3 - \sum 4 = \sum 6 + \sum 7;\ \frac{\sum 6 + \sum 7}{2} = \sum 8 + \sum 9,$$

показывает, что вычисления на данной странице сделаны верно. Аналогично производят контроль и на следующих страницах журнала. Суммируя величины (∑8+∑9) отдельно по прямому и обратным ходам,

получают суммарное превышения $\sum h_{прям}$ – прямого и $\sum h_{обр}$ обратного ходов. Сумма величин $\sum h$ прямого и обратных ходов дает невязку $f_h$:

$$f_h = \sum h_{прям} + \sum h_{обр}.$$

Если ход пройден точками с известными отметками $H_{НАЧ}$ и $H_{КОН}$ (Рис. 6.3(б)), невязку вычисляют по формуле:

$$f_h = \sum h_{ср} - (H_{КОН} - H_{НАЧ}).$$

Допустимое значение невязки вычисляют по формуле:

$$f_{h доп} = \pm \sqrt{L(км)}\ мм,$$

где $L$ – длина хода (в километрах) от начального до конечного пикета. Вычисляют невязку в полевом журнале, на чистой странице.

Если полученная невязка больше допустимой, то нивелирный ход переделывают. Если полученная невязка допустима, то в случае (а) половину ее распределяют с обратным знаком поровну в превышения прямого хода, округляя при этом поправки до целых километров. Во втором случае (б), вся невязка распределяется поровну с обратным знаком на превышения между связующими точками. Поправки в превышениях $\delta_h$ вычисляют по формуле:

$$\delta_h = -\frac{f_h}{n}$$

где $n$ – число превышений.

Записывают поправки над средними превышениями в полевом журнале. Исправленные превышения определяют по формуле:

$$h_1 = h_{ср} + \delta_{h1}.$$

Из привязки хода к реперу вычисляют отметку нулевого пикета $H_{ПКО}$ (в нашем примере $H_{ПКО}$ = 127,115 м). Записывают ее в графе (II) напротив нулевого пикета(0).

Зная эту отметку и исправленные превышения, последовательно вычисляют отметки связующих точек по всему ходу:

$$H_1 = H_0 + h_1,\ H_2 = H_1 + h_2 \ldots$$

Получив отметку последнего пикета $H_К$, проверяют правильность вычислений по формуле:

$$H_{КОН} - H_{НАЧ} = \sum h - \frac{f_h}{2} \text{ (а) или } H_{КОН} - H_{НАЧ} = \sum h - f_h \text{ (б).}$$

Вычисления в журнале заканчивают нахождением отметок промежуточных точек. Их вычисляют через горизонт инструмента ГИ. Горизонтом инструмента называют отметку визирного луча нивелира на данной станции. ГИ вычисляют по формуле:

$$ГИ = H + a,$$

где Н – отметка связующей точки на данной станции; а – отсчет по черной стороне рейки на этой точке.

*Пример:* Для станции 2 в таблице 6:

$$ГИ = H_1 + a_1,$$

$H_{ПК1}$ = 127.616 м, $a_1$ = 0430 мм – отсчет на ПК1,

ГИ = 128.046 м (записывают в графу 10 напротив станции 2).

Отметки промежуточных точек $H_{ПРОМ}$ находят вычитанием промежуточных отсчетов по рейке «с» из горизонта инструмента:

$$H_{ПРОМ} = ГИ - c$$

На этой же станции находим:

$$H_{ПК1+40.0} = 128.046 - 2.530 = 125.516м,$$

$$H_{ПК1+60.0} = 128.046 - 2.340 = 125.706м.$$

### *6.5.2. Построение профиля трассы*

По вычисленным отметкам пикетов, плюсовых точек и точек поперечного профиля на координатной бумаге строят продольный и поперечный профили местности по трассе. Масштабы построения:

- для продольного профиля: горизонтальный 1: 2000, вертикальный 1:200;

- для поперечного профиля: горизонтальный 1: 200, вертикальный 1:200.

Последовательность построения профиля приведена ниже.

Первоначально вычерчивают сетку профиля. Название граф и размеры

в миллиметрах показаны на рис. 6.4.

В графе «Расстояния» отмечают положения пикетов и плюсовых точек, выписывают расстояния между плюсовыми точками и пикетами. «Икс» точки не строят. Ниже этой графы выписывают номера пикетов.

Пользуясь пикетажным журналом, заполняют графу «План трассы», в которой показывают:

а) ось в виде прямой линии красного цвета;

б) ситуацию (по результатам съемки полосы местности) соответствующими условными знаками.

В графу «Фактические отметки» выписывают из журнала нивелирования отметки всех пикетов и плюсовых точек с округлением до 0.01 м.

Выбирают и надписывают отметку условного горизонта, которая должна быт на 5-8 метров меньше самой низкой отметки по трассе.

В системе прямоугольных координат, где линия условного горизонта – ось расстояний, а вертикальная линия, проходящая через нулевой пикет – ось отметок, строят положение всех пикетов и плюсовых точек.

Полученные точки соединяют прямыми линиями и получают продольный профиль местности по оси трассы. Все построения выполняют карандашом.

Над точками продольного профиля, которые служили началом поперечных профилей, строят сетки поперечных профилей (рис. 6.4).

Заполняют графы «Расстояния» и «Фактические отметки» так же, как это делалось при построении продольного профили. Под сеткой надписывают пикетажные обозначения точек поперечного профиля.

Выбрав условный горизонт, строят положение точек поперечного профиля. Соединив полученные точки, получают поперечный профиль местности.

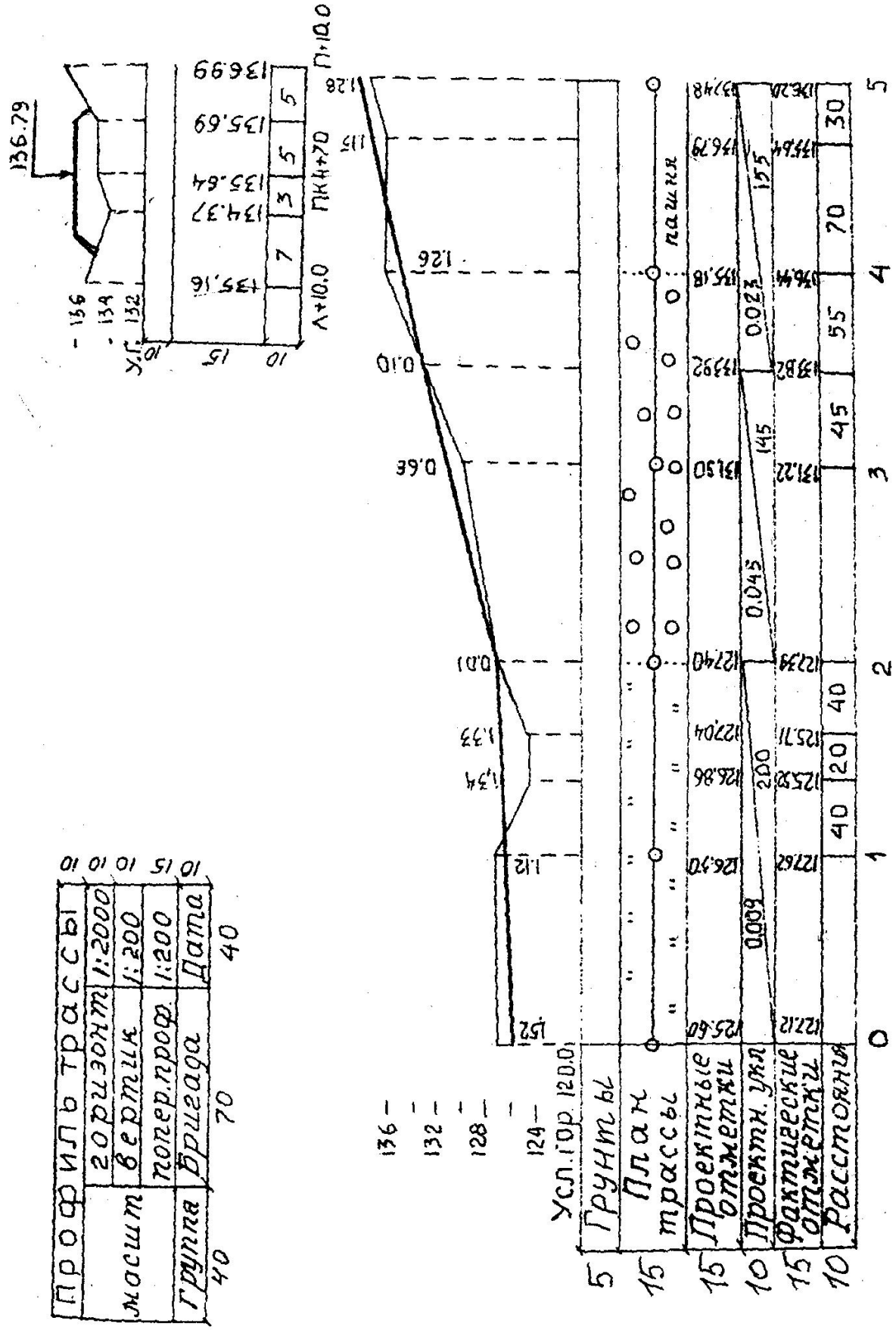



Рис. 6.4 Профиль трассы

Профиль местности – графический документ, позволяющий решать ряд

инженерных задач.

### *6.5.3. Проектирование по профилю*

На практике по продольному профилю студенты проводят проектную линию, которая будет являться профилем оси будущего инженерного сооружения (дороги, канала и т.д.). Проектную линию намечают графически с учетом следующих требований:

- уклоны участков проектной линии не должны превышать допустимых значений (предельный уклон задается преподавателем);

- объем земляных работ должны быть минимальным;

- объемы насыпей и выемок должны быть примерно одинаковы, т.е. на профиле должно соблюдаться примерное равенство площадей насыпей и выемок;

- шаг проектирования принимают от 100 до 600 м;

- измерение уклона проектной линии можно производить на пикетах или плюсовых точках.

Проектная отметка ПКО задается преподавателям или принимается равной фактической отметке этого пикета.

На рис. 6.4 проектная отметка ПКО $H_0$=125.60 м. участков проектной линии с разными уклонами намечено три: длиной 200, 145 и 155 м; измерение уклона проектной линии предусмотрено в двух точках: на ПК2 и на плюсовой точке ПК3+45.0 расчет и вычерчивание проектной линии производится в следующем порядке:

По профилю определяют приближенно (с точностью 0.1 мм в вертикальном масштабе профиля) проектные отметки точек перелома и конца проектной линии:

$$H_2 = 127.4\text{м};\ H_{3+45.0} = 133.8\text{м};\ H_5 = 137.4\text{м}.$$

Вычисляют превышения по участкам проектной линии:

$$h_1 = H_2 - H_0 = +1.8\text{м};$$

$$h_2 = H_{3\text{-}45.0} - H_2 = +6.4м$$

$$h_3 = H_5 - H_{3+45.0} = +3.6м.$$

вычисляют уклоны i – отношения превышений h к горизонтальным проложениям участков проектной линии d:

$$i = \frac{h}{d}.$$

$$i_1 = \frac{1{,}8}{200} = +0.009;$$

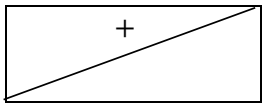
$$i_2 = \frac{6{,}4}{145} = +0.045;$$

$$i_3 = \frac{3{,}6}{155} = +0.023.$$

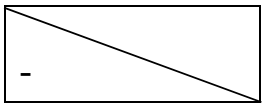
Полученные уклоны округляют до 0.001 и выписывают в графу «Проектные уклоны» продольного профиля.

Все данные проектирования наносят на профиль красным цветом.

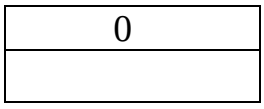
Под выписанными уклонами проводят линии (с подъемом (а), спуском (б) или горизонтальные (с) – в зависимости от знака уклона). Под линиями выписывают длины участков проектной линии.




(а)




(б)




(с)

По значениям округленных уклонов вычисляют и выписывают в соответствующую графу продольного профиля проектные отметки концов участков проектной линии по формуле:

$$H_{n\text{-}1} = H_n + i * d.$$

Для нашего примера:

$$H_2 = 125.60 + 0.009 * 200 = 125.60 + 1.80 = 127.40м$$

$$H_{3\text{-}45} = 127.40 + 0.45 * 145 = 127.40 + 6.52 = 133.92м$$

$$H_5 = 133.92 + 0.023 * 155 = 133.92 + 3.56 = 137.46м$$

На профиле уточняют по вычисленным отметкам положение точек перелома и конца проектной линии, соединяют полученные отрезки линиями и получают проектный профиль оси будущего инженерного сооружения.

Вычисляют и выписывают проектные отметки всех остальных пикетов и плюсовых точек трассы по той же формуле (здесь «*d*» - это расстояние между пикетами, или расстояние от пикета до плюсовой точки). $H_1 = H_0 + i * 100 = 126.50$м, $H_{1\text{-}40} = H_1 + i * 40 = 126.86$ м. Контролем вычислений служат выписанные проектные отметки конца участков проектной линии.

Вычисляют рабочие отметки как разности проектных и фактических отметок соответствующих точек профиля. Рабочие отметки выписывают около проектной линии: положительные (высота насыпи) – выше, а отрицательные (глубина выемки) – ниже проектной линии.

В заключении по вычисленной отметке точки оси поперечного профиля наносят положение проектной линии на поперечном профиле. Над проектной линией выписывают ее отметку. Проектную линию наносят горизонтально, по 10м влево и вправо от оси трассы. Показывают кюветы (если линия идет в выемке) и откосы (если линия идет по насыпи). Уклон откосов и бортов канав 45°, ширина дна кювета – 0.6 м. Над продольным профилем вычерчивают штамп.

Перечень сдаваемых материалов: отчет по нивелированию (раздел в общем отчете по практике), пикетажный журнал, журнал нивелирования, профиль местности по оси трассы.

# 7. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

На геодезической практике студенты выполняют следующие инженерно-геодезические задачи:

- вынос в натуру точки с заданными координатами;
- вынос на местность точки с заданной отметкой;
- вынос в натуру линии с заданным уклоном.

Проектные данные для выполнения этих задач (отметки, длины линий, уклон, координаты) задает преподаватель.

Подготовительные работы для решения инженерно-геодезических задач выполняются по топографическому плану масштаба 1:500, составленному студентами по результатам тахеометрической съемки.

Вынос проекта в натуру (геодезические разбивочные работы) осуществляются от имеющихся на участке пунктов геодезической сети с использованием следующих геодезических приборов: теодолита Т-30, нивелира Н-3 или Н-10, мерной ленты, рулетки.

## 7.1. Элементы геодезических разбивочных работ

Разбивочные работы можно представить как совокупность отдельных простых операций. Рассмотрим основные из них.

### *7.1.1. Вынос в натуру проектного горизонтального угла*

Над вершиной угла О устанавливают теодолит и ориентируют его лимб вдоль заданного направления ОА. Вращением алидады откладывают проектный угол β и по направлению визирной оси трубы забивают колышек $C_1$. Для исключения влияния коллимационной ошибки проводят трубу через зенит и откладывают величину угла β при другом положении вертикального круга, забивают колышек в точке $C_2$. Расстояние $C_1$-$C_2$ делят пополам, полученный угол АОС и будет проектным углом. После построения проектного угла производят контрольные измерения этого угла.

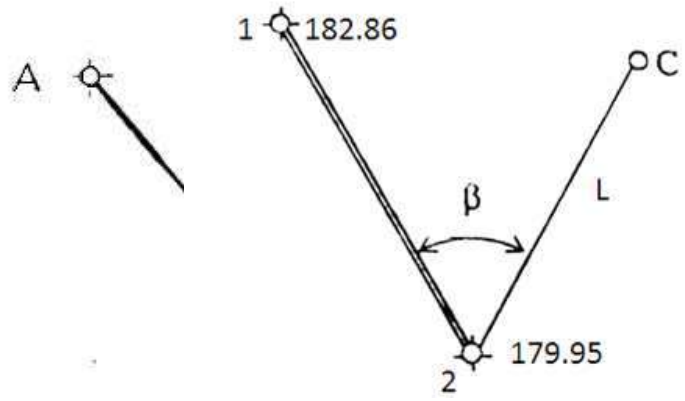



Рис 7.1 Построение на местности проектного горизонтального угла

### *7.1.2. Вынос в натуру проектного расстояния*

Для выноса проектного расстояния по заданному направлению мерной лентой откладывают наклонную длину, конец линии закрепляют колышком. Для контроля длину линии измеряют второй раз – обратно. Наклонное проектное расстояние находят по формуле:

$$L = \sqrt{D^2 + h^2},$$

где $D$ – горизонтальное проложение линии, м; $h$ – превышение между точками концами линии, м.

$D$ и $h$ определяют по топографическому плану.

## 7.2. Вынос в натуру точки с заданными координатами (полярным способом)

На топографическом плане запроектирована буровая скважина (С), которую необходимо вынести в натуру от ближайших пунктов геодезической сети (в примере пункты 1 и 2 на рис. 7.2).

Рис. 7.2 Схема выноса в натуру запроектированной точки

Прямоугольные координаты и отметки пунктов геодезической сети 1 и 2 выписывают из ведомостей вычисления координат и высот точек съемочного обоснования, а координаты и отметку точки С студенты определяют графически с топографического плана (таблица 7).

Таблица 7

Исходные данные

| | X | У | H |
|---|---|---|---|
| 1 | 3833.62 | 2950.42 | 182.86 |
| 2 | 3771.20 | 2838.80 | 179.95 |
| C | 3764.42 | 2858.20 | 184.50 |

Для переноса запроектированной точки в натуру применим способ полярных координат.

Вначале выполняют геодезическую подготовку проекта. Для этого необходимо вычислить разбивочные элементы, т.е. полярный угол β и полярное расстояние L по формулам:

$$\beta = \alpha_{2\text{-}C} - \alpha_{2\text{-}1},$$

$$r(\alpha_{2-C}) = arctg\frac{Y_C - Y_2}{X_C - X_2},$$

$$r(\alpha_{2-1}) = arctg\frac{Y_1 - Y_2}{X1 - X_2},$$

$$L = \sqrt{D^2 + h^2}\ , D_{2-C} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}\ , h = H_C - H_2,$$

где $X_1$, $X_2$, $Y_1$, $Y_2$ – прямоугольные координаты исходных пунктов; $X_C$, $Y_C$ – прямоугольные координаты запроектированной точки С; $H_2$, $H_C$ – отметки точек 2 и С; $D_{2\text{-}C}$ – горизонтальное проложение линии 2 – С; L – наклонное проектное расстояние от пункта 2 до точки С; $\alpha_{2\text{-}C}$, $\alpha_{2\text{-}1}$ – дирекционные углы линий 2-С и 2-1.

В нашем примере:

$$r(\alpha_{2-1}) = arctg\frac{2950.42 - 2838.80}{3833.62 - 3771.20} = arctg\frac{+111.62}{+62.42} = 1.78821(1 - \textit{ячетверть}),$$

$$r(\alpha_{2-1}) = \alpha_{2-1} = 60°47'07'',$$

$$r(\alpha_{2-C}) = arctg\frac{2858.20 - 2838.80}{3764.42 - 3771.20} = arctg\frac{+19.40}{-6.78} = 2.86136(2 - \textit{ячетверть}),$$

$$r_{2-C} = 70°44'10'',$$

$$\alpha_{2-C} = 180° - 70°44'10'' = 109°15'50'',$$

$$\beta = 109°15'50'' - 60°47'07'' = 48°28'43'',$$

$$D_{2-C} = \sqrt{19.40^2 + 6.78^2} = 20.55\textit{м},$$

$$h = 184.50\textit{м} - 179.95\textit{м} = 4.55\ \textit{м},$$

$$L = \sqrt{20.55^2 + 4.55^2} = 21.05\textit{м}.$$

Затем составляют разбивочный чертеж в масштабе топографического плана, на котором запроектирован объект (рис. 7.3).

На разбивочный чертеж наносят: пункты геодезической сети (1, 2); величины углов и линий, которые необходимо отложить на местности от исходных пунктов до проектированной точки.

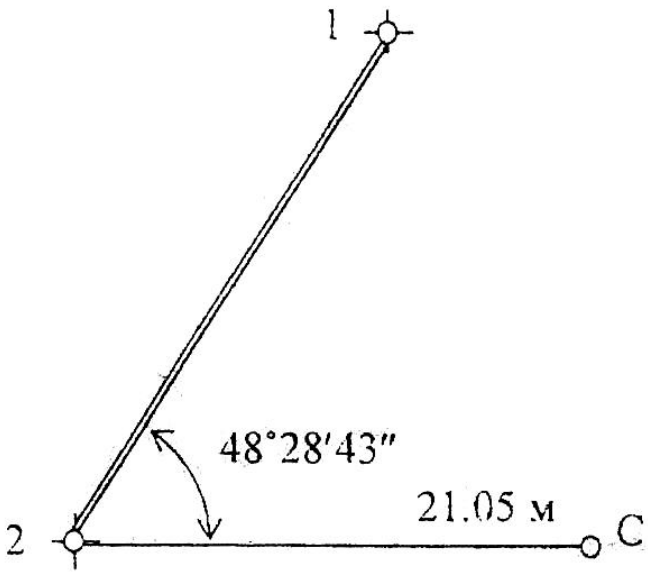



Рис. 7.3 Разбивочный чертеж

На местности в точке 2 устанавливают теодолит и способами изложенными выше (7.1.1, 7.1.2), отмеряют величины, указанные на разбивочном чертеже. Для контроля можно вычислить полярные координаты точки С от пункта 1.

### 7.3. Вынос в натуру точки с заданной отметкой

От пункта геодезической сети А с отметкой $H_0$=49.347м необходимо вынести на местность точку В с проектной отметкой $H_{пр}$=48.000м. Сначала точку В выносят и закрепляют на местности в соответствии с ее плановым положением.

Для выноса проектной отметки в точке В между исходной точкой А и проектной точкой В устанавливают нивелир (рис. 1.18).

Установив рейку на т. А, берут по ней отсчет «а» (пусть а = 0.572м).

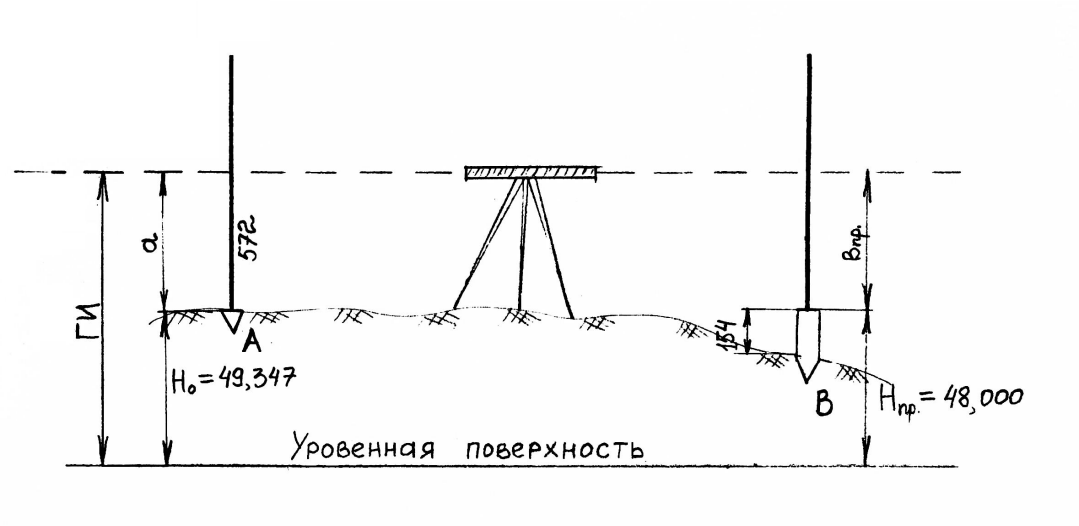



Рис. 7.4 Вынос в натуру точки с проектной отметкой

Определяют горизонт инструмента (ГИ) по формуле:

$$ГИ = H_0 + а = 49.347 + 0.572 = 49.946м.$$

Вычисляют проектный отсчет по рейке $в_{пр}$, соответствующий проектной отметке точки В.

$$в_{пр} = ГИ - H_{пр} = 49.946 \text{ м} - 48.000 \text{ м} = 1946мм.$$

Затем, наблюдая в трубу нивелира по рейке установленной в точке В, забивают колышек на такую глубину, чтобы отсчет по рейке, установленной пятой на колышке, был равен вычисленному значению «в пр» = 1946мм.

Допустим, отсчет по рейке в т. В равен 2100мм, тогда 2100 – 1946 = 154 мм, это величина, на которую надо приподнять колышек, чтобы получить проектную отметку, соответствующую верху колышка.

### 7.4. Вынос в натуру линии с проектным уклоном

От пункта геодезической сети А с отметкой $H_0$= 50.20м (рис 7.5(а)) требуется разбить линию длинной $D$= 30 м с уклоном $i$= 0.040.

Проектное направление линии выносят на местность, закрепляют точками, расположенными через 10 м (1, 2, В).

Вычисляют проектные отметки точек 1, 2, В по формуле:

$$H_{пр} = H_0 + i * d,$$

где $H_{пр}$ – проектная отметка точки, закрепленной на линии АВ; $i$ –

проектный уклон; $d$ - расстояние от исходной точки А до определенной точки.

$$H_{пр1} = 50.20+0.040*10= 50.20 + 0.04= 50.24м.$$

$$H_{пр2} = 50.20 + 0.040*20 = 50.20+0.08= 50.28м.$$

$$H_{прВ} = 50.20 + 0.040*30= 50.20+0.12= 50.32м.$$

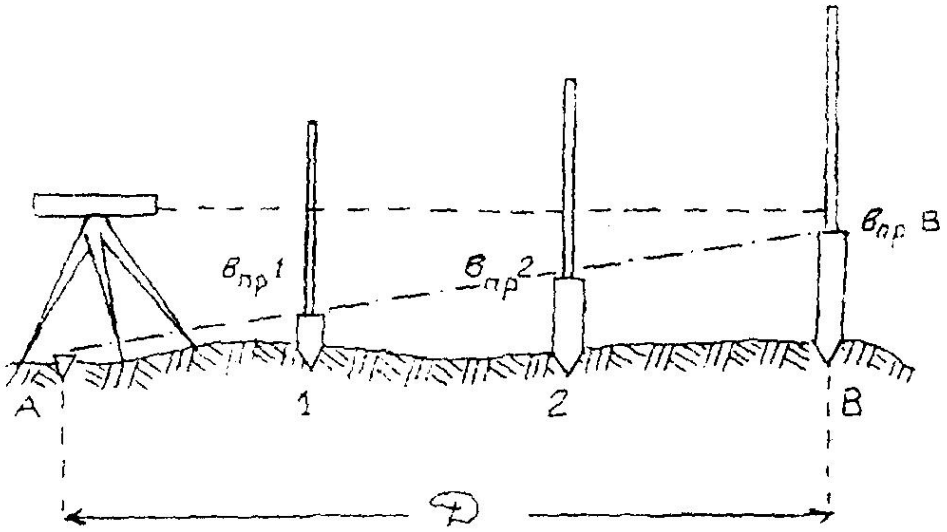



Рис. 7.5 *(а)*. Построение заданного уклона

Вычисленные проектные отметки точек 1, 2, В выносят в натуру изложенным выше способом. На рис. 7.5 (*а*) $в_{пр}1$, $в_{пр}2$, $в_{пр}В$ – проектные отсчеты по рейке в точках 1, 2, В.

При другом способе разбивки проектного уклона подъемными винтами нивелира наклоняют трубу нивелира до тех пор, пока отсчет по рейке на вынесенной проектной точке В не станет равен высоте инструмента. В результате линия визирования будет параллельна линии заданного уклона. Промежуточные точки линии определяют установкой рейки в точках 1 и 2 и получением на них того же отсчета, что и на точке В (рис. 7.5 (*б*)).

Материалы, прилагаемые к отчету в главе «Инженерно-геодезические задачи».

В отчете по геодезической практике в главе «Инженерно-геодезические задачи» дается описание решения задачи, все вычисления по определению разбивочных элементов и разбивочные чертежи с указанием углов и длин,

которые необходимо отложить на местности от исходных пунктов до проектных точек; на топографическом плане бригады указывают проектные точки.

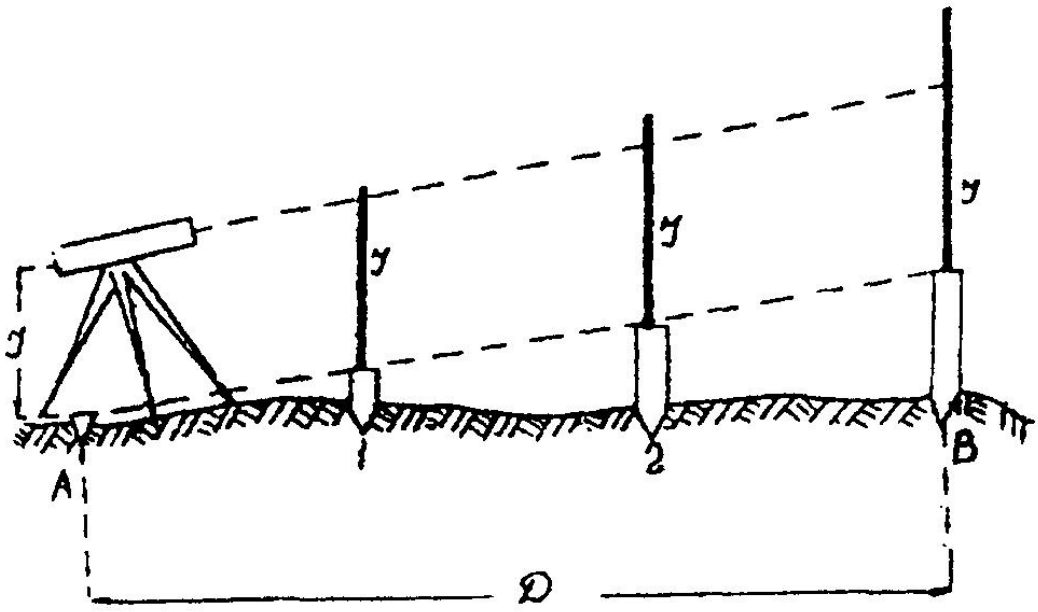



Рис. 7.5(*б*) Построение заданного уклона

## 8. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ

По итогам геодезической практики студенты пишут бригадный отчет. Отчет оформляется на листах А-4. В отчете отражаются следующие вопросы:

- описание участка работ: местоположения, рельеф, растительность, гидрография, дорожная сеть, наличие населенных пунктов, промышленных предприятий и т.п.;

- виды геодезических работ, поверки приборов, камеральная обработка результатов полевых измерений, результаты и допуски;

- виды работ, выполненные отдельными студентами.

*Содержание отчета:*

1. Общие сведения
2. Физико-географическая характеристика района работ
3. Рекогносцировка местности и закладка центров
4. Поверки теодолита
5. Измерение горизонтальных и вертикальных углов и измерение расстояний
6. Вычисление координат и отметок съемочного обоснования
7. Тахеометрическая съемка
8. Поверки нивелира
9. Геометрическое нивелирование
10. Инженерно-техническое нивелирование по оси трассы
11. Решение инженерно-геодезических задач
12. Вычерчивание топографического плана

*К отчету прилагаются:*

1. Схема съемочного обоснования и привязки в произвольном масштабе (на схему выписывают средние значения измеренных углов и длин)

2. Журналы измерения углов и длин сторон

3. Ведомости вычисления отметок точек съемочного обоснования

4. Ведомость вычисления координат точек съемочного обоснования
5. Журнал тахеометрической съемки
6. Абрисы
7. Топографический план масштаба 1:500.
8. Пикетажный журнал
9. Журнал нивелирования
10. Профиль местности по оси трассы

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

*Стандартный шрифт*

*Стандартный шрифт (по ГОСТу 2.304-81 – чертежный шрифт) пишется от руки с наклоном 1:3. Применяется для ведения записей в журнале и оформления документации.*




# *СХЕМА Профиль План*

*147°25′ 638,9 70,241 139°57′*

*Студент Преподаватель*

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**

Вычислительный шрифт

Вычислительный шрифт имеет прямое начертание. Он применяется при полевых и вычислительных работах. Шрифт легко запоминается и читается, прост в исполнении.



МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
_____В.А.Душин

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

# ПО УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПЕРВИЧНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ, ч. 3

Специальность:
***21.05.02 Прикладная геология***

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания***

форма обучения: очная, заочная

Автор: Душин В.А., профессор, д.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
*(название кафедры)*
Протокол № 190 от 17.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

Содержание


| | | Стр. |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1. | Организация и методика проведения практики | - |
| 1.1. | Организационные вопросы | - |
| 1.1.1. | План проведения практики | - |
| 1.1.2. | Снаряжение учебных групп | 4 |
| 1.1.3. | Устройство и ликвидация лагеря | 5 |
| 1.1.4. | Правила техники безопасности при геологических исследованиях | - |
| 1.2. | Методические вопросы проведения практики | 6 |
| 1.2.1. | Рекогносцировочный этап практики | - |
| 1.2.1.1. | Методика проведения рекогносцировочных маршрутов | 7 |
| 1.2.1.2. | Составление отчета по рекогносцировочному этапу практики | - |
| 1.2.1.2.1. | Требования к составлению и оформлению отчета | - |
| 1.2.1.2.2. | Содержание разделов пояснительной записки | 8 |
| 1.2.1.3. | Аттестация студентов за рекогносцировочный этап практики | 12 |
| 1.2.2. | Площадная геологическая съемка | - |
| 1.2.2.1. | Составление опорной сети наблюдений | 13 |
| 1.2.2.2. | Изучение коренных пород | - |
| 1.2.2.3. | Изучение рыхлых отложений | 14 |
| 1.2.2.4. | Гидрогеологические наблюдения | - |
| 1.2.2.5. | Составление полевой документации | 15 |
| 1.2.2.6. | Составление коллекции горных пород, минералов и органических остатков | - |
| 1.2.2.7. | Эколого-геологические наблюдения | - |
| 1.2.2.8. | Составление отчета по площадной съемке | 16 |
| 1.2.2.9. | Аттестация работ по площадной съемке | 17 |
| 2. | Приемы полевых геологических наблюдений | - |
| 2.1. | Ведение полевой книжки | 18 |
| 2.2. | Работа с горным компасом | - |
| 2.2.1. | Устройство горного компаса | - |
| 2.2.2. | Понятие элементов залегания горных пород | 19 |
| 2.2.3. | Правила определения элементов залегания наклонных поверхностей | 21 |
| 2.2.4. | Определение превышений точек рельефа | 22 |
| 2.2.5. | Привязка точек наблюдения | 23 |
| 2.3. | Изучение обнажений горных пород | 26 |
| 2.3.1. | Типы обнажений горных пород | - |
| 2.3.2. | Привязка обнажений | - |
| 2.3.3. | Описание горных пород | 27 |
| 2.3.4. | Наблюдение структурных элементов | - |
| 2.3.5. | Отбор образцов горных пород | 28 |

2.3.6. Зарисовка обнажений 29
2.4. Первичная обработка полевых материалов 33
2.4.1. Обработка коллекций горных пород и корректура полевых книжек -
2.4.2. Обработка замеров ориентировки плоскостных структурных элементов 34
3. Физико-географическая и геологическая характеристики Сухоложского района 35
3.1. Физико-географический очерк -
3.2. История геологического изучения района 36
3.3. Геологическое строение района 38
3.3.1. Стратиграфия -
3.3.1.1. Палеозойская эратема -
3.3.1.2. Мезозойская эратема 42
3.3.1.3. Кайнозойская эратема 44
3.3.2. Интрузивные образования 51
3.3.2.1. Среднеордовикские интрузии -
3.3.2.2. Раннеордовикские интрузии -
3.3.2.3. Среднедевонские интрузии 52
3.3.2.4. Раннекаменноугольные интрузии -
3.3.2.5. Ранне-среднекаменноугольные интрузии 53
3.3.2.6. Позднепермские-раннетриасовые интрузии -
3.3.3. Тектоника -
3.3.4. Гидрогеология 54
3.3.5. Геоморфология 55
3.3.5.1. Речные террасы 56
3.3.5.2. Карстовые формы рельефа 57
3.3.6. Полезные ископаемые -
3.3.6.1. Горючие полезные ископаемые 58
3.3.6.2. Металлические полезные искоаемые -
3.3.6.3. Неметаллические полезные ископаемые 59
3.3.6.4. Строительные материалы -
3.3.6.5. Подземные воды -
3.4. Экологическая характеристика района -
Рекомендуемая литература 62
Приложение 1 63

# Введение

Учебно-методическая геологосъемочная практика студентов 2-го курса геологических и геофизических специальностей Института геологии и геофизики Уральского государственного горного университета проводится в Сухоложском районе Свердловской области в 120 км к востоку от г. Екатеринбурга. База практики расположена на правом берегу р. Пышмы в 500 м. ниже брода против села Рудянского.

В геологическом отношении район расположен на стыке складчатых структур Урала с горизонтально залегающими отложениями чехла Западно-Сибирской платформы, что позволяет познакомить студентов не только с палеозойскими образованиями Уральской складчатой системы, но и с мезозойскими и кайнозойскими отложениями платформенного чехла.

Учебная практика имеет целью закрепить теоретические знания полученные студентами при прохождении курсов структурной геологии и геологического картирования, минералогии, петрографии, палеонтологии и исторической геологии. Ее задачи сводятся к выработке у студентов навыков полевых геологических исследований, приобретаемых в процессе изучения и описания горных пород, руд, ископаемых остатков и дислокаций горных пород во время рекогносцировочных маршрутов по району практики и при самостоятельной геологической съемке.

Руководство практикой осуществляется коллективом кафедры геологии, поисков и разведки МПИ с привлечением преподавателей других кафедр ИГиГ УГГУ.

# 1. Организация и методика проведения практики

## 1.1. Организационные вопросы

### 1.1.1. План проведения практики

План проведения практики проводится в стенах университета. Не позднее одного месяца до начала практики проводится организационное (первое) собрание, на котором рассматривается состояние противознцифалитных прививок, представляются руководители групп, объявляется перечень продуктов, снаряжения, деталей экипировки, которые студенты должны взять на практику.

Во время второго организационного собрания студентам объявляются: сроки, задачи практики, место прохождения практики, порядок проезда до базы практики, проводится вводный инструктаж по охране труда, бытовой санитарии, и противопожарной безопасности.

Длительность практики составляет 4 недели и время, отводимое на проведение различных видов работы распределяется следующим образом:

| | |
|---|---|
| Отъезд и устройство на базе | - 2 дня |
| Вводные установочные лекции и инструктаж по охране труда на рабочем месте | - 1 день |
| Рекогносцировочные маршруты студентов | - 8 дней |
| Камеральные работы и аттестация рекогносцировочного этапа практики | - 5 дней |
| Площадная геологическая съемка (с камеральными работами и защитой отчетов) | - 7 дней |
| Ликвидационные работы | - 1 день |

Итого: 24 раб. дня (4 недели)

Цикл установочных лекций включает следующие темы:

1. Геологическое строение района практики.

2. Геоморфология и гидрогеология района практики.

3. Инструктаж на рабочем месте при устройстве полевого лагеря и проведении геологических исследований.

После чтения установочных лекций и инструктажа по охране труда при ведения полевых исследований студенты совместно с руководителем академической группы решают внутригрупповые организационные вопросы: разбиваются на бригады по 5-6 человек, договариваются о закупках продуктов, посуды и снаряжения, необходимого для полевой жизни. Группа обеспечивает себя билетами для проезда по железной дороге от ст. Свердловск до ст. Кунара. По прибытии на базу практики студентам отводится два дня (включая день прибытия) для устройства лагеря, организации быта и получения со склада полевого снаряжения и методической литературы. В конце второго дня проводится первое практическое занитие, во воремя которого студенты обучаются ориентировке на местности, измерению расстояний шагами, описанию обнажений горных пород.

Геологическая практика начинается с прохождения рекогносцировочных маршрутов, во время которых студенты знакомятся с геологическим строением района практики и с методикой описания естественных и искусственных обнажений горных пород, проявлений полезных ископаемых и керна буровых скважин, с методикой геоморфологических и гидрогеологических наблюдений.

После прохождения рекогносцировочных маршрутов каждая бригада составляет отчет, который включает общую характеристику геологического строения Сухоложского района. Отчет защищается перед комиссией, состоящей из преподавателей, находящихся на практике. Защитившие отчет, бригады приступают к проведению площадной и маршрутной съемок.

Практика считается пройденной после защиты отчетов по самостоятельным съемкам.

### 1.1.2. Снаряжение учебных групп.

Обеспечение групп необходимым снаряжением и оборудованием проводится через старосту и бригадира. Староста получает на базе снаряжение, общее для всех групп: палатки, постельные принадлежности, лопаты, кайла, топоры. Бригадир получает снаряжение на бригаду: чертежные доски, планшеты, методическую литературу, молотки, компасы, лупы и различные графические материалы.

Каждая бригада должна заранее позаботиться о том, чтобы иметь набор цветных карандашей, тушь (красную, черную, синюю, зеленую), иметь ластик, транспортир, рейсфедер, ручки ученические, линейки, угольники, тетрадь для написания отчета, фотоаппарат, пленки, фотобумагу и реактивы.

Каждая группа должна себя обеспечить посудой, необходимой для приготовления пищи на кострах, запасом продовольствия.

Студент должен быть экипирован применительно к работе в полевых условиях. Минимальный перечень необходимых вещей должен включать:

- костюм из плотной ткани для полевой работы;
- смену белья;
- обувь на рифленой резиновой подошве (туристические ботинки, кеды);
- хлопчатобумажные и шерстяные носки;
- легкую одежду для теплой погоды;
- теплую одежду для прохладной погоды (свитер, теплая кофта, телогрейка, вязаная шапочка);
- плащ и резиновые сапоги на случай непогоды;

- посуду (миску, ложку, кружку);
- туалетные принадлежности;
- складной нож;
- фонарик с запасом батареек;
- средство против комаров и клещей.

Снаряжение учебной группы и ее готовность к прохождению геологических маршрутов проверяется руководителем группы перед выходом в поле.

### 1.1.3. Устройство и ликвидация лагеря

Каждая академическая группа несет полную ответственность за правильную организацию и оформление места своей стоянки. Основные требования, предъявляемые к полевому геологическому лагерю, сводятся к следующему:

- палатки ставятся выходом на подветренную сторону:
- вокруг палатки должна быть вырыта канавка для стока воды;
- пол в палатке должен быть покрыт специальными щитами, сделапнными из досок, или устлан хвойными (или другими) ветками;
- костер должен располагаться с подветренной стороны на расстоянии не менее 10 м. От ближайшей палатки;
- за пределами лагеря должна быть вырыта яма для пищевых отходов и мусора;
- в обязанность группы входит сооружение своими силами обеденного стола с навесом от дождя;
- внутри палаток должна постоянно поддерживаться чистота и порядок.

По завершению практики лагерь должен быть ликвидирован. На территории бывшего лагеря наводится чистота. Колья, крепившие палатки, выдергиваются, все временные сооружения ликвидируются, ямы для пищевых отходов аккуратно засыпаются землей.

Прием убранной территории производится комиссией во главе с руководителем практики.

### 1.1.4. Правила техники безопасности при геологических исследованиях

Перед выездом на практику все студенты должны сделать противоэнцефалитные прививки.

На базе практики, перед началом рекогносцировочных маршрутов проводится смотр готовности группы к полевым работам: просматриваются снаряжение, обувь, одежда и пр., а также проверяются знания студентами природных условий и правил безопасности производства полевых работ.

В процессе прохождения геологических маршрутов движение перемещающейся группы должно быть компактным, обеспечивающим постоянную видимость или голосовую связь между людьми на случай оказания им необходимой помощи.

В ясный день нельзя уходить в геологический маршрут не защищенным от солнечных лучей. Каждый бригадир обязан в маршруте иметь при себе индивидуальный санитарный пакет.

Во избежание укусов змей передвижение по базе и вне ее производить в обуви. Воду для питья и приготовления пищи брать только из указанных источников.

При передвижении на автомашине запрещается перегруз машины и превышение нормальных габаритов груза. Груз должен быть распределен равномерно; колющие и

режущие инструменты (топоры, вилы, колья) уложены на днище кузова и прочно закреплены; люди расположены с максимально возможными удобствами. Запрещается: стоять в кузове автомашины, сидеть на бортах, перемещаться без надобности, соскакивать и садиться на ходу, курить и т. д.

При передвижении по крутым скалистым откосам запрещается сбрасывать камни, отваливать без надобности неустойчивые глыбы и т.п. Хождение по крутым тропам и карнизам должно быть осторожным. Особое внимание следует обращать на выступающие камни, ветви деревьев, мешающие передвижению. При передвижении по осыпям всегда следует иметь в виду возможность внезапного срыва сверху камней.

При сильной грозе не рекомендуется находиться вблизи одиноких деревьев, а также у металлических матч, держать вблизи себя геологический молоток и прочие металлические предметы.

Отбивание образцов твердых горных пород геологическим молотком должно производиться с предосторожностями, исключающими попадание осколков в лицо.

При проходке легких горных выработок запрещается раскачивать, сдвигать с места крупные валуны и нависшие камни. Во всех случаях работа должна производиться с помощью лома, кирки, лопаты таким образом, чтобы валун, глыба или отслоившийся пласт не могли причинить работающему травму.

Костры разрешается разводить только в защищенных местах, исключающих возможность возникновения пожара. Место костра необходимо окапывать. После ухода с места стоянки костры должны быть потушены.

Купаться разрешается группами, не менее трех человек так, чтобы умеющие плавать вели наблюдение за купающимися. Категорически запрещается купание в ночное время.

Рекомендуется проводить взаимоосмотр ежедневно на предмет наличия клещей.

Руководство практик (группы) должно знать, где находятся люди, и ежедневно проверять их наличие в лагере. Все отлучки из лагеря или из маршрута должны производиться только с ведома и разрешения руководителя практики (группы).

В случае установления факта отсутствия в лагере по неизвестным причинам кого-либо из сотрудников и студентов или невозвращения группы из маршрута в контрольный срок, руководитель практики (группы) обязан немедленно принять розыскные или спасательные меры.

Только после проведения со студентами инструктажа по охране труда ведения полевых работ и при соответствующей экипировки студентов группа допускается к проведению полевых работ.

## 1.2. Методические вопросы проведения практики

### 1.2.1. Рекогносцировочный этап практики

Целью рекогносцировочного этапа практики является ознакомление студентов с главнейшими особенностями геологического строения района практики и привитие студентам навыков описания естественных и искусственных обнажений горных пород, производства геоморфологических и гидрогеологических наблюдений. Выполнение этих задач осуществляется путем проведения маршрутов по наиболее информативным геологическим объектам, изучение которых способствует созданию представлений о строении всего района в целом.

### 1.2.1.1. Методика проведения рекогносцировочных маршрутов

В соответствии с программой учебной практики студенты проходят 8 рекогносцировочных маршрутов. Перед началом маршрутов каждая бригада получает нераскрашенную геологическую карту района практики, на которую она должна нанести пройденные маршруты и дооформленную и раскрашенную приложить к отчету по рекогносцировочному этапу практики.

Маршруты ведет руководитель учебной группы. По ходу движения он знакомит студентов с конкретными обнажениями (или с другими какими-либо геологическими объектами) путем демонстрации слагающих их пород, возрастных и пространственных взаимоотношений этих пород, а также разрывных и складчатых дислокаций (если таковые имеются). После этого руководитель дает описание обнажения, которое студенты записывают в свои индивидуальные полевые книжки. По рекомендации руководителя студенты отбирают образцы горных пород, измеряют ориентировку текстурной неоднородности пород и контактов, а также ориентировку дислокаций горных пород. Параллельно с вышеуказанным, руководитель обучает студентов делать привязку обнажения, измерять шагами, производить зарисовки обнажений.

После возвращения из маршрута, в указанные в распорядке дня часы, под руководством руководителя группы студенты проводят камеральную обработку полевых материалов: заполняют журнал образцов горных пород, раскрашивают геологическую карту на участке пройденного маршрута, выносят на карту элементы залегания горных пород, либо объекты, описанные в маршруте, но не отмеченные на карте.

Данные, полученные во время прохождения рекогносцировочных маршрутов, наряду с имеющимся в Методических указаниях описаниям района, кладутся в основу представлений о геологическом строении района практики и составляют основной фактический материал по рекогносцировочному этапу практики.

### 1.2.1.2.Составление отчета по рекогносцировочному этапу практики

После завершения геологических маршрутов каждая бригада распределяет обязанности по составлению отчета и составляет отчет за рекогносцировочный этап практики. Отчет должен включать: 1 – геологическую карту района практики в масштабе 1 : 50 000, 2- карту фактического материала, 3 - пояснительную записку к геологической карте (текстовая часть отчета), 4 – коллекцию горных пород, 5 – индивидуальные полевые книжки.

#### 1.2.1.2.1. Требования к составлению и оформлению отчета

**Геологическая карта**.

Геологиченская карта, выданная бригадам перед рекогносцировочными маршрутами доложна быть раскрашена в соответствии с требованиями к оформлению геологических карт. Раскрашиваются также условные обозначения и геологический разрез. В правом верхнем углу карты должен быть указан шифр учебной группы, номер бригады и вписан состав бригады. На карту должны быть нанесены пройденные маршруты, элементы залегания горных пород, проявления полезных ископаемых и другие объекты, описанные во время маршрутов, но отсутствующие на карте.

**Карта фактического материала.**

Карта фактического материала составляется на кальке. На карту должны быть нанесены ручкой или тушью пройденные маршруты и номера точек наблюдений; номера

и места: отбора образцов горных пород, сколков шлифов, находок фауны и флоры, проб на различные лабораторные исследования, микрополигонов для изучения трещиноватости; элементы залегания разрывных нарушений, интервалы (или точки) гидротермальных или метасоматических изменений, зоны (ареалы, точки) рудной минерализации. Линии маршрута должны сопровождаться литологическими знаками горных пород (литологическими «дорожками»).

**Пояснительная записка**.

Пояснительная записка к геологической карте района должна включать следующие разделы и главы:

Введение

1. Физико-географический очерк.
2. История геолого-геофизических исследований района.
3. Методика маршрутных исследований
4. Геологическое строение района

4.1. Стратиграфия

4.2. Интрузивные образованеия

4.3. Тектоника

5. Геоморфология
6. Гидрогеология
7. Полезные ископаемые
8. История геологического развития
9. Экологическая характеристика

Заключение

**1.2.1.2.2. Содержание разделов пояснительной записки**

**Введение**

Во «Введении» указываются: 1 – цели и задачи практики, 2 – место проведения практики, 3 – административное положение, экономика и пути сообщения района практики, 4 – перечень выполненных работ, 5 – состав бригады, 6 – распределение обязанностей по составлению отчета, с указанием авторов глав отчета и его графических приложений.

**Физико-географический очерк**

Физико-географический очерк должен содержать сведения об особенностях рельефа Сухоложского района, его гидрографической сети, растительности, животном мире и климате. Здесь же указывается степень обнаженности и проходимости района, категория дешифрируемости аэрофотоснимков.

**История исследований района**

Эта глава должна содержать краткую характеристику ранее проведенных в районе геологических и геофизических исследований. В хронологической последовательности должны быть раскрыты основные результаты проведенных работ.

**Методика проведенных маршрутных исследований**

В главе приводится перечень пройденных рекогносцировочных маршрутов и их цели, методика полевых наблюдений, виды проведенных камеральных работ.

**Геологическое строение района практики**

В основе этого раздела должны лежать сведения о геологическом строении района практики, изложенные в соответствующем разделе данных Методических указаний и почерпнутые с геологической карты района м-ба 1:50 000. Студенты только дополняют этот каркас конкретным фактическим материалом, собранным во время рекогносцировочных маршрутов.

**Стратиграфия**

Глава начинается с общей характеристики стратифицированных образований района: перечисляются развитые в районе стратиграфические подразделения в ранге эратем, приводятся общие сведения об их составе, площадном распространении и условия залегания слагающих их пород. Затем развертывается последовательная характеристика эратем с соблюдением принятой рубрикации излагаемого материала. Описание ведется в хронологической последовательности от наиболее древних к более молодым и заканчивается характеристикой отложений четвертичной системы. Очень важно, чтобы при описании стратиграфических подразделений соблюдалась четкая их рубрикация с указанием группы, системы, отдела, яруса, зоны. Все заголовки внутри главы должны отражать соподчиненность выделенных стратиграфических единиц, исключающую ненужные повторения. Названия стратиграфических подразделений необходимо сопровождать их индексацией.

Характеристика каждой толщи горных пород, выделенных в самостоятельную стратиграфическую единицу, должна приводиться по определенной стандартной форме, облегчающей поиск и усвоение необходимой информации : вначале указывается, какими горными породами сложено данное стратиграфическое подразделение, отмечаются особенности площадного распространения пород данного возраста, положение в главнейших тектонических структурах района, затем характеризуется их состав, текстурные и структурные особенности, после чего дается обоснование возраста и характеристика контактов с подстилающими образованиями. Обязательно приводится перечень руководящих палеонтологических форм, подтверждающих возраст данного стратиграфического подразделения. Заканчивается глава указанием мощности стратиграфического подразделения.

Эффузивные тела покровного типа включаются в состав стратиграфического разреза, и приводится их петрографическая характеристика.

Глава должна быть проиллюстрирована фотографиями и зарисовками, показывающими характер обнажений горных пород того или иного стратиграфического подразделения, особенности его внутреннего строения и характер дислокаций составляющих его пород.

**Интрузивные образования**

Эта глава начинается с указания интрузивных комплексов, представленных на описываемой территории (совокупностей интрузивных тел, объединенных общностью состава, возраста, условий образования и залегания), которые известны в районе по литературным данным, указаны на геологической карте, а также были встречены при изучении опорных обнажений во время рекогносцировочных маршрутов. Характеристика интрузивных комплексов производится в последовательности: от древних к молодым и от основных (ультраосновных) к кислым.

Относительно каждого интрузивного комплекса указывается следующее: 1 – минеральный состав, структурные и текстурные особенности пород; 2 – количество, форма (дайка, шток, нэкк и пр.) размеры и внутреннее строение интрузивных тел

(наличие, состав и строение экзо- и эндоконтактовых зон, элементы прототектоники); 3 – относительный возраст интрузивных тел.

Все интрузии одного интрузивного комплекса описываются сообща, с указанием каких-то особенностей отдельных тел. Крупные интрузии описываются индивидуально.

**Тектоника**

В начале главы дается самая общая характеристика структурных особенностей изучаемого района, отмечаются условия залегания стратифицированных образований (складчатое, моноклинальное, горизонтальное). Затем приводится тектоническое районирование территории (то есть указывается положение района в крупных тектонических структурах). После этого дается подробная характеристика сначала складчатых, а затем и разрывных структур последовательно от крупных к мелким.

Описание **складчатых дислокаций** включает в себя указание: 1 – морфологического и генетического типов складок; 2 – ориентировки складок (простирания относительно сторон света); 3 – ориентировки шарниров складок. На геологической карте, при этом, необходимо показать оси складок и значками показать направления погружения шарниров складок.

Описание **разрывных дислокаций** включает в себя: 1 – разделение всех разломов на группы по ориентировке, кинематическому типу и возрасту; 2 – описание каждой группы разломов (или единичных разломов) с указанием размера; направления и амплитуды перемещения блоков; вида пород, слагающих шовную зону разломов; характера взаимоотношений разломов со складчатыми дислокациями и другими геологическими структурами. При этом, для облегчения поиска на карте описываемых в тексте разломов, рекомендуется надписывать наиболее крупным и характерным разломам (как и складкам) собственные названия, указанные в тексте данного Методического руководства, а не поименованным давать свои названия, или хотя бы номера.

Завершается глава описанием **трещиноватости** пород района. Характеристика трещиноватости сопровождается сводной таблицей замеров трещин и круговой диаграммой ориентировки трещин. В конце описания должны быть сделаны выводы о преобладающих направлениях трещиноватости и её генетических типах.

**Геоморфология**

В этой главе приводится описание генетических типов рельефа и отдельных его элементов (речных долин и оврагов, уступов, водоразделов), дается детальная характеристика речного террасового комплекса с указанием вида террас (эрозионные, аккумулятивные, эрозионно-аккумулятивные), высоты уступа и размеров площадок каждой террасы. Указывается состав горных пород, слагающих террасы. Производится определение высоты склонов долины реки, вычисляются углы наклонов тальвега логов и оврагов.

Глава сопровождается геоморфологическим разрезом (обычно поперечным профилем долины реки Пышмы), на котором должны быть отражены взаимоотношения различных элементов рельефа и генетических типов четвертичных отложений.

**Гидрогеология**

В главе «Гидрогеология» описываются подземные воды района практики. Указываются типы развитых в районе подземных вод и закономерности их пространственного размещения. Указываются коллекторские свойства разных видов пород, средний дебит приуроченных к ним выходов подземных вод и их химизм. Приводится описание встреченных во время рекогносцировочных маршрутов родников и их дебит.

**Полезные ископаемые**

Глава начинается с перечня главнейших типов месторождений полезных ископаемых, известных в Сухоложском районе. Далее приводится краткая характеристика месторождений по выделенным типам. При написании главы должна соблюдаться четкая рубрикация текста. Вначале описываются горючие полезные ископаемые, затем металлические (черные, цветные, благородные металлы), неметаллические, подземные и минерализованные воды, строительные материалы. Кроме описания известных в районе месторождений (эксплуатируемых в настоящее время или законсервированных и отработанных), следует охарактеризовать все зафиксированные в районе рудопроявления и пункты минерализации. Известные в районе месторождения должны быть вынесены специальными условными знаками на геологическую карту Сухоложского района .

При написании главы следует использовать литературные источники и личные наблюдения, произведённые во время рекогносцировочных маршрутов.

Глава иллюстрируется разрезами месторождений, показывающими главнейшие особенности форм залегания рудных тел.

**История геологического развития**

Характеристика истории геологического развития района должна опираться на вертикальное расчленение горных пород, указанное в стратиграфической колонке. По составу горных пород, их текстурным и структурным особенностям восстанавливаются условия образования осадков, реконструируется палеогеографическая обстановка. Особое внимание уделяется характеристике магматических (эффузивных и интрузивных) процессов и тектонических движений земной коры на различных этапах её развития. Обосновывается последовательность внедрения интрузий различного состава. Производится выделение главнейших фаз складчатости, указывается место появления тех или иных месторождений полезных ископаемых в ходе геологического развития Сухоложского района. Приводятся сведения о геотектонической обстановке.

Глава заканчивается характеристикой признаков проявления неотектонических движений и историей формирования современного рельефа.

**Экологическая характеристика**

В главе приводятся сведения о эколого-геологической ситуации района по личным наблюдениям при проведении маршрутов. Дается характеристика природных неблагоприятных геологических объектов и процессов. В начале главы приводятся сведения об объектах экзогенного происхождения: оползнях, обвалах, осыпях, оврагах, селях, выходах скальных пород, карстовых формах, участков вспучивания грунтов либо проседания, границы паводковых затоплений, заболачивания, участках активной аккумуляции речных и временных водотоков, участках эрозии русловой (интенсивное врезание) и боковой (подмыв берегов).

Далее приводятся сведения о техногенных объектах, нарушающие и загрязняющие среду, а также потенциально опасные для жизни. К таковым относятся карьеры, отвалы, хвостохранилища, заводы и фабрики, очистные сооружения, свалки, склады ГСМ, минеральных удобрений и ядохимикатов, населенные пункты, животноводческие фермы, навозохранилища, участки лесозаготовок, железные и автомобильные дороги, пахотные земли, линии ЛЭП, газопроводы, нефтепроводы.

Приводятся сведения о загрязненности водотоков.

В заключение главы дается характеристика ландшафтов: природных – лесных, луговых, болотных; техногенных: техногенно-образованных (карьерные поля, свалки, отстойники) и техногенно-измененных (промышленные зоны городов и рабочих поселков,

загрязненные участки почвогрунтов и поверхностных вод). Сведения о ландшафтах рекомендуется представлять в табличной форме (в процентах от площади развития).

**Заключение**

В "Заключении" даются основные выводы о геологическом строении изученного района. Указывается, что остаётся неясным и вызывает сомнения, даются рекомендации о направлении дальнейших исследований.

К отчету по рекогносцировочному этапу практики прикладывается коллекция горных пород, собранная во время маршрутов. Коллекция должна включать главные виды горных пород района практики, образцы минералов и ископаемых органических остатков. Правила отбора и маркировки образцов и заполнения журнала образцов приведены на стр. настоящего пособия.

К отчету прикладываются также индивидуальные полевые книжки членов бригады. Они должны быть оформлены в соответствии с предъявленными требованиями (стр. настоящего пособия) и содержать описания всех пройденных бригадой маршрутов. Неаккуратно заполненные или имеющие пробелы в описании маршрутов полевые книжки возвращаются на доработку.

Отчет за рекогносцировочный этап практики защищается перед комиссией состоящей из преподавателей проводящих учебную практику.

#### 1.2.1.3. Аттестация студентов за рекогносцировочный этап практики

Аттестация студентов за рекогносцировочный этап практики проводится по двум аспектам: сдача коллоквиума и защита отчета. Аттестация проводится путём собеседования раздельно по каждому аспекту, или одновременно по обоим.

Коллоквиум включает опрос студентов на предмет знания методики полевых наблюдений, порядка изложения содержания глав отчета и просмотр индивидуальных полевых книжек. Аттестация за коллоквиум индивидуальна. Студент, не показавший достаточных знаний вопросов коллоквиума, приглашается на повторное собеседование.

Защита отчета включает общую оценку отчета, как результирующего отчетного материала за пройденный рекогносцировочный этап практики, и оценку знаний членами бригады геологического строения и горных пород района практики.

Оценка конкретно отчета включает: полноту содержания глав отчета; полноту использования материалов, полученных во время рекогносцировочных маршрутов; содержание и правильность оформления внутритекстовой графики, геологической карты и журнала образцов.

Защита отчета принимается при общей положительной оценке отчета как результирующего документа и при знании студентами геологии района (каждым персонально).

Не принятый отчет возвращается на доработку, а студент, не знающий геологии района, приглашается на повторное собеседование. Бригада, не аттестованная за рекогносцировочный этап практики, не допускается к выполнению следующего задания - площадной геологической съёмки.

### 1.2.2. Площадная геологическая съёмка

После аттестации рекогносцировочного этапа практики студенты приступают к проведению площадной геологической съёмки. С этой целью каждой бригаде выделяется участок, контуры которого задаются руководителем группы. Учитывая в общем плохую обнажённость района практики, участки для съёмки выделяются по долинам реки Пышмы

и её крупным притокам. Размер участка, выделяемого бригаде для самостоятельного картирования при масштабе съёмки 1:1000 составляет 500х500 м.

#### 1.2.2.1. Составление опорной сети наблюдений

Перед проведением площадной геологической съёмки каждой бригаде выдаётся топографическая основа будущей геологической карты. Руководитель группы указывает каждой бригаде на местности начало и конец участка на одном из берегов реки и направление линий, ограничивающих участок. Далее студенты сами прокладывают на местности (вдоль берега реки) линию опорных пикетов, к которой будут привязывать в последующем точки наблюдений и геологические маршруты. Рекомендуется пикеты располагать на таких расстояниях друг от друга, чтобы они (пикеты) совпадали с профилями сети наблюдений. Требуемый размер сети наблюдений - 50х50 м (расстояние между профилями, вдоль которых будут проходиться геологические маршруты - 50 м, расстояние между пикетами в профилях - также 50 м). Координаты углов полигонов определяются с помощью топопривязчика.

#### 1.2.2.2. Изучение коренных пород.

Главной задачей геологической съёмки является установление особенностей геологического строения выделенного бригаде участка. Бригада в начале работ производит рекогносцировку местности с целью выявления всех естественных обнажений, которые могут быть детально изучены и описаны. Главным методом съёмки в конкретных условиях является сплошное оконтуривание обнажений и прослеживание контактов. На участках сплошного выхода горных пород, после их оконтуривания, можно ставить на карте точки с указанием номера обнажений и привязывать к ним произведенные в поле наблюдения. Вблизи этих точек на полевой карте указываются, элементы залегания слоистости, сланцеватости и пр.

Первая задача, которая стоит перед бригадой, заключается в выделении главнейших типов горных пород. При этом следует иметь в виду, что диагностика горных пород в поле - дело нелегкое, требующее определённых навыков и предварительного изучения образцов под микроскопом. В первую очередь необходимо обнаружить признаки сходства или различия выделенных разновидностей и положить их в основу определения типа горных пород. В поле можно дать предварительное (условное) название породы, но очень важно, чтобы одинаковые по видимым признакам горные породы назывались одинаково.

Вторая задача, которую приходится решать бригаде, заключается в установлении последовательности напластований. Решение этой задачи становится возможным при детальном изучении контактов между различными типами горных пород. Особенно это трудно делать при картировании чередующихся между собой лавовых покровов, потоков и их туфов. Однако в любых случаях приходится опираться на имеющийся Фактический материал и составлять на его основе представление о стратиграфической последовательности напластований, мощности стратифицированных толщ. Выводы, сделанные в результате проведенных на участке наблюдений, кладутся в основу стратиграфической колонки изученного участка.

Третья и наиболее сложная задача, стоящая перед бригадой, сводится к выявлению структуры закартированного участка. Сложность этой задачи заключается в том, что представления о структурах обычно рождаются на базе отрывочных сведений. В обнажениях горных пород встречаются лишь элементы той цельной структуры, которая должна быть осмыслена и отражена на геологической карте. Часто возникают такие

ситуации, когда нельзя дать однозначной интерпретации структурных наблюдений и приходится останавливаться на том или ином варианте, с которым наиболее полно согласуется имеющийся фактический материал.

В процессе проведения структурных наблюдений рекомендуется шире использовать проходку канав и расчисток. На территории участков, задернованных и покрытых лесом, контакты между различными типами горных пород экстраполируются с учётом элементов залегания в изученных обнажениях и общей структуры участка. В связи с недостаточной обнажённостью и невозможностью проходки нужных объёмов горных выработок, составленная бригадой геологическая карта обычно несёт в себе элементы гипотетичности.

Бригада не имеет права закончить полевые работы, пока не будет составлена и принята руководителем академической группы полевая геологическая карта. Бригада обязана также провести необходимый комплекс геоморфологических и гидрогеологических наблюдений.

#### 1.2.2.3. Изучение рыхлых отложений

Кроме изучения коренных пород, при геологической съёмке выделенного бригаде участка производится детальное изучение рыхлых отложений. Главной задачей, стоящей перед бригадой, является выделение основных генетических типов пород четвертичной системы и установление их возрастных соотношений. На некоторых участках встречаются реликты мезозойской коры выветривания. Особое внимание обращается на возрастное расчленение аллювиальных отложений и оконтуривание поймы, высокой поймы, первой, второй и более высоких надпойменных террас. При наличии аллювиальных галечников определяется петрографический состав, размерность, формы, степень окатанности для 100 галек, непредвзято отобранных (лучше ведром). По процентным соотношениям строятся диаграммы, пригодные для корреляции одновозрастных отложений, а также для определения пригодности галечников в качестве полезного ископаемого (строительного материала). При отсутствии естественных обнажений рекомендуется на уступе террасы пройти канаву или сделать расчистку и дать детальное описание слоев, слагающих террасовый комплекс. Кроме выделения аллювиальных отложений, необходимо оконтурить площади развития и составить описание элювиальных, делювиальных и элювиально-делювиальных, а также озёрно-болотных отложений. Осыпи выделяются как коллювиальные отложения.

Обязательным для бригады является составление геоморфологического профиля с показом на нём всех особенностей пространственно-возрастных соотношений четвертичных отложений различных генетических типов.

#### 1.2.2.4. Гидрогеологические наблюдения

В процессе геологического изучения выделенного бригаде участка должно быть обращено внимание на обследование всех выходов на поверхность подземных вод (источников). В пикетажных книжках необходимо дать описание каждого источника с указанием его относительной отметки, характера проявления (небольшой родник или общее просачивание подземных вод, группа родников и т.д.). В обязанность бригады входит определение расхода воды (дебита),в источниках путем заполнения мерной емкости. Поделив объём ёмкости на время ее заполнения, получают величину расхода воды в л/сек

### 1.2.2.5. Составление полевой документации

При проведении самостоятельной геологической съёмки обычно заполняется одна полевая книжка на двух членов бригады (на маршрутную пару). Требования к описанию обнажений те же, что и при проведении рекогносцировочных маршрутов. Нумерация точек наблюдений сквозная для всех маршрутных пар. Это значит, что каждая маршрутная пара имеет свой интервал номеров, не перекрывающийся с номерами других маршрутных пар.

Полевая геологическая карта составляется на стратиграфической основе с использованием цветной легенды. Горные породы обозначаются крапом (штриховыми знаками), а интрузивные также и цветом состава. Измеренные элементы залегания текстурной неоднородности пород или контактов показываются соответствующими условными знаками.

На полевой геологической карте четвертичные отложения должны быть расчленены по генезису и по возрасту. Кроме этого на карте должны быть указаны и формы рельефа: низкая и высокая поймы, надпойменные террасы, гребни водоразделов.

Полевая геологическая карта выполняется на миллиметровке, прикреплённой для удобства пользования к фанерному планшету.

Канавы должны документироваться в виде развертки, отражающей особенности строения слоистой толщи на каждой её стенке. При расчистках документируются лишь коренные породы. Обязательно должен быть указан масштаб и ориентировка (азимут) одной из стенок горной выработки.

### 1.2.2.6. Составление коллекции горных пород, минералов и органических остатков

В отличие от коллекции горных пород за рекогносцировочный этап практики коллекция при площадной съёмке состоит из образцов двух типов - демонстрационных и рабочих.

Во время площадной геологической съёмки, рекомендуется брать образцы всех разновидностей пород из всех обнажений. Это помогает объективно выделить площади развития различных пород при просмотре образцов всеми маршрутными парами, участвующими в съёмке участка. Это позволяет также проконсультироваться с руководителем по любому обнажению или фрагменту участка, тем более что он не всегда может осмотреть (вместе со студентами) весь участок. В итоге получается большое количество образцов, многие из которых дублируют друг друга. По этой причине коллекцию пород, собранную при площадной съёмке, рекомендуется делить на две части - демонстрационные образцы и рабочие. Демонстрационные образцы (как представители группы пород) представляются на защиту отчета, а рабочие оставляются (и предназначаются) для решения спорных вопросов. Рабочие образцы могут иметь меньшие размеры и нестандартную форму.

### 1.2.2.7. Эколого-геологические наблюдения

Эколого-геологические наблюдения проводятся попутно при геологических маршрутах. Встреченные объекты экзогенного, либо техногенного происхождения отображаются на полевых картах в значковой форме. В полевой документации дается характеристика каждому объекту: параметры, степень опасности для людей и животных,

генезис. В полевых книжках фиксируются также границы ландшафтов и дается краткая их характеристика: растительность, микрорельеф, почвы.

При составлении карты четвертичных образований окантуриваются ландшафты, селитебные зоны (жилая застройка), рекреационные (участки, действующие или рекомендуемые для отдыха населения).

### 1.2.2.8. Составление отчета по площадной съёмке

Отчёт по площадной съёмке строится по тому же плану, что и отчёт по рекогносцировочному этапу практики. Можно упустить лишь главу "История геолого-геофизических исследований" и дать сокращённое описание главы "Физико-географический очерк" - упустить сведения о климате и экономическую характеристику описываемого участка. Не нужно смущаться, что содержание глав при описании геологии участка будет отличаться небольшим объёмом. Важно, чтобы в их основе лежали материалы личных наблюдений, собранные бригадой при изучении горных пород данного участка. Полнота глав, их насыщенность фактическим материалом, по сути, и характеризуют собой качество самостоятельной работы бригады, творческую инициативу и пытливость её членов, степень их общей теоретической подготовки.

Текст отчёта должен быть иллюстрирован фотографиями и зарисовками обнажений, таблицей замеров трещин и круговыми диаграммами трещиноватости, ритмограммами слоистых толщ и стратиграфическими колонками составленными в поле по обнажениям.

Внутритекстовые графические приложения выполняются на ватмане, в туши. Фотографии также должны быть аккуратно оформлены на вкладных листах. Зарисовки и фотографии необходимо сопровождать подрисуночным текстом, раскрывающим смысл помещения в отчёт данной иллюстрации. Фотографии, зарисовки, схемы и диаграммы должны иметь единую нумерацию (рис. и цифра). Таблицы нумеруются отдельно.

По каждому закартированному участку составляются три чертежа:

1. Геологическая карта.
2. Карта четвертичных отложений.
3. Карта фактического материала.

**Геологическая карта** выполняется на ватмане. На неё наносятся горизонтали рельефа, гидрографическая сеть и прослеженные в поле геологические границы: литологические, стратиграфические, интрузивные и тектонические. Выделенные на участке стратиграфические подразделения раскрашиваются цветом, соответствующим возрасту горных пород. При этом более древние образования одной системы должны иметь более темные тона, а более молодые образования - более светлые. .Литологический состав стратифицированных толщ указывается штриховыми условными обозначениями. Геологическая карта сопровождается стратиграфической колонкой, разрезом и условными обозначениями. Раскраска интрузивных тел производится соответственно их составу. Обязательно указываются элементы залегания слоистости, кливажа и геологических границ, если их ориентировка была измерена.

Составители геологической карты должны обращать внимание на строгое соответствие изображения структур в плане с их конфигурацией на разрезе. Последовательность напластований, показанная на разрезе, должна соответствовать данным стратиграфической колонки. При оформлении геологической карты должны соблюдаться требования, предъявляемые к размерам шрифта, типам условных обозначений и пр.

**Карта четвертичных** (или рыхлых) отложений выполняется на ватмане. Разными цветами раскрашиваются площади распространения различных генетических

типов отложений четвертичной системы (аллювиальные, делювиальные, пролювиальные и др.). Оконтуриваются и раскрашиваются одинаковым цветом выходы коренных пород. Наносятся уступы речных террас.

Карта сопровождается геологическим разрезом и схемой возрастных взаимоотношений генетических типов пород четвертичной системы.

На карте отражаются элементы геолого-экологической обстановки (штриховкой, значками).

**Карта фактического материала** выполняется на кальке на топографической основе. На неё наносятся все точки наблюдения с учетом степени обнаженности (обнажения, элювий, делювий) с указанием их номера. Пройденные геологические маршруты указываются линиями. Выходы коренных пород оконтуриваются пунктирными линиями. На карту наносятся основные геологические границы и пункты отбора и номера фауны и флоры, образцов, проб.

### 1.2.2.9. Аттестация работ по площадной съемке

Аттестация этапа площадной съемки проводится путем защиты отчета. Отчет защищается перед создаваемой для этих целей комиссией. Отчет комиссией оценивается по тем же критериям, что и отчет по рекогносцировочному этапу практики.

# 2. ПРИЁМЫ ПОЛЕВЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Полевые геологические наблюдения проводятся с целью изучения горных пород, их взаимоотношений и особенностей залегания. Это изучение в условиях учебной геологической практики заключается, в основном, в описании обнажений горных пород, состоящем из ряда операций: 1 - привязка обнажения; 2 - определение состава и строения горных пород, формы и условий их залегания; 3 - выяснение пространственных и временных соотношений горных пород; 4 - отбор образцов и остатков ископаемых организмов; 5 - зарисовка или фотографирование обнажения (или его части). Все эти операции могут быть проделаны только при наличии соответствующих предметов и инструментов, составляющих личное снаряжение геолога.

В **личное снаряжение геолога** при полевых исследованиях входят: полевая книжка с карандашом или шариковой ручкой, транспортир и резинка, геологический молоток, горный компас, лупа (или несколько, с разным увеличением), рюкзак и мешочки для сбора образцов, этикетки для образцов, полевая сумка для хранения топографических карт и аэрофотоснимков, рулетка.

Осуществление операций по изучению обнажений требует знания и выполнения определенных правил и приемов пользования предметами личного снаряжения, а также правил текстового и графического изображения полученной при изучении обнажения геологической информации.

К ним относятся: 1 - приемы работы с горным компасом, 2 - правила ведения полевой книжки и выполнения зарисовок геологических объектов, 3 - способы привязки точек наблюдения (в т.ч. топопривязчиком) и другие операции, сопровождающие изучение обнажений.

## 2.1. Ведение полевой книжки

Полевая книжка (пикетажная книжка) служит для занесения в неё результатов наблюдений, сделанных во время полевой работы и является основным документом, отражающим работу геолога. В книжке должны быть записаны все полевые наблюдения, выводы, сведения об отобранных образцах и сделаны необходимые зарисовки. Записи производятся аккуратно, карандашом или шариковой ручкой, на правой стороне, а рисунки - на левой стороне. Желательно делать выносы, подчеркивания, облегчающие чтение и просмотр пикетажной книжки.

**Запись полученных сведений рекомендуется вести в следующем порядке: 1 - номер точки наблюдения (обнажения); 2 - указание о местоположении обнажения (привязка обнажения), 3 - тип обнажения (коренной выход, развал, высыпки); 4 - форма и характер выхода; 5 - указание состава пород, слагающих обнажение, их возрастные и пространственные взаимоотношения; 6 - сведения о трещиноватости горных пород и о разрывах со смещением; 7 - сведения о проявлениях рудной минерализации и пр.**

На титульном листе полевой книжки указывается: название института, группа и фамилия студента, год прохождения практики, а также сроки начала и окончания записей.

Во время рекогносцировочного этапа практики полевая книжка ведется каждым студентом персонально и прилагается затем к соответствующему отчету.

Во время выполнения самостоятельных заданий полевая книжка ведется одна на маршрутную пару, занимающуюся геологической съёмкой.

## 2.2. Работа с горным компасом

Для ориентировки на местности и привязки обнажений, для определения элементов залегания горных пород, а также при проведении ряда других вспомогательных работ, сопровождающих геологические исследования, используется горный компас.

### 2.2.1. Устройство горного компаса

Устройство горного компаса показано на рис. I.

У компаса есть два независимых друг от друга направления. Одно из них, параллельное установившейся магнитной стрелке, постоянно и не зависит от поворотов корпуса, поскольку магнитная стрелка при отсутствии возмущавших магнитных масс всегда ориентируется по направлению север-юг. Второе направление, проходящее через деления 0 и 180 шкалы лимба, может быть, по желанию наблюдателя, ориентировано параллельно любому направлению на местности. Поскольку эти два направления пересекаются в центре лимба, то с его помощью можно измерять углы между направлением на север (показываемым северным концом магнитной стрелки) и любым другим направлением, параллельно которому устанавливается второе направление компаса

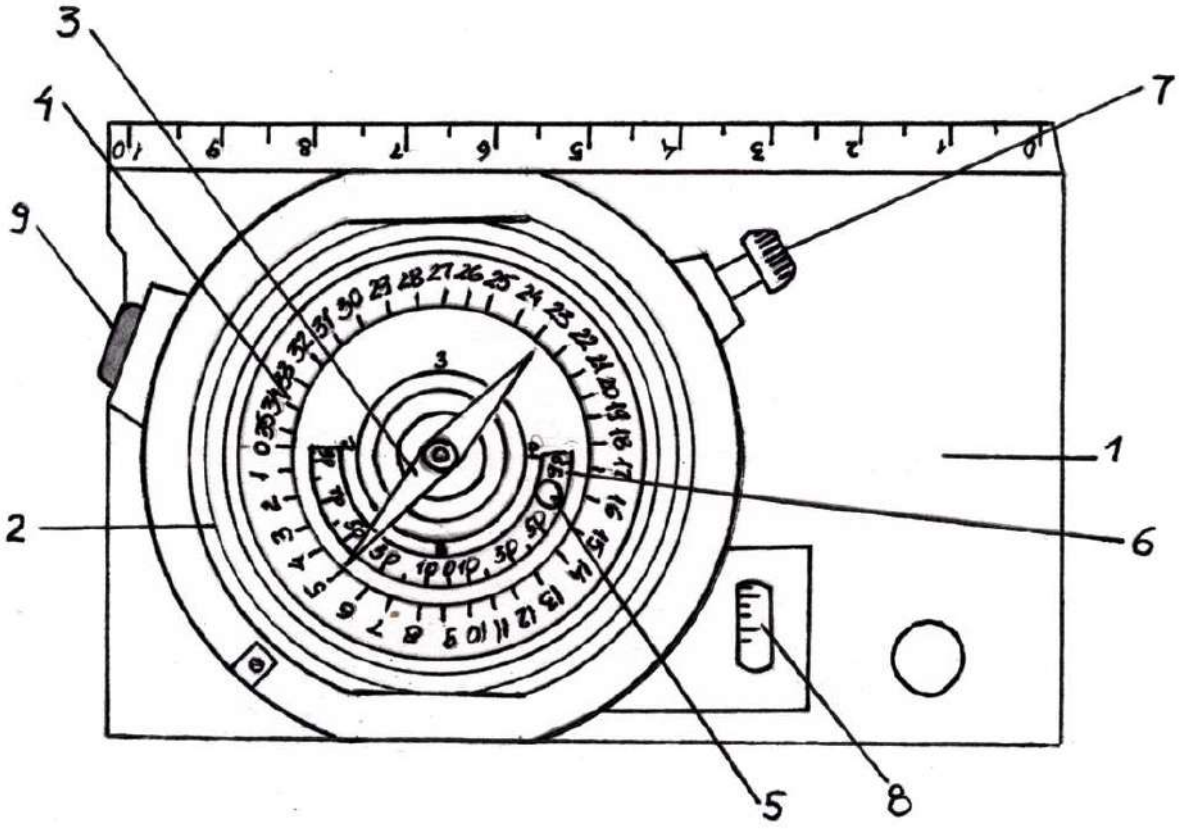



Рис. I. Устройство горного компаса.
1 - основание компаса; 2 - коробка компаса; 3 - магнитная стрелка; 4 - лимб, с помощью которого измеряются горизонтальные углы; 5 - клинометр (отвес); 6 - шкала клинометра; 7 - винт; 8 - уровень; 9 - кнопка

### 2.2.2. Понятие элементов залегания горных пород

Слоистость, сланцеватость, контакты интрузивных и жильных пород, трещины и сместители разрывных нарушений - все это различного рода геологические поверхности (а на локальных участках, в первом приближении - плоскости).

Элементы залегания поверхности - это выраженная в принятых понятиях ориентировка данной поверхности относительно сторон света и горизонта. В общем случае положение наклонной поверхности в пространстве характеризуют три компоненты: простирание, падение и угол падения.

**Простирание** - это направление распространения наклонной поверхности в горизонтальном срезе.

**Падение** - это направление погружения (направление понижения абсолютных отметок) наклонной поверхности.

**Угол падения** - это двугранный угол между данной наклонной поверхностью и горизонтальной плоскостью.

В частном случае одна из компонент ориентировки поверхности в пространстве может отсутствовать или терять смысл. Так, в случае вертикального положения поверхности у нее нет направления погружения, а при горизонтальном положении поверхности она (поверхность) простирается "во все стороны".

В практике полевых исследований, при измерении ориентировки геологических поверхностей часто пользуются понятиями: линия простирания и линия падения.

**Линия простирания** - это линия пересечения геологической поверхности с горизонтальной плоскостью. То есть, это любая горизонтальная линия на данной поверхности (ориентируется она по направлению её простирания).

**Линия падения** - это вектор, перпендикулярный к линии простирания, лежащий на геологической поверхности и направленный в сторону её погружения. Иными словами, это проекция направления погружения на геологическую поверхность.

Примеры использования линий простирания и падения при измерительных операциях будут рассмотрены несколько позже.

Поскольку сами по себе простирание и падение, без привязки их к какой-либо системе отсчёта, не имеют содержательной нагрузки, на практике, для характеристики ориентировки геологических поверхностей, пользуются понятиями азимут простирания и азимут падения.

**Азимут простирания** - это правый векториальный угол между направлением на север и заданным направлением простирания (или линией простирания). Может изменяться от 0 до 360°.

**Азимут падения** (погружения) - это правый векториальный угол между направлением на север и заданным направлением погружения (или между направлением на север и проекцией линий падения на горизонтальную плоскость). Может также изменяться от 0 до 360°,

Азимут простирания и азимут падения одной геологической поверхности отличаются на 90°.

Понятие угла падения было дано выше (на стр. ). Он изменяется от 0 до 90° и не зависит от простирания и падения.

Так как азимут простирания - это угол между двумя направлениями, одно из которых величина векторная (направление на север), другое - величина не векторная (направление простирания), то цифровое значение азимута простирания может быть выражено двумя числами, отличающимися друг от друга на 180° (рис. 2).

В этом отражается некоторая неопределенность данной компоненты элементов залегания, по которой нельзя определить без дополнительных измерений азимут падения (хотя угол между ними известен и равен 90°).

В противоположность азимуту простирания, азимут падения, как угол между двумя векторами (направление погружения величина векторная), является величиной строго определенной и позволяет вычислить (путем прибавления или вычитания 90°) азимут простирания без дополнительного его измерения. Это обстоятельство позволяет вместо 3-х компонент элементов залегания измерять только две - азимут падения и угол наклона, при необходимости, азимут простирания может быть вычислен.

Ввиду того, что топографические и геологические карты строятся в истинных азимутах, а с помощью горного компаса измеряются магнитные азимуты, во время полевых работ часто приходится переходить от магнитных азимутов к истинным (при нанесении данных на карту) и от истинных к магнитным (при движении по маршруту, проложенному по карте).

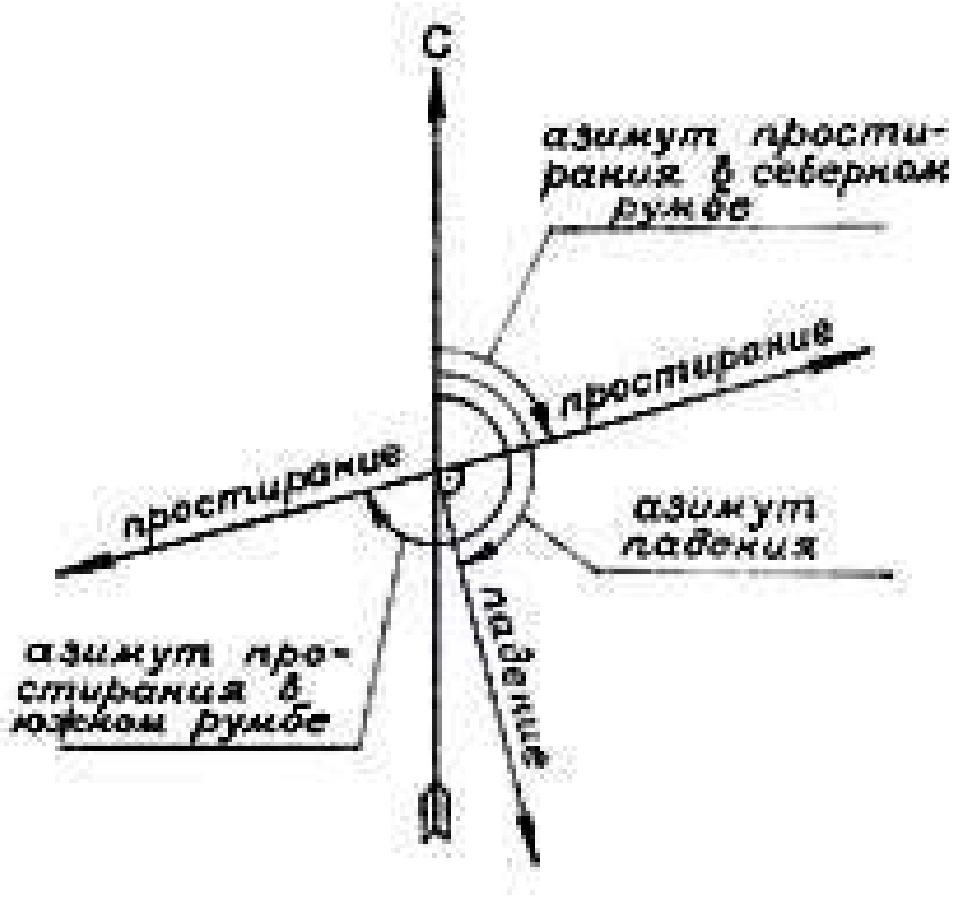



Рис. 2. Схема, поясняющая понятия азимута простирания, азимута падения и соотношения между ними.

Поскольку склонение магнитной стрелки в Сухоложском районе: восточное 13°, то зависимость между магнитным и истинным азимутами приобретает вид:

$$А_и = А_м + 13,$$

где $А_и$ - истинный азимут; $А_м$ - магнитный азимут.

### 2.2.3. Правила определения элементов залегания наклонных поверхностей

Чтобы определить азимут падения наклонной поверхности, необходимо: при горизонтальном положении лимба, приложить компас короткой стороной основания к измеряемой поверхности так, чтобы ноль лимба был направлен в сторону погружения данной поверхности и против северного конца магнитной стрелки снять отсчёт. При этом необходимо обращать внимание на направление увеличения числовых значений градусных делений шкалы лимба.

Чтобы определить азимут простирания наклонной поверхности, необходимо: при горизонтальном положении лимба приложить компас длинной стороной основания измеряемой поверхности и против одного из концов магнитной стрелки снять отсчёт. Предпочтение отдаётся отсчёту в северных румбах.

Чтобы определить угол падения поверхности, необходимо: компас поставить «на ребро» так, чтобы свободно висел его клинометр и прижать основание компаса длинной стороной к измеряемой поверхности; покачивая компас, определить максимальный угол отклонения клинометра. Это и будет угол падения данной поверхности.

Горизонтальность лимба магнитной стрелки является обязательным условием правильного определения азимутов падения и простирания геологических поверхностей. В некоторых моделях компасов (восновном в старых) горизонтальность лимба достигается "на глаз"; в новых - с помощью уровня, вмонтированного в корпус компаса.

Для начинающих, во избежание больших ошибок (особенно при измерении ориентировки полого залегающих поверхностей) рекомендуется предварительно проводить на изучаемой поверхности линию простирания, а затем при определении азимутов падения и простирания к ней прикладывать компас. При такой установке компаса легче достигается горизонтальность лимба.

**Линия простирания** легко проводится с помощью компаса. Компас ставится "на ребро", прижимается к измеряемой поверхности в положении, при котором клинометр показывает нулевой отсчёт, и параллельно длинной стороне основания проводится линия.

При измерении угла падения, в таком случае, компас в положении "на ребро" прикладывается длинной стороной основания к измеряемой поверхности перпендикулярно к линии простирания.

Запись замерянных элементов залегания ведётся сокращённо в следующем виде: Аз. пр. 55; Аз. пад. 145, /. 60 {Азимут простирания - 55°, азимут падения - 145°, угол падения - 60°).

При сокращённой записи знак градусов около цифр не ставится. Иногда перед значением азимута буквенными знаками указываются румбы: Аз. пр. СВ 55. Аз. пад. ЮВ 145, 60.

**Как указывалось выше, в записях можно ограничиться двумя компонентами - азимутом падения и углом наклона. Но на первом этапе практики студенты, в целях приобретения навыков в определений элементов залегания и для контроля точности определения, измеряют все три компоненты.**

## 2.2.4. Определение превышений точек рельефа

Определение превышений точек рельефа с помощью горного компаса можно производить двумя способами: I) путём последовательного подъёма по склону с фиксированием точек стояния через известный вертикальный интервал; 2) путём измерения угла наклона поверхности и расстояния до точки, превышение которой необходимо определить.

При первом способе превышение между двумя точками определяется следующим образом: начиная с точки, имеющей более низкую относительную отметку, исполнитель визирует длинную сторону вертикально расположенного компаса в направлении второй точки, следя при этом, чтобы клинометр находился "на нуле". Таким способом провешивается горизонтальная линия и на рельефе местности замечается место, куда она «уткнулась». Перейдя на это место, исполнитель провешивает новую горизонтальную линию, снова переходит на место её "утыкания" в склон и так делает необходимое количество раз, пока не дойдёт до второй точки. Превышение между точками равно количеству стоянок между ними, помноженному на высоту исполнителя до глаз плюс ещё какой-то отрезок, если последняя провешенная линия уткнулась в склон ниже или выше второй точки).

При втором способе определения превышений с помощью эклиметра компаса измеряется угол наклона склона вдоль направления, соединяющего точки, затем

измеряется расстояние между точками по склону, и по табличке, приложенной к компасу (или путём расчёта по формуле: $h = l \sin a$, где h - превышение между точками; l - расстояние между точками по склону; а - угол наклона склона), определяется искомое превышение между точками.

### 2.2.5. Привязка точек наблюдения

Необходимым условием проведения полевых работ является достаточно точное определение положения в пространстве всех точек наблюдения - обнажений горных пород, пунктов геоморфологических, гидрогеологических и других наблюдений.

**Привязкой точки наблюдений** называется совокупность операций по определению положения её относительно тех или иных реперов, обозначенных на топографической карте и опознанных на местности и нанесение ее на карту.

В зависимости от необходимой точности определения положения точки наблюдений на карте, привязка может быть схематичной, глазомерной и инструментальной. Первые два вида привязок применяют, главным образом, при маршрутных геологических исследованиях, а инструментальную – для привязки скважин, горных выработок и сети геофизических наблюдений.

Во время геологической практики привязку точек наблюдений студенты осуществляют схематически или глазомерно.

**Схематическая привязка** состоит в определении «на глаз» местоположения точки наблюдений среди характерных элементов рельефа и гидросети (а также объектов, созданных природой или человеком), и в нанесении точки наблюдений среди этих же объектов, опознанных на топографической карте.

Как видно из приведённого положения, использование компаса при схематической привязке точек наблюдений не обязательно. Компас используется при глазомерной привязке, которая может быть осуществлена двумя способами.

При первом способе **глазомерная привязка** состоит в определении местоположения точки наблюдений относительно характерного элемента рельефа или объекта путём проведения вспомогательного хода на местности и в последующем нанесении этого хода и точки обнажения на топографическую карту. Направление хода определяют горным компасом, а длину - шагами (см. стр. ). Если привязка точки наблюдений при помощи одного измерения почему-либо невозможна (репер закрыт лесом или горой), то привязочный ход разбивают на несколько, используя промежуточные пикеты. Запись измерений производят в полевой книжке по форме (см. ниже Схему привязочного хода).

При привязке глазомерным способом во время проведения детальной геологической съёмки следует избегать "висячих" незаконченных ходов; нужно заканчивать их либо на другом нанесённом на карту репере, либо делать ходы замкнутыми.

**Глазомерная привязка точек наблюдения вторым способом (способом «засечек»)** осуществляется следующим образом: с точки наблюдения на реперы (характерные формы рельефа или иные объекты) берутся обратные азимуты (азимуты направлений с репера на себя), затем на карте с этих же реперов проводятся лучи (с учетом магнитного склонения) по направлению обратных азимутов и на их пересечении наносится искомая точка наблюдения.

Схема привязочного хода

| Направление хода | Азимут хода | Угол превышения пикета, град. | Расстояние между пикетами, м. | Проложение между пикетами, м. |
|---|---|---|---|---|
| Репер-пикет 1 | ЮЗ 250 | + 5 | 100 п.ш. (165 м.) | 165 |
| Пикет 1-пикет 2 | СЗ 300 | + 15 | 200 п.ш. (330 м.) | 318 |
| Пикет 2- пикет 3 | СВ 40 | + 5 | 80 п.ш.(133 м.) (п.ш. - пары шагов) | 133 |

Удобство этого способа привязки состоит в том, что не требуется измерять расстояния. Для соблюдения достаточной точности нанесения точки наблюдений на карту необходимо следить, чтобы углы между лучами засечек были возможно ближе к прямым. При наличии тупых или острых углов возможны значительные ошибки в нанесении точки наблюдений.

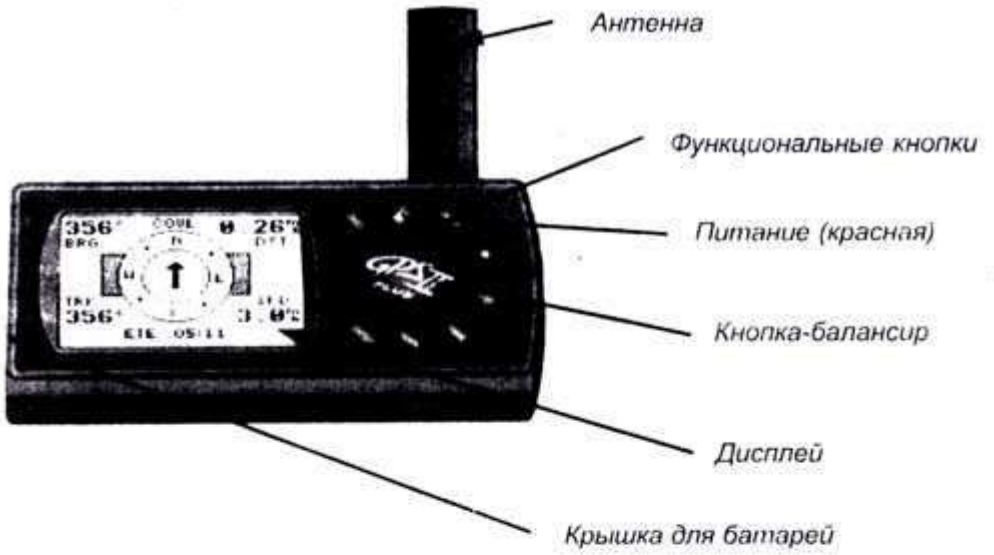
Как было сказано выше, при глазомерной привязке, расстояния между пикетами (или точкой наблюдений и репером) измеряются шагами. С этой целью определяется масштаб шагов, для чего на местности рулеткой или мерной лентой измеряется расстояние, равное 100 м., а затем определяется количество пар шагов, уложившихся в это расстояние. Желательно также определить количество пар шагов, укладывающихся в стометровый интервал при спуске и подъеме по склону. Выполненные измерения целесообразно свести в таблицу (см. табл. 1).

Таблица 1

**Пример масштаба шагов**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | На ровном месте | | | | | | | |
| Метры | 100 | 50 | 30 | 20 | 10 | 5 | 3 | 2 |
| Пары шагов | 62,0 | 31,0 | 18,5 | 12,5 | 6,2 | 3,1 | 1,9 | 1,2 |
| | Вверх по склону ($10^0$) | | | | | | | |
| Метры | 100 | 50 | 30 | 20 | 10 | 5 | 3 | 2 |
| Пары шагов | 65,0 | 32,5 | 19,5 | 13,0 | 6,5 | 3,2 | 2,1 | 1,3 |
| | Вниз по склону ($10^0$) | | | | | | | |
| Метры | 100 | 50 | 30 | 20 | 10 | 5 | 3 | 2 |
| Пары шагов | 59,0 | 29,5 | 17,7 | 11,8 | 5,9 | 2,9 | 1,5 | 1,2 |

Инструментальная привязка осуществляется топопривязчиком (рис. 3) по прилагаемой инструкции.


Антенна
Функциональные кнопки
Питание (красная)
Кнопка-балансир
Дисплей
Крышка для батарей


Антенна
Функциональные кнопки
Питание (красная)
Кнопка-балансир
Дисплой
Крышка для батарей
COVE
356° 0.24
BRG DST
TRK SPD
356° 3.0
ETE 04:52

## 2.3. Изучение обнажений горных пород

Обнажением называется всякий выход горных пород на поверхность земли.

Обнажения массивных (кристаллических или сцементированных ) горных пород называются коренными выходами, если они не разбиты трещинами выветривания на отдельные кусочки и блоки, претерпевшие перемещение на дневной поверхности.

### 2.3.1. Типы обнажений горных пород

Обнажения бывают естественными и искусственными.

**Естественные обнажения** (те, что возникли без вмешательства человека) могут быть самых различных типов: сплошные площадные выходы коренных и рыхлых пород; скальные выходы коренных пород; выходы коренных и рыхлых пород в обрывах склонов речных долин; выходы коренных и рыхлых пород в руслах рек, ручъев, промоин и рытвин, в карстовых воронках, провалах и в оползневых обвалах; каменные россыпи (развалы); высыпки (скопления мелких обломков пород на поверхности подстилающих их коренных пород того же состава).

**Искусственными обнажениями** называются всякие следы деятельности человека, приводящие к вскрытию горных пород. Сюда относятся специальные горные выработки, проходимые с целью вскрытия горных пород: шурфы, канавы, штольни, шахты, карьеры, различные котлованы, колодцы, траншеи. Нередко искусственные обнажения являются единственно возможными пунктами изучения горных пород.

Все обнажения по их значению для геологической съёмки можно подразделить на опорные (или главные) и промежуточные.

**Опорными** называются обнажения, по которым составляется представление о характере геологического разреза, фациальных изменениях слагающих его толщ, о возрастных соотношениях между ними, о расположении основных геологических границ и маркирующих горизонтах, о различных видах тектонических нарушений; обнажения с признаками полезных ископаемых.

**Промежуточными** можно назвать все остальные обнажения, фиксирующие распространение той или иной толщи пород.

В процессе полевых работ документируются как опорные, так и промежуточные обнажения, но приёмы документирования их несколько отличны. Опорные обнажения изучаются подробно, промежуточные - более схематично.

Документирование опорных обнажений слагается из следующих операций: I - привязка обнажения; 2 - определение пород, слагающих обнажение, и их взаимоотношений, 3 - определение элементов залегания пород, 4 - составление зарисовки обнажения, 5 - взятие образцов пород, 6 - отбор полезных ископаемых.

### 2.3.2. Привязка обнажений

Привязка обнажений ничем не отличается от изложенной выше привязки точек наблюдений, поскольку очень часто обнажение идентифицируется с точкой наблюдений (хотя необходимо отметить, что понятие "точка наблюдений" более широкое, чем понятие "обнажение"). Нередко крупное обнажение может включать несколько точек наблюдений, и тогда его привязка будет выглядеть, как привязка некоторого количества точек, расположенных по контуру обнажения. Именно с такой ситуацией часто встречаются студенты во время ведения площадной геологической съёмки. Нередко также точка наблюдений включает несколько небольших сближенных обнажений. Так же, как и

привязку точек наблюдений, привязку обнажений студенты осуществляют **схематически либо глазомерно** (обоими рассмотренными ранее способами), либо топопривязчиком.

### 2.3.3. Описание горных пород

При осмотре обнажения прежде всего нужно убедиться, что оно не представляет какую-либо глыбу, скатившуюся сверху, или оползень, так как в этом случае все наблюдения относительно условий залегания горных пород могут привести к ложным заключениям. Затем нужно обойти всё обнажение, чтобы получить общее представление об обнажённых породах и структурах и решить, какую часть выхода следует изучать наиболее детально. После этого можно приступить к определению и описанию породы или пород, которыми сложено обнажение.

**При описании обнажений осадочных пород** указывается следующее: наблюдается ли в породах слоистость; если да, то какие её разновидности - по форме слоев (параллельная, линзовидная или косая), по мощности отдельных слоев (грубая, мелкая, тонкая), по соотношению мощности слоев (равномерная, неравномерная), указывается характер границ слоев (чёткие или нечёткие); строение поверхностей наслоения (наличие знаков ряби или гиероглифов); текстурно-структурные особенности всех разновидностей горных пород и мощность сложенных ими прослоев.

**При описании обнажений вулканогенных пород** указывается следующее: фациальный тип пород (пирокластическая или лавовая фация); наличие или отсутствие слоистости в пирокластических породах и полосчатости, флюидальности или пористости в лавах; форма и строение кровли и подошвы лавовых потоков и покровов; наличие отдельности, её вид (шаровая, подушечная, плитчатая, столбчатая) и ориентировка; структура и состав пород, состав вкрапленников и обломков; размеры и ориентировка тел.

**При описании интрузивных и жильных пород** отмечается форма и размер тела, тип контактов (магматический, стратиграфический или тектонический); строение эндо- и экзоконтактовых зон; наличие, форма, размер и ориентировка шлиров и ксенолитов.

Для всех пород, наблюдаемых в обнажении, указывается их цвет и облик в свежем сколе и на выветрелой поверхности. Обязательно фиксируются элементы залегания слоистости и контактов.

### 2.3.4. Наблюдение структурных элементов

Параллельно с описанием горных пород на обнажении производятся наблюдения над складчатыми и разрывными дислокациями

**При описании складчатых дислокаций** указываются: форма и размер складок, форма их замков (плавная или угловатая, а также угол сочленения крыльев в замке), форма и ориентировка осевых поверхностей и шарниров складок, симметрия - асимметрия крыльев, соотношение мощности слоев на крыльях и в замках складок; характер мелких осложняющих складок и их ориентировка, генетический тип складок.

**При описании разломов**, если таковые замечены в обнажении, отмечается следующее: тип разрыва и направление смещения блоков вдоль сместителя; строение шовной зоны (интенсивная трещиноватость, дробление, рассланцевание или смятие); наличие глинки трения и поверхностей скольжения в шовной зоне; наличие оперяющих трещин и их ориентировка; тип коры выветривания над разрывным нарушением (структурная, зона каолинизации и пр.); характер проявления разрывного нарушения в рельефе (лог, уступ, гряда); ориентировка сместителя и штрихов скольжения на поверхности сместителя.

**Описание трещиноватости горных пород** ведётся по-разному в зависимости от поставленной задачи. При проведении рекогносцировочных маршрутов и в процессе проведения маршрутной съёмки даётся только общая характеристика систем трещин с указанием их ориентировки, кинематического типа (отрыва или скалывания), ориентировки штрихов скольжения, минерального заполнения, удельной плотности (количества трещин на I метр длины в направлении, перпендикулярном плоскостям трещин) и возрастных соотношений.

Если в задачу исследования входит детальное описание трещиноватости с последующим специальным анализом, то наблюдения ведутся по указанной выше схеме над каждой встреченной в обнажении трещиной. Наблюдения заносятся в таблицу (см. табл.2).

Таблица 2

| № п.п. | Азимут и угол падения | Кине-матиче-ский тип | Ориенти-ровка штрихов скольже-ния | Минераль ное заполне-ние | Сте - пень приотк-рыва - ния | Сведения о пересечении с другими трещинами | Примечания |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 132, 48 | Скалы-вания | Аз. погруж. 120, 42 | __ | Закры-тая | ___ | Сопровождается незначительным рассланцеванием параллельно стенкам |
| 220 | 220, 85 | Отры-ва | ____ | Крупнок-ристали-ческий кальцит | До 3см | Пересекает 1-ю | |

## 2.3.5. Отбор образцов горных пород

Одновременно с изучением обнажения производится отбор образцов пород и встречающейся в них ископаемой фауны и флоры. Отбираемые образцы должны дать полное представление о характере пород и об их изменениях вследствие различных геологических процессов.

Каждый образец представляет собой ту или иную породу, слагающую данный пласт, прослой, жилу и т.п. Отбор образцов не должен быть случайным, искажающим действительные соотношения между породами в обнажении. Необходимо отбирать образци, характерные для данного слоя, жилы, в которых были бы представлены обычные для них соотношения минералов, текстурные и структурные особенности, минерализация и т.п. Место отбора образцов определяют только после внимательного изучения обнажения. В качестве образца берут свежую, не измененную процессами выветривания, породу. Не обязательно придавать образцу правильную изометрическую форму. Естественная форма обломков является важным текстурным признаком породы. Нужно лишь притупить молотком острые режущие края образца. Образцы берутся различных размеров, в зависимости от их назначения. Обычный размер образцов

колеблется от 4х 6 до 9х12 см. Однако при необходимости проиллюстрировать переход одной породы в другую, изменение минерализации пород около рудных жил, распределение ископаемой фауны и т.п. приходится отбирать штуфные образцы размером до 30х30 см и даже больше.

Отобранные образцы этикетируются на месте их отбора. При этом на образец наклеивается кусочек лейкопластыря с указанием номера образца, номера бригады и наименования учебной группы (рис. 4).

В целях облегчения поиска привязки образца, его номер должен соответствовать номеру обнажения, на котором взят образец. При отборе нескольких образцов из одного обнажения, им присваивается один номер с добавлением буквенных или цифровых индексов, служащих для различия образцов между собой.

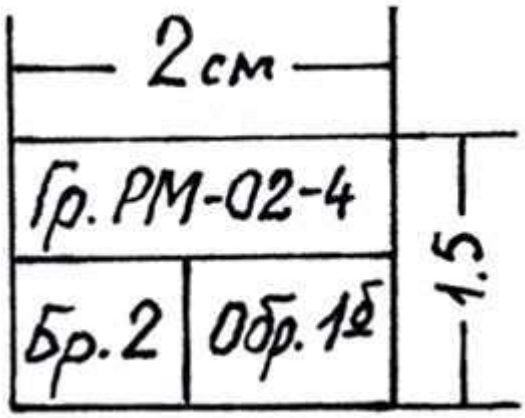



Рис. 4. Форма и содержание этикетки, наклеиваемой на образец.

**При документировании опорных обнажений** образцы отбирают из каждой литологической разновидности пород.

Часто студенты бывают в затруднительном положении при определении достаточного и необходимого количества образцов, отбираемых за время выполнения самостоятельного задания: нельзя оставить ни одной разновидности пород, не представленной образцом; нежелательно иметь и несколько образцов из каждой разновидности пород. Запомнить же, из какой разновидности уже взяты образцы, не всегда удаётся. А поэтому лучше брать образцы из всех разновидностей пород обнажения, а уже на базе, при камеральной обработке, лишние сократить.

### 2.3.6. Зарисовка обнажения

В целях лучшего восприятия другим лицом описания обнажения, а также, в какой-то мере, в качестве компенсации субъективизма при его описании, наиболее информативные обнажения или их фрагменты зарисовываются или фотографируются. Чаще всего зарисовку или фотографию делают по фронту обнажения.

При простом строении обнажения достаточно провести через него несколько мысленных вертикальных линий, на которых определяется положение геологических границ и структура обнажения относительно какого-то принятого базиса (подножия склона, границы зарисовываемого фрагмента). Эти вертикальные линии в определённом масштабе наносятся на зарисовку, а затем, по мысленно отмеченным на них точкам {пересечениям этих линий с геологическими границами и контурами обнажения), рисуется контур обнажения и геологическая ситуация (см. рис. 5).

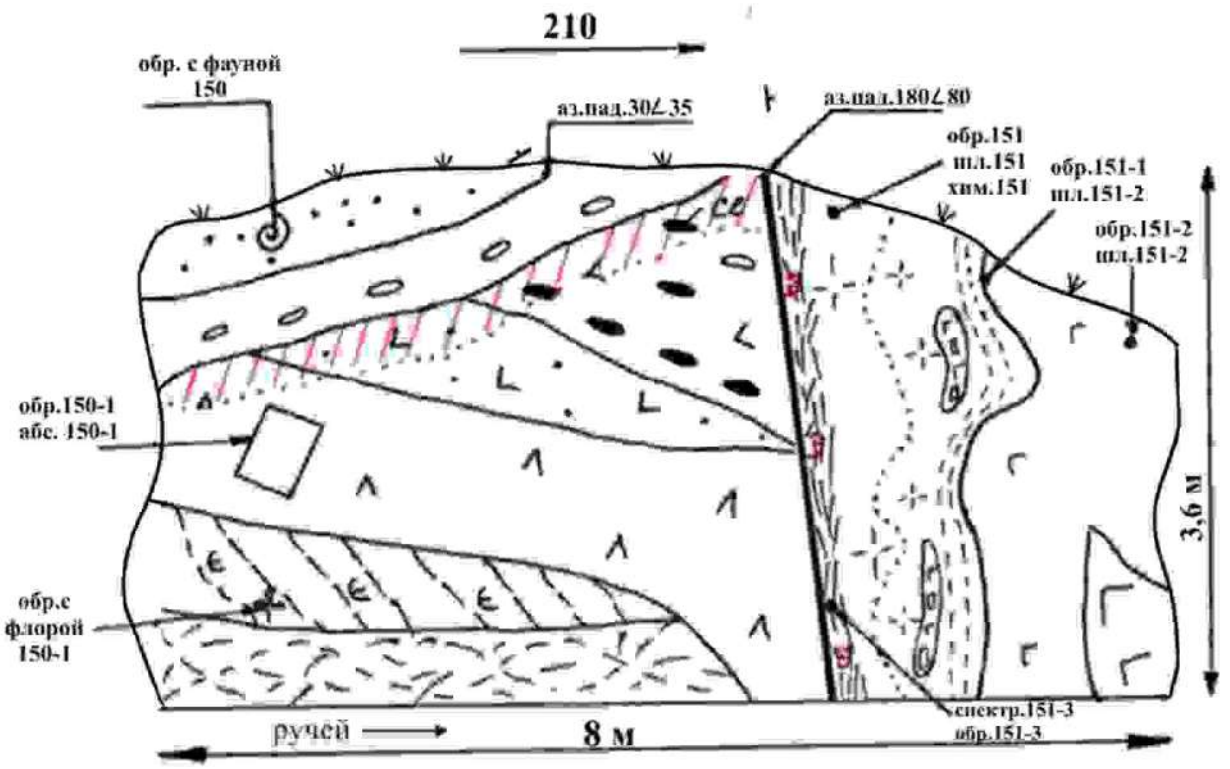



Рис. 5. Пример зарисовки обнажения

При сложном строении обнажения его необходимо разделить на квадраты удобной величины. Сетку можно нанести мелом или каким-либо подсобным материалом. Такая же сетка в определённом масштабе наносится на зарисовку и по ней, как и в предыдущем случае, отрисовывается геологическая ситуация.

При исполнении зарисовки следует широко пользоваться условными значками, отражающими состав горных пород, их текстурные и структурные особенности. Используемые условные знаки должны иметь пояснения.

Зарисовка обнажения может быть дополнена или заменена его фотографией. Фотография имеет некоторые преимущества перед зарисовкой: малые затраты времени, точность воспроизведения объекта, объективность изображения геологической ситуации. К недостаткам относятся: невозможность отражения состава пород, невозможность получения качественного фотоснимка в случае плохого или неудачного освещения, трудность в отображении на фотографии слабо заметных, но важных деталей.

С другой стороны, зарисовка по некоторым аспектам имеет преимущества перед фотографией: полное отражение особенностей строения объекта на основе его углубленного изучения, возможность подчеркнуть главное в воспроизводимом объекте.

Если обнажение сфотографировано, то в полевой книжке и в журнале образцов обязательно должны быть сделаны пометки, указывающие номер пленки и кадра.

**Пример ведения дневника маршрутов**

Этикетка

Уральский государственный горный университет
Название организации

ГПР МПИ, РМ-03-1, № 2
Название кафедры (партии), группы, отряда

Полевой дневник № 1
Документация маршрутов
т.н. 1-52
Студент Трешкин П.И.

2005г.

Титульный лист
Название организации
Название кафедры (партии), отряда, группы

Дневник № 1

Номенклатура планшета (ов): W-49-43-Б
Родин Иван Петрович
Фамилия, имя, отчество исследователя
Начат 30 мая 2005г.
Окончен 23 июля 2005г.
С т.н. 1 по т.н. 52
Примечание: В случае нахождения дневника просьба вернуть по адресу:
620144 г.Екатеринбург, ул.Куйбышева 30, ОХНИР
к.3319 Родину И.П.
Азимуты магнитные (или истинные с учетом поправки).

## Оглавление


| № мар-шру-та | Дата | № точек набл. | Стр. | Привязка | Объемы | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Протяжен-ность маршрута, км | Пешие переходы, км | пробы | | |
| | | | | | | | на спектр. ан. | на химич. ан | для опред. абс. возраста |
| 1 | 15.07.05 | 1-7 | 2-5 | Северный склон г.Крутой в бассейне руч. Верного | 4,5 | 3 | 26 | 5 | 2 |
| 2 | 16.07.05 | 8-12 | 6-11 | Верхнее течение руч. Кривого к югу от д. Слюдянки | 5,0 | 4 | 20 | 3 | 1 |
| | | | | Итого: | 9,5 | 7 | 46 | 8 | 3 |
| 1 | | | 3 | Рисунки в дневнике | | | | | |
| 2 | | | 8 | | | | | | |


## Условные обозначения и сокращения, применяемые при описании маршрутов

### Описание маршрута

Дата
04,08,05

Участок: Савинский
Масштаб работ: 1: 10 000

### Маршрут № 1

Цель: Уточнение геологического строения в бассейне руч. Верного, опробование измененных пород, сбор фауны для уточнения возраста известняков.

Привязка маршрута: Проходит на северном склоне горы Крутой в бассейне руч. Верного, в 120 м от высоты 435,0 по аз. 320.

Номенклатура карты: W-49-43-Б

Аэрофотоматериалы (АФС):

Фотоснимки: №№ 4109-4211

Т.н. 05-1 находится в устье руч. Крутого, впадающего в р. Пышму (правый приток) (по топопривязчику: северная широта…., восточная долгота….).

Коренной выход базальтов темно-зеленого цвета массивной текстуры (рис.№ 1).

Вкрапленники (15%) – плагиоклаз таблитчатой субизометричной формы, размером 1-3 мм; роговая обманка – черного цвета вытянутой формы. Основная масса – скрытокристаллическая, зеленого цвета. Миндалины – округлой формы, диаметр 1-3 см, выполнены кальцитом и хлоритом. Наблюдается 2 системы трещин: замеры трещин, густота, характеристика (поверхности трещин, формы, материал заполнения, соотношения по возрасту) обр. 1, шл.1.

Далее ход по аз. 50.

0-150 м в интервале глыбовые развалы (делювий) аналогичных миндалекаменных базальтов. К концу интервала (со 100 м) базальты имеют брекчиевую текстуру обр.1-1, шл.1-1.

150-200 м крупноглыбовый делювий андезитов (характеристика андезитов) – обр. 1-2, шл. 1-2.

200-350 м задерновано. Пойма мелкого ручья, заросшего густой травой.

В 360 м – на правом борту ручья коренной выход темно-серых до черных битуминозных известняков тонкослоистых. Породы катаклазированы, трещины катаклаза выполнены ветвящимися жилками мелкозернистого кальцита с редкой вкрапленностью бледно-фиолетового флюорита (рис.2) обр. 1-3, проба на спектр. ан. – 1-3, шл. 1-3.
Аз. пад. слоистости 120∠ 20-30

360-450 м редкие делювиальные глыбы светло-серых известняков нечеткослоистых с обильной фауной брахиопод. Образцы с фауной отобраны: обр. 1-4 с 380 м
обр. 1-5 с 450 м

450-500 м кора выветривания по гранитам. В высыпках нор сусликов – дресва крупнозернистых гранитов биотитовых и щебень мелкозернистых аплитов.

Т.н. 05-2 находтся в 500 м от т.н. 1 по аз. 50

Вершина сопки. Останец выветрелых крупнозернистых гранитов. В породах отчетливо выражена матрасовидная отдельность – обр.2.
Аз. пад. отдельности 360∠ 20.

В гранитах ксенолиты мраморизованных известняков.

Маршрут окончен. Пройдено:…..км

Отобрано: образцов - …. .
шлифов - ……
проб - ……

Подпись исполнителя.

**Вывод по маршруту № 1**

В маршруте встречены три комплекса пород: вулканогенная толща среднего-основного состава, представленная фацией текучих лав; толща известковистого состава (морские отложения) и интрузивные породы кислого состава. Наличие катаклазированных пород указывает на тектонический контакт известняков и вулканитов. Предположительно разлом имеет северо-восточное простирание (судя по прямолинейной долине ручья). Предварительно возраст известняков – девонский. Такой вывод можно сделать по комплексу встреченной фауны. Известняки прорываются гранитами. Контакт активный. Возраст гранитов моложе возраста осадочной толщи (постдевонский).

По гранитам развита кора выветривания, представленная зоной дезинтеграции. В поисковом отношении интерес представляет зона разлома, к которому приурочен ручей. Рекомендуется провести шлиховое опробование по данному водотоку.

## 2.4. Первичная обработка полевых материалов

Первичная обработка полевых материалов в условиях учебной геологосъемочной практики производится на базе после возвращения из маршрута или с участка площадной съемки. Она заключается в обработке коллекций горных пород и полевых книжек, а так же в обработке замеров ориентировки различных структурных элементов.

### 2.4.1. Обработка коллекций горных пород и корректура полевых книжек

Предварительная обработка коллекций горных пород включает в себя: 1 – окончательные определения горных пород и ископаемых органических остатков, собранных при полевых исследованиях; 2 – принятие одного названия для одних и тех же горных пород, задокументированных различными съемочными парами; 3 – сокращение

излишних образцов; 4 – занесение оставшихся образцов в специальный журнал (каталог образцов).

В первую очередь окончательного определения требуют те породы, при описании которых у практикантов были сомнения в точности данных им названий. Эти сомнения могли возникнуть по причине недостаточной выразительности структуры или текстуры пород, либо из-за трудности определения их минерального состава. На базе, при наличии бинокулярного микроскопа, соляной кислоты, а также эталонной коллекции горных пород со шлифами, диагностику пород можно сделать более точно.

Затем сравниваются породы, задокументированные всеми съемочными парами и при наличии одинаковых признаков, породе дается одно название.

На базе, в стационарных условиях, производится препарирование ископаемых органических остатков и дается окончательное определение их с помощью атласов ископаемых форм.

Результаты полевых наблюдений должны быть показаны руководителю практики, при необходимости откорректированы при его участии, и только после этого они становятся пригодными для дальнейшей камеральной обработки. Возможные лишние образцы пород сокращаются, а оставшиеся заносятся в каталог, составленный по стандартной форме (Табл. 3).

Таблица 3

| № п/п | № образца | Название породы | Привязка обнажения | Примечание |
|---|---|---|---|---|
| 31 | 12/а | Тонкослоистый зеленовато-серый псаммитовый туф | Левый берег р. Пышмы в 900 м выше устья рч. Рудянки | Сопоставить с обр. 4/е |

В результате первичной обработки полевых материалов в полевую книжку вносятся исправления с учетом изменений в диагностике пород и, возможно, в интерпретацию полевых наблюдений.

### 2.4.2. Обработка замеров ориентировки плоскостных структурных элементов

Первичная обработка массовых замеров ориентировки различных структурных элементов состоит в построении диаграмм их ориентировки. В настоящее время наиболее широкое применение в изображении ориентировки структурных элементов приобрели круговые точечные диаграммы.

Нанесение замеров на круговую диаграмму производится с помощью трафарета, представляющего собой окружность, разбитую на 360 градусов и проградуированную в направлении против часовой стрелки, с радиусом, разбитым на 90 градусов и проградуированным в направлении от центра окружности к периферии. Радиус трафарета проведен через точку начала отсчета азимутов на трафарете.

Диаграмма ориентировки трещин строится на кальке, которая накалывается на иглу в центре трафарета. На кальке по трафарету проводится окружность, а на окружности черта начала отсчета азимутов («север» диаграммы). Для нанесения на диаграмму ориентировки трещины «север» диаграммы устанавливается на окружности трафарета против цифры, соответствующей азимуту падения трещины, а на радиусе трафарета

ставится точка против цифры, соответствующей углу наклона трещины. Эта точка на диаграмме называется полюсом данной конкретной трещины и отражает ее элементы залегания. Трафарет может быть заменен стереографической проекцией (сеткой Шмидта или Вульфа).

После нанесения всех замеров диаграмма имеет вид круга с расположенными на нем полюсами трещин. Если полюса расположены неравномерно, то каждому участку их сгущения соответствует система трещин.

Для достижения большей наглядности и определенности диаграммы, на ней проводят изолинии плотности полюсов трещин, подсчитывая количество полюсов на 1 процент площади диаграммы.

Для этого в квадратике из плотной бумаги или тонкого картона вырезается круглое отверстие, размером в 1/10 радиуса диаграммы. Затем диаграмма с нанесенными на нее полюсами трещин накладывается на квадратную сетку со стороной ячейки, равной радиусу малого кружка; накрывается сверху еще одной чистой калькой; на каждое перекрестие подложенной сетки накладывается малый кружок (центром в перекрестье); подсчитывается количество полюсов, попавшее в кружок и в перекрестии ставится точка, а рядом с ней цифра, соответствующая количеству полюсов, попавших в кружок.

Определение плотности полюсов на периферии диаграммы производится с помощью приспособления, состоящего из двух малых кружков, расположенных на расстоянии друг от друга, равном диаметру диаграммы. В центре полоски есть узкая прорезь, через которую приспособление одевается на иглу трафарета. Для определения плотности полюсов трещин, при насаженном на иглу приспособлении, один из его кружков устанавливается центром в перекрестие сетки около ее периферии, и в этом перекрестии ставится точка и пишется цифра, отвечающая количеству полюсов, попавших в оба кружка.

После того, как по всему кругу определена плотность полюсов, на верхней кальке через точки с известной плотностью (а между точками методом интерполяции) проводятся изолинии плотности полюсов. При проведении изолиний на периферии диаграммы (где изолинии обрываются) необходимо помнить, что «выход» за пределы контура диаграммы и «вход» внутрь контура одой и той же изолинии должны располагаться на противоположных сторонах диаграммы, симметрично относительно ее центра. С помощью изолиний определяются центры тяжести максимумов полюсов трещин, по которым определяется ориентировка выделившихся систем трещин.

Для определения элементов залегания системы трещин диаграмма накалываетя на трафарет, центр максимума полюсов системы трещин совмещается с радиусом трафарета и на окружности трафарета, против отметки «север» диаграммы, снимается отсчет, соответствующий азимуту падения данной системы трещин, а на радиусе трафарета, против центра тяжести максимума, снимается отсчет, соответствующий углу ее падения.

# 3. Физико-географическая и геологическая характеристики Сухоложского района.

## 3.1. Физико-географический очерк

Сухоложский район Свердловской области расположен на восточном склоне Среднего Урала в переходной зоне от холмисто-увалистого рельефа Зауралья к Западно-Сибирской низменности. Поверхность района представляет собой всхолмленую

равнину с общей тенденцией погружения на восток с абсолютными отметками водоразделов 240 м. Граница крупного водораздела проходит северо-восточнее р Пышма.

Обнаженность района неравномерная. Палеозойские образования в виде коренных выходов наблюдаются преимущественно по долинам рек. Мезозойские отложения можно наблюдать в карьерах по добыче строительных материалов и в естественных разрезах в восточной части площади.

Главной водной артерией района является река Пышма с притоками Рефт и Кунара, принадлежащая к бассейну р. Оби.

По характеру растительности район относится к лесной и лесостепной зонам с уменьшением степени залесенности с севера на юг и со сменой сосновых лесов на лиственные.

Климат района континентальный с холодной зимой и прохладным летом. Среднегодовое количество осадков 500 мм. , из них на весенне-осенний период (апрель-октябрь) приходится 360 – 375 мм. Основными ветрами являются западные, средняя скорость ветра 4,4 м/с.

В административном отношении территория входит в состав Сухоложского района Свердловской области. Кроме города Сухого Лога на описываемой территории имеется ряд сел и деревень - Знаменское, Рудянское, Кашино, Курьи, Шата, Брусяна, Глядены, Мокрая. Город Сухой Лог связан с городом Екатеринбургом железной дорогой и асфальтированным шоссе. Населенные пункты в пределах площади связаны автобусным сообщением.

В экономическом отношении район является промышленно-сельскохозяйственным. Основные промышленные предприятия сосредоточены в г.СухойЛог – комбинат асбоцементных изделий, завод по переработке вторичных металлов, авторемонтный завод, бумажная фабрика. Цементный завод располагается за юго-восточной окраиной города.

Основное направление сельского хозяйства – земледелие и животноводство.

## 3.2. История геологического изучения района

Геологические исследования в Сухоложском районе были предприняты еше в позапрошлом столетии в связи с изучением углей, содержащихся в угленосной толще карбона. Они проводились под руководством А.П.Граматчикова. Результаты этих работ были опубликованы в 1852 году.

В 1880 году в “Горном журнале” была опубликована заметка о находке следов деятельности первобытного человека, населявшего известняковые пещеры на левом берегу р. Пышмы в районе г. Сухого Лога. Наиболее крупная из этих пешер носит имя Гебауэра.

Более полные сведения о геологии Сухоложского района содержатся в трудах А.П.Карпинского. Предварительные результаты работ были изложены им в кратких статьях в “Горном журнале” за 1880 год. Более полные данные его работ были опубликованы в монографии “Геологические исследования и разведки на восточном склоне Урала”, изданной в 1949 году. Наибольший интерес из них представляют описания обнажений по рекам Пышме, Шате, Брусяне Кунаре. А.П.Карпинским, в частности, был определен силурийский возраст известняков в верховьях р. Шаты, девонский возраст известняков на северо-восточной окраине с. Знаменского и в низовье р. Шаты, каменноугольный возраст известняков и песчаниково-сланцевых пород на р. Пышме в окрестностях тогдашнего с. Сухоложского. В пределах окрестностей с. Сухоложского

А.П.Карпинским отмечены признаки медных руд, описаны месторождения каменного угля, минеральных красок, каолиновых глин, трепела и других полезных ископаемых.

С 1920 по 1924 годы по поручению Геологического комитета в окрестностях села Сухоложского детальную геологическую съемку проводил И.И.Горский. Результатом этой съемки явилась геологическая карта окрестностей с. Сухоложского масштаба 1:21000. В отчете об этих работах приведены детальные описания обнажений по рр.Пышме, Шате, Ключ, Усолке и логам, впадающим в долину р. Пышмы.

В послевоенные годы изучением каменноугольных отложений района занимался А.А.Пронин. Результаты исследований вошли в монографию “Карбон восточного склона Среднего Урала”, опубликованную в 1960 г.

С начала 30-ых годов в окрестностях Сухого Лога проводится учебная геологическая практика студентов Свердловского горного института, а ныне Уральского государственного горного университета. Коллективом преподавателей кафедры Общей и динамической геологии под руководством А.А.Малахова и В.Е.Засыпкина на основе накопившегося материала о геологическом строении района было подготовлено и издано в 1954 году “Методическое руководство по учебной геологической практике в окрестностях Сухого Лога”, длительное время являвшееся основным пособием при проведении геологичской практики.

В 60-е годы Т.В.Диановой, а в 70-е и 90-е К.П.Плюсниным изучались вулканогенные образования района. Этими исследоватлями были предложены схемы расчленения вулканогенных толщ и определены наиболее крупные вулканические постройки.

В 1961 году под руководством Ю.П.Алексеева была закончена разведка Кунарского месторождения известняков, интенсивно разрабатываемого в последующие годы.

В 1972 году коллективом, возглавляемым М.Т.Собоевым, были закончены работы по составлению геологической карты масштаба 1: 50 000 восточной части Сухоложского района.

С 1973 по 1978 годы в западной части района под руководством В.П.Олерского проводилась геологическая съемка и доизучение масштаба 1 : 50 000. В результате работ составлены: геологическая карта полезных ископаемых, карта четвертичных образований. Эти материалы были положены в основу Государственной геологической карты СССР масштаба 1 : 200 000 листа О-41-XXVI (автор Грабежева Т.Г.), изданную в 1983 году.

Детальная разведка участка аргиллитов Ново-Сухоложского месторождения цементных глин проводилась в 1991 г. Б.М.Новоселовым.

С 1999 по 2002 годы на листе О-41-XXVI, в состав которого входит западная часть Сухоложского полигона, геологическое доизучение масштаба 1 : 200 000 производилась под руководством В.А. Рыбалко. Был составлен комплект карт и отчет по состоянию изученности на 01.01.2002г.

Сведения о глубинном строении территории (в т.ч. Сухоложского полигона) изложены А.Г.Кислицыным в отчете по теме «Переинтерпретация материалов гравиметрических съемок масштаба 1 : 50 000 на Среднем Урале» (1999г.).

Е.М.Ананьева завершила составление карты глубинного строения верхней части земной коры в масштабе 1 : 200 000 листа О-41-XXVI (Е.М.Ананьева, 2001).

Параллельно продожались исследования, проводимые сотрудниками кафедр Структурной геологии и Общей и исторической геологии и палеонтологии Свердловского горного института. По результатам работ производственных организаций и указанных кафедр СГИ были составлены “Учебная карта Сухоложского района” и учебное пособие “Учебная геологосъемочная практика”. Последующие работы сотрудников тех же кафедр по изучению строения вулканогенных и осадочных толщ, а также по фациальному и

петрохимическому расчленению вулканогенных пород района позволили составить более детальную геологическую карту, соответствующую современным геологическим представлениям, а также учебные пособия “В краю потухших вулканов” и “Учебная геологосъемочная практика”, 2004, «Геофизические исследования Сухоложского полигона в Зауралье», 2004. К Всероссийскому симпозиуму по вулканологии и палеовулканологии профессором В.Н.Огородниковым подготовлен путеводитель Среднеуральской геологической экскурсии, 2003.

## 3.3. Геологическое строение района

Территория Сухоложского полигона расположена в пределах Восточно-Уральской мегазоны, претерпевшей длительную эволюцию геологического строения.

Геополигон располагается в Алапаевско-Теченской зоне на границе двух подзон: Рефтинско-Каменской (западной) и Алапаевско-Айбыкульской (восточной).

Границей подзон принято считать Тыгишский разлом (ограничивающий с запада бекленищевскую свиту нижнего карбона).

В геологическом строении района практики принимают участие преимущественно осадочные и вулканогенные образования палеозойского возраста, в восточной части района перекрытые чехлом мезозой-кайнозойских недиагенизированных или слабо диагенезированных континентальных и морских отложений.

Интрузивные образования развиты в меньшей степени и представлены Рефтинским массивом раннедевонского возраста, а также малыми телами гипабиссального и субвулканического уровня глубинности девонского и каменноугольного возраста.

Район характеризуется напряженной тектоникой, следствием этого является складчато-чешуйчато-блоковое геологическое строение. Наиболее интенсивно дислоцированы и метаморфизованы дочетвертичные образования.

### 3.3.1. Стратиграфия

Стратиграфический разрез района представлен осадочными и вулканогенными образованиями палеозойской, мезозойской и кайнозойской эратем.

#### 3.3.1.1. Палеозойская эратема

Палеозойская эратема представлена девонской и каменноугольной системами. Эти образования под покровом маломощных рыхлых четвертичных отложений развиты в западной и центральной частях района, а в восточной части района перекрыты мезо-кайнозойским чехлом. Значительную роль в составе палеозойских стратонов играют вулканогенные образования. Анализ строения, состава и последовательности залегания вулканогенных пород района позволяет выделить среди них разнотипные вулканогенные формации, которые по фациальному и петрохимическому составу и возрасту параллелизуются с типоморфными для Урала вулканогенными формациями Магнитогорского мегаблока.

**Девонская система**

Девонская система представлена средним и верхним отделами. Образования среднего отдела выделены под названиями: базальт-дацитовая толща ($D_2$bd) – в Рефтинско-Каменской подзоне; сухоложская толща ($D_2$sh) – в Алапаевско-Айбыкульской подзона. Средний-верхний отделы представлены маминской толщей ($D_{2-3}$mm). Верхний

отдел представлен кодинской свитой ($D_3$kd). Возраст стратонов определен по ископаемой фауне и флоре.

**Средний отдел $D_2$**

**Базальт-дацитовая толща ($D_2$bd).** Данная толща в пределах Сухоложского полигона имеет ограниченное распространение и тектонические контакты как с габброидами Рефтинского массива, так и с нижнекаменноугольными осадочными породами беклеищевской свиты.

На территории полигона толща представлена базальтами (в том числе миндалекаменными) и туфами базальтов. Породы интенсивно дислоцированы. Вторичные изменения представлены альбитизацией, хлоритизацией, актинолитизацией. Участками породы превращены в зеленые сланцы.

**Сухоложская толща ($D_2$sh).** Породы, слагающие сухоложскую толщу, обнажаются в северо-западной и юго-восточной частях геополигона. Толща локализована в пределах тектонических блоков, ориентированных в субмеридиональном направлении.

Нижняя часть толщи представлена осадочным типом разреза. В бассейне р. Шата скважинами К-331, К-348 вскрыты переслаивающиеся известняки с конгломератами, кремнистыми сланцами, песчаниками и алевролитами, гальки конгломератов представлены темно-серыми почти черными известняками. В алевритовом цементе конгломератов содержится микрофауна эйфельского возраста. Мощность пачки 350 м.

Верхняя часть сухоложской толщи представлена преимущественно вулканогенными образованиями. Толща сложена эффузивными, пирокластическими, осадочно-пирокластическими породами непрерывной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации, а также вулканогенно-осадочными и осадочными породами. В строении преобладают базальты, андезибазальты, андезиты и их туфы. Преобладающим развитием пользуются эксплозивно-обломочные породы (туфы). По размерности обломков состав туфов изменчив – от алевритовых до псефитовых. Часто наблюдается переслаивание туфов с потоками лав того же состава, как правило, имеющими подушечное и шаровое строение. Потоки базальтов и андезибазальтов афирового строения редки. Вулканиты кислого состава имеют подчиненное значение в разрезах. Кислые лавы – это преимущественно порфировые разности, часто с лавобрекчиями в краевых частях. Пирокластические образования дацитового, риодацитового и риолитового состава представлены алевритовыми, ляппиллевыми и бомбовыми туфами.

В целом, сухоложская толща представлена вулканитами пестрого состава, характеризующихся быстрой фациальной сменой.

В южном направлении характер разреза сухоложской толщи изменяется, что выражается в увеличении объема осадочно-вулканогенных (менее 50% осадочного компонента) и вулканогенно-осадочных ассоциаций в комплексе с рифогенными известняками, песчаниками, кремнистыми сланцами биогенного происхождения.

В пределах развития сухоложской толщи сохраняются фрагменты вулканотектонических построек разного ранга.

В соответствии с петрографическим кодексом (1995г.) по имеющимся геолого-геофизическим данным в пределах геополигона выделяется два вулканических массива. Первый из них располагается в бассейне р. Рефт и его притока Винокурка. Ранее в 1975 году К.П.Плюснин выделил здесь Винокуровскую вулкано-тектоническую структуру центрального типа., которой соответствует положительная гравитационная аномалия. Винокуровский вулканический массив представлен миндалекаменными базальтами, андезитами и их туфами. На территории Сухоложского полигона располагается только южная часть Винокуровского массива. К югу от него выделяется Пышминский массив, характеризующийся слабо аномальным гравитационным полем. В пределах Пышминского

массива сохранятся фрагменты трех вулкано-тектонических структур центрального типа с признаками кальдерообразования и системой радиально-дуговых разломов. В пределах Пышминского вулканического массива исследованиями прошлых лет выделены вулканические постройки центрального типа (стратовулкан «Дивий камень» и другие). На геологической карте они выделены особым знаком. Жерловые и прижерловые фации представлены экструзивными и субвулканическими образованиями, агломератовыми бомбовыми туфами. В прижерловых образованиях наиболее часто проявлены процессы окварцевания, пиритизации, серицитизации. Промежуточные фации представлены преимущественно лавами в ассоциации с псаммитовыми пирокластическими отложениями. Удаленные (периферические) фации вулканитов развиты на геополигоне на южном склоне вулканогенной гряды. Они представлены вулканогенными обломочными породами, алевритовыми туфами в переслаивании с рифогенными и аккумулятивно-рифогенными известняками и морскими мелководными терригенно-осадочными отложениями.

Последние наблюдаются на руч. Брусяны ниже «Белого лога», в карьере у западной окраины села Знаменского, на левом склоне долины р. Пышмы между устьями руч. Брусяны и руч. Знаменка. Живетский возраст кремнистой пачки определен по остаткам фораминифер из известняковых прослоев.

Мощность сухоложской толщи составляет 750м.

### Средний-верхний отделы $D_{2-3}$

**Маминская толща ($D_{2-3}$mm).** Толща представлена углисто-глинисто-кремнистыми породами темно-серого и черного цветов с прослоями известняков. Разрезы этих образований наблюдаются на р. Брусяна ниже «Белого Лога», в левом склоне долины р. Пышмы между устьями р. Брусяна и руч. Знаменка, а также в карьере у западной окраины села Знаменское. Мощность кремнистых сланцев 70 м. Взаимоотношения с нижележащими образованиями не ясны. Живетский возраст определен по остаткам фораменифер из прослоев известняков.

К югу от р. Шата разрез маминской толщи представлен светло-серыми и темно-серыми глинистыми известняками, живетский возраст отложений определен по фауне.

Южнее Сухоложского полигона в районе с. Кунарского и юго-западнее оз. Куртугуз в аналогичных кремнистых породах обнаружены конодонты верхнего девона (сборы А.В.Коровко, В.А.Рыбалко, определения Г.Н.Бороздиной).

Мощность маминской свиты – 150 м.

При современной степени изученности определить объем маминской толщи не представляется возможным. В стратотипических разрезах кремнистые породы переслаиваются с вулканитами неконтрастной базальт-андезитовой формации.

### Верхний отдел $D_3$

**Кодинская свита ($D_3$kd).** Осадочные породы кодинской свиты локализованы в линейном тектоническом блоке и прослеживаются от южной до северной границы Сухоложского полигона. Разрез свиты можно наблюдать на р. Ключ и в борту р. Пышма. Состав свиты: алевролиты, алевропелиты, аргиллиты, песчаники, конгломераты, линзы известняков. Цвет пород – серый, бурый, зеленоватый, черный. Характерно частое переслаивание пород. Слоистость параллельная. Состав терригенного материала: кварц, плагиоклаз, кремнистые породы, риолиты, дациты, пемзы.

Возраст свиты определен по брахиоподам, фораминиферам, водорослям, спорам растений как позднедевонский в объеме франа.

Мощность свиты 700 м.

## Каменноугольная система

Каменноугольная система сложена преимущественно терригенными и карбонатными отложенияи с небольшим количеством вулканогенных образований в западной части района и представлена нижним и средним отделами.

### Нижний отдел $C_1$

Стратоны нижнего отдела каменноугольной системы представлены бекленищевской ($C_1bk$), егоршинской и бурсунской **(**$C_1eg+C_1br$), исетской ($C_1is$) свитами.

**Бекленищевская свита ($C_1bk$).** Свита располагается в западной части Сухоложского полигона и прослеживается в пределах тектонического блока близмеридиональной ориентировки от оз. Куртугуз до приустьевой части р. Рефт. Свита представлена пестрым фациальным комплексом осадочных и вулканогенно-осадочных пород морского генезиса.

Нижняя часть разреза бекленищевской свиты не имеет естественных выходов на дневную поверхность. Свита изучена несколькими профилями скважин, где наблюдалось сложное переслаивание темно-серых до черных алевролитов и аргиллитов с маломощными прослоями песчаников и редкими отпечатками обугленного растительного детрита. Фаунистически эта часть разреза не охарактеризована.

Вверх по разрезу постепенно увеличивается карбонатность пород. Эта часть представлена переслаивающимися серыми и темно-серыми глинистыми и глинисто-известковистыми аргиллитами, полимиктовыми песчаниками, реже конгломератами, а также прослоями туфов и туффитов, мергелей и известняков.

Карбонатно-терригенный разрез свиты фациально замещается вулканогенно-осадочным комплексом пород. Наиболее представительные выходы этих пород располагаются в приустьевой части р. Рефт. В обломках из конглобрекчий определены фораминиферы, свидетельствующие о визейском возрасте (определения Т.Н.Степановой).

Мощность бекленещевской свиты составляет 800 м.

**Егоршинская и бурсунская свиты объединенные ($C_1eg+C_1br$).** Континентальные угленосные образования егоршинской и бурсунской свит прослеживаются в узком клиновидном тектоническом блоке вдоль железной дороги. Разрез этих свит можно наблюдать по р. Пышма между ручьями Ключ и Крутой Лог.

*Егоршинская свита* сложена переслаивающимися темно-серыми до черных глинистыми, углисто-глинистыми и углистыми аргиллитами, алевролитами, серыми и темно-серыми песчаниками и конгломератами. Характерно обилие флористических остатков, наличие маломощных пластов угля, быстрая смена фаций и сложное тектоническое строение. Мощность свиты 350-500 м.

Безугольные отложения *бурсунской свиты* залегают согласно на угленосных породах егоршинской свиты, представлены зеленовато-сероцветными грубообломочными отложениями с бедными органическими остатками. Характерно появление известковистых разновидностей. Мощность свиты 300-500 м.

Возрастная датировка объединенных егоршинской и бурсунской свит – верхнее турне – низы верхнего визе (включая жуковский горизонт). Данные свиты являются возрастным аналогом средней и верхней частей бекленищевской свиты.

**Исетская свита ($C_1is$).** Свита имеет широкое площадное распространение в восточной части Сухоложского полигона. Разрез свиты можно наблюдать по р.р. Пышма, Кунара, в Кунарском карьере известняков, в приустьевой части р. Рефт. Вблизи железнодорожного моста через р. Пышма наблюдалось согласное налегание известняков на терригенные породы бурсунской свиты. В пределах листа О-41-XVI взаимоотношения бурсунской и исетской свит установлено в ряде скважин (Олерский, 1978).

Исетская свита представлена преимущественно известняками. В известниках встречается обильная фауна одиночных и колониальных кораллов и брахиопод. Известняки слоистые и массивные, в верхней части разреза породы доломитизированы и брекчированы (известняковые брекчии) с прослоями мергелей. В нижней части разреза преобладают битуминозные известняки с линзами кремней.

По комплексу фауны возраст исетской свиты установлен как визейский – серпуховский.

Мощность свиты – 450 м.

**Средний отдел $C_2$**

**Щербаковская свита ($C_2$šc).** Свита имеет ограниченное распространение в бассейне р. Кунара. Породы свиты локализованы в мелких тектонических блоках среды известняков исетской свиты. Щербаковская свита представлена алевролитами, аргиллитами, сероцветными известковистыми песчаниками с прослоями конгломератов, мергелей, битуминозных известняков.

Возраст пород свиты установлен по брахиоподам и соответствует башкирскому и московскому веку.

Мощность щербаковской свиты - 350 м.

### 3.3.1.2. Мезозойская эратема

**Коры выветривания**

Территория Сухоложского полигона располагается в пределах приподнятого отпрепарированного пенеплена Среднего Урала на границе с континентально-морской цокольной равниной, что и определило широкое развитие кор выветривания. В пределах геополигона выделяется два морфологических типа – площадная и линейная. Площадные коры развиты преимущественно на водоразделах. Традиционно выделяется три зоны профиля коры выветривания: дезинтеграции, промежуточных продуктов, глинистых продуктов. На Сухоложском полигоне зона глинистых продуктов развита только в восточной части, в западной части имеет место двухзональный профиль коры. Линейные коры выветривания обычно развиваются в зоне разломов либо по контактам геологических тел.

Выделяется два генетических типа кор – остаточные и переотложенные. В районе резко преобладает первый тип.

Окраска пород, слагающих профиль коры выветривания, обычно в верхней глинистой зоне неоднородная: пятнистая, пятнисто-полосчатая с преобладанием буроватых и красноватых оттенков. С глубиной окраска выветрелых пород приближается к цвету материнских. К востоку происходит понижение кровли остаточной коры выветривания с 206 м до 160 м. В восточной части полигона коры выветривания перекрываются палеоценовыми отложениями серовской свиты. Среди глинистых продуктов по вещественному составу преобладающим является каолинитовый тип. Состав тяжелой фракции шлихов обычно зависит от состава материнских пород. В площадных корах постоянно присутствуют гидроокислы железа, реже марганца.

Мощность площадных кор в Сухоложском районе в среднем составляет 18-20 м.

### Триасовая система, верхний отдел - юрская система, нижний отдел

**Челябинская серия ($T_3$-$J_1$čl).** Нерасчлененные триасово-юрские отложения района представлены вулкаогенно-осадочными породами. Они приурочены к протяженному грабену, пересекающему восточную часть района в субмеридиональном направлении и перекрытому кайнозойским чехлом. Нижнюю часть разреза слагают преимущественно вулканогенные породы разного состава (от базальтов до риолитов) с незначительным количеством пестроцветных конгломератов, песчаников и аргиллитов. Верхнюю часть разреза слагают преимущественно осадочные сероцветные мелко- и тонкообломочные породы.Обломочные породы по составу относятся к полимиктовым. В прибортовых частях грабенов широким развитием пользуются краснобурые конгломераты и гравелиты (фации конусов выноса).

Мощность триасово-юрских отложений на описываемой территории достигает 200 м. Выходы их наблюдаются только в глубоко врезанных долинах крупных рек Пышмы и Кунары.

### Меловая система

Меловая система в районе представлена обоими своими отделами. Ее отложения обычно перекрыты более молодыми осадками и не имеют широкого развития на земной поверхности.

### Нижний отдел $K_1$

Нижний отдел меловой системы представлен **аптским и альбским ярусами $K_1$ а**, состоящим из двух стратонов – алапаевской и синарской.

**Алапаевская толща** представлена каолинит-гидрослюдитыми серыми, бурыми, кирпично-красными глинами с песком, хорошо окатанной кварцевой галькой и щебнем окремнелого известняка. За белый цвет породы названы “беликами”. Мощность беликовой толщи редко превышает 10 м. В основании “беликов”, как правило, наблюдаются бурые железняки инфильтрационного происхождения в форме линз, гнезд, пластов. Состав бурых железняков: гидрогетит, гидрогематит, сидерит. Алапаевская свита обычно приурочена к понижениям древнего рельефа – эрозионным или карстовым воронкам. Возраст алапаевской толщи предполагается на уровне апского яруса.

**Синарская свита** нижнего мела сложена пестроцветными и белоцветными континентальными (аллювиально-озерными) глинами каолинитового состава с прослоями лигнитов марказитсодержащих и кварцевых песков. Приурочена к эрозионным депресиям, не имеет широкого площадного распространения и повсеместно перекрыта кайнозойскими отложениями. Синарская свита несогласно залегает на алапаевской толще, либо на известняках. Выходы пород свиты наблюдались только в карьере “Белая глина”, который после прекращения в нем работ по добыче огнеупорных глин затоплен. Мощность свиты достигает 15 м. Апт-альбский возраст отложений установлен по результатам споро-пыльцевого анализа.

### Верхний отдел $K_2$

Верхний отдел меловой системы представлен **коньякским ярусом.**

**Камышловская свита ($K_2$km).** Отложения камышловской свиты представлены зеленовато-серыми и светлосерыми мелкозернистыми кварц-глауконитовыми слабо сцементированными песчаниками и песками морского происхождения. Пески хорошо отсортированы. Эти породы имеют широкое площадное распространение, но перекрыты кайнозойскими осадками. Выходы пород наблюдались в карьере “Белая глина” и известны в верховьях рч. Каменки, левого притока р. Пышмы, впадающего в нее

восточнее пос. Курьи. Возраст пород определен по остракодам, фораминиферам, зубам акул. Мощность свиты не превышает 10 м.

### 3.3.1.3. Кайнозойская эратема

Кайнозойская эратема на описываемой территории представлена всеми тремя системами – палеогеновой, неогеновой и четвертичной.

**Палеогеновая система P**

Палеогеновая система в Сухоложском районе представлена верхним палеоценом-нижним эоценом. На восточном склоне Урала эти отложения известны под названием **серовской свиты**.

**Серовская свита $P_{1-2}$ sr.**

Свита сложена опоками, песчаниками и алевролитами на опоковом цементе, трепелами. Преобладают опоки. Песчаники имеют глауконит-полевошпат-кварцевый состав. Эти морские отложения имеют спорадическое развитие в восточной части района, перекрывая собой все более древние отложения в углублениях палеозойского фундамента. Коренные выходы опок встречаются в глубоких логах и в карьерах по добыче глин, известняков и самих опок. Возраст пород свиты определен по ископаемым остаткам фораминифер, моллюсков и гексакораллов.

Мощность свиты достигает 12 м.

**Неогеновая система N**

**Светлинская свита ($N_1$sv).** Отложения неоеновой системы представлены пролювиально-делювиальными песчано-алевритистыми глинами красновато-бурого цвета с редкой галькой кварца. Слоистость выражена не отчетливо. Свита залегает с размывом на более древних образованиях. Неогеновые отложения повсеместно наблюдаются в бортах карьеров на водоразделе рр. Пышмы и Кунары. Мощность отложений неогеновой системы не превышает 4 м. Возраст пород принят по аналогии с подобными отложениями Зауралья, где он был определен по остаткам речных моллюсков в аллювии верхних цокольных террас крупных рек.

**Четвертичная система Q**

Образования четвертичной системы принадлежат различным генетическим типам и покрывают значительную часть площади в виде маломощного чехла. Возраст аллювиальных, озерных, палюстринных отложений определяется по ископаемым остаткам (фауне и флоре), а также по споро-пыльцевым комплексам. Возраст элювиальных, делювиальных и прочих образований определяется (условно) по геоморфологическому положению.

**Эоплейстоцен**

**Нижнее звено**

Отложения этого возраста на площади представлены аллювиальными и озерными (a,l) генетическими типами. В возрастном отношении они приурочены к увельской свите. Встречаются локально в западной части площади (Зауральская цокольная равнина).

Аллювиальные и озерные отложения увельской свиты (a,lEI*uv*) вытянуты в меридиональном направлении.

Фрагмент этих отложений выделен к юго-востоку от оз. Беткулово, на абсолютной отметке 200 м. Отложения представлены известковистыми глинами зеленовато-серого, желтовато-зеленого, зеленовато-бурого, серовато-бурого цвета, песками мелкозернистыми, полимиктовыми с рыхлым железисто-марганцовистым бобовником. На одних участках, аллювиальные и озерные отложения залегают на склоне, на других участках – в переуглублении под аллювиальными отложениями батуринской свиты и выхода на поверхность не имеют. Мощность отложений более 8,4 м . Залегают на мезозойских корах выветривания, перекрыты аллювиальными отложениями батуринской свиты, полигенетическими и делювиальными образованиями среднеуральского надгоризонта.

## Неоплейстоцен

### Неоплейстоцен нерасчлененный

Отложения этого возраста представлены элювиальными и делювиальными образованиями (e,dNP). Распространены очень широко в пределах приподнятого отпрепарированного пенеплена Среднего Урала. Развиты на возвышенностях и их пологих склонах.

Представлены глинами и суглинками со слабо выветрелым щебнем подстилающих пород и редким полимиктовым гравием.

В большинстве случаев они залегают на мезозойских корах выветривания. Мощность до 3 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых и кирпичных глин.

Возраст отложений определен как нерасчлененный неоплейстоцен.

### Нижнее звено

Отложения этого возраста представлены аллювиальными отложениями батуринской свиты (al*bt*).

Аллювиальные отложения батуринской свиты (al*bt*) развиты в западной части геополигона в виде участков меридионального и субмеридионального простирания, фиксирующих фрагменты древних речных долин, потерявших связь с современной гидросетью. Они приурочены к контакту приподнятого отпрепарированного пенеплена Среднего Урала и континентально-морской цокольной равнины Зауралья. Фрагменты древнего аллювия выделены от озера Куртугуз к северу, его протяженность 11 км при ширине от 800 до 1300 м. Разрез изучен скважинами мотобурения.

Аллювиальные отложения представлены песками полимиктовыми с гравием, глинами гидрослюдистыми, известковистыми, серыми, зеленовато-серыми, зеленовато-голубыми, серовато-бурыми. Минералогический состав тяжелой фракции песков представлен: эпидотом и цоизитом – 54%, роговой обманкой – 20%, ильменитом – 6%, лимонитом – 8%, цирконом – 6%, рутилом – 2%, сфеном – 2%, апатитом – 1%, хромитом – 1%. Выход 3%. Палеогеографический коэффициент 0,9.

В спорово-пыльцевых комплексах этих отложений преобладает пыльца ели, сосны, пихты.

Путем отстройки поперечных профилей через древние речные долины было установлено, что реки текли с юга на север.

К нижнему звену отложения отнесены на основании геоморфологического положения (в разрезе залегают выше аллювиальных и озерных отложений уйско-

убоганской свиты среднего звена и ниже аллювиальных и озерных отложений увельской свиты нижнего эоплейстоцена). Отложения сопоставляются по литологии с аллювиальными отложениями, описанными и изученными в угольном карьере Батурино Еманжелинского района Челябинской области.

Аллювий батуринской свиты перекрыт аллювиальными и озерными отложениями уйско-убоганской свиты среднего звена, делювиальными отложениями среднего и верхнего звена, торфами голоцена. Залегает на аллювиальных и озерных отложениях увельской свиты нижнего эоплейстоцена, отложениях серовской свиты, мезозойских корах выветривания и известняках палеозоя. Мощность отложений более 9,2 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых глин.

В этих отложениях было установлено наличие россыпного золота (Рыбалко, 2002).

## Среднее звено

Отложения этого возраста представлены аллювием исетской ($a^{i}II$) и уфимской ($a^{u}II$) террас, озерными (III*uu*), аллювиальными и озерными (a,III*uu*) отложениями уйско-убоганской свиты, делювиальными отложениями среднеуральского надгоризонта (dIIsr).

Аллювиальные отложения уфимской террасы ($a^{u}II$) выделены по рекам Рефт и Пышма. Отложения прослеживаются по правому берегу р. Рефт до устья , в виде полосы шириной 200-300 м, и по правому берегу р. Пышмы между пос. Рудянское и Знаменское. Они слагают четвертую эрозионно-аккумулятивную террасу с высотой поверхности от 22,4 до 40 м и высотой цоколя от 18 до 35 м над урезом реки. Наибольшие параметры уфимская терраса имеет на р. Пышма в районе п. Новая Пышма. Ширина террасы достигает 3,5 км.

Отложения представлены желто-коричневыми, темно-желтыми, буро-коричневыми песками полимиктовыми (полевошпат-кварцевыми) с галькой кварца, бурыми до темно-коричневых песчаными глинами с прослоями иловатых глин темно-серого цвета. Пески от глинистых (глинистая фракция составляет 20%) до гравийных, грубозернистых. Обломочный материал хорошо окатан.

Разрез аллювия уфимской террасы можно показать на примере шурфа 286, пройденного на восточном берегу р. Рефт. Сверху, до глубины 3,2 м залегают глинистые пески мелкозернистые, полимиктовые с преобладанием зерен кварца. Содержание глины 20%. Песок сортирован. С глубины 3,2 м до 3,7 м (забой) вскрыты пески грубозернистые, близкие к гравию с гальками кварцевого состава, размером до 3-4 см в диаметре, хорошо окатанными. Цвет песков желтовато-коричневый, желтый. Из гравийных песков с гл. 3,7 м отобрана шлиховая проба. Минералогический состав тяжелой фракции представлен: гр. эпидота – 47,52%, гранатом – 17,82%, ильменитом – 13,86%, ильменитом + гематитом – 0,99%, амфиболом – 12,87%, хромитом – 4,95%., монацитом – 0,99%, сфеном – 0,99%. Палеогеографический коэффициент 0,25.

Отложения перекрыты делювием североуральского надгоризонта, залегают на мезозойских корах выветривания и породах палеозоя. Мощность более 5,5 м.

Возраст аллювия уфимской террасы принят по аналогии с фаунистически охарактеризованными образованиями соседних районов и определен как сылвицкий и вильгортовский горизонты.

Аллювиальные отложения исетской террасы ($a^{i}II$) развиты по рекам Пышма, Кунара. Они слагают третью, эрозионно-аккумулятивную террасу с высотой поверхности от 4 м до 16,5 м (по р. Пышме) и высотой цоколя от 2,7 м от уреза реки. Ширина террасы от 200 до 2000 м. Разница в высоте поверхности от уреза реки связана с неотектоникой (участки неотектонических поднятий и опусканий).

Строение разреза аллювия исетской террасы двучленное. Нижняя его часть сложена полимиктовыми гравийно-песчаными, песчано-гравийными отложениями коричневого цвета, в основании которой залегает базальный горизонт. Верхняя часть разреза сложена бурыми глинами, полимиктовыми песками (глинистая фракция составляет 30%), чередованием коричневых до темно-буровато-серых мелкозернистых песков с галькой кварца и серых, темно-серовато-желтых до буро-коричневых глин.

Минералогический состав тяжелой фракции представлен: эпидотом – 43-45%, ильменитом – 16-24%, амфиболом – до 17%, магнетитом – 3-5%, гематитом от 4 до 21%, мартитом – до 5%, гранатами – 3-5%, хромшпинелидами – 0,5-1,5%, цирконом – 1,67-1,7%, сфеном – 0,14-0,19%, рутилом – 0,39-0,82%, ставролитом – 0,4%, лейкоксеном – 0,08%, пиритом – 0,03%, кианитом – 0,03%, апатитом – 0,14%, гидроокислами железа – от 0,6 до 1,34%, золотом – единичные знаки. Палеогеографический коэффициент 0,34-0,42.

Спорово-пыльцевые спектры – лесостепные, реконструирующие смешанные елово-сосново-березовые лесные массивы с пихтой, ольхой и лугостепными участками.

Отложения перекрыты делювием североуральского надгоризонта, залегают на мезозойских корах выветривания и породах палеозоя. Мощность от 1,3 м и более 7 м (по р.р. Рефт и Пышма). С ними связаны россыпи золота.

Возраст аллювия исетской террасы принят по аналогии с фаунистически охарактеризованными отложениями смежных районов и определен как ницинский и леплинский горизонты среднеуральского надгоризонта.

Среднеуральский надгоризонт. Озерные отложения уйско-убоганской свиты (l II*ии*) развиты на междуречьях, иногда пространственно тяготеют к современным озерам. Геоморфологически они приурочены к континентально-морской цокольной равнине Зауралья. Развиты локально у западной рамки Сухоложского полигона.

Озерные отложения вскрыты скважинами мотобурения. Они выполняют древние озерные ванны и представлены глинами зеленовато-серыми, серыми до коричневых с включениями гравия, гальки кварца и мелкозернистыми полимиктовыми песками.

Из отложений отобраны пробы на литологический и спорово-пыльцевой анализы. Минералогический состав тяжелой фракции представлен: эпидотом – 61-81%, роговой обманкой – от ед.зер. до 27%, гранатоми – до 2%, пироксенами – 1%, магнетитом – до 1%, ильменитом – от 4 до 23%, лейкоксеном – 2-7%, рутилом – 1-3%, цирконом – до 2%, ставролитом – 1%, хромитом – 2%, турмалином – 1%, андалузитом – до 1%, апатитом – до 2%, корундом – до 2%. Выход от 1 до 7%. Палеогеографический коэффициент от 0,04 до 0,61%.

Отложения перекрыты полигенетическими и делювиальными отложениями североуральского надгоризонта, залегают на мезозойских корах выветривания и аллювиальных отложениях батуринской свиты. Мощность более 9 м.

Для отложений характерны спорово-пыльцевые комплексы степного типа с преобладанием марево-полынных группировок.

Озерные осадки синхронны аллювиальным и озерным отложениям уйско-убоганской свиты, изученной в нижнем течении р. Уй, на меридиональных отрезках Тобола и Убогана, имеющей широкое распространение в Зауралье.

Возраст отложений определен как вильгортовский, ницинский и леплинский горизонты среднеуральского надгоризонта.

Аллювиальные и озерные отложения уйско-убоганской свиты (a,III*ии*), как и озерные развиты на междуречьях, геоморфологически они приурочены к континентально-морской цокольной равнине Зауралья.

Отложения представлены неравномерным переслаиванием зеленовато-серых, голубовато-серых до коричневато-серых глин и коричневато-серых, серых, полимиктовых песков, местами с гравием и галькой кварца.

Минералогический состав тяжелой фракции песков представлен: эпидотом – 44-53%, обыкновенной роговой обманкой – от 28 до 42%, тремолитом-актинолитом – 2-7%, магнетитом – 1-5%, ильменитом – 3-4%, сфеном – 2-5%, гранатом – до 3%, цирконом – 2-3%, лимонитом – 1-3%, апатитом – 1-2%, хромитом – ед.зер.-1%, марказитом – до 1%, пироксеном – до 1%, а также единичными зернами ставролита, рутила, лейкоксена, анатаза. Выход от 6 до 10%. Палеогеографический коэффициент от 0,08 до 0,26.

Отложения перекрыты полигенетическими и делювиальными отложениями североуральского надгоризонта, торфами голоцена, залегают на аллювиальных отложениях батуринской свиты, палеогеновых отложениях серовской свиты, мезозойских корах выветривания. Мощность до 10 м.

Для отложений характерны спорово-пыльцевые комплексы степного типа с преобладанием марево-полынных группировок.

Возраст отложений принят по аналогии с фаунистически охарактеризованными (по моллюскам и остракодам) образованиями смежных территорий и определен как вильгортовский, ницинский и леплинский горизонты среднеуральского надгоризонта.

Делювиальные отложения среднеуральского надгоризонта (dIIsr) развиты достаточно широко на территории района работ. Они приурочены к бортам древних озерных впадин и долин, и распространены на междуречьях.

Представлены бурыми до темно-коричневых плотными глинами и суглинками со щебнем, с небольшим количеством гальки и гравия.

Минералогический состав тяжелой фракции представлен: эпидотом – 53-73%, обыкновенной роговой обманкой – от 15 до 38%, пироксенами моноклинным и ромбическим – 1-7%, ильменитом – 1-6%, лимонитом – 1-3%, магнетитом – 1-4%, сфеном – 1-2%, цирконом – 1%, гранатом – 1%, турмалином – 1%, гр. актинолита – 1%, лейкоксеном – 1%, рутилом – до 1%, единичными зернами апатита, ставролита. Выход составляет 12-15%. Палеогеографический коэффициент 0,1- 0,47.

Спорово-пыльцевой спектр очень бедный. В основном отмечены пыльцевые зерна Betula pubescens (Ehrh.) и единичные экземпляры Pinus sylvestris L., Pinus sp. Пыльца травянистой растительности представлена Artemisia sp., Compositae, Rosaceae. Комплекс лесо-степного типа, воссоздающий смешанные сосново-березовые лесные ландшафты с луго-степными участками.

Отложения перекрыты делювиальными и лессовыми отложениями североуральского надгоризонта, торфами голоцена, залегают на мезозойских корах выветривания. Мощность 3-5 до 10 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых и кирпичных глин.

К среднему звену отложения отнесены на основании геоморфологического положения. Возраст отложений определен как вильгортовский, ницинский и леплинский горизонты среднеуральского надгоризонта.

**Верхнее звено**

Отложения этого возраста представлены элювиальными, аллювиальными отложениями камышловской террасы, полигенетическими и делювиальными образованиями.

Аллювиальные отложения камышловской террасы ($a^{k}$III) распространены по р.р. Пышма, Рефт, Кунара. Они слагают вторую, аккумулятивную надпойменную террасу с высотой поверхности от 5,5 м до 10-12 м над урезом реки. Ширина террасы от 20 до 600 м.

Строение аллювия двучленное. Нижняя его часть сложена песками полимиктовыми с гравием и галькой. Верхняя часть разреза сложена буровато-коричневыми глинами и

суглинками с прослоями темно-серых до зеленовато-серых илистых глин и глинистых, мелкозернистых полимиктовых песков.

Минералогический состав тяжелой фракции представлен эпидотом и цоизитом – 62%, обыкновенной роговой обманкой – 28%, актинолит-тремолитом – 11%, сфеном – 2%, единичными зернами циркона, рутила, граната, апатита, лимонита. Палеогеографический коэффициент 0,05.

Спорово-пыльцевые спектры – светлохвойных лесов. Из травянистых растений встречены единичные зерна: Gramineae, Compositae, Artemisia sp., Polygonaceae, Polygonum bistorta L., Rosaceae.

Отложения перекрыты делювием североуральского надгоризонта, торфами горбуновского горизонта, залегают на мезозойских корах выветривания. Мощность от 5 до 12 м.

С ними связаны россыпи золота.

Возраст аллювия камышловской террасы принят по аналогии с фаунистически охарактеризованными отложениями соседних районов и определен как стрелецкий и ханмейский горизонты позднего неоплейстоцена.

Эллювиальные образования (eIII) встречаются спородически в пределах приподнятого отпрепарированного пенеплена Среднего Урала. Приурочены к плоским вершинам холмов. Представлены продуктами физического выветривания коренных пород: суглинками и глинами со щебнем.

Залегают на мезозойских корах выветривания и коренных породах, перекрыты только современными палюстринными отложениями. Мощность от 0,1 до 1-2 м.

В схеме стратиграфии Урала [32] возраст определен как поздний неоплейстоцен.

Полигенетические образования (pgIIIsv) широко развиты на выровненных междуречьях и геоморфологически они приурочены к континентально-морской цокольной равнине Зауралья.

Они представлены бурыми, коричнево-бурыми известковистыми глинами, суглинками и супесями. В верхней части разреза они слабо облессованы, в нижней – содержат неокатанные зерна кварца и карбонатные включения. Гранулометрический состав (в %): гравий – 4,3; песок – 8,6; алеврит – 80,2. Состав песка и гравия: кварц, полевые шпаты, обломки местных пород. Глинистая фракция представлена гидрослюдой. Тяжелая фракция представлена эпидотом и цоизитом, роговой обманкой, пироксенами, тремолит-актинолитом, сфеном, апатитом, лейкоксеном, цирконом, ильменитом.

Залегают на озерных, аллювиальных и озерных отложениях уйско-убоганской свиты, аллювии батуринской свиты, среднеуральском делювии, неогеновых и палеогеновых отложениях, мезозойских корах выветривания и коренных породах. Мощность колеблется от 2-3 до 6 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых глин.

В схеме стратиграфии Урала [32] возраст определен как соответствующий североуральскому надгоризонту.

Делювиальные отложения (dIIIsv) распространены на склонах гор и речных долин, под торфяными образованиями в понижениях современного рельефа.

Отложения представлены бурыми, серовато-бурыми, желтовато-бурыми песчаными глинами и суглинками со щебнем местных пород, с включением гравия и полуокатанной гальки кварца.

Североуральский делювий перекрывает аллювиальные отложения высоких террас, среднеуральский делювий, озерные, аллювиальные и озерные отложения уйско-убоганской и увельской свит, мезозойские коры выветривания. Мощность 2-3 м до 5 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых и кирпичных глин.

В схеме стратиграфии Урала [32] возраст делювия определен как соответствующий североуральскому надгоризонту.

**Верхнее звено – горбуновский горизонт голоцена**

Отложения этого возраста представлены делювиальными и аллювиальными отложениями (d,aIII-Hgr). Наблюдаются по логам и мелким притокам рек.

Они представлены бурыми, желтовато-бурыми, буро-коричневыми, зеленовато-бурыми песчаными глинами, полимиктовыми песками с гравием, галькой и суглинками со щебнем местных пород и валунами.

Залегают на неогеновых ложковых отложениях, мезозойских корах выветривания и коренных породах. Мощность до 8 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых глин и россыпи золота.

Возраст отложений определен как поздний неоплейстоцен – горбуновский горизонт голоцена.

**Голоцен**
**Горбуновский горизонт**

Отложения горбуновского возраста представлены аллювиальными, озерными, озерными и палюстринными, техногенными образованиями.

Аллювиальные отложения русла и пойменных террас (aHgr) широко развиты по всем современным рекам и ручьям. Высота поверхности пойменных террас над урезом реки составляет до 3-4 м, ширина – от 10 м до 200-300 м.

Аллювий низкой и высокой поймы представлен серыми, голубовато-серыми песчаными глинами с прослоями разнозернистых, полимиктовых песков с галькой и гравием слабой степени окатанности. С глубиной количество песка и гравийно-галечного материала увеличивается до 60-70%, в базальном горизонте отмечаются валунно-галечные отложения.

Отложения русла представлены разнозернистыми, полимиктовыми песками и галечно-гравийным материалом.

По шлихам, отобранным из русловых частей рек, минералогический состав тяжелой фракции представлен: эпидотом – от 23 до 60%, амфиболом – от 10 до 25%, гранатами – от 2 до 15%, магнетитом – от 6 до 16%, ильменитом – 3-10%, сфеном – 1-3%, цирконом – 1-2%, единичными зернами рутила, кианита, апатита, монацита, золота. Палеогеографический коэффициент меньше единицы.

Отложения залегают на аллювии камышловской террасы, мезозойских корах выветривания и коренных породах. Мощность до 15м.

С ними связаны россыпи золота.

Возраст датируется горбуновским горизонтом голоцена.

Озерные отложения (lHgr) приурочены к современным ваннам озера Куртугуз и другим. К ним относятся береговые и донные отложения современных озер, а также осадки заторфованных или высохших озер. Береговые отложения представлены глинистыми песками с галькой кварца и палеозойских пород, которые часто формируют озерные террасы, донные – иловатыми глинами и илами темно-серого цвета.

Залегают на озерных отложенияхверхнего звена, мезозойских корах выветривания и породах палеозоя. Мощность до 5 м.

Возраст озерных осадков определен в объеме горбуновского горизонта голоцена.

Горбуновская свита. Она представлена озерными и палюстринными образованиями (l,plH*gr*), приуроченными к современным заболоченным пространствам.

Образования представлены иловатыми глинами с растительным детритом, илами. Палюстрий представлен торфом. Залегают на мезозойских корах выветривания, на аллювии и делювии позднего неоплейстоцена, породах палеозоя. Мощность до 5 м.

В схеме стратиграфии Урала [32] возраст озерных и палюстринных образований определен в объеме горбуновской свиты голоцена.

Палюстринные образования (plH*gr*) развиты очень широко особенно в северо-восточной части полигона и приурочены к современным заболоченным понижениям рельефа и плоским водоразделам. На площади находится значительное количество торфяников. Они образуются путем заростания озер, либо формируются в долинах рек, низинах и на участках избыточного увлажнения.

Палюстрий представлен торфами и иловатыми глинами.

Отложения залегают на озерных, аллювиальных и делювиальных отложениях позднего неоплейстоцена, неогеновых отложениях, мезозойских корах выветривания и породах палеозоя. Мощность от 0,5 до 9 м.

С ними связаны месторождения торфа.

Учитывая перекрывание торфяниками всех других генетических типов четвертичных образований и согласно схеме стратиграфии Урала [32] возраст определен как горбуновский горизонт голоцена.

Техногенные образования ($tHgr^2$) занимают незначительные площади в районе г. Сухой Лог и вблизи других населенных пунктов. К ним отнесены рыхлые продукты отвалов горных выработок (карьеров), шлакоотвалов предприятий, свалки бытовых отходов (твердых и жидких, прудки очистных сооружений). Отвалы представлены глыбами, щебнем, супесями и суглинками со щебнем коренных пород. Мощность до 10 м.

Возраст техногенных образований определен как верхняя часть горбуновского горизонта.

### 3.3.2. Интрузивные образования

В пределах Сухоложского полигона распространены интрузивные образования разного возраста и состава. Во всех случаях эволюция магматизма во времени характеризуется гомодромной направленностью.

#### 3.3.2.1. Среднеордовикские интрузии

В западной части полигона встречена протрузия серпентинитов, трассирующая разрывное нарушение внутри Рефтинского массива габброидов. В западной части массива наблюдается обилие аналогичных пород, относимых исследователями к альпинотипной дунит-гарцбургитовой формации среднеордовикского возраста. Данные породы, как правило, серпентинизированы в разной степени.

#### 3.3.2.2. Раннедевонские интрузии

Интрузии этого возраста слагают Рефтинский массив. На территории Сухоложского полигона располагается восточная часть массива. Массив сложен породами трех фаз. Первая фаза представлена габбро, реликты которых слагают поля внутри Рефтинского массива. Габбро – разнозернистое, от мелкозернистых до пегматоидных с пятнистой, иногда трахитоидной текстурой. Основными минералами являются плагиоклаз, пироксен, роговая обманка. Породы несут следы интенсивной дислоцируемости, по отдельным зонам развивается травянисто-зеленый эпидот.

Основная часть массива сложена породами второй фазы габбродиоритами. Текстура пород – грубопятнистая.

Завершающей является третья фаза кислого состава, представленная тоналитами, плагиогранитами, аплитами. Обычно тела гранитоидов – мелкие, ветвящиеся. С ними сопряжены зоны ассимиляции, сложенные гибридными породами, по составу изменяющимися от габбро до кварцевых диоритов и тоналитов. Гранитоиды обычно слагают мелкие тела, рассредоточенные среди габброидов по всему массиву

### 3.3.2.3. Среднедевонские интрузии

Среднедевонские интрузии представлены сухоложским субвулканическим комплексом. Петрографический состав данного комплекса пестрый – от базальтов до риолитов. По объему преобладают базальты и андезибазальты, которые образуют тела с площадью выхода первые км. Субвулканические образования кислого состава обычно образуют мелкие тела в виде даек. Субвулканические породы слагают тела причудливой формы и подчинены, как правило, радиально-дуговым разломам вулканических построек.

Среди субвулканических образований сухоложского комплекса выделяются интрузии базальтов, андезибазальтов, андезитов, дацитов, риолитов. Обычно эти породы лучше раскристаллизованы, чем аналогичные породы субфации текучих лав, а также большим размером вкрапленников.

Интрузии андезибазальтов можно наблюдать к северо-западу от базы отдыха «Бережок» на левобережье р. Пышмы. Субвулканические андезиты встречаются на левобережье реки Пышмы в верховьях ручьев Устиниха и Рудянка. В этом районе формы тел интрузий удлиненные, размером до 1,5 км.

Интрузии дацитов и риолитов наблюдаются на интервале от реки Рудянка до устья реки Шата. Местами обнажающиеся эндоконтактовые зоны интрузий риолитов, в зависимости от состава вмещающих пород, сложены гибридными мелкопорфировыми дацитами, андезитами и риолитами.

### 3.3.2.4. Раннекаменноугольные интрузии

В Алапаевско-Айбыкульской подзоне данные интрузии представлены бекленищевским субвулканическим комплексом. В составе комплекса выделяется две фазы. Первая фаза представлена габбродолеритами, долеритами и базальтами. Вторая фаза представлена породами кислого состава – риолитами и трахириолитами. Субвулканические образования представляют собой дайки и дайкообразные тела, ориентированные в близмеридиональном направлении. Вмещающими породами являются осадочные и вулканогенные образования. Породы первой фазы имеют темно-серую, черную, зеленовато-серую окраску. Характерные крупные вкрапленники пироксена и плагиоклаза. Риолиты и трахириолиты окрашены в светлые тона – белые, кремовые. Вкрапленники представлены кварцем, плагиоклазом.

В Рефтинско-Каменской подзоне интрузии раннекаменноугольного возраста представлены смолинским комплексом гипабиссальных габбродолеритов, долеритов. Морфологически данные породы представляют собой малые тела и дайки. Размер дайкообразных тел варьирует от первых десятков сантиметров до первых сотен метров по мощности и до 4 км по простиранию. Распространенность тел комплекса контролируется системой близ меридиональных разломов. Субвулканические образования, как правило, сложены однообразными по составу габбродолеритами в зонах закалки вблизи контактов с тонко-мелкозернистой структурой и средне-крупнозернистыми центральными частями.

### 3.3.2.5. Ранне-среднекаменноугольные интрузии

К ранне-среднекаменноугольным интрузиям отнесен некрасовский комплекс. Комплекс включает три интрузивные фазы (габбро-диорит-гранитовый). В рамках Сухоложского полигона можно наблюдать только магматические породы третьей (заключительной) фазы внедрения в виде некрупного (площадью 0,3 км) саттелита и одиночными дайками. Граниты, слагающие интрузив, являются мелкозернистыми биотитовыми, иногда с округлыми, элепсовидными зернами кварца. Дайки представлены биотитовыми гранодиорит-порфирами.

В северном направлении от Сухоложского полигона наблюдается серия массивов некрасовского комплекса (Артемовский, Алтынайский).

### 3.3.2.6. Позднепермские-раннетриасовые интрузии

В пределах Алапаевско-Айбыкульской подзоны различными исследователями выделялись маломощные тела и дайки и описывались как пикриты, керсантиты, миненета. Они характеризуются ультраосновным и основным составом в ассоциации с флогопитом, апатитом, иногда ортоклазом. Отличительной особенностью этих пород является высокое содержание редких земель цериевой группы (сумма редких земель 600-900г/т).

В районе р. Шаты среди пород сухоложской толщи изучены дайки мощностью до 2-3 м трахибазальтов с порфировыми выделениями клинопироксена и гидробиотита. Структура основной массы интерсертальная, в стекле много апатита и карбоната. Ранее эти дайки диагностировались как керсантиты. Порода имеет темно-серый цвет с зеленоватым оттенком, массивную текстуру, порфировую и мелкозернистую структуры. Дайки всегда имеют зоны закалки. Местоположение даек – левый берег р. Пышмы напротив Беленковской плотины и на левом берегу р. Шата в 1100 м от устья.

## 3.3.3. Тектоника

Характерной чертой геологического строения Сухоложского полигона является близмеридиональная ориентировка крупных тектонических структур в плане и слоисто-блоковое глубинное строение. По результатам интерпретации по Асбестовскому сейсмическому профилю, поверхность Мохо находится на глубине 37-39 км.

В изученном районе выделяется два структурных этажа, представленных структурно-тектоническими комплексами: ордовикско-триасовый (позднеуральский) и мезозойско-кайнозойский (урало-сибирский).

Как указывалось ранее, Сухоложский полигон находится на границе Рефтинско-Каменской и Алапаевско-Айбыкульской подзон. Границей подзон является крупный Тыгишский разлом меридиональной ориентировки. Вдоль Тыгишского разлома (ранее именуемое Рефтинской зоной смятия) породы рассланцованы, будинированы, милонитизированы, содержат протрузии серпентинитов (северней полигона), интенсивно переработаны гидротермальными процессами, в меньшей степени – экзогенными (линейное выветривание).

К Тыгишскому разлому торцово примыкает Рефтинский массив и Некрасовско-Маминский блок, представленный вулканогенными формациями среднего девона. Среди вулканитов встречаются пачки осадочных пород тонкозернистых фаций (свидетельство глубоководных условий).

В Алапаевско-Айбыкульской подзоне выделено 4 блока. Для данной подзоны характерна устойчивая линейная форма блоков, близмеридиональная ориентировка, перемежаемость блоков, сложенных девонскими и каменноугольными образованиями.

В западном направлении выделяется Куртугузский блок, представленный осадочно-вулканогенными образованиями нижнего карбона, интенсивно и неравномерно дислоцированными.

Сухоложский блок сложен преимущественно вулканитами среднего девона. Здесь уверенно картируются фации вулканитов, в том числе выделена серия вулканических построек центрального типа. С вулканитами ассоциируют реликты коралловых рифов с обилием колоний строматопор. Положение рифовых построек позволяет отнести их к береговым барьерным рифам. В меньшем объеме представлены верхнедевонские морские образования – кремнистые, сменяющиеся во времени прибрежно-морскими грубообломочными. Толщи осадочных пород неравномерно смяты в систему пологих гребневидных и крутых складок. Вдоль осевых плоскостей складок обычно сформированы зонки дробления и брекчирования.

Кунарский блок сложен нижнекаменноугольными терригенно-угленосными (прибрежными) образованиями. Разрез наращивается морскими карбонатными образованиями того же возраста. На р. Кунара в мелких тектонических блоках локализованы прибрежно-морские отложения среднекаменноугольного возраста. Породы неравномерно смяты в складки, особенно интенсивно вблизи разрывных нарушений.

Буланашский блок представлен вулканитами среднего девона. О его строении мало данных, так как он перекрыт чехлом молодых отложений.

Помимо главных (меридиональных) разломов в описываемом районе широко развиты разрывные нарушения разной ориентировки, возраста и морфологии. Для вулканогенных структур характерна радиально-кольцевая система разломов. Наиболее молодые разломы имеют близширотное простирание. Разломы выражаются зонами смятия, рассланцевания, тектоническими брекчиями, зеркалами скольжения, уступами в рельефе, водопадами, логами, линейными карстовыми формами. Нередко разломы залечены дайками и жилами.

Мезозойско-кайнозойский структурно-тектонический комплекс сформирован в условиях платформенного режима и представляет собой чехол молодой платформы. На начальной платформенной стадии континентального рифтогенеза в районе сформировалиль грабенообразные прогибы, сопровождающиеся образованием риолит-платобазальтовой формацией (за пределами полигона).

С этим этапом, по видимому, связано формирование малых тел лампроитоидов на «плечах» грабенообразных впадин. Впадины выполнены красноцветными угленосными осадками челябинской серии, со сменой сероцветными в верхних частях разреза.

Реликты подобных впадин имеют место в Буланашском блоке в восточной части геополигона.

На водоразделах в юре и мелу сформировались коры выветривания. Синхронно происходило развитие карста. В пределах карстовых полостей произошло накопление меловых отложений (песчано-глинистых). Средняя (основная) часть платформенного чехла представлена морскими отложениями верхнего мела, палеоцена-эоцена. Верхняя часть чехла сформировалась в миоцене, после регрессии моря.

### 3.3.4. Гидрогеология

Среди подземных вод Сухоложского района выделяются четыре главных типа: трещинные, трещинно-карстовые, пластово-трещинные и пластово-поровые.

Первые два типа подземных вод приурочены к области распределения пород палеозойской эратемы, а пластовые воды фиксируются среди толщ кайнозойских отложений.

**Собственно-трещинные воды** развиты в основном среди толщи эффузивных пород девонского возраста и в меньшей степени среди песчано-сланцевых пород каменноугольного возраста: водообильность указанных пород небольшая, что определяется по дебиту источником, который обычно не превышает 0,1-0,2 л/с. Наибольшая водообильность локальной зоны, тяготеющей к тектоническим нарушениям в массивных породах.

**Трещинно-карстовые воды** приурочены к известнякам визейского яруса, отличаются большим расходом источника, который достигает 15-25 л/с. За счет подземных вод этого типа проектируется водоснабжение города Сухой Лог, здесь дебит скважин, побурненных в визейских известняках, достигает 55 л/с.

**Пластово-поровые воды** концентрируются в четвертичных песках и палеозойских песчаниках, образуя источники с дебетом до 5 л/с.

**Пластово-трещинные воды** карбонатных и терригенных пород дают многочисленные источники с колебаниями дебита от 0,05 до 0,3 л/с.

### 3.3.5. Геоморфология

Согласно геоморфологическому районированию, проведенному А.П.Сиговым (1962, 1969), рассматриваемая территория расположена в пределах двух геоморфологических районов – отпрепарированного Зауральского пенеплена и континентально-морской цокольной равнины Западно-Сибирской низменности. Граница между районами проходит по пос. Алтынай, западной окраине пос. Курьи и восточной окраине д. Кашино.

**Отпрепарированный Зауральский пенеплен** – это почти плоская, иногда слабо волнистая денудационная равнина, полого наклоненная с запада на восток от абсолютных отметок 220 до 160 м. Выравивание этой поверхности произошло в юрском периоде. В период морских трансгрессий мела и палеогена эта территория покрывалась морем. Затем, под воздействием денудации чехол морских осадков был смыт и на дневную поверхность был снова выведен древний мезозойский пенеплен. За новейший тектонический этап территория испытала поднятие на 150 – 200 м.

**Континентально-морская цокольная равнина** – это типичная равнина с плоскими, часто заболоченными междуречьями. Породы фундамента здесь перекрыты толщей морских и континентальных мезо-кайнозойских отложений. Мощность их увеличивается с запада на восток от первых метров до 70 м.

Основными морфологическими элементами этого района являются плоские котловины, разделенные небольшими грядками с относительным превышением 0,5 – 1.5 м. Возраст цокольной равнины послеэоценовый. В неотектонический этап произошло поднятие территории на 100 – 150 м.

В результате проявления неотектонических поднятий на оба типа рельефа наложился эрозионно-аккумулятивный рельеф новейшего этапа. Основными формами рельефа этого типа являются междуречья и речные долины.

**Формы рельефа междуречий** описаны при характеристике поверхностей отпрепарированного Зауральского пенеплена и континентально-морской цокольной равнины Западно-Сибирской низменности. Что касается речных долин, то они четко подразделяются на две группы: долины крупных рек и долины малых рек. К первой группе относятся долины рр. Пышмы, Рефта, Кунары; ко второй – их многочисленные притоки (речки Мокрая, Рудянка, Знаменка, Брусяна, Шата, Усолка и др.).

**Долины крупных рек** прорезают описанные выше геоморфологические районы в широтном и субширотном направлении Характер речных долин резко меняется в зависимости от положения в том или ином геоморфологическом районе.

В пределах Зауральского пенеплена долины крупных рек глубоко врезаны (45 – 50 м), часто имеют каньонообразный поперечный профиль. Склоны долин слабо террасированы, характерны врезанные меандры. Даже высокая пойма часто бывает цокольной.

В пределах цокольной равнины долины крупных рек расширяются (до 1.5 – 2 км), имеют ящикообразный поперечный профиль. Склоны их террасированы. Наблюдается до четырех надпойменных террас. В придолинных склонах и на междуречьях встречаются “мертвые “ долины, не связанные с современной гидросетью.

**Долины малых рек** не в такой степени изменчивы от их положения в пределах разных геоморфологических районов как долины крупных рек, ибо все они имеют, в основном, меридиональное и субмеридиональное направление. В верховьях почти все долины малых рек имеют вид ложбин или лощин, в средней части они, как правило расширяются, появляется террасированность склона (1 – 2, максимум 3 террасы), в низовьях долины малых ренк в большинстве случаев сильно сужены, имеют V-образный поперечный профиль. Продольный профиль долин малых рек не выработан (порожистое, каменистое русло, водопады). Расширение и сужение долин связано с особенностями литологического состава пород, а также с проявлениями новейших и современных тектонических движений локального характера.

### 3.3.5.1. Речные террасы

В долинах крупных рек Сухоложского района прослеживается два комплекса террас: пойменные и надпойменные. К пойменным террасам относятся низкая и высокая поймы, а остальные – надпойменным.

**Низкая пойма** прослеживается в виде прерывистых полос по обеим сторонам русла в пределах цокольной равнины и фрагментарно – в пределах пенеплена. Ширина ее от первых метров до первых сотен метров, высота – от 0.5 до 1.0 м. Небольшие острова в руслах рек в большинстве случаев относятся к пойме. Низкая пойма всегда аккумулятивная, сложена осадками русловой фации – песками, галечниками. Возраст отложений низкой поймы позднеголоценовый.

**Высокая пойма** развита повсеместно. Высота ее колеблется от 0.8 до 3 м, ширина достигает 200 м. На поверхности высокой поймы часто прослеживается несколько уступов, высота которых не превышает 0.5 – 0.7 м. Высокая пойма в большинстве случаев аккумулятивная. Наблюдается четкая дифференциация осадков поймы: верхи сложены песчано-глинистыми осадками пойменной фации, а низы - гравийно-песчано-галечными осадками русловой фации. Осадки высокой поймы датируются ранним голоценом (3 – 10 тыс. лет).

**Первая надпойменная терраса.** Ширина террасы достигает 300 м, высота – от 3 до 6 м. Поверхность террасы ровная, обычно слегка наклонена в сторону тылового шва. Прослеживается терраса фрагментарно. Возраст первой надпойменной террасы 12 – 20 тыс. лет (верхи позднего плейстоцена).

**Вторая надпойменная терраса** имеет ограниченное распротранение в области Зауральского пенеплена и значительное – в области цокольной равнины.

В пределах Зауральского пенеплена терраса чаще всего эрозионно-аккумулятивная (цокольная), где высота цоколя колеблется от 1 до 5 м.

В пределах цокольной равнины терраса аккумулятиная. Разрез террасы четко дифференцирован на фации (русловая, пойменная). Возраст террасы – низы позднего плейстоцена (70 – 100 тыс. лет).

**Третья надпойменная терраса** имеет весьма ограниченное распространение, слабо изучена. Терраса всегда эрозионно-аккумулятивная. Высота поверхности террасы над урезом реки 12 -–20 м, цоколя – 8 –15 м.Возраст террасы – верхи среднего плейстоцена.

**Четвертая надпойменная терраса** развита очень широко по крупным рекам района в пределах цокольной равнины. Высота поверхности террасы над урезом реки колеблется от 5 до 35 м. Терраса сложена грубым псчано-гравийным материалом полимиктового состава с диагональной слоистостью. Возраст данной террасы – средний плейстоцен (200 тыс. лет).

**В долинах малых рек** прослеживаются 1 –2 (максимум 3) террасы голоценового возраста и одна (максимум 2) позднеплейстоценовые террасы.

**Из малых эрозионных форм рельефа** в Сухоложском районе широким развитием пользуются балки , ложбины, лощины, а в пределах цокольной равнины – овраги.

Широким развитием пользуются **конусы выноса**. Их возраст голоценовый.

### 3.3.5.2. Карстовые формы рельефа

Современный карст на территории Сухоложского района развит ограниченно. Небольшие участки его отмечены на междуречье рек Пышмы и Кунары, главным образом, на склонах речных долин, где карстующиеся породы (известняки) непосредственно выходят на дневную поверхность или перекрыты маломощным чехлом четвертичных отложений.

Формы современного карста: западины, воронки, пещеры.

**Западины** – понижения (блюдца) глубиной до 2 м и диаметром до 50 м (суффозионно-карстовый тип рельефа).

**Воронки** – углубления округлой, овальнлй или неправильной формы. Размер колеблется в широких пределах: глубина – 2 –15 м, даметр – до 30 м.Образование карстовых воронок обуславливается наличием зон повышенной трещиноватости и контактов известняков с терригенной толщей. По происхождению различают: провальные воронки, воронки выщелачивания и просасывания.

**Пещеры** – крупные пустоты в породах. Встречаются по рекам Пышме и Кунаре в пределах площадей развития известняков. Пещеры небольщие, обычно в виде ниш (пешера Гебауэра и др.).

Древний погребенный карст в современном рельефе не выражен, вскрывается карьерами, буровыми скважинами. Основные формы древнего карста – воронки и котловины. Воронки выполнены континентальными отложениями мела. Образование древнего карста района происходило, в основном в мезозое.

## 3.3.6. Полезные ископаемые

В описываемом районе имеются месторождения полезных ископаемых различных типов: горючие, металлические, неметаллические и строительных материалов.

### 3.3.6.1. Горючие полезные ископаемые

Горючие полезные ископаемые района представлены месторождениями и проявлениями каменого угля. Открытие каменного угля в районе с. Сухоложского относится к 1947 г. Было установлено, что наиболее значительные скопления каменного угля приурочены к двум горизонтам терригенной толщи ранневизейского возраста. Проявления угля представляют собой линзообразные включения среди углисто-глинистых и углистых сланцев. Хотя подсчитанные запасы угля весьма значительны, изменчивость угленосности по мощности, простиранию и падению, а также интенсивной дислоцированностью слоев не позволяет вести здесь добычу в промышленных масштабах.

### 3.3.6.2. Металлические полезные ископаемые

Металлические полезные ископаемые района представлены проявлениями железных, медных и алюминиевых руд, а также россыпей золота.

**Железные руды** района представлены лимонитами инфильтрационного происхождения (алапаевского типа). Лимониты приурочены к основанию “беликовой” толщи и обычно располагаются в понижениях карстового рельефа нижнекаменноугольных известняков. Лимониты встречаются в Кашинском руднике на левом берегу реки Кунары, в 200 метрах западнее южной окраины села Кашино. Рудник представлен карьером размером 200х300 м. и глубиной до 30 м. Бурые железняки образуют гнездообразные тела, приуроченные к низам беликовой толщи, залегающей на закарстованной поверхности известняков.

Также лимониты имеются в Свято-Чудовском месторождении, который расположен в верхней части правого склона долины реки Кунары против северо-восточной окраины села Кашино. Формы залегания лимонита те же, что на Кашинском руднике.

**Бокситы** (руда на алюминий) были обнаружены южнее курорта Курьи в 1943 году. Данные геологоразведочных работ, проведенных с целью поисков и разведки бокситов, свидетельствует о том, что рудные тела мощьностью до 5 метров залегают на глубине 6-20 м. от поверхности и имеют карстовое ппроисхождение.

**Медно-сульфидная минерализация** в районе была впервые отмечена в 1950 г. в риолитах на левом склоне долины р. Пышмы в 520 м. выше Сухоложской плотины. Рудная минерализация представлена в основном пиритом и халькопиритом.

**Полиметаллическая минерализация.** В районе устья реки Каменки в левом борту реки Пышмы встречаются обломки карбонатных пород с пиритом, сфалеритом, халькопиритом и галенитом. В двух км севернее устья реки Каменки была пройдена линия поисковых скважин, в одной из которых среди андезитов и долеритов порфировых и микрокварцевых была встречена сульфидная минерализация, представленная жилками пирита мощностью до двух см., вкрапленники халькопирита, галенита. Серноколчеданная и полиметаллическая минерализация простирается разобщенно. Сфалерит, халькопирит и галенит приурочены к доломитовым прожилкам, представляют полиметаллический тип оруденения.

**Золото** в коренном залегании известно в верхнем течении реки Рефт за пределами исследуемой территории. В шлиховых пробах оно встречено на р.р. Рудянка, Пышма, Брусяна, Каменка.

**Серный колчедан.** Пиритная минерализация широко распространена в ряде пунктов в породах самого различного состава и генезиса. Она известна в порфировых риолитах на р. Рудянке и на правом берегу р. Пышмы у базы практики, в вулканитах на р. Рефт, в риолитах ближе устья р. Шаты, в туфах андезитов, базальтов, а также в

конгломератах левого берега р. Каменки против д. Валовой. Колчеданная минерализация имеет гидротермальное происхождение.

### 3.3.6.3. Неметаллические полезные ископаемые

Неметаллические полезные ископаемые в районе представлены незначительными проявлениями исландского шпата и жильного кварца.

**Исландский шпат**. Кристаллы и друзы прозрачного кальцита встречаются в известняковом карьере на левобережье р. Пышмы в 0,5 км к юго-востоку от пещеры Гебауэра и в известняковом карьере цементного завода (в 2-х км к юго-востоку от ст. Кунара). Размеры кристаллов достигают 3 см.

**Жильный кварц** известен в левом склоне долины р. Пышмы между автодорожным мостом и д. Глядены. Качество его не высокое, запасы не известны

### 3.3.6.4. Строительные материалы

В Сухоложском районе имеются проявления строительных материалов, а также сырья, пригодного для производства строительных материалов. К ним относятся известняки, огнеупорные, цементные и кирпичные глины, опоки, песчано-гравийный материал, природный щебень и бутовый камень.

**Известняки** распространены в районе чрезвычайно широко. Обнажения их прослеживается вдоль р. Пышмы от г. Сухого Лога до пос. Курьи и по р. Кунара от с Кашино до с. Заимка. Добыча известняков для производства цемента производилась на Кунарском карьере известняков. На Ново-Сухоложском месторождении производится добыча цементных глин и аргиллитов среди терригенных пород нижнего карбона. На Курьинском месторождении разрабатываются эоценовые трепела и опоки.

**Глины.** Месторождения глин в Сухоложском районе достаточно разнообразны. Цементные и кирпичные глины разведаны на правом берегу р. Пышмы к югу от ж/д линии, где они образуют покров мощностью 6-10 м. огнеупорные глины добывались на водоразделе рек Пышма и Кунара в районе д. Кашино. Разработка шла шахтным, а затем открытым способом. На правом берегу реки Кунара известны белые каолиновые глины.

Кроме того, в районе известны месторождения строительных песков и глин, песчаников и конгломератов, опок и трепелов, минеральных красок.

### 3.3.6.5. Подземные воды

Полоса карбонатных пород шириной около 4,5 км между реками Пышма и Кунара образует самостоятельную гидравлическую систему, которая выделена в качестве Кашинского месторождения подземных вод. Площадь месторождения составляет 24 км$^2$. В пределах Кашинского месторождения находится несколько водозаборов и родник Сухоложской бумажной фабрики. Основной водоотбор происходит на Кунарском карьере известняков. На всех водозаборах Кашинского месторождения подземных вод отбирается 7,8 тыс. м$^3$/сут.

## 3.4. Экологическая характеристика района

Оценка экологической ситуации производится на всех стадиях геологоразведочных работ, поэтому на практике студенты обязаны приобрести необходимые навыки подобной оценки.

Сухоложский геополигон согласно геоморфологическому районированию находится в двух геоморфологических районах: отпрепарированном Зауральском пенеплене (западная часть) и континентально-морской цокольной равнине (восточная часть).

На полигоне выделяется три морфологических типа природных ландшафтов: денудационная равнина, цокольная равнина, долины крупных и малых рек. Из техногенных ландшафтов выделены два типа: техногенно-образованные и техногенно-измененные. К первым относятся карьерные поля, отстойники, торфоразработки. Ко вторым отнесены промышленные зоны городов, поселков, загрязненные участки почвогрунтов, поверхностных вод.

Денудационная равнина характеризуется плоскими междуречьями с пологим уклоном местности от 207 м на западе до 170 м на востоке с узкими коньонообразными долинами. Район имеет сложное геологическое строение. Развиты магматические и осадочные породы. Район относится к лесостепной зоне. Леса сосновые и березово-сосновые. Почвы дерново-подзолистые, реже лугово-болотные.

Цокольная равнина характеризуется плоским рельефом с уклоном от 170 до 137 м. В геологическом строении преобладают осадочные породы, в том числе мезозоя и кайнозоя. Почвы дерново-подзолистые, серые лесные, луговые и болотистые.

Долины рек (Пышма, Рефт, Кунара) проходят транзитом через всю территорию полигона. По долинам развит пойменный и террасовый комплекс. Характерны скальные выходы коренных пород, боковая и глубинная эрозия. Реки часто зарегулированы системой прудов. Почвы в речных долинах аллювиальные и торфяно- подзолистые. Растительность лугово-кустарниково-лесная.

Техногенно-измененные ландшафты – это в основном промышленные и служебные зоны городов и других населенных пунктов. Наиболее крупным населенным пунктом является г. Асбест с промышленными объектами. Наиболее вредным объектом для окружающей среды является цементный завод с большими объемами выбросов пыли. Дорожная сеть развита в основном в черте населенных пунктов. Внешние транспортные артерии представлены автодорогами и железными дорогами местного значения. Вдоль трасс выделяются линейно вытянутые линейные техногенные аномалии.

Естественный режим многих рек изменен созданием на них прудов и водохранилищ, вдоль береговой линии которых развиваются оползневые процессы.

Наиболее загрязненной рекой является р. Пышма из-за промышленных и хозяйственно-бытовых стоков г. Екатеринбурга, Березовска, В.Пышмы. В воде р. Пышма зафиксированы тяжелые металлы, фенолы, фтор, мышьяк, медь с концентрациями превышающими нормы.

К промышленному загрязнению окружающей среды добавляется загрязнение атмосферы, почв, гидросферы выбросами Рефтинской ГРЭС. Протяженность выброса загрязняющих веществ Рефтинской ГРЭС составляет 30 км (след загрязнения зафиксирован в зимний период по космическому снимку), т.е. загрязняются почвы до г. Сухой Лог.

Сельскохозяйственная освоенность территории составляет четвертую часть площади (в основном пригородно-овоще-картофеле-молочные направления). Навозохранилища, склады ГСМ и удобрений, свалки, шлакохранилища, накопители очистных сооружений дают начало локальным природным и природно-техногенным аномалиям.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение производится из скважин и родников. Динамика изменения состава подземных вод в процессе эксплуатации скважин свидетельствует об увеличении минерализации в 1,1-2,3 раза за счет увеличения концентрации хлоридов, сульфатов, нитратов.

Карьерные воды эксплуатируемых месторождений строительных материалов по данным мониторинга также изменяют свой состав. На Кунарском карьере известняков зафиксировано увеличение содержания сульфат иона в результате аэрогенного загрязнения серной кислотой от выбросов завода «Вторцветмет» (г. Сухой Лог) и окисления сульфидных минералов в техногенной зоне аэрации. Загрязнителями подземных вод являются также свалки бытовых отходов. При отработке карьеров в процессе понижения уровня подземных вод формируется техногенная зона аэрации. Восстановительные условия сменяются окислительными, что приводит к окислению сульфидов коры выветривания и загрязняющих соединений в теле свалки и переводу их в растворимые формы.

В затопленный карьер рудника «Белая глина» производится сброс производственных стоков Сухоложского завода мостовых и дорожных конструкций. Стоки содержат повышенные концентрации нефтепродуктов, хлоридов, сульфатов. Вся сбрасываемая вода поступает в подземные воды.

Влияние экзогенных процессов на экологию среды незначительное. На локальных участках наблюдается оврагообразование. В долинах рек происходят малоактивные процессы донной и боковой эрозии. Небольшие оползни зафиксированы по крутым берегам прудов. Вблизи озер и прудов отмечено заболачивание. В пределах развития карбонатных пород установлено карстообразование. При бурении скважин карстовые формы вскрыты до глубины 117 м. Максимальная закарстованность проявлена в верхней части разреза (до 30-50 м), что соответствует глубине вреза долины р. Пышмы – основной дрены района. Карстовые воронки и полости развиваются в известняках по трещинам напластования и кливажа. Наиболее глубоко в толщу известняков проникает мезозойский карст. Он, как правило, залечен глинистым и песчаным материалом. Открытые карстовые полости, образовавшиеся в четвертичное время, встречаются до глубины 45-50 м. Положение карстовых форм необходимо учитывать при строительстве сооружений, мостов, линий ЛЭП.

Студентам предлагается провести экологическое районирование в рамках выделенных полигонов по степени влияния техногенных изменений на природный ландшафт. Для этого рекомендуется использовать классификацию из 4 групп.

1. Изменения не превышают 10% территории (не измененные).
2. Изменения составляют 10-25% территории (слабо измененные).
3. Изменения составляют 25-50% территории (средне измененные).
4. Изменения составляют более 50% территории (сильно измененные).

# Рекомендуемая литература:

## Изданная


1. Горский И.И. **Детальная геологическая съемка с. Сухоложского.** / Тр. Геолкома, вып. 182, 1928.
2. Кейльман Г.А., Желобов П.П. и др**. Учебная геологосъемочная практика.** Учебное пособие. - Свердловск: Изд. СГИ им. В.В.Вахрушева, 1981.
3. Козин А.В. **Геофизические исследования Сухоложского полигона в Зауралье.** Учебное пособие.-Екатеринбкрг: Изд.УГГГА, 2004.
4. **Методическое руководство по геологической съемке масштаба 1: 50 000.** /Под редакцией Купмана А.С. – Л.: Недра, 1978.
5. Огородников В.Н. и др**. В краю потухших вулканов.** Учебное пособие. -Екатеринбург: Изд. УГГГА, 1997.
6. Огородников В.Н. и др**. Геологические маршруты по Сухоложскому и Каменскому полигонам**. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002.
7. **Наставления по сбору и изучению палеозойских кораллов.** – М.: Наука, 1964.
8. **Наставления по сбору и изучению брахиопод.** – М.: Наука, 1962.
9. **Полевая геология: справочное руководство.** - Л., Недра, 1989.
10. Сигов А.П. **Геоморфология Урала.** – В сб.: Геология СССР, т. ХП, ч. 1, кн. 2. –М.: Недра, 1969.


## Фондовая


1. Олерский В.П. и др. **Геологическая съемка и геологическое доизучение масштаба 1: 50 000 групповым методом Рефтинской площади.** –Свердловск, 1978.
2. Рыбалко В.А. и др. **Геологическое доизучение масштаба 1: 200 000 Адуйской площади, лист О-41-XXVI (Среднеуральская серия).** – Екатеринбург, 2002.

**Приложение 1**

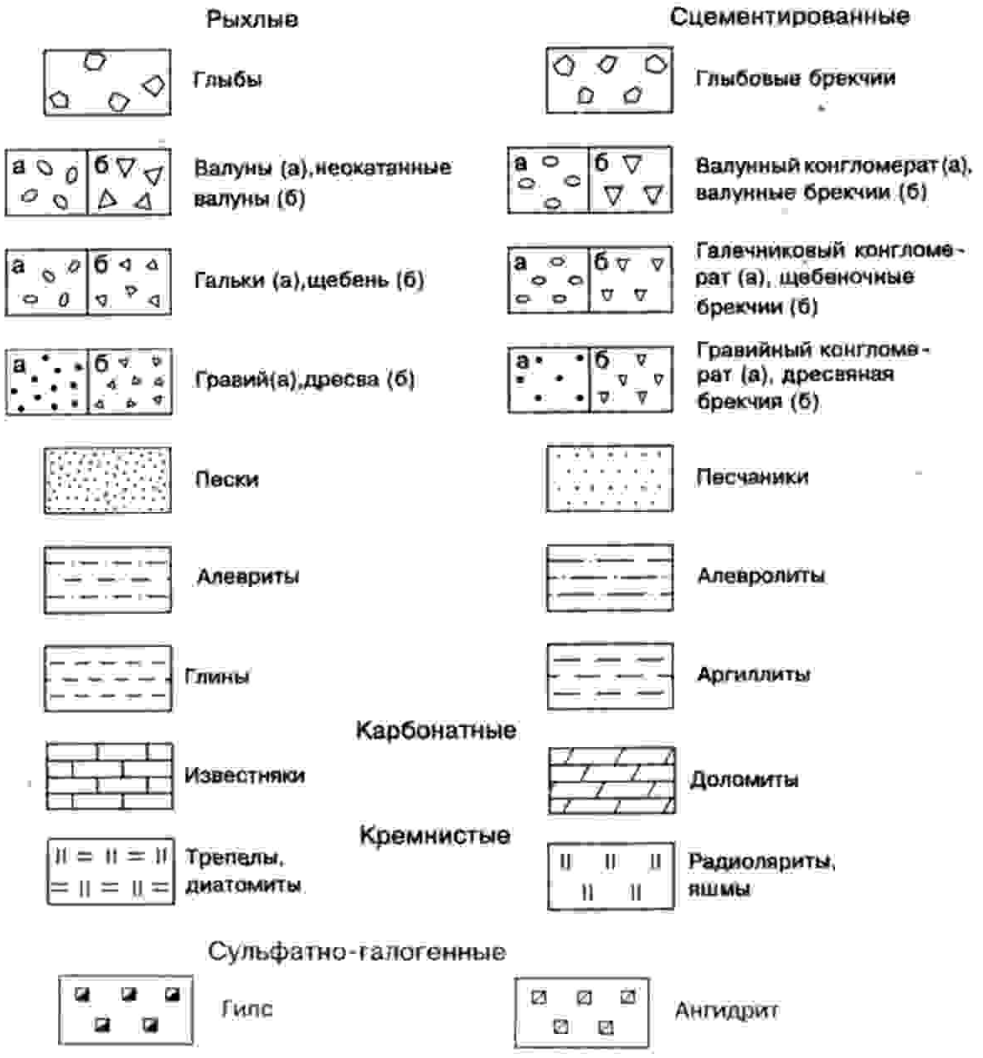
**План описания пород различных типов**

| Осадочные | Вулканогенные | Магматические |
|---|---|---|
| • Характер чередования типов пород по вертикали | • Характер чередования типов пород по вертикали | • Минеральный состав |
| • Тип переслаивания, ритмичность | • Тип переслаивания, ритмичность | • Полосчатость, линейность, их залегание |
| • Мощность образований общая | • Мощность образований общая | • Включения, ксенолиты, стяжения, пустоты, размер, ориентировка |
| •Характеристика специфических образований | •Характеристика специфических образований | • Границы фациальных зон |
| • Степень литификации | • Элементы залегания флюидальности, порфировых выделений, обломков | • Эндоконтактовые зоны |
| • Зернистость, размеры и форма зерен, их минеральный состав | • Состав, форма и размеры порфировых выделений, содержание | • Вторичные изменения |
| • Обломки пород, их состав, форма, окатанность, содержание, сортировка, ориентировка | • Включения, форма, размеры, окатанность, рспределение по породе, содержание | |
| • Пористость, пустоты заполнения | • Основная масса, раскристаллизация, количество стекла, структура | |
| • Цемент, его состав, тип выполнения, содержание | • Характер дислокаций, трещиноватость | |
| • Вещественный состав (карбонатность, углистость, прожилки …) | •Литокристалло-класты, форма, размер, сортированность, содержание | |
| • Запах, его интенсивность | • Обломки пород, состав, размер, форма, окатанность, содержание | |
| • Наличие и состав конкреций, стяжений, включений | • Цемент, структура, состав, тип выполнения, содержание | |
| • Органические остатки, сохранность, внешний облик, распределение | • Вторичные изменения (изменения окраски, структуры, состава, свойств) | |

| Метаморфические | Метасоматические |
|---|---|
| • Минеральный состав, форма и размер зерен | • Минеральный состав, форма и размер зерен |
| • Сланцеватость, кливаж, элементы залегания, соотношение кливажа с полосчатостью | • Метаморфическая зональность, ее направленность, интенсивность |
| • Изменения минералов и породы | • Название первичной породы |
| • Фация метаморфизма | |
| • Первичная порода | |
| • Ультраметаморфизм | |

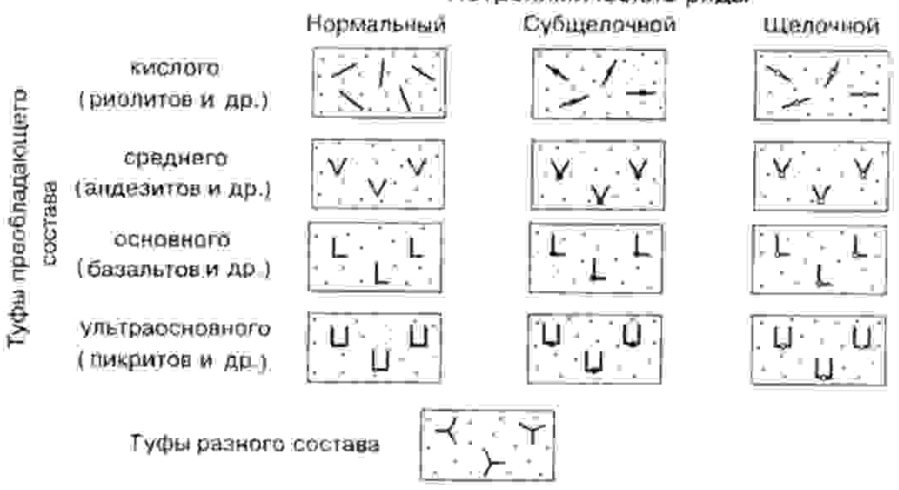
## Условные обозначения:

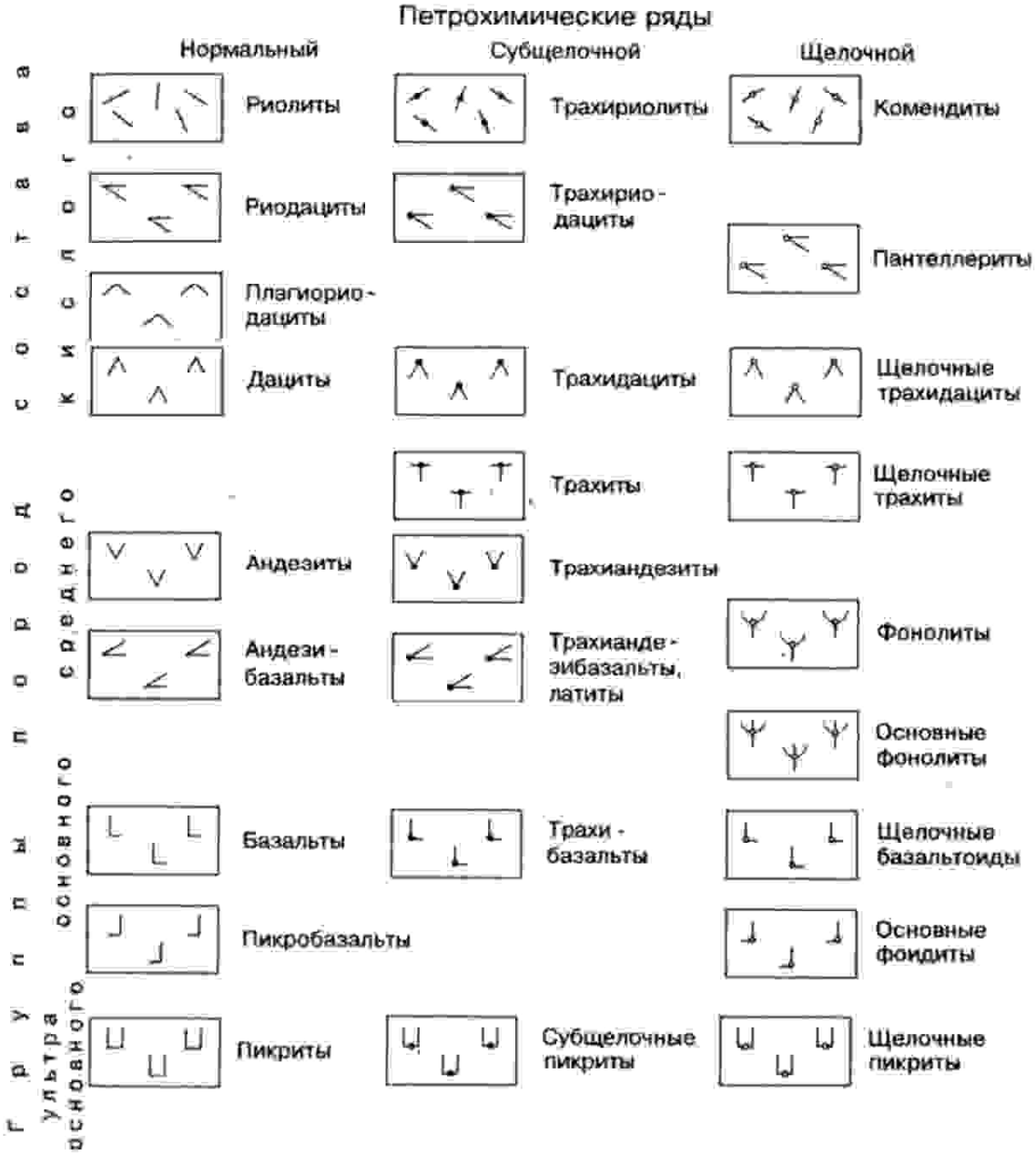
### Обломочные и глинистые породы разного состава




### ВУЛКАНОКЛАСТИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

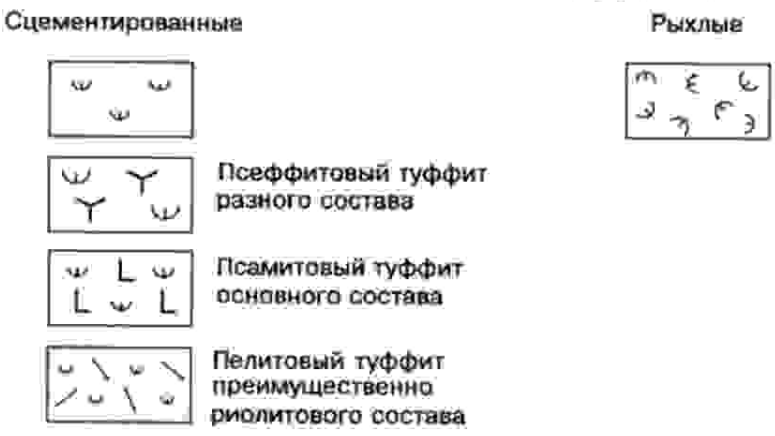
Эксплозивно-обломочные породы сцементированные (туфы)





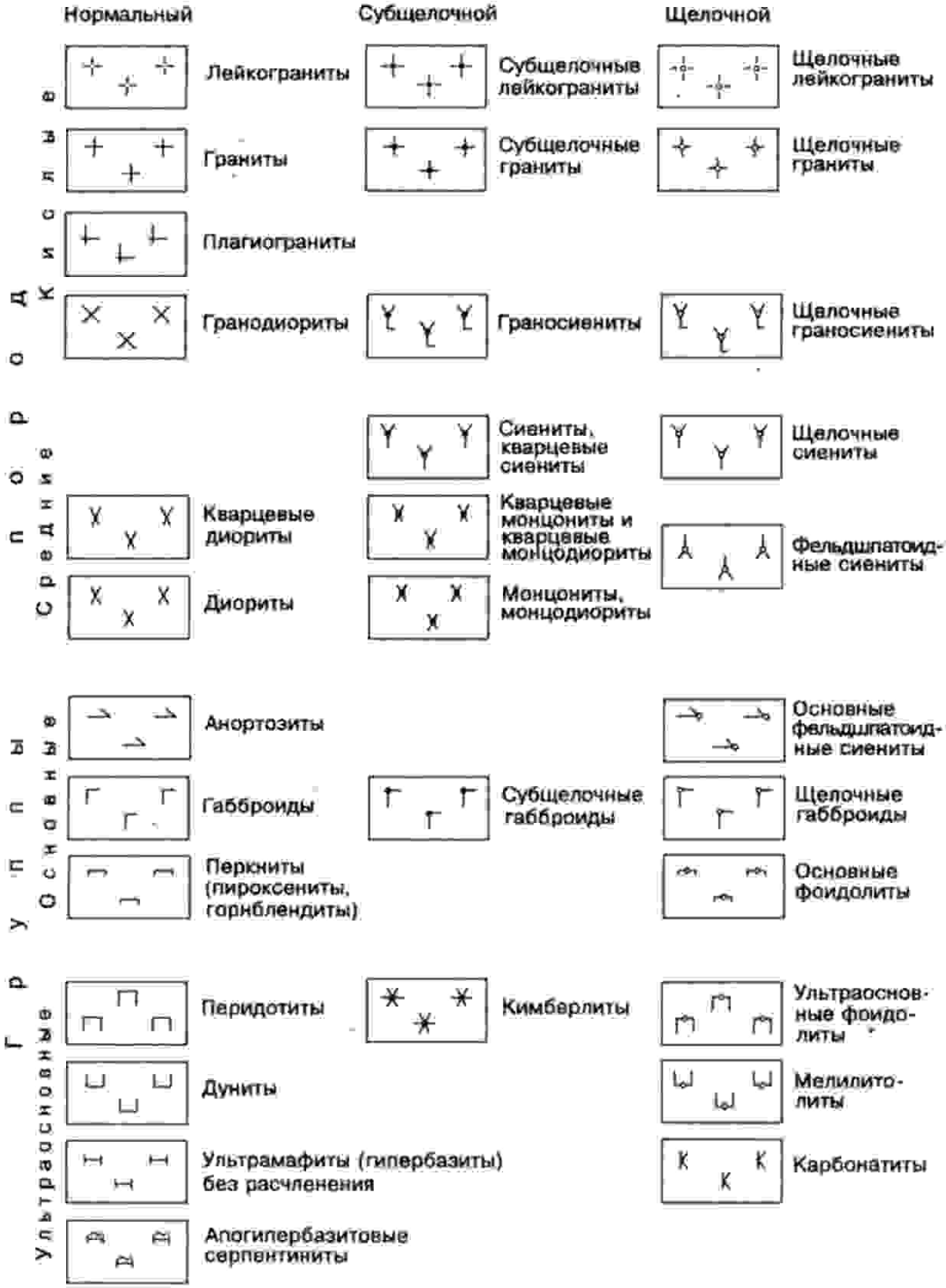

## ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ

### Осадочно-пирокластические породы (туффиты)



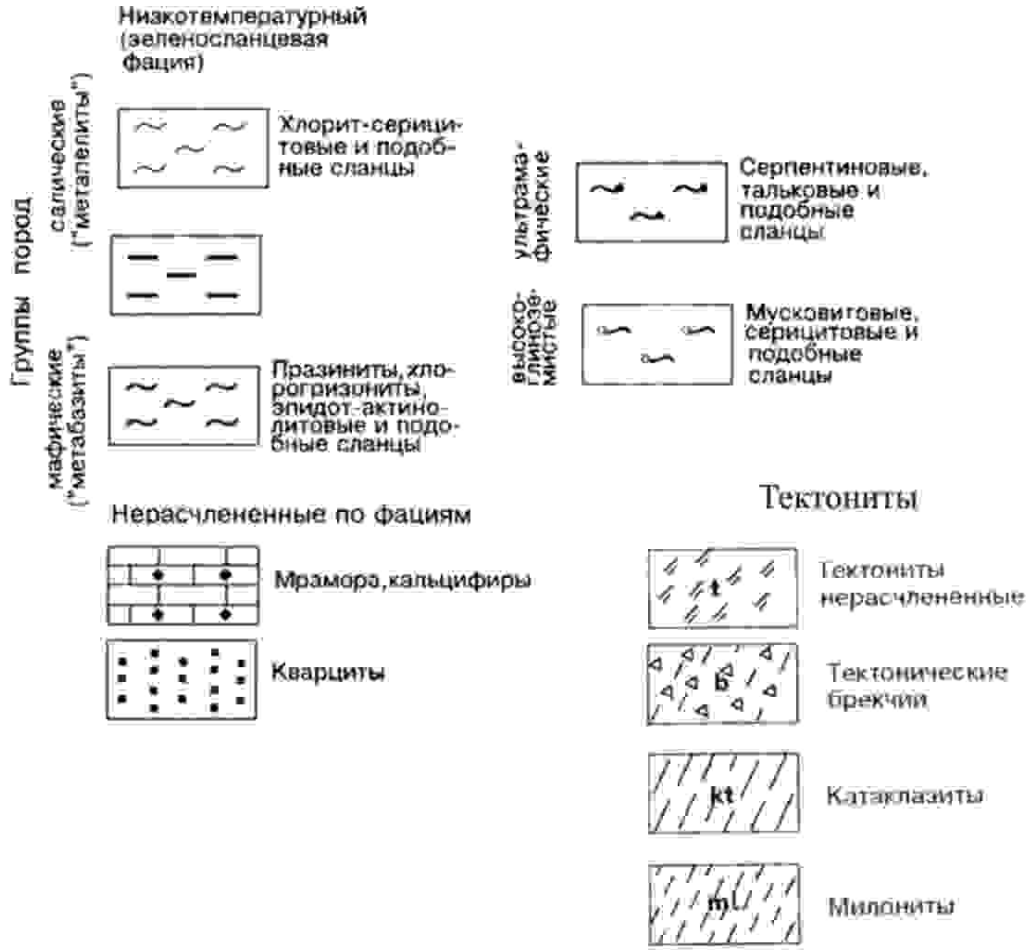
# СЕМЕЙСТВА ИНТРУЗИВНЫХ ПОРОДГ

## Петрохимические ряды




Порфировые породы обозначаются комбинацией знаков видов или разновидностей пород с точками

## Метаморфические породы




## СОСТАВ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ



МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
## ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

## ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод***
***и инженерно-геологические изыскания***

Автор: Гуман О. М., д.г-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии
*(название кафедры)*
Зав.кафедрой _____
*(подпись)*
Тагильцев С. Н.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 19 от 12.02.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией
Факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

## Оглавление

АННОТАЦИЯ МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ....3
1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ....3
2. МЕСТО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СТРУКТУРЕ ООП ВО....3
3. ПОРЯДОК ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ....4
4. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА....5
5. СОДЕРЖАНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА....8
6. ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ ПО ГИДРОГЕОЛОГИИ....14
7. ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ....15
8. ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ И РАБОТ ПО ГЕОЭКОЛОГИИ 17
9. ПРЕЗЕНТАЦИИ....17
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ФОРМА ЗАДАНИЯ НА ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ (РАБОТУ)....19
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА....23
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ОБРАЗЕЦ ШТАМПА....24

## АННОТАЦИЯ МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ

Методические указания по составлению выпускной квалификационной работы (ВКР) подготовлены в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки 21.05.02 «Прикладная геология», специализация «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания». Государственная итоговая аттестация - защита ВКР - предполагает написание ВКР в соответствии с требованиями, предъявляемыми к такого рода работам специалистами, защиту ВКР на заседании комиссии ГАК под руководством ведущих производственников отрасли в регионе.

В процессе формирования специалиста дипломное проектирование играет большую роль, завершая процесс обучения в университете.

Методические указания содержат требования к содержанию ВКР, к их оформлению, к презентационным материалам, к порядку выполнения.

ВКР состоит из пяти частей: общей, специальной, проектной, экономической, охрана труда при выполнении запроектированных работ.

ВКР состоит из трех частей: общей, специальной, результативной.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Цели работы – выявление и закрепление теоретических и практических знаний, полученных студентами в университете, при составлении ВКР и оценка степени подготовленности студента к самостоятельной работе в условиях современного производства.

Задачи работы:

1. Систематизация и расширение теоретических и практических знаний студентов по специальности и применение этих знаний при решении конкретных научных, производственных или экономических задач.
2. Приобретение практических навыков составления проектов (работ) по специальности.
3. Обучение основным приемам и методам проектирования, защиты результатов своей деятельности.
4. Приобретение опыта в составлении презентаций по теме ВКР.

## 2. МЕСТО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Выполнение ВКР относится к модулю Б.3.- «Государственная итоговая аттестация» основной образовательной программы по направлению подготовки 21.05.02 «Прикладная геология», специализации «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания».

## 3. ПОРЯДОК ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Выполнение ВКР начинается с выдачи дипломного задания по форме, приведенной в приложении 1. Тема дипломного проекта (работы)выбирается студентом-дипломником совместно с руководителем – преподаватель выпускающей кафедры, утверждается заведующим выпускающей кафедры, закрепление за студентом темы дипломного проекта (работы) оформляется приказом ректора. В приказ включаются только студенты полностью закончившие теоретический курс обучения, сдавшие все экзамены, зачеты и курсовые проекты, предусмотренные учебным планом и программой обучения.

Темы ВКР должны носить научно-производственный характер и проект по степени обоснования и объему должен быть максимально приближен к проектам производственных организаций (или научно-техническим отчетам). В отдельных случаях, студентам, имеющим склонность к научным исследованиям, проект может быть заменен исследовательской работой. Эта форма ВКР наиболее трудоемкая, но в то же время более творческая и интересная, она способствует подготовке научных сотрудников, исследователей в различных областях знаний.

В исследовательской работе должны рассматриваться вопросы экономики, производиться расчеты оптимального варианта, определяться экономическая целесообразность применения новых методов. Экономическая целесообразность работы подтверждается справкой из производственных организаций, заинтересованных в результатах данной работы.

В ходе подготовки ВКР студент имеет возможность консультироваться с преподавателями кафедр техники и технологии разведки, геофизики, экономики. Список преподавателей-консультантов предоставляется студентам в начале процесса подготовки ВКР. По результатам консультаций составляются соответствующие разделы ВКР. Оценка и подпись преподавателя-консультанта должны быть приведены в задании на выполнение ВКР (приложение 1).

В течение первой недели дипломник разрабатывает и представляет руководителю календарный план работы над проектом на весь период дипломирования. Два раза в процессе дипломирования студент обязан отчитываться перед руководителем о ходе дипломного проектирования. В случае неподготовленности дипломника решается вопрос о продолжении процесса дипломирования или о допуске его к защите. Студен не выполнивший дипломный проект в срок по неуважительной причине отчисляется из университета за неуспеваемость, имеет право восстановиться в университете и защитить дипломный проект на следующий год. По окончанию университета ему выдается справка.

Законченный и набранный на компьютере, на одной стороне стандартного листа писчей бумаги ВКР подписывается дипломником и вместе с графическими приложениями и заключениями консультантов (по геофизическому, производственному и экономическому разделам), представляется на подпись ответственному руководителю ВКР, который ее оценивает.

Далее ВКР утверждается заведующим кафедрой и передается на отзыв представителям производства.

Ежегодно выпускающая кафедра подготавливает список рецензентов из специалистов профильных организаций, который утверждается ректором университета. Ответственный за дипломирование на выпускающей кафедре за четыре дня до защиты ВКР направляет студентов к внешним рецензентам.

После положительной оценки ВКР рецензентом, она передается для защиты в Государственную аттестационную комиссию (ГАК).

Во время публичной защиты дипломник должен в лаконичной форме (в течение 15 мин.) доложить основные вопросы, разработанные в каждой части (разделе) ВКР. Доклад должен начинаться с названия темы и цели проектирования. После краткого исторического обзора состояния вопроса, рассматриваемого в проекте, освещаются основные разделы выполненной работы. Более подробно дипломник должен остановиться на рассмотрении специальной части ВКР. Доклад заканчивается подробным анализом технико-экономических показателей проектируемых работ. Во время доклада необходимо постоянно обращаться к демонстрационной графике и представленной к защите коллекции образцов пород.

После доклада члены ГАКа задают вопросы, на которые нужно отвечать кратко, но исчерпывающе полно, тщательно продумав ответ. Также в сжатой форме должен быть построен ответ дипломника на замечания рецензента.

Государственная аттестационная комиссия на закрытом заседании рассматривает отзывы руководителя, рецензента, от производства, консультантов и после обсуждения результатов защиты выносит решение об оценке проекта (в случае разногласий между членами комиссии, вопрос решается голосованием) и присвоении квалификации горного инженера по специальности 21.05.02 Прикладная геология, специализация подготовки Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания

В отдельных случаях ГАК может рекомендовать ВКР или их отдельные части для использования в промышленности или для опубликования в печати.

Студенту, получившему при защите неудовлетворительную оценку, разрешается повторная защита в следующую сессию, но на другую тему. Студент, не защитивший ВКР и в следующую сессию получает свидетельство об окончании университета с перечнем сданных дисциплин, но без присуждения квалификации горного инженера-геолога.

Все исходные материалы для выполнения ВКР, а также негативы фотографий и микрофотографий, шлифы и полировки, каменный материал и др. студент обязан сдать на кафедру, ВКР сдается в архив института на бумаге и на кафедру на цифровом носителе информации в конверте, на котором подписывается название ВКР, год, группа, ФИО студента, выполнившего ВКР.

## 4 ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ВКР

ВКР оформляется в соответствии с ГОСТ 7.32-2001. Структурные элементы дипломного проекта следующие:

- титульный лист;
- реферат;
- содержание;
- введение;
- общий раздел;
- специальный раздел;
- проектный раздел;
- экономический раздел;
- безопасность жизнедеятельности;
- заключение;
- список использованных источников;
- список текстовых приложений
- список графических (внетекстовых) приложений

Страницы текста ВКР должны соответствовать формату А4 по ГОСТ 9327. Допускается представлять иллюстрации, таблицы и распечатки с ЭВМ на листах формата А3.

При написании текста должны быть поля: левое – не менее 30 мм, правое – не менее 10 мм, верхнее и нижнее – по 20 мм.

Текст ВКР делят на разделы, подразделы, пункты. Заголовки разделов пишут симметрично тексту прописными буквами, без подчеркивания. Перенос слов в заголовках не допускается, в конце страницы заголовки не помещают, точка в конце заголовка не ставится. Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всей работы и обозначаться арабскими цифрами с точкой в конце. Введение и заключение не нумеруются. Подразделы нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого раздела, например: 2.3. (третий подраздел второго раздела); более дробные подразделения нумеруются в пределах разделов и подразделов, например 2.3.1. и т.д. (между цифрами и в конце номера ставятся точки). Страницы текста нумеруются арабскими цифрами, проставляемыми в верхнем правом углу. Титульный лист, дипломное задание входят в общую нумерацию, но номер страницы на них не ставят. Иллюстрации (таблицы, графики, рисунки), которые расположены на отдельных страницах, включаются в общую нумерацию страниц .

Таблицы нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах раздела. В правом верхнем углу таблицы, перед ее заголовком помещается надпись «Таблица 2.1» (первая таблица второго раздела). При переносе части таблицы на другую страницу пишется «Продолжение табл. 2.1». Таблицу помещают в тексте сразу за первым упоминанием о ней. Если в одной и той же графе таблицы приводятся целые числа и числа с десятичными знаками, следует соответственно в целых числах дополнительно после запятой проставлять нули. Одинаковые цифры заменять кавычками не допускается. Отсутствие данных отмечается прочерком в графе.

Все иллюстрации в тексте именуются рисунками и нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах раздела. Например: Рис. 2.1 (первый рисунок второго раздела). Иллюстрации должны быть расположены так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота текста или с поворотом по часовой стрелке.

Иллюстрации располагают после первой ссылки на них. Образец оформления:

Гидравлические насосы



а – коловратный; б – шестеренчатый

1 – корпус; 2 – входной патрубок; 3 – цилиндр; 4 – лопатки; 5 – выходной патрубок; 6 – пружина лопаток; 7 – шестерни; 8 – шарик; 9 – пружина клапана

рис. 2.1.

Формулы вписываются в текст с использованием кнопок вставка - формула. Формулы следует выделять из текста свободными строками, если уравнение не вмещается в одной строке, оно может быть перенесено после знаков равенства и знаков (+), (-), (х), (:). Пояснения значений символов в формулах следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента дается с новой строки. Первую строку объяснения начинают словом «где» без двоеточия.

Формулы нумеруются арабскими цифрами в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в разделе, разделенные точкой. Номер указывается с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках, например, (3.1) – первая формула третьего раздела.

Ссылки в тексте на источники литературы допускается приводить в подстрочном примечании или указывать порядковый номер по списку литературы, выделяя в квадратные скобки; ссылки на иллюстрации – указывается соответствующие номер иллюстрации, например: рис. 2.1. Аналогично даются ссылки на формулы: «… в формуле (3.1)…» и таблицы, например, «…в табл. 2.1 …». Если ссылки даются на таблицы, иллюстрации и др., помещенные в другом разделе текста, то указывается: «… см. табл. 1.3».

**При оформлении списка литературы** по каждому изданию указывается фамилия и инициалы автора (авторов), точное название, место издания, наименование издательства, год издания, количество страниц. Для журнальной статьи указываются фамилия и инициалы автора, название статьи, название журнала, год выпуска, номер журнала, страницы, занимаемые в журнале статьей. Список литературы должен включать только издания, использованные в работе, т.е. те, которые цитировались, на которые делались ссылки или которые послужили основой для формулирования точки зрения студента. Все цифры, цитаты и чертежи, заимствованные из литературных источников, следует снабдить обязательными ссылками на источник с полным описанием издания в списке использованной литературы. Список использованной литературы составляется в строго приоритетном порядке, начиная с нормативных правовых актов федерального уровня, индивидуальных и коллективных монографий, научных статей и т.д.- Вначале в алфавитном порядке указывается опубликованная отечественная литература, затем

рукописная и в конце списка – иностранная литература. Для каждого литературного источника приводятся данные: номера по порядку, фамилия и инициалы автора, полное наименование работы, место издания, название издательства, год и повторность издания, объем в страницах, для рукописей указывается место хранения.

Все приложенные к ВКР чертежи на отдельных листах по своим форматам, условным обозначениям, раскраске, шрифтам и масштабам должны соответствовать существующим стандартам (представлять чертежи на листах произвольного размера не разрешается). Штампы на чертежах выполняются согласно приложению 3. Все графические приложения должны быть выполнены лично автором проекта, категорически запрещается передавать их выполнение другим лицам. При размещении карт в презентацию рекомендуется выполнить масштабирование рисунка в виде масштабной линейки. В конце дипломного проекта приводится список графических приложений.

ВКР должны быть переплетены, переплет жесткий, записаны на диск в формате pdf или doc, dwg.

До сдачи на рецензирование заведующий кафедры назначает инженера кафедры для проверки текста дипломного проекта по программе «Антиплагиат». На бланки дипломного задания инженер ставит свою подпись.

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ВКР

**Титульный лист** оформляется по образцу, приложение 2.

***Реферат*** должен содержать:

сведения об объеме отчета, количестве иллюстраций, таблиц, приложений, количестве частей отчета, количестве использованных источников;

перечень ключевых слов;

текст реферата.

[из п. 5.3.2 ГОСТ 7.32-2001]

Перечень ключевых слов должен включать от 5 до 15 слов или словосочетаний из текста ВКР, которые в наибольшей мере характеризуют ее содержание и обеспечивают возможность информационного поиска. Ключевые слова приводятся в именительном падеже и печатаются строчными буквами в строку через запятые [из п. 5.3.2.1 ГОСТ 7.32-2001]

Текст реферата должен отражать:

объект исследования или разработки;

цель работы;

метод или методологию проведения работы;

результаты работы;

основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики;

степень внедрения;

рекомендации по внедрению или итоги внедрения результатов НИР;

область применения;

экономическую эффективность или значимость работы;
прогнозные предположения о развитии объекта исследования.

**Структура ВКР следующая:**

- содержание;
- введение;
- общий раздел;
- специальный раздел;
- проектный раздел;
- экономический раздел;
- безопасность жизнедеятельности;
- заключение;
- список использованных источников;
- список текстовых приложений
- список графических (внетекстовых) приложений.

**Содержание** помещается в начале дипломного проекта (после дипломного задания). В нем указываются все разделы, подразделы и пр., имеющие самостоятельные заголовки. Указывается только страница, на которой начинается соответствующий раздел, подраздел.

**Введение** начинается с географического и административного положения района работ, полное наименование дипломного проекта с указанием цели запроектированных работ. Кратко описывается методика ранее проведенных работ, оцениваются их результаты, полнота исследований. Рассматриваются задачи, которые необходимо решить в результате проектируемых работ. Указывается организация, где студент проходил преддипломную практику, освещается характер работ, выполненных студентом самостоятельно. Указывается фамилия руководителей практики от производства и от кафедры (или факультета). В качестве иллюстрации к введению должна быть приложена мелкомасштабная обзорная карта (географическая или геологическая), на которую наносятся границы запроектированных работ.

**Общий раздел** включает физико-географическое описание района работ, геологическую, геофизическую, гидрогеологическую и инженерно-геологическую изученность, геологическое строение, гидрогеологические условия, инженерно-геологические условия, геоэкологические условия района проектируемых работ.

***Физико-географическое описание*** начинается с характеристики административного положения участка проектируемых работ и экономики района.

Далее идет характеристика рельефа, где отмечается степень расчлененности рельефа, наиболее характерные абсолютные и относительные отметки поверхности, превышения основных форм рельефа над долинами рек (глубина вреза), описывается перечень террас, степень обнаженности и дренированности района работ.

Гидрографическая характеристика включает описание рек и озер, сведения о величине поверхностного стока (коэффициенты и модуль стока, объем стока), о качестве поверхностных вод, о водоохранных зонах, категории водотока или водоема.

В характеристике климатических условий приводятся следующие данные: температура воздуха, атмосферные осадки, влажность воздуха, атмосферное давление, господствующее направление ветров. Испарение и испаряемость, глубина сезонного промерзания, наличие многолетней мерзлоты, ее распространение, мощность, характер появления на поверхности земли. Все фактические данные по климату, как правило, приводятся в виде таблиц, графиков среднегодовых и среднемесячных значений за многолетний период.

Промышленно-экономическая характеристика включает данные о населенности района работ, обеспеченности предприятий местной рабочей силой, о путях сообщения, , об энергетической базе и топливных ресурсах, о водоснабжении района работ, о развитии промышленности и сельского хозяйства, , о перспективах дальнейшего развития экономики района исследований.

Иллюстрациями к этой главе могут быть гипсометрическая карта или схема, аэрокосмоснимки, фотографии, графики, рисунки, зарисовки.

***Геологическая, геофизическая, гидрогеологическая, инженерно-геологическая, геоэкологическая изученность*** включает краткий перечень основных исследований, проводившихся в районе работ. Дается краткий обзор каждого вида изученности, приводится критический анализ основных работ, основные результаты и возможность использования их при проектировании.

Глава сопровождается картограммой изученности, таблицей с основными результатами прошлых работ, схемами и т.п.

***Геологическое строение*** включает описание стратиграфии и литологии, тектоники, геоморфологии, истории геологического развития, полезные ископаемые.

В разделе стратиграфия и литология приводится описание развитых в районе работ пород (от древних к молодым). Интрузивные образования и коры выветривания описываются отдельно в конце раздела. Для каждого стратиграфического подразделения указывается распространение, условия залегания, характеристика контактов, состав, крупность и форма минеральных образований, обломков, характер цемента, особенности пространственного изменения фаций и мощности, геохимические данные, фауна и флора.

Для скальных и полускальных пород особое внимание уделяется описанию трещиноватости (генезис, степень раскрытия, глубина и закономерность распространения), кавернозность, наличие заполнителя, количественные характеристики трещиноватости пород (модуль трещиноватости, модуль кусковатости, блочность, % раздробленного материала, RQD).

Для четвертичных отложений обязательным является описание генезиса, гранулометрического состава, состояния.

Глава иллюстрируется геологической картой, сводной стратиграфической колонкой, геологическими разрезами, фотографиями шлифов, образцов, обнажений, керна, диаграммами трещиноватости, зарисовками.

Тектоника начинается с привязки участка работ к крупным тектоническим структурам. дается тектоническое районирование, описываются развитые на участке работ структуры, их размеры и возраст, складчатые и разрывные нарушения, тектоническая трещиноватость. Характеризуется практическое значение тектоники

района для формирования коллекторских свойств или степени прочности горных пород, на активизацию физико-геологических процессов. Отмечается наличие и роль новейшей тектоники, современных тектонических движений, землетрясений в хозяйственном освоении территории.

Глава сопровождается тектонической схемой района (в тексте), диаграммами трещиноватости, зарисовками, фотографиями.

***Геоморфология.*** В главе приводится систематическое описание всех выделенных на карте генетических типов и форм рельефа, условий их образования с характеристикой зависимости форм рельефа от состава пород, геолого-структурных и гидрогеологических особенностей района.

Большое внимание уделяется описанию неотектонических процессов, проявляющихся в районе. Подробно описываются речные долины, ледниковые и водно-ледниковые формы, указывается количество и типы террас, их ширина, высота и характер поверхности. Отмечается влияние геоморфологии района на глубину залегания, условия питания, циркуляции и разгрузки подземных вод.

В заключение дается краткое представление об истории развития рельефа и гидрографической сети, выводы о новейших тектонических движениях, и типе, характере, амплитудах, пространственной связи с древними структурами.

Описания иллюстрируются в тексте зарисовками, схемами, профилями долин, междуречий, фотографиями и аэрофотоснимками.

Глава сопровождается геоморфологической картой с нанесением на нее условными знаками современных физико-геологических явлений.

***История геологического развития***. В этой главе, на основе изложенного в предыдущих главах материала, описываются по отдельным этапам, от более древних к молодым, все стороны геологического развития исследованного района (осадко-накопление, тектоника, магматизм, метаморфизм, процессы континентального выветривания и т.д.), На основании фациально-литологического и тектонического анализов геологического разреза в исторической последовательности и взаимосвязи проводится восстановление физико-географической обстановки, условий седиментации и их изменений во времени. Глава должна явиться обоснованием для понимания современной картины гидрогеологических условий, развития физико-геологических процессов и особенностей физико-механических свойств пород.

***Полезные ископаемые.*** В настоящем разделе дается краткая характеристика месторождений и проявлений полезных ископаемых на изучаемой площади, перспективы поисков и разведки месторождений (рудных, нерудных, техногенных полезных ископаемых, строительных материалов), роль гидрогеологических и гидрогеохимических методов в поисках полезных ископаемых.

***Гидрогеологические условия.*** Если ВКР посвящена гидрогеологическим исследованиям, то настоящая глава должна быть изложена наиболее полно.

Описание гидрогеологических условий начинается с указания приуроченности района к определенной гидрогеологической структуре, водонапорной системе в соответствии с районированием России. Далее проводится конкретное описание

гидрогеологии района или участка работ, которое начинается с характеристики общей гидрогеологической стратификационной схемы, а затем производится детальное описание всех выделенных водоносных зон, комплексов и горизонтов в стратиграфической последовательности (от молодых к более древним) в следующем порядке:

1) приуроченность водоносных комплексов и горизонтов к тем или иным геологическим образованиям, их распространение, литологический состав, характер залегания и мощность, одновременно указывается наличие водоупорных горизонтов и подгоризонтов, их выдержанность в геологическом разрезе;

2) физические и водные свойства горных пород по данным лабораторных и полевых исследований;

3) гидравлический характер горизонтов, величины напоров, положение пьезометрической или свободной поверхности подземных вод;

4) фильтрационные свойства водоносных пород, расчет коэффициентов фильтрации, водопроводимости, уровне- и пьезопроводности, анализ зависимости дебитов от понижений;

5) характеристика водообильности водоносных горизонтов, комплексов, зон, определяемая фактическими данными по дебитам скважин, родников, колодцев;

6) химический, бактериологический и газовый состав подземных вод и оценка их пригодности для различных нужд народного хозяйства, агрессивность подземных вод;

7) области и условия питания, движения и разгрузки подземных вод, распространение напоров, особенности режима уровней, температуры и химического состава по данным сезонных, годовых и многолетних наблюдений;

8) взаимосвязь водоносных горизонтов между собой и с поверхностными водоемами;

9) практическое значение водоносного горизонта, сведения о запасах подземных вод, их восполняемости, об особенностях эксплуатации (для минеральных вод дается характеристика эксплуатации, каптажа, годовые изменения температуры, дебита, химического и газового состава).

В таком же порядке описываются все другие имеющиеся типы гидрогеологических подразделений как относительно водоупорные, так и водоупорные.

Кроме описания водоносных горизонтов, также в стратиграфической последовательности, в единой схеме описания всех выделенных подразделений характеризуются водоупорные породы, их литологический и гранулометрический состав, водные и физические свойства пород, фациальная изменчивость по простиранию и в вертикальном разрезе, изменения мощности, степень изолированности водоносных горизонтов друг от друга, от влияния поверхностных вод. При наличии такового, дается наиболее детальное описание регионального водоупора (водоупоров).

Отдельно описываются водопроницаемые, но практически безводные породы, указывается их распространение, мощность, фильтрационная способность, степень засоления. Кратко излагаются вопросы технологии и экономической эффективности использования подземных вод в народном хозяйстве, вопросы их охраны от загрязнения или истощения; описывается неблагоприятное влияние подземных вод на развитие

физико-геологических процессов и на условия строительства сооружений или эксплуатации месторождений полезных ископаемых.

Глава сопровождается гидрогеологической картой, гидрогеологическими разрезами, графиками химического состава воды и результатов опытных работ, геолого-гидрогеологической колонкой.

***Инженерно-геологические условия***. При составлении ВКР, связанной с решением инженерно-геологических задач, основной в разделе является настоящая глава.

В главе «инженерно-геологические условия» дается привязка описываемого участка к определенному инженерно-геологическому региону, области или району, согласно инженерно-геологическому районированию РФ. Достаточно подробно рассматриваются факторы, определяющие инженерно-геологические условия:

1) структурное положение и характер нарушенности горных пород тектоническими процессами;

2) геоморфологическое положение района (характер склонов и водоразделов, крутизна склонов);

3) инженерно-геологическая характеристика основных групп горных пород по инженерно-геологической классификации (физико-механические и водные свойства, степень выветривания, текстурно-структурные особенности, характер связей, анизотропия) по ГОСТ 25100. Более подробная характеристика дается специфическим грунтам в соответствии с СП 47.13330.

4) инженерно-геологические процессы и явления (факторы, определяющие их возникновение, приуроченность к различным формам рельефа, сезонность их действия, влияние на хозяйственное освоение территории, проектирование и строительство различных сооружений); описываются согласно СП 47.13330.

5) влияние климата на условия строительства в описываемом районе (глубина промерзания и оттаивания, количество атмосферных осадков, сезонность их выпадения);

6) гидрогеологические условия строительства в районе (уровень залегания грунтовых вод, наличие верховодки, агрессивность подземных вод).

В главе приводятся примеры влияния физико-геологических процессов на инженерные сооружения и на условия строительства в районе. Рассматриваются вопросы защиты инженерных сооружений от разрушения или примеры неблагоприятного воздействия сооружения на геологическую обстановку.

Глава сопровождается инженерно-геологической картой с колонкой и разрезами, фотоснимками, зарисовками, схемами. Основные показатели физико-механических свойств рекомендуется сводить в таблицу (размерность всех показателей должна приводится в системе «СИ»).

***Геоэкологические условия***. Кратко характеризуются природные и техногенные факторы, неблагоприятно влияющие на состояние окружающей среды района. Дается общий перечень актуальных для данного района направлений охраны природной среды (нерациональная разработка полезного ископаемого, загрязнение атмосферы, почв, грунтов, открытых водоемов и подземных вод, нарушение ландшафта и баланса территории и др.).

Указывается, какие конкретные меры охраны природы должны быть связаны со строительством и эксплуатацией народнохозяйственного объекта, которому посвящена тема ВКР.

В качестве примеров можно привести:

1) мероприятия по предотвращению загрязнений подземных вод при их эксплуатации, при искусственном пополнении запасов, при захоронении отходов и пр.;

2) мероприятия по борьбе с засолением и эрозией почв, с засолением подземных вод при орошении;

3) мероприятий для закрепления неустойчивых территорий, по предотвращению возникновения неблагоприятных физико-геологических процессов, мелиорация слабых грунтов;

4) мероприятия по сохранению устойчивости мерзлоты при строительстве в северных районах;

5) мероприятия по предотвращению подтопления территории.

Отмечаются вопросы охраны окружающей среды, актуальные непосредственно при ведении геологоразведочных работ, при инженерно-экологических изысканиях; указывается, что эти вопросы будут детально рассмотрены в специальной и проектной частях.

Основные документы, которыми следует руководствоваться: Градостроительный кодекс РФ, Закон РФ «О недрах» (от 08.02.95), Водный Кодекс РФ (от 18.10.95), Земельный кодекс РФ, Лесной кодекс РФ, СП 47.13330 и другие документы.

Глава сопровождается инженерно-экологической картой (современной или прогнозируемой) с фотоснимками, зарисовками, схемами.

В заключении по общей части ВКР оценивается полнота тех сведений, которые характеризуют район, и указываются вопросы, требующие выяснения в процессе проектируемых работ в зависимости от вида изысканий или исследований.

**Специальная часть** является весьма важным разделом проекта (работы), отражающим главное направление ВКР в целом и дающим научное и производственное обоснование проектируемых работ в районе исследованиям. В первых главах специальной части приводятся и анализируются результаты гидрогеологических,и инженерно-геологических и геоэкологических работ, выполненных на конкретном участке для обоснования объема проектируемых работ на конкретном объекте. В состав специальной части включается специальная глава, которая носит исследовательский или расчетный характер и является самостоятельной работой студента-дипломника.

В соответствии с темой ВКР схема построения текста специальной части различна.

Графика к специальной главе в каждом случае обсуждается с руководителем ВКР и может быть самого разнообразного содержания.

## 6. ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ВКР ПО ГИДРОГЕОЛОГИИ

Гидрогеологические условия … и проект предварительной (детальной) разведки пресных подземных вод для целей водоснабжения города (поселка), комбината и т.п.

Гидрогеологическая разведка и режимные наблюдения при освоении … месторождения (указывается вид полезного ископаемого).

Гидрогеологические условия … и проект предварительной (детальной) разведки с целью осушения … месторождения (карьера, подземных горных выработок).

Гидрогеологические условия … и гидрогеохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых.

Гидрогеологические прогнозы в связи с отработкой … месторождения (указывается вид полезного ископаемого). Оценка ожидаемых водопритоков, обоснование дренажных мероприятий.

Гидрогеологические условия … и проект разведки минеральных вод на … участке.

Гидрогеологические условия … и проект предварительной (детальной) разведки промышленных вод на … участке.

Гидрогеологические условия … и гидродинамическое (технико-экономическое) обоснование оптимального варианта (водозабора) дренажа или расположения эксплуатационных скважин при отработке месторождений полезных ископаемых способом ПВ.

Гидрогеологические условия … и проект исследований на … массиве орошения.

Задачи мелиоративной гидрогеологии (прогноз режима подземных вод в районах мелиорации, обоснование мелиоративных систем).

Гидрогеологические условия и проект исследований при гидротехническом, гражданском и дорожном строительстве (оценка водопритоков и строительные котлованы, оценка фильтрационных потерь из водохранилищ и др.).

Гидрогеологические условия … района и оценка возможности захоронения промышленных стоков.

Гидрогеологические условия … района и обоснование схемы искусственного восполнения подземных вод на … месторождении.

Проблемы охраны и рационального использования подземных вод (прогноз процессов антропогенного загрязнения, обоснование зон санитарной охраны водозаборов и др.).

Гидрогеологические условия … и проект предварительной (детальной) разведки пресных подземных вод в районе распространения многолетней мерзлоты для целей водоснабжения.

Гидрогеологические условия … и проект исследования наледей как источника водоснабжения … (указывается объект).

## 7. ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ВКР ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Общая инженерно-геологическая характеристика территории … и проект проведения государственной инженерно-геологической съемки на указанной территории в масштабе …

Инженерно-геологическая характеристика территории … (указывается наименование будущего города, промузла, промрайона) и проект изысканий для для подготовки документов территориального планирования.

Инженерно-геологическая характеристика … района и проект изысканий для выбора площадки строительства … (указывается объект).

Инженерно-геологические условия строительства … (указывается объект в … районе) и проект изысканий в нем.

Инженерно-геологические условия строительства … (указывается район, объект) и проект изысканий для реконструкции объекта капитального стриотельства.

Инженерно-геологические условия строительства … (указывается район, объект) и проект исследований для уточнения имеющихся данных.

Предварительный расчет устойчивости откоса (котлована, карьера, подмываемого склона) и проект изысканий для уточнения имеющихся данных.

Предварительный расчет динамики (указывается изучаемый процесс) в … районе и проект изысканий и обоснования мер борьбы с … (указываются последствия неблагоприятного процесса).

Предварительный расчет … (указывается инженерно-геологический процесс) и проект дополнительных изысканий для разработки защитных мероприятий.

Требования к инженерно-геологическим условиям возведения … (наименование уникального сооружения), оценки возможных пунктов строительства и проект изысканий на … конкурентоспособных участках … (указываются участки).

Инженерно-геологические условия строительства … (указывается наименование объекта) и проект специальных исследовательских работ … (указывается предмет исследований).

Инженерно-геологические условия участка … (указывается наименование и местоположение аварийного сооружения) и проект изысканий для обоснования методики ликвидации аварийного состояния сооружений.

Инженерно-геологические условия строительства … (указывается район, объект) и проект изысканий для обоснования методики закрепления слабых грунтов.

Инженерно-геологические условия строительства … (указывается район, объект) и проект режимных наблюдений и документации … (котлованов, тоннелей и т.п.) в процессе строительства.

Инженерно-геологические условия строительства … (указывается объект, район) и проект наблюдений при эксплуатации сооружения с целью защиты его от неблагоприятных процессов.

Типизация инженерно-геологических условий … района.

Изучение изменчивости факторов инженерно-геологических условий территории.

Проект проведения государственной мерзлотной съемки … территории в масштабе …

Мерзлотные и инженерно-геологические условия строительства … (указывается объект, район) и проект наблюдений за состоянием массива грунтов с целью предотвращения деградации мерзлоты в основании сооружения.

Требования к качеству грунта земляного сооружения … (указывается объект, район) и проект геотехнического контроля в процессе строительства.

Требования к свойствам закрепляемого слабого грунта (указывается район, объект) и проект наблюдений за качеством выполняемых работ.

Инженерно-геологическая характеристика территории … (города, промузла, промрайона) и проект изучения изменений природной обстановки в процессе строительного основания территории.

## 8. ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ ВКР ПО ГЕОЭКОЛОГИИ

Краткая характеристика природных и антропогенных условий и геоэкологическая съемка территории … (М 1:10000 – 1:20000).

Краткая характеристика природных и антропогенных условий , проект комплексного мониторинга окружающей среды объекта.

Краткая характеристика природных и антропогенных услови , проект инженерно-экологический изысканий для подготовки документов территориального планирования.

Краткая характеристика природных и антропогенных условий, проект инженерно-экологический изысканий для выбора площадок строительства.

Краткая характеристика природных и антропогенных условий, проект инженерно-экологический изысканий при подготовке проектной документации

Краткая характеристика природных и антропогенных условий, проект инженерно-экологический изысканий при строительстве зданий и сооружений.

Краткая характеристика природных и антропогенных условий , проект инженерно-экологический изысканий при рекультивации нарушенных земель.

Проект литогеохимической съемки М 1:10000 – 1:50000 с целью оценки экологического состояния окружающей среды.

Проект снеговой съемки М 1:10000 – 1:50000.

Проект литогидрогеохимической съемки донных отложений М 1:50000 – 1:200000.

Геоэкологические исследования при различных видах инженерной деятельности.

Радиоактивное загрязнение геологической среды.

Оптимальные условия складированы твердых бытовых и промышленных отходов в конкретных геологических условиях.

Комплексный мониторинг окружающей (геологической) среды.

Геоэкологическое районирование территории.

Приведенные перечни не охватывают всего многообразия задач гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических исследований, в связи с чем тема ВКР может быть сформулирована иначе.

# 9 ПРЕЗЕНТАЦИИ

Презентация ВКР выполняется с использованием программы Microsoft PowerPoint (полное название — Microsoft Office PowerPoint, от англ. power point — убедительный доклад) — программа подготовки презентаций и просмотра презентаций, являющаяся частью Microsoft Office и доступная в редакциях для операционных систем Microsoft Windows и macOS. Материалы, подготовленные с помощью PowerPoint предназначены для отображения на большом экране — через проектор, либо телевизионный экран большого размера.

Программа MS PowerPoint является специализированным средством автоматизации для создания и оформления презентаций, призванных наглядно представить работы исполнителя группе других людей. Программа обеспечивает разработку электронных документов особого рода, отличающихся комплексным мультимедийным содержанием и особыми возможностями воспроизведения. MS PowerPoint позволяет разрабатывать следующие документы:

- презентации, рассчитанные на распечатку на прозрачной пленке с целью их демонстрации через оптический проектор;
- презентации, рассчитанные на распечатку на 35-мм диапозитивной фотопленке с целью их демонстрации через оптический слайд-проектор;
- презентации, рассчитанные на воспроизведение через компьютерный проектор;
- материалы презентации для автономного показа на экране компьютера;
- материалы презентации для публикации в сетевом окружении с последующим автономным просмотром;
- материалы презентации для рассылки по электронной почте с последующим автономным просмотром адресатами;
- материалы презентации для распечатки на бумаге с целью последующей раздачи.

Любой документ MS PowerPoint представляет собой набор отдельных, но взаимосвязанных кадров, называемых слайдами. Каждый слайд в документе имеет собственный уникальный номер, присваиваемый по умолчанию в зависимости от места слайда. Последовательность слайдов в документе линейная. Слайды могут содержать объекты самого разного типа, например: фон, текст, таблицы, графические изображения и т.д. При этом на каждом слайде присутствует как минимум один объект - фон, который является обязательным элементом любого слайда.

**Презентации являются обязательным приложением к ВКР.**

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ФОРМА ЗАДАНИЯ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВКР (исследовательская работа)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

КАФЕДРА ГИДРОГЕОЛОГИИ, ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОЭКОЛОГИИ

«Утверждаю»
Зав.кафедрой ГИГ, проф.
_____С. Н. Тагильцев
«___»_____ 2017 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ВКР)

Студенту
(фамилия, имя, отчество полностью)

**1.** Тема ВКР:
утверждена приказом по университету № ___/___ от «____» _____20 ___ г.

2. Срок сдачи студентом ВКР "__" _____ 20___ г.
3. Исходные данные для выполнения ВКР: фондовая и опубликованная литература, материалы производственной практики.
4. Содержание расчетно-пояснительной записки:
4.1. Общий раздел. …

4.2. Специальный раздел …
Цель исследований
Задачи исследований
Методы исследований
4.3.Результаты исследований
Внедрение исследований (со справкой от предприятия)

4.3. Экономический раздел
Расчет экономической эффективности от внедрения выполненных исследований

5. Графический материал

Геологическая карта района работ

Инженерно-геологическая или гидрогеологическая карта

Инженерно-геологические или гидрогеологические разрезы

Материалы, иллюстрирующие выполненные исследования

6. Консультанты по разделам дипломного проекта (работы)

| Фамилия И.О. консультанта | Место работы, должность, ученая степень, звание | Раздел ВКР | Оценка консультанта, подпись |
|---|---|---|---|
| | | | |
| Макарова С.В. | Профессор каф. Экономики и менеджмента, канд. Эконом.наук, доцент | Экономический раздел | хорошо |
| | | | |

Ф.И.О. руководителя ВКР
Оценка руководителя ВКР _____
7. График выполнения ВКР

| Наименование раздела ВКР | |
|---|---|
| Общий раздел | 15.03.2017 |
| Специальный раздел | 15.04.2017 |
| Проектный раздел | 10.05.2017 |
| Экономический раздел | 31.05.2017 |
| Безопасность жизнедеятельности | 31.05.2017 |

Дата выдачи задания «____» _____ 20___ г.

Руководитель ВКР
_____(подпись)

Задание на выполнение ВКР получил
_____(подпись)

Проверено по программе «Антиплагиат»_____

Примечание: Задание оформляется в 2-х экземплярах, один из которых хранится на кафедре, другой выдается студенту и подшивается к печатной версии ВКР.

**ФОРМА ЗАДАНИЯ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВКР**
**(при составлении проекта экологических, гидрогеологических, инженерно-геологических изысканий)**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

КАФЕДРА ГИДРОГЕОЛОГИИ, ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОЭКОЛОГИИ

«Утверждаю»
Зав.кафедрой ГИГ, проф.
_____С. Н. Тагильцев
«___»_____ 20___ г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ВКР)

Студенту
(фамилия, имя, отчество полностью)

**1.** Тема ВКР
утверждена приказом по университету № ___/___ от «____» _____20 ___ г.

2. Срок сдачи студентом ВКР 01 июня 2017 г.
3. Исходные данные для ВКР: фондовая и опубликованная литература, материалы производственной практики.
4. Содержание расчетно-пояснительной записки:
4.1. Общий раздел. …

4.2. Специальный раздел …

4.3. Проектный раздел. …

4.4. Экономический раздел Сметная стоимость проектируемых работ

4.5. Безопасность жизнедеятельности. …

5. Графический материал

Геологическая карта района работ

Инженерно-геологическая или гидрогеологическая карта
Инженерно-геологические или гидрогеологические разрезы
Схема (или карта) проектируемых работ
Лист к спецглаве ( обязательно заполняется название листа)
Лист к проектной части (обязательно заполняется название листа)
Основные экономические показатели проектируемых работ

6. Консультанты по разделам ВКР

| Фамилия И.О. консультанта | Место работы, должность, ученая степень, звание | Раздел ВКР | Оценка консультанта, подпись |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Кралина Л.И. | Доцент кафедры ТТР | Буровые работы | хорошо |
| Кузин А.В. | Доцент кафедры Геофизики, канд.геол-мин.наук, доцент | Геофизические исследования | |
| Макарова С.В. | Профессор каф. Экономики и менеджмента, канд. Эконом.наук, доцент | Экономический раздел | |
| | | | |

Ф.И.О. руководителя ВКР
Оценка руководителя ВКР _____

7. График выполнения ВКР

| Наименование раздела ВКР | |
|---|---|
| Общий раздел | 15.03.2017 |
| Специальный раздел | 15.04.2017 |
| Проектный раздел | 10.05.2017 |
| Экономический раздел | 31.05.2017 |
| Безопасность жизнедеятельности | 31.05.2017 |

Дата выдачи задания «____» _____ 20___ г.

Руководитель ВКР
_____(подпись)

Задание по ВКР получил
_____(подпись)

Проверено по программе «Антиплагиат»_____
Примечание: Задание оформляется в 2-х экземплярах, один из которых хранится на кафедре, другой выдается студенту и подшивается к печатной версии ВКР.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ВКР**

Министерство науки и образования Российской Федерации

ФГБОУ ВО Уральский государственный горный университет

Институт геологии и геофизики

Кафедра гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ГИГ

_____С.Н.Тагильцев

«___» _____ 20___ г.

_____

**(наименование выпускной квалификационной работы)**

_____

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Пояснительная записка

Руководитель ВКР

_____

**(Фамилия И.О.)**

_____

**(подпись)**

**«___»_____ 20___ г.**

Разработал студент гр. _____ _____

**(Фамилия И.О.)**

_____

**(подпись)**

**«___» _____ 200 __ г.**

Екатеринбург

20___ г.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ОБРАЗЕЦ ШТАМПА



МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебно-методическому комплексу

_____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

# ФТД.В.01ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРУДА

Специальность:

*21.05.02 Прикладная геология*

Специализация № 2:

***Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания***

форма обучения: очная, заочная

Автор: Полянок О.В., к.психол.н.

Одобрены на заседании кафедры
*Управления персоналом*
*(название кафедры)*

Зав. кафедрой _____
*(подпись)*

к.ф.н., доц. Ветошкина Т.А.
*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 8 от 17.04.2019
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией
факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*

Председатель _____
*(подпись)*

д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 8 от 19.04.2019
*(Дата)*

Екатеринбург
2019

Методические указания по дисциплине «ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРУДА» согласованы с выпускающей кафедрой ГИГГ

Заведующий кафедрой _____ Тагильцев С. Н.

**СОДЕРЖАНИЕ**


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 4 |
| 1 | Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий | 5 |
| 2 | Методические указания по подготовке к опросу | 9 |
| 3 | Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям | 10 |
| 4 | Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям | 11 |
| 5 | Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов | 12 |
| | Заключение | 15 |
| | Список использованных источников | 16 |

# ВВЕДЕНИЕ

***Самостоятельная работа студентов*** может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитияисследовательскихумений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

*Аудиторная самостоятельная работа* по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Подразумевается несколько категорий видов самостоятельной работы студентов, значительная часть которых нашла отражения в данных методических рекомендациях:

- работа с источниками литературы и официальными документами (*использование библиотечно-информационной системы*);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (*рефераты, эссе, домашние задания, решения практико-ориентированных заданий*);

- реализация элементов научно-педагогической практики (*разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио*);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (*подготовка текстов докладов, участие в исследованиях*).

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентовonline и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

## 1. Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий

***Практико-ориентированные задания - метод анализа ситуаций***. Суть его заключается в том, что студентам предлагают осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Использование метода практико-ориентированного задания как образовательной технологии профессионально-ориентированного обучения представляет собой сложный процесс, плохо поддающийся алгоритмизации [1]. Формальноможновыделитьследующиеэтапы:

- ознакомлениестудентовстекстом;
- анализпрактико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оцениваниеучастниковдискуссии;
- подведениеитоговдискуссии.

Ознакомление студентов с текстом практико-ориентированного задания и последующий анализ практико-ориентированного задания чаще всего осуществляются за несколько дней до его обсуждения и реализуются как самостоятельная работа студентов; при этом время, отводимое на подготовку, определяется видом практико-ориентированного задания, его объемом и сложностью.

Общая схема работы с практико-ориентированное заданием на данном этапе может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить ключевые проблемы практико-ориентированного задания и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст практико-ориентированного задания, определить, кто его главные действующие лица, отобрать факты и понятия,

[1] Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

необходимые для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи; следующим этапом является выбор метода исследования.

Знакомство с небольшими практико-ориентированного заданиями и их обсуждение может быть организовано непосредственно на занятиях. Принципиально важным в этом случае является то, чтобы часть теоретического курса, на которой базируется практико-ориентированное задание, была бы прочитана и проработана студентами.

Максимальная польза из работы над практико-ориентированного заданиями будет извлечена в том случае, если аспиранты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже:

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе практико-ориентированного задания.
2. Бегло прочтите практико-ориентированное задание, чтобы составить о нем общее представление.
3. Внимательно прочтите вопросы кпрактико-ориентированное задание и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.
4. Вновь прочтите текст практико-ориентированного задания, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.
5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированное заданием.

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливают заранее и предлагают студентам вместе с текстом практико-ориентированного задания. При разборе учебной ситуации преподаватель может занимать активную или пассивную позицию, иногда он «дирижирует» разбором, а иногда ограничивается подведением итогов дискуссии.

Организация обсуждения практико-ориентированных заданий обычно основывается на двух методах. Первый из них носит название традиционного Гарвардского метода - открытая дискуссия. Альтернативным методом является метод, связанный с индивидуальным или групповым опросом, в ходе которого аспиранты делают формальную устную оценку ситуации и предлагают анализ представленного практико-ориентированного задания, свои решения и рекомендации, т.е. делают презентацию. Этот метод позволяет некоторым студентам минимизировать их учебные усилия, поскольку каждый аспирант опрашивается один- два раза за занятие. Метод развивает у студентов коммуникативные навыки, учит их четко выражать свои мысли. Однако, этот метод менее динамичен, чем Гарвардский метод. В открытой дискуссии организация и контроль участников более сложен.

***Дискуссия*** занимает центральное место в методе. Ее целесообразно использовать в том случае, когда аспиранты обладают значительной степенью зрелости и самостоятельности мышления, умеют аргументировать, доказывать и обосновывать свою точку зрения. Важнейшей характеристикой дискуссии является уровень ее компетентности, который складывается из компетентности ее участников. Неподготовленность студентов к дискуссии делает ее формальной, превращает в процесс вытаскивания ими информации у преподавателя, а не самостоятельное ее добывание.

Особое место в организации дискуссии при обсуждении и анализе практико-ориентированного задания принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма».

***Метод «мозговой атаки»*** или «мозгового штурма» был предложен в 30-х годах прошлого столетия А. Осборном как групповой метод решения проблем. К концу XX столетия этот метод приобрел особую популярность в практике управления и обучения не только как самостоятельный метод, но и как использование в процессе деятельности с целью усиления ее продуктивности. В процессе обучения «мозговая атака» выступает в

качестве важнейшего средства развития творческой активности студентов. «Мозговая атака» включает в себя три фазы.

Первая фаза представляет собой вхождение в психологическую раскованность, отказ от стереотипности, страха показаться смешным и неудачником; достигается созданием благоприятной психологической обстановки и взаимного доверия, когда идеи теряют авторство, становятся общими. Основная задача этой фазы - успокоиться и расковаться.

Вторая фаза - это собственно атака; задача этой фазы - породить поток, лавину идей. «Мозговаяатака» в этойфазеосуществляетсяпоследующимпринципам:

- есть идея, - говорю, нет идеи, - не молчу;
- поощряется самое необузданное ассоциирование, чем более дикой покажется идея, тем лучше;
- количество предложенных идей должно быть как можно большим;
- высказанные идеи разрешается заимствовать и как угодно комбинировать, а также видоизменять и улучшать;
- исключается критика, можно высказывать любые мысли без боязни, что их признают плохими, критикующих лишают слова;
- не имеют никакого значения социальные статусы участников; это абсолютная демократия и одновременно авторитаризм сумасшедшей идеи;
- все идеи записываются в протокольный список идей;
- время высказываний - не более 1-2 минут.

Третья фаза представляет собой творческий анализ идей с целью поиска конструктивного решения проблемы по следующим правилам:

- анализировать все идеи без дискриминации какой-либо из них;
- найти место идее в системе и найти систему под идею;
- не умножать сущностей без надобности;
- не должна нарушаться красота и изящество полученного результата;
- должно быть принципиально новое видение;
- ищи «жемчужину в навозе».

В методе мозговая атака применяется при возникновении у группы реальных затруднений в осмыслении ситуации, является средством повышения активности студентов. В этом смысле мозговая атака представляется не как инструмент поиска новых решений, хотя и такая ее роль не исключена, а как своеобразное «подталкивание» к познавательной активности.

***Презентация,*** или представление результатов анализа практико-ориентированного задания, выступает очень важным аспектом метода ***case-study***. Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его рекламировать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики, является очень ценным интегральным качеством современного специалиста. Презентация оттачивает многие глубинные качества личности: волю, убежденность, целенаправленность, достоинство и т.п.; она вырабатывает навыки публичного общения, формирования своего собственного имиджа.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений практико-ориентированного задания группе, она максимально вырабатывает навыки публичной деятельности и участия в дискуссии. Устная презентация обладает свойством кратковременного воздействия на студентов и, поэтому, трудна для восприятия и запоминания. Степень подготовленности выступающего проявляется в спровоцированной им дискуссии: для этого необязательно делать все заявления очевидными и неопровержимыми.Такая подача материала при анализе практико-ориентированного задания может послужить началом дискуссии. При устной презентации необходимо учитывать эмоциональный настрой выступающего: отношение и эмоции говорящего вносят существенный вклад в сообщение. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Оратор может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.

Непубличная презентация менее эффектна, но обучающая роль ее весьма велика. Чаще всего непубличная презентация выступает в виде подготовки отчета по выполнению задания, при этом стимулируются такие качества, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа практико-ориентированного задания аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа практико-ориентированного задания заключается в том, чтобы избегать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет - презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет студентам более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Как письменная, так и устная презентация результатов анализа практико-ориентированного задания может быть групповая и индивидуальная. Отчет может быть индивидуальным или групповым в зависимости от сложности и объема задания. Индивидуальная презентация формирует ответственность, собранность, волю; групповая - аналитические способности, умение обобщать материал, системно видеть проект.

Оценивание участников дискуссии является важнейшей проблемой обучения посредством метода практико-ориентированного задания. При этом выделяются следующие требования к оцениванию:

- объективность - создание условий, в которых бы максимально точно выявлялись знания обучаемых, предъявление к ним единых требований, справедливое отношение к каждому;
- обоснованностьоценок - ихаргументация;
- систематичность - важнейший психологический фактор, организующий и дисциплинирующий студентов, формирующий настойчивость и устремленность в достижении цели;
- всесторонность и оптимальность.

Оценивание участников дискуссии предполагает оценивание не столько набора определенных знаний, сколько умения студентов анализировать конкретную ситуацию, принимать решение, логически мыслить.

Следует отметить, что оценивается содержательная активность студента в дискуссии или публичной (устной) презентации, которая включает в себя следующие составляющие:

- выступление, которое характеризует попытку серьезного предварительного
- анализа (правильность предложений, подготовленность,
- аргументированность и т.д.);
- обращение внимания на определенный круг вопросов, которые требуют углубленного обсуждения;
- владение категориальным аппаратом, стремление давать определения, выявлять содержание понятий;
- демонстрация умения логически мыслить, если точки зрения, высказанные раньше, подытоживаются и приводят к логическим выводам;
- предложение альтернатив, которые раньше оставались без внимания;
- предложение определенного плана действий или плана воплощения решения;
- определение существенных элементов, которые должны учитываться при анализе практико-ориентированного задания;
- заметное участие в обработке количественных данных, проведении расчетов;
- подведениеитоговобсуждения.

При оценивании анализа практико-ориентированного задания, данного студентами при непубличной (письменной) презентации учитывается:

- формулировка и анализ большинства проблем, имеющихся в практико-ориентированное задание;
- формулировка собственных выводов на основании информации о практико-ориентированное задание, которые отличаются от выводов других студентов;
- демонстрация адекватных аналитических методов для обработки информации;
- соответствие приведенных в итоге анализа аргументов ранее выявленным проблемам, сделанным выводам, оценкам и использованным аналитическим метода

## 2. Методическиеуказанияпо подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

***Письменный опрос***

В соответствии с технологической картой письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

***Устный опрос***

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются дляосвещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии[2].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубинаответа.
3. Сознательность ответа(учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложенияматериала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).

[2]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременностьи эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использованиедополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).
8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[3].

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

## 3.Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Продолжительность одного практического занятия – от 2 до 4 академических часов. Общая доля практических занятий в учебном времени на дисциплину – от 10 до 20 процентов (при условии, что все активные формы займут в учебном времени на дисциплину от 40 до 60 процентов).

Для практического занятия в качестве темы выбирается обычно такая учебная задача, которая предполагает не существенные эвристические и аналитические напряжения и продвижения, а потребность обучающегося «потрогать» материал, опознать в конкретном то общее, о чем говорилось в лекции. Например, при рассмотрении вопросов оплаты труда, мотивации труда и проблем безработицы в России имеет смысл провести практические занятия со следующими сюжетами заданий: «Расчет заработной платы работников предприятия». «Разработка механизма мотивации труда на предприятии N». «В чем причины и особенности безработицы в России?». Последняя тема предполагает уже некоторую аналитическую составляющую. Основная задача первой из этих тем - самим посчитать заработную плату для различных групп работников на примере заданных параметров для конкретного предприятия, т. е. сделать расчеты «как на практике»; второй – дать собственный вариант мотивационной политики для предприятия, учитывая особенности данного объекта, отрасли и т.д.; третьей – опираясь на теоретические знания в области проблем занятости и безработицы, а также статистические материалы, сделать

[3]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

авторские выводы о видах безработицы, характерных для России, и их причинах, а также предложить меры по минимизации безработицы.

Перед проведением занятия должен быть подготовлен специальный материал – тот объект, которым обучающиеся станут оперировать, активизируя свои теоретические (общие) знания и тем самым, приобретая навыки выработки уверенных суждений и осуществления конкретных действий.

Дополнительный материал для практического занятия лучше получить у преподавателя заранее, чтобы у студентов была возможность просмотреть его и подготовить вопросы.

Условия должны быть такими, чтобы каждый мог работать самостоятельно от начала до конца. В аудитории должны быть «под рукой» необходимые справочники и тексты законов и нормативных актов по тематике занятия. Чтобы сделать практическое занятие максимально эффективным, надо заранее подготовить и изучить материал по наиболее интересным и практически важным темам.

Особенности практического занятия с использованием компьютера

Для того чтобы повысить эффективность проведения практического занятия, может использоваться компьютер по следующим направлениям:

- поиск информации в Интернете по поставленной проблеме: в этом случае преподаватель представляет обучающимся перечень рекомендуемых для посещения Интернет-сайтов;
- использование прикладных обучающих программ;
- выполнение заданий с использованием обучающимися заранее установленных преподавателем программ;
- использование программного обеспечения при проведении занятий, связанных с моделированием социально-экономических процессов.

## 4.Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой дискуссию в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной

дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия (от доски смелом до самых современных технических средств), демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Во время лекций, связанных с темой семинарского занятия, следует обращать внимание на то, что необходимо дополнительно изучить при подготовке к семинару (новые официальные документы, статьи в периодических журналах, вновь вышедшие монографии и т.д.).

## 5.Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

***Экзамен*** - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения

воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала.кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины, Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальным сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;

- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильнаяорганизация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указанияможет в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическаясамостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестноевыполнение заданий;

3) выяснениеи уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;

6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;

7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368с.

2. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

3. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

4. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности: Учеб.пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

5. Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа:http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Уторов

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

# ФТД.В.03 ОСНОВЫ СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ И ПРАВОВЫХ ЗНАНИЙ

Специальность:
*21.05.02 Прикладная геология*

Специализация № 2
***Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания***

форма обучения: очная, заочная

Автор: Полянок О.В., к.психол.н.

Одобрены на заседании кафедры
*Управления персоналом*
*(название кафедры)*
Зав. кафедрой _____
*(подпись)*
к.ф.н., доц. Ветошкина Т.А.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 06.03.2020
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией
факультета геологии и геофизики
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 7 от 20.03.2020
*(Дата)*

Екатеринбург
2020

Методические указания по дисциплине «ОСНОВЫ СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ И ПРАВОВЫХ ЗНАНИЙ» согласованы с выпускающей кафедрой Гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии

Заведующий кафедрой _____ Тагильцев С. Н.

**СОДЕРЖАНИЕ**


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1 | Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий | 5 |
| 2 | Методические указания по подготовке к опросу | 9 |
| 3 | Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям | 11 |
| 4 | Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям | 13 |
| 5 | Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов | 14 |
| | Заключение | 17 |
| | Список использованных источников | 18 |

# ВВЕДЕНИЕ

***Самостоятельная работа студентов*** может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитияисследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

*Аудиторная самостоятельная работа* по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Подразумевается несколько категорий видов самостоятельной работы студентов, значительная часть которых нашла отражения в данных методических рекомендациях:

- работа с источниками литературы и официальными документами (*использование библиотечно-информационной системы*);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (*рефераты, эссе, домашние задания, решения практико-ориентированных заданий*);

- реализация элементов научно-педагогической практики (*разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио*);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (*подготовка текстов докладов, участие в исследованиях*).

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентовonline и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

## 1. Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий

***Практико-ориентированные задания*** - ***метод анализа ситуаций***. Суть его заключается в том, что студентам предлагают осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Использование метода практико-ориентированного задания как образовательной технологии профессионально-ориентированного обучения представляет собой сложный процесс, плохо поддающийся алгоритмизации [1] . Формально можновыделить следующиеэтапы:

- ознакомление студентовс текстом;
- анализ практико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оценивание участников дискуссии;
- подведение итогов дискуссии.

Ознакомление студентов с текстом практико-ориентированного задания и последующий анализ практико-ориентированного задания чаще всего осуществляются за несколько дней до его обсуждения и реализуются как самостоятельная работа студентов; при этом время, отводимое на подготовку, определяется видом практико-ориентированного задания, его объемом и сложностью.

Общая схема работы с практико-ориентированное заданием на данном этапе может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить ключевые проблемы практико-ориентированного задания и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст практико-ориентированного задания, определить, кто его главные действующие лица, отобрать факты и понятия,

---

[1] Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

необходимые для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи; следующим этапом является выбор метода исследования.

Знакомство с небольшими практико-ориентированного заданиями и их обсуждение может быть организовано непосредственно на занятиях. Принципиально важным в этом случае является то, чтобы часть теоретического курса, на которой базируется практико-ориентированное задание, была бы прочитана и проработана студентами.

Максимальная польза из работы над практико-ориентированного заданиями будет извлечена в том случае, если аспиранты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже:

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе практико-ориентированного задания.
2. Бегло прочтите практико-ориентированное задание, чтобы составить о нем общее представление.
3. Внимательно прочтите вопросы к практико-ориентированное задание и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.
4. Вновь прочтите текст практико-ориентированного задания, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.
5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированное заданием.

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливают заранее и предлагают студентам вместе с текстом практико-ориентированного задания. При разборе учебной ситуации преподаватель может занимать активную или пассивную позицию, иногда он «дирижирует» разбором, а иногда ограничивается подведением итогов дискуссии.

Организация обсуждения практико-ориентированных заданий обычно основывается на двух методах. Первый из них носит название традиционного Гарвардского метода - открытая дискуссия. Альтернативным методом является метод, связанный с индивидуальным или групповым опросом, в ходе которого аспиранты делают формальную устную оценку ситуации и предлагают анализ представленного практико-ориентированного задания, свои решения и рекомендации, т.е. делают презентацию. Этот метод позволяет некоторым студентам минимизировать их учебные усилия, поскольку каждый аспирант опрашивается один- два раза за занятие. Метод развивает у студентов коммуникативные навыки, учит их четко выражать свои мысли. Однако, этот метод менее динамичен, чем Гарвардский метод. В открытой дискуссии организация и контроль участников более сложен.

***Дискуссия*** занимает центральное место в методе. Ее целесообразно использовать в том случае, когда аспиранты обладают значительной степенью зрелости и самостоятельности мышления, умеют аргументировать, доказывать и обосновывать свою точку зрения. Важнейшей характеристикой дискуссии является уровень ее компетентности, который складывается из компетентности ее участников. Неподготовленность студентов к дискуссии делает ее формальной, превращает в процесс вытаскивания ими информации у преподавателя, а не самостоятельное ее добывание.

Особое место в организации дискуссии при обсуждении и анализе практико-ориентированного задания принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма».

***Метод «мозговой атаки»*** или «мозгового штурма» был предложен в 30-х годах прошлого столетия А. Осборном как групповой метод решения проблем. К концу XX столетия этот метод приобрел особую популярность в практике управления и обучения не только как самостоятельный метод, но и как использование в процессе деятельности с

целью усиления ее продуктивности. В процессе обучения «мозговая атака» выступает в качестве важнейшего средства развития творческой активности студентов. «Мозговая атака» включает в себя три фазы.

Первая фаза представляет собой вхождение в психологическую раскованность, отказ от стереотипности, страха показаться смешным и неудачником; достигается созданием благоприятной психологической обстановки и взаимного доверия, когда идеи теряют авторство, становятся общими. Основная задача этой фазы - успокоиться и расковаться.

Вторая фаза - это собственно атака; задача этой фазы - породить поток, лавину идей. «Мозговая атака» в этой фазе осуществляется по следующим принципам:

- есть идея, - говорю, нет идеи, - не молчу;
- поощряется самое необузданное ассоциирование, чем более дикой покажется идея, тем лучше;
- количество предложенных идей должно быть как можно большим;
- высказанные идеи разрешается заимствовать и как угодно комбинировать, а также видоизменять и улучшать;
- исключается критика, можно высказывать любые мысли без боязни, что их признают плохими, критикующих лишают слова;
- не имеют никакого значения социальные статусы участников; это абсолютная демократия и одновременно авторитаризм сумасшедшей идеи;
- все идеи записываются в протокольный список идей;
- время высказываний - не более 1-2 минут.

Третья фаза представляет собой творческий анализ идей с целью поиска конструктивного решения проблемы по следующим правилам:

- анализировать все идеи без дискриминации какой-либо из них;
- найти место идее в системе и найти систему под идею;
- не умножать сущностей без надобности;
- не должна нарушаться красота и изящество полученного результата;
- должно быть принципиально новое видение;
- ищи «жемчужину в навозе».

В методе мозговая атака применяется при возникновении у группы реальных затруднений в осмыслении ситуации, является средством повышения активности студентов. В этом смысле мозговая атака представляется не как инструмент поиска новых решений, хотя и такая ее роль не исключена, а как своеобразное «подталкивание» к познавательной активности.

***Презентация,*** или представление результатов анализа практико-ориентированного задания, выступает очень важным аспектом метода ***case-study***. Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его рекламировать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики, является очень ценным интегральным качеством современного специалиста. Презентация оттачивает многие глубинные качества личности: волю, убежденность, целенаправленность, достоинство и т.п.; она вырабатывает навыки публичного общения, формирования своего собственного имиджа.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений практико-ориентированного задания группе, она максимально вырабатывает навыки публичной деятельности и участия в дискуссии. Устная презентация обладает свойством кратковременного воздействия на студентов и, поэтому, трудна для восприятия и запоминания. Степень подготовленности выступающего проявляется в спровоцированной им дискуссии: для этого необязательно делать все заявления очевидными и неопровержимыми. Такая подача материала при анализе практико-ориентированного задания может послужить началом дискуссии. При устной презентации необходимо учитывать эмоциональный настрой выступающего: отношение и эмоции говорящего

вносят существенный вклад в сообщение. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Оратор может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.

Непубличная презентация менее эффектна, но обучающая роль ее весьма велика. Чаще всего непубличная презентация выступает в виде подготовки отчета по выполнению задания, при этом стимулируются такие качества, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа практико-ориентированного задания аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа практико-ориентированного задания заключается в том, чтобы избегать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет - презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет студентам более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Как письменная, так и устная презентация результатов анализа практико-ориентированного задания может быть групповая и индивидуальная. Отчет может быть индивидуальным или групповым в зависимости от сложности и объема задания. Индивидуальная презентация формирует ответственность, собранность, волю; групповая - аналитические способности, умение обобщать материал, системно видеть проект.

Оценивание участников дискуссии является важнейшей проблемой обучения посредством метода практико-ориентированного задания. При этом выделяются следующие требования к оцениванию:

- объективность - создание условий, в которых бы максимально точно выявлялись знания обучаемых, предъявление к ним единых требований, справедливое отношение к каждому;
- обоснованность оценок - их аргументация;
- систематичность - важнейший психологический фактор, организующий и дисциплинирующий студентов, формирующий настойчивость и устремленность в достижении цели;
- всесторонность и оптимальность.

Оценивание участников дискуссии предполагает оценивание не столько набора определенных знаний, сколько умения студентов анализировать конкретную ситуацию, принимать решение, логически мыслить.

Следует отметить, что оценивается содержательная активность студента в дискуссии или публичной (устной) презентации, которая включает в себя следующие составляющие:

- выступление, которое характеризует попытку серьезного предварительного
- анализа (правильность предложений, подготовленность,
- аргументированность и т.д.);
- обращение внимания на определенный круг вопросов, которые требуют углубленного обсуждения;
- владение категориальным аппаратом, стремление давать определения, выявлять содержание понятий;
- демонстрация умения логически мыслить, если точки зрения, высказанные раньше, подытоживаются и приводят к логическим выводам;
- предложение альтернатив, которые раньше оставались без внимания;
- предложение определенного плана действий или плана воплощения решения;

- определение существенных элементов, которые должны учитываться при анализе практико-ориентированного задания;
- заметное участие в обработке количественных данных, проведении расчетов;
- подведение итогов обсуждения.

При оценивании анализа практико-ориентированного задания, данного студентами при непубличной (письменной) презентации учитывается:

- формулировка и анализ большинства проблем, имеющихся в практико-ориентированное задание;
- формулировка собственных выводов на основании информации о практико-ориентированное задание, которые отличаются от выводов других студентов;
- демонстрация адекватных аналитических методов для обработки информации;
- соответствие приведенных в итоге анализа аргументов ранее выявленным проблемам, сделанным выводам, оценкам и использованным аналитическим методам

## 2. Методические указанияпо подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

***Письменный опрос***

В соответствии с технологической картой письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

***Устный опрос***

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются дляосвещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии[2].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубинаответа.
3. Сознательность ответа(учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложенияматериала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременностьи эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использованиедополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).

[2]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[3].

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

[3]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

## 3.Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Продолжительность одного практического занятия – от 2 до 4 академических часов. Общая доля практических занятий в учебном времени на дисциплину – от 10 до 20 процентов (при условии, что все активные формы займут в учебном времени на дисциплину от 40 до 60 процентов).

Для практического занятия в качестве темы выбирается обычно такая учебная задача, которая предполагает не существенные эвристические и аналитические напряжения и продвижения, а потребность обучающегося «потрогать» материал, опознать в конкретном то общее, о чем говорилось в лекции. Например, при рассмотрении вопросов оплаты труда, мотивации труда и проблем безработицы в России имеет смысл провести практические занятия со следующими сюжетами заданий: «Расчет заработной платы работников предприятия». «Разработка механизма мотивации труда на предприятии N». «В чем причины и особенности безработицы в России?». Последняя тема предполагает уже некоторую аналитическую составляющую. Основная задача первой из этих тем - самим посчитать заработную плату для различных групп работников на примере заданных параметров для конкретного предприятия, т. е. сделать расчеты «как на практике»; второй – дать собственный вариант мотивационной политики для предприятия, учитывая особенности данного объекта, отрасли и т.д.; третьей – опираясь на теоретические знания в области проблем занятости и безработицы, а также статистические материалы, сделать авторские выводы о видах безработицы, характерных для России, и их причинах, а также предложить меры по минимизации безработицы.

Перед проведением занятия должен быть подготовлен специальный материал – тот объект, которым обучающиеся станут оперировать, активизируя свои теоретические (общие) знания и тем самым, приобретая навыки выработки уверенных суждений и осуществления конкретных действий.

Дополнительный материал для практического занятия лучше получить у преподавателя заранее, чтобы у студентов была возможность просмотреть его и подготовить вопросы.

Условия должны быть такими, чтобы каждый мог работать самостоятельно от начала до конца. В аудитории должны быть «под рукой» необходимые справочники и тексты законов и нормативных актов по тематике занятия. Чтобы сделать практическое занятие максимально эффективным, надо заранее подготовить и изучить материал по наиболее интересным и практически важным темам.

Особенности практического занятия с использованием компьютера

Для того чтобы повысить эффективность проведения практического занятия, может использоваться компьютер по следующим направлениям:

- поиск информации в Интернете по поставленной проблеме: в этом случае преподаватель представляет обучающимся перечень рекомендуемых для посещения Интернет-сайтов;
- использование прикладных обучающих программ;
- выполнение заданий с использованием обучающимися заранее установленных преподавателем программ;

- использование программного обеспечения при проведении занятий, связанных с моделированием социально-экономических процессов.

## 4.Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой дискуссию в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия (от доски смелом до самых современных технических средств), демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Во время лекций, связанных с темой семинарского занятия, следует обращать внимание на то, что необходимо дополнительно изучить при подготовке к семинару (новые официальные документы, статьи в периодических журналах, вновь вышедшие монографии и т.д.).

## 5.Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

***Экзамен*** - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на

то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины, Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать,

подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальным сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильнаяорганизация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическаясамостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестноевыполнение заданий;

3) выяснениеи уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;

6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;

7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368с.

2. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

3. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

4. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности: Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

5. Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа:http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf