

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по работе с текстом лекций	5
2	Методические рекомендации по подготовке к опросу	7
3	Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)	8
4	Методические рекомендации по написанию эссе	10
5	Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям	13
6	Методические рекомендации по подготовке к дискуссии	13
7	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	15
	Заключение	18
	Список использованных источников	19

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 проблеме;
- выполнение расчетно-графической работы;
- 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 самостоятельной работе, 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 опiski, 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 тестов 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 избежать 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 времени на подготовку к устному опросу зависит 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 согласована 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 соответствовать 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:

<i>Критерии оценки доклада, сообщения</i>	<i>Количество баллов</i>
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 — совершенно 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 убедиться 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 определяется 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 итогов 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 обуславливается 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 неувоенной, 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 неустойчивый 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 сосредоточить 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 и 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 в 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.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому

комплексу

С.А. Угоров



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Б1.Б.1.02 ИСТОРИЯ

Специальность

21.05.03 Технология геологической разведки

Специализация №1

«Геофизические методы поиска и разведки месторождений полезных ископаемых»

форма обучения: очная, заочная

Екатеринбург

2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий	4
2 Методические указания по подготовке к опросу	8
3 Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям	9
4 Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям	10
5 Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	11
Заключение	14
Список использованных источников	15

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;
- развития исследовательских 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 студентов online 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 алгоритмизации¹. Формально можно выделить следующие этапы:

- ознакомление студентов с 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-ориентированным 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-ориентированными 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-ориентированными 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-ориентированному заданию 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-ориентированным 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 избежать 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, имеющих 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. 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

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 избежать 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 энциклопедии².

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).

²Методические 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. 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)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 помочь 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

³Методические 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 неувоенной, 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 неустойчивый 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 в 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 нормальный 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. 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.

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 НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу

С.А. Упоров



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

по дисциплине

Б1.Б.1.03 ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Специальность:

21.05.03 Технология геологической разведки

форма обучения: очная, заочная

Автор: Безбородова С. А., к.п.н.

Одобрена на заседании кафедры

*Иностранных языков и деловой
коммуникации*

(название кафедры)

Зав.кафедрой

к.п.н., доц. Юсупова Л. Р.

(Дата)

Екатеринбург
2020

Содержание

Цели и задачи дисциплины	3
Требования к оформлению контрольной работы	4
Содержание контрольной работы.....	4
Выполнение работы над ошибками.....	8
Критерии оценивания контрольной работы	9
Образец титульного листа	10

Цель и задачи дисциплины

Цель дисциплины: повышение исходного уровня владения иностранным языком, достигнутого на предыдущей ступени образования, и достижение уровня иноязычной коммуникативной компетенции достаточного для общения в социально-бытовой, культурной и профессиональной сферах, а также для дальнейшего самообразования.

Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины:

общекультурные:

- способностью к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия (ОК-6).

Для достижения указанной цели необходимо (задачи курса):

- владение иностранным языком как средством коммуникации в социально-бытовой, культурной и профессиональной сферах;
- развитие когнитивных и исследовательских умений с использованием ресурсов на иностранном языке;
- развитие информационной культуры;
- расширение кругозора и повышение общей гуманитарной культуры студентов;
- воспитание толерантности и уважения к духовным ценностям разных стран и народов.

Методические указания по выполнению контрольной работы предназначены для студентов очной и заочной формы обучения, обучающихся по специальности *21.05.03 Технология геологической разведки*.

Письменная контрольная работа является обязательной формой *промежуточной аттестации*. Она отражает степень освоения студентом учебного материала по дисциплине Б1.Б.1.03 Иностранный язык. А именно, в результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- особенности фонетического строя иностранного языка;
- лексические единицы социально-бытовой и академической тематики, основы терминосистемы соответствующего направления подготовки;
- основные правила грамматической системы иностранного языка;
- особенности построения устных высказываний и письменных текстов разных стилей речи;
- правила речевого этикета в соответствии с ситуациями межличностного и межкультурного общения в социально-бытовой, академической и деловой сферах;
- основную страноведческую информацию о странах изучаемого языка;
- лексико-грамматические явления иностранного языка профессиональной сферы для решения задач профессиональной деятельности;

Уметь:

- вести диалог/полилог и строить монологическое высказывание в пределах изученных тем;
- понимать на слух иноязычные тексты монологического и диалогического характера с различной степенью понимания в зависимости от коммуникативной задачи;
- читать аутентичные тексты прагматического, публицистического, художественного и научного характера с целью получения значимой информации;
- передавать основное содержание прослушанного/прочитанного текста;
- записывать тезисы устного сообщения, писать эссе по изученной тематике, составлять аннотации текстов, вести личную и деловую переписку;
- использовать компенсаторные умения в процессе общения на иностранном языке;

- пользоваться иностранным языком в устной и письменной формах, как средством профессионального общения;

Владеть:

- основными приёмами организации самостоятельной работы с языковым материалом с использованием учебной и справочной литературы, электронных ресурсов;

- навыками выполнения проектных заданий на иностранном языке в соответствии с уровнем языковой подготовки;

- умением применять полученные знания иностранного языка в своей будущей профессиональной деятельности.

Требования к оформлению контрольной работы

Контрольные задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, номер контрольной работы и фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Контрольные задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в контрольной работе.

Выполненную контрольную работу необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если контрольная работа выполнена без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «Иностранный язык (английский)» представлено три варианта контрольной работы.

Номер варианта контрольной работы определяется для студентов в соответствии с начальными буквами их фамилий в алфавитном порядке. Например, студенты, у которых фамилии начинаются с букв А, выполняют контрольную работу № 1 и т.д. (см. таблицу №1).

Таблица №1

<i>начальная буква фамилии студента</i>	<i>№ варианта контрольной работы</i>
А, Г, Ж, К, Н, Р, У, Ц, Щ	№1
Б, Д, З, Л, О, С, Ф, Ч, Э, Я	№2
В, Е, И, М, П, Т, Х, Ш, Ю	№3

Содержание контрольной работы

Контрольная работа проводится по теме 1. *Бытовая сфера общения (Я и моя семья)* и теме 2. *Учебно-познавательная сфера общения (Я и мое образование)* и направлена на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Контрольная работа также направлена на проверку сформированности грамматического навыка в рамках тем: порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях, порядок слов в вопросительном предложении, безличные предложения, местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные), имя существительное, артикли (определенный, неопределенный, нулевой), функции и спряжение глаголов *to be* и *to have*, оборот *there+be*, имя прилагательное и наречие, степени сравнения, сравнительные конструкции, имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат), образование видовременных форм глагола в активном залоге.

Распределение выше указанных тем в учебнике:

- Агабекян И. П. Английский язык для бакалавров: учебное пособие для студентов вузов / И. П. Агабекян. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. - 384 с.: ил. - (Высшее образование) (200 экз. в библиотеке УГГУ) и учебнике:

- Журавлева Р.И. Английский язык: учебник: для студентов горно-геологических специальностей вузов / Р. И. Журавлева. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. - 508 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 502 (192 экз. в библиотеке УГГУ) представлено в таблице №2:

Таблица №2

Название темы	Страницы учебников	
	<i>Агабекян И. П.</i>	<i>Журавлева Р.И.</i>
Порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях	148	9
Порядок слов в вопросительном предложении	163-170	10, 24
Безличные предложения	149	440
Местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные)	41-55	101, 439
Имя существительное	66-78	435
Артикли (определенный, неопределенный, нулевой)	78-84	433
Функции и спряжение глаголов <i>to be</i> и <i>to have</i>	102-104	6-8
Оборот <i>there+be</i>	105-107	100
Имя прилагательное и наречие	115	83
Степени сравнения, сравнительные конструкции	115-121	143
Имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат)	261-271	-
Образование видовременных форм глагола в активном залоге	193-209	10, 36, 69

АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК

Вариант №1

Задание 1. Заполните пропуски в предложениях, выбрав один ответ.

Пример: Michael _____ everyone he meets because he is very sociable and easygoing. He has five brothers and two sisters, so that probably helped him learn how to deal with people.

A. gets divorced; **B. gets along well with;** C. gets married;

Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Задание 2. Заполните пропуски местоимениями *some, any, no* или их производными.

Пример: A: Is **anything** the matter with Dawn? She looks upset.

B: She had an argument with her friend today.

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «неопределённые местоимения».

Задание 3. Заполните пропуски личными местоимениями (*I, we, you, he, she, it, they, me, us, him, her, them*).

Пример: My teacher is very nice. I like – I like **him**.

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «личные и притяжательные местоимения».

Задание 4. Поставьте в правильную форму глагол, представленный в скобках, обращая при этом внимание на использованные в предложениях маркеры.

Пример: Every morning George **eats** (to eat) cereals, and his wife only **drinks** (to drink) a cup of coffee.

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «образование видовременных форм глагола в активном залоге».

Задание 5. Составьте вопросительные предложения и дайте краткие ответы на них.

Пример: Paul was tired when he got home. – **Was Paul tired when he got home? Yes, he was.**

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».

Контрольная работа

Вариант №2

Задание 1. Заполните пропуск, выбрав один вариант ответа.

Пример: A British university year is divided into three ____.

1) conferences; 2) sessions; **3) terms;** 4) periods;

Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Задание 2. Выберите правильную форму глагола.

Пример: A: I have a Physics exam tomorrow.

B: Oh dear. Physics **is**/are a very difficult subject.

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «имя существительное, функции и спряжение глаголов to be и to have».

Задание 3. Раскройте скобки, употребив глагол в форме Present Continuous, Past Continuous или Future Continuous.

Пример: I **shall be studying** (study) Japanese online from 5 till 6 tomorrow evening.

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «образование видовременных форм глагола в активном залоге».

Задание 4. Составьте вопросы к словам, выделенным жирным шрифтом.

Пример: **The Petersons** have bought a dog. – Who has bought a dog?

The Petersons have bought **a dog**. – What have the Petersons bought?

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».

Задание 5. Подчеркните правильный вариант ответа.

Пример: A: You haven't seen my bag anywhere, haven't you/**have you**?

B: No. You didn't leave it in the car, **did you**/didn't you?

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».

Контрольная работа

Вариант № 3

Задание 1. Заполните пропуски, выбрав один вариант ответа.

Пример: The University accepts around 2000 new ____ every year.

1) students; 2) teachers; 3) pupils; 4) groups;

Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Задание 2. Поставьте в предложения подходящие по смыслу фразы:

as red as a beet (свекла), as slow as a turtle, as sweet as honey, as busy as a bee, as clumsy as a bear (неуклюжий), as black as coal, as cold as ice, as slippery as an eel (изворотливый как угорь), as free as a bird, as smooth as silk (гладкий)

Пример: Your friend is so unemotional, he is **as cold as ice**.

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «имя прилагательное и наречие».

Задание 3. Переведите следующие предложения на английский язык.

Пример: Это самая ценная картина в Русском музее. **This is the most valuable picture in Russian Museum.**

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «степени сравнения имени прилагательного и наречий».

Задание 4. Раскройте скобки, употребив глагол в форме Present Perfect, Past Perfect или Future Perfect.

Пример: Sam **has lost** (lose) his keys. So he can't open the door.

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «образование видовременных форм глагола в активном залоге».

Задание 5. Задайте вопросы к предложениям.

Пример: There are two books. The one on the table is Sue's.

a) 'Which book is Sue's?' 'The one on the table.'

b) 'Whose book is on the table?' 'Sue's.'

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».

НЕМЕЦКИЙ ЯЗЫК

Задание 1. Заполните пропуски в предложениях, выбрав один ответ.

Пример: Mein Bruder ... Arzt geworden

A. hat; B. ist; C. wird;

Задание 1 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Пассивный залог».

Задание 2. Вставьте подходящее вопросительное слово.

Пример: Was machen Sie am Wochenende?

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Вопросительные местоимения».

Задание 3. Заполните пропуски возвратными местоимениями в нужной форме.

Пример: Wo wohnen deine Eltern?

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Притяжательные местоимения».

Задание 4. Поставьте в правильную форму глагол, представленный в скобках.

Пример: Kannst du mir bitte die Marmelade geben? (können)

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Модальные глаголы».

Задание 5. Составьте вопросительные предложения и дайте краткие ответы на них.

Пример: Sie wohnen in Berlin.

Ответ: Wo wohnen Sie? Wer wohnt in Berlin?

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по

теме «Вопросительные предложения».

ФРАНЦУЗСКИЙ ЯЗЫК

Задание 1. Заполните пропуски в предложениях следующими предлогами: de, à, chez, dans, pour, depuis, vers, avec, devant, en.

Пример: Monsieur Dupont est en mission.

Задание 1 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Предлоги».

Задание 2. Заполните пропуски, выберите правильно указательное прилагательное:

Пример: Peux-tu me passer ces dictionnaires?

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Указательные прилагательные».

Задание 3. Поставьте нужный артикль или предлог там, где это необходимо:

Пример: C'est la salle des études.

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Употребление слитного артикля».

Задание 4. Выберите правильную форму глагола:

Пример: Tous les matins, il s'est levé à 7 heures depuis un an.

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Спряжение глаголов 1,2,3 группы в Présent».

Задание 5. Ответьте на следующие вопросы:

Пример: Où passez-vous vos vacances d'été? - Je les passe en Crimée.

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Личные местоимения le, la, les».

Проблемные и сложные вопросы, возникающие в процессе изучения курса и выполнения контрольной работы, необходимо решать с преподавателем на консультациях.

Выполнению контрольной работы должно предшествовать самостоятельное изучение студентом рекомендованной литературы.

Студент получает проверенную контрольную работу с исправлениями в тексте и замечаниями. В конце работы выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно». Работа с оценкой «неудовлетворительно» должна быть доработана и представлена на повторную проверку.

Выполнение работы над ошибками

При получении проверенной контрольной работы необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данной контрольной работы. Контрольные работы являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

Критерии оценивания контрольной работы

Оценка за контрольную работу определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 1 балл. Максимум 44 балла.

Результат контрольной работы

Контрольная работа оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»:

40-44 балла (90-100%) - оценка «отлично»;

31-39 балла (70-89%) - оценка «хорошо»;

22-30 баллов (50-69%) - оценка «удовлетворительно»;

0-21 балла (0-49%) - оценка «неудовлетворительно».



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

Кафедра иностранных языков и деловой коммуникации

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

**по дисциплине
ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК**

Специальность:

21.05.03 Технология геологической разведки

Специализация № 4

Сейсморазведка

формы обучения: очная, заочная

Выполнил: Иванов Иван Иванович
Группа НФ-18

Преподаватель: Петров Петр Петрович,
к.т.н, доцент

**Екатеринбург
2018**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Проректор по учебно-методическому комплексу

С.А. Угоров



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.Б.1.03 ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Специальность

21.05.03 Технология геологической разведки

Автор: Безбородова С. А., к.п.н.

Одобрена на заседании кафедры

Иностранных языков и деловой

коммуникации

(название кафедры)

Зав.кафедрой

к.п.н., доц. Юсупова Л. Г.

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

I. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям.....	3
1.1 Повторение материала практических занятий.....	3
1.2 Чтение и перевод учебных текстов.....	42
1.3 Подготовка к практическим занятиям (запоминание иноязычных лексических единиц и грамматических конструкций)	60
1.4 Самостоятельное изучение тем курса (для заочной формы обучения)	73
1.5 Подготовка к контрольной работе	73
II. Другие виды самостоятельной работы.....	73
2.1 Выполнение самостоятельного письменного домашнего задания:	
2.1.1 Подготовка к ролевой игре.....	73
2.1.2 Подготовка к практико-ориентированному заданию	74
2.1.3 Подготовка к опросу	75
2.2 Дополнительное чтение профессионально ориентированных текстов и выполнение заданий на проверку понимания прочитанного.....	75
2.3 Подготовка доклада.....	94
2.4 Подготовка к тесту.....	95
2.5 Подготовка к экзамену.....	99

I. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям

1. Повторение материала практических занятий

Практические занятия направлены на развитие умений иноязычного говорения в рамках заданных РПД тем: бытовая сфера общения (Я и моя семья); учебно-познавательная сфера общения (Я и мое образование); социально-культурная сфера общения (Я и моя страна. Я и мир); профессиональная сфера общения (Я и моя будущая специальность).

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

My family

My name is Vladimir Petrov. I am ... years old. I was born in 19... in Nizhniy Tagil. I went to school when I was 7. In 20... I finished school number 10 in Ekaterinburg. This year I entered the Ural State Mining University. In five years I shall graduate from this University.

I live in the center of Ekaterinburg. I work at the Ministry of Foreign Trade. I'm an engineer & I am also a student. Many engineers in our Ministry learn foreign languages.

My family is not large. I have a wife & two children. My wife's name is Ann & children's names are Nick & Natalie.

My wife is an economist. My wife is a young woman. She is twenty – nine years old. She works at the Ministry of Foreign Trade, too. She goes to the office every day. My wife doesn't learn English. She already knows English very well. She reads many English books, magazines & newspapers. My wife is also a student. She learns German. She likes languages very much & is going to learn French next year.

My daughter is a girl of ten. She goes to school. She has a lot of subjects at school. She also learns English. She also helps her mother at home.

My son is a little boy. He was born five years ago. I take him to the kindergarten every morning.

My parents are not old. My father is 53. He is an engineer. He graduated from The Ural Polytechnical Institute. He works at a big plant. My mother is 51. She is a teacher. She teaches Russian at school. She graduated from the Leningrad Teachers' Training University.

My sister's name is Katya. She works at an office. Besides she studies at an Evening Department. She is married. Her husband is a doctor. He works at a hospital. They have a little son. He is only six months old.

My elder brother, Boris by name, does not stay with us. He lives in Gorky in a large two-roomed flat. He is a designer. He has also a family of his own. He has a wife & two children: a boy & a girl. Their son is already a pupil. My brother & his family often come to see us. We also visit them sometimes.

I also have a grandfather & a grandmother. They are pensioners. My grandmother looks after the house & does the cooking. We usually take our children to the country in summer to stay with their grandparents. They love their grandchildren very much.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

My student's life

I'm a student of The Ural State Mining University. I have been a student only one month. I can't speak English very well yet. I am just a beginner. I live in a hostel. It is rather a long way from the University. In fact, it takes me about an hour to get to the University. But it gives me no trouble at all, as I like to get up early. I don't need an alarm-clock to wake me up. I am an early - riser.

Though the hostel is far from the University it is very comfortable & has all modern conveniences.

As a rule I get up at 6.30, do morning exercises & have shower. I don't have a bath in the morning; I have a bath before I go to bed.

For breakfast I have a boiled egg & a cup of coffee in order not to waste the time. At about 7.30 I am quite ready to go. It is about 5 minutes walk from the hostel to the stop. I usually take the 7.40. bus. I walk to the stop as I have plenty of time to catch my bus.

I come to the University 5 minutes before the lesson begins. So I can have a chat with my friends. The majority of my group mates are from Ekaterinburg the others either come from different towns of our country. We usually have a lot of things to talk about.

We don't go out to the lunch. There is a good canteen at the University. It is on the ground floor. But I should say that you have to stand in a queue to have lunch.

I come to the hostel from the University at about 3 o'clock. I live in a single room & have nobody to speak with. In the evening I sometimes go out with my friends. We go to the cinema if there is something new or to the club if there is a dancing party there. But often I stay in, watch TV programs or listen to the music. Then I read a book for half an hour or so & go to sleep. That doesn't take me long, as a rule.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

Ekaterinburg – an Industrial Centre

Ekaterinburg is one of the leading industrial centres of Russia. There are over 200 industrial enterprises of all-Russia importance in it. The key industry is machine-building. The plants of our city produce walking excavators, electric motors, turbines, various equipment for industrial enterprises.

During the Great Patriotic War Sverdlovsk plants supplied the front with arms and munitions and delivered various machinery for restoration of Donbass collieries and industrial enterprises of the Ukraine.

The biggest plants of our city are the Urals Heavy Machine Building Plant (the Uralmash), the Urals Electrical Engineering Plant (Uralelectrotyazhmash), the Torbomotorny Works (TMZ), the Chemical Machinery Building Works (Chimmash), the Verkh Iset Metallurgical Works (VIZ) and many others.

The Urals Heavy Machinery Building Plant was built in the years of the first five-year plan period. It has begun to turn out production in 1933. The machines and equipment produced by the Uralmash have laid the foundation for the home iron and steel, mining and oil industries. The plant produces walking excavators and draglines, drilling rigs for boring super-deep holes, crushing and milling equipment for concentrators. The plant also produces rolling-mills, highly efficient equipment for blast furnaces, powerful hydraulic presses and other machines. The trade mark of the Uralmash is well-known all over the world.

The Electrical Engineering plant was put into operation in 1934. At the present time it is a great complex of heavy electrical machine-building. It produces powerful hydrogenerators, transformers, air and oil switches, rectifiers & other electrical equipment. Besides, it is one of the main producers of high-voltage machinery.

The Turbo-Motorny Works produces turbines & diesel motors for powerful trucks. The turbines manufactured by this plant are widely known not only in our country, but also abroad. The plant turned out its first turbines in 1941.

The Urals Chemical Works, the greatest plant in the country, produces machinery for the chemical industry. It also produces vacuum- filters used in different branches of oil industry.

The Verkh-Iset Metallurgical Works the oldest industrial enterprise in Ekaterinburg is now the chief producer of high grade transformer steel in the country.

Now complex mechanization & automation of production processes are being used at all industrial enterprises of Ekaterinburg. Its plants make great contribution to the development of our country's national economy.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (the UK) occupies most of the territory of the British Isles. It consists of four main parts: England, Scotland, Wales and Northern

Ireland. London is the capital of England. Edinburgh is the capital of Scotland, Cardiff— of Wales and Belfast — of Northern Ireland. The UK is a small country with an area of some 244,100 square kilometres. It occupies only 0.2 per cent of the world's land surface. It is washed by the Atlantic Ocean in the north-west, north and south-west and separated from Europe by the Severn, but the most important waterway is the Thames.

The climate is moderate and mild. But the weather is very changeable. The population of the United Kingdom is over 57 million people. Foreigners often call British people "English", but the Scots, the Irish and the Welsh do not consider themselves to be English. The English are Anglo-Saxon in origin, but the Welsh, the Scots and the Irish are Celts, descendants of the ancient people, who crossed over from Europe centuries before the Norman Invasion. It was this people, whom the Germanic Angles and Saxons conquered in the 5th and 6th centuries AD. These Germanic conquerors gave England its name — "Angle" land. They were conquered in their turn by the Norman French, when William the Conqueror of Normandy landed near Hastings in 1066. It was from the union of Norman conquerors and the defeated Anglo-Saxons that the English people and the English language were born. The official language of the United Kingdom is English. But in western Scotland some people still speak Gaelic, and in northern and central parts of Wales people often speak Welsh.

The UK is a highly developed industrial country. It is known as one of the world's largest producers and exporters of machinery, electronics, textile, aircraft, and navigation equipment. One of the chief industries of the country is shipbuilding.

The UK is a constitutional monarchy. In law, Head of the State is Queen. In practice, the country is ruled by the elected government with the Prime Minister at the head. The British Parliament consists of two chambers: the House of Lords and the House of Commons. There are three main political parties in Great Britain: the Labour, the Conservative and the Liberal parties. The flag of the United Kingdom, known as the Union Jack, is made up of three crosses. The big red cross is the cross of Saint George, the patron saint of England. The white cross is the cross of Saint Andrew, the patron saint of Scotland. The red diagonal cross is the cross of Saint Patrick, the patron saint of Ireland.

The United Kingdom has a long and exciting history and a lot of traditions and customs. The favorite topic of conversation is weather. The English like to drink tea at 5 o'clock. There are a lot of high days in Great Britain. They celebrate Good Friday, Christmastide, Christmas, Valentine's day and many others. It is considered this nation is the most conservative in Europe because people attach greater importance to traditions; they are proud of them and keep them up. The best examples are their money system, queen, their measures and weights. The English never throw away old things and don't like to have changes.

Great Britain is a country of strong attraction for tourists. There are both ancient and modern monuments. For example: Hadrian Wall and Stonehenge, York Cathedral and Durham castle. It is no doubt London is the most popular place for visiting because there are a lot of sightseeing like the Houses of Parliament, Buckingham Palace, London Bridge, St Paul's Cathedral, Westminster Abbey, the Tower of London. Also you can see the famous Tower Clock Big Ben which is considered to be the symbol of London. Big Ben strikes every quarter of an hour. You will definitely admire Buckingham Palace. It's the residence of the royal family. The capital is famous for its beautiful parks: Hyde Park, Regent's Park. The last one is the home of London Zoo.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

My speciality is Geology

I am a first year student of the Ural State Mining University. I study at the geological faculty. The geological faculty trains geologic engineers in three specialities: mineral prospecting and exploration, hydrogeology and engineering geology, drilling technology.

Geology is the science which deals with the lithosphere of our planet. Geology studies the composition of the Earth's crust, its history, the origin of rocks, their distribution and many other problems.

That is why the science of geology is commonly divided into several branches, such as:

1. General Geology which deals with the composition and the structure of the Earth and with various geological processes going on below the Earth's surface and on its surface.
2. Petrology which studies the rocks of the Earth.
3. Mineralogy which investigates the natural chemical compounds of the lithosphere.
4. Paleontology which deals with fossil remains of ancient animals and plants found in rocks.
5. Historic Geology which treats of the Earth's history.
6. Structural Geology which deals with the arrangement of rocks due to the Earth's movements.
7. Economic Geology which deals with occurrence, origin and distribution of mineral deposits valuable to man.

All these branches of geology are closely related to each other.

Geology is of great practical importance because it supplies industry with all kinds of raw materials, such as ore, coal, oil, building materials, etc.

Geology deals with the vital problem of water supply. Besides, many engineering projects, such as tunnels, canals, dams, irrigation systems, bridges etc. need geological knowledge in choosing construction sites and materials.

The practical importance of geology has greatly increased nowadays. It is necessary to provide a rapid growth of prospecting mineral deposits, such as ores of iron, copper, lead, uranium and others, as well as water and fossil fuels (oil, gas and coal). They are badly needed for further development of all the branches of the national Economy of our country and for creating a powerful economic foundation of the society. The graduates of the geological faculty of the Ural State Mining University work all over the country in mines, geological teams and expeditions of the Urals, Siberia, Kazakhstan, in the North and Far East, etc. as well as abroad.

Very often geologists have to work under hard climatic and geological conditions. They must be courageous, strong and purposeful people, ready to overcome any hardships which nature has put in their way to its underground treasure-house.

Практические занятия направлены также на формирование грамматического навыка по темам: порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях, порядок слов в вопросительном предложении, безличные предложения, местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные), имя существительное, артикли (определенный, неопределенный, нулевой), функции и спряжение глаголов *to be* и *to have*, оборот *there+be*, имя прилагательное и наречие, степени сравнения, сравнительные конструкции, имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат), образование видовременных форм глагола в активном залоге.

Распределение выше указанных тем в учебнике:

- Агабекян И. П. Английский язык для бакалавров: учебное пособие для студентов вузов / И. П. Агабекян. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. - 384 с.: ил. - (Высшее образование) (200 экз. в библиотеке УГГУ) и учебнике:

- Журавлева Р.И. Английский язык: учебник: для студентов горно-геологических специальностей вузов / Р. И. Журавлева. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. - 508 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 502 (192 экз. в библиотеке УГГУ) представлено в таблице №1:

Таблица №1

Название темы	Страницы учебников	
	<i>Агабекян И. П.</i>	<i>Журавлева Р.И.</i>
Порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях	148	9
Порядок слов в вопросительном предложении	163-170	10, 24
Безличные предложения	149	440
Местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные)	41-55	101, 439
Имя существительное	66-78	435

Артикли (определенный, неопределенный, нулевой)	78-84	433
Функции и спряжение глаголов <i>to be</i> и <i>to have</i>	102-104	6-8
Оборот <i>there+be</i>	105-107	100
Имя прилагательное и наречие	115	83
Степени сравнения, сравнительные конструкции	115-121	143
Имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат)	261-271	-
Образование видовременных форм глагола в активном залоге	193-209	10, 36, 69

Повторите материал практических занятий!

Порядок слов в английском предложении

В русском языке, благодаря наличию падежных окончаний, мы можем переставлять члены предложения, не меняя основного смысла высказывания. Например, предложения Студенты изучают эти планы и Эти планы изучают студенты совпадают по своему основному смыслу. Подлежащее в обоих случаях - студенты, хотя в первом предложении это слово стоит на первом месте, а во втором предложении - на последнем.

По-английски такие перестановки невозможны. Возьмём предложение The students study these plans Студенты изучают эти планы. Если подлежащее и дополнение поменяются местами, то получится бессмыслица: These plans study the students Эти планы изучают студентов. Произошло это потому, что слово plans, попав на первое место, стало подлежащим.

Английское предложение имеет твёрдый порядок слов.

Порядок слов в английском предложении показан в этой таблице:

I	II	III Дополнение			IV
Подлежащее	Сказуемое	Косвенное без предлога	Прямое	Косвенное с предлогом	Обстоятельство
We Мы	study изучаем		math математику		
He Он	gives дает	us нам	lessons уроки		in this room. в этой комнате
She Она	reads читает		her notes свои заметки	to Peter Петру	every day. каждый день

Вопросительное предложение

Общее правило построения вопросов в английском языке таково: Все вопросы (кроме специальных вопросов к подлежащему предложения) строятся путем инверсии. Инверсией называется нарушение обычного порядка слов в английском предложении, когда сказуемое следует за подлежащим.

В тех случаях, когда сказуемое предложения образовано без вспомогательных глаголов (в Present и Past Indefinite) используется вспомогательный глагол *to do* в требуемой форме - *do/does/did*.

Общие вопросы

Общий вопрос задается с целью получить подтверждение или отрицание высказанной в вопросе мысли. На общий вопрос обычно дается краткий ответ: "да" или "нет".

Для построения общего вопроса вспомогательный или модальный глагол, входящий в состав сказуемого, ставится в начале предложения перед подлежащим.

а) Примеры сказуемого с одним вспомогательным глаголом: Is he speaking to the teacher?
- Он говорит с учителем?

б) Примеры сказуемого с несколькими вспомогательными глаголами:

You will be writing letters to us. – Ты будешь писать нам письма.
Will you be writing letters to us? – Будешь ли ты писать нам письма?

Примеры с модальными глаголами:

She can drive a car. – Она умеет водить машину.

Can she drive a car? - Она умеет водить машину? (Yes, she can.; No, she cannot)

Когда в составе сказуемого нет вспомогательного глагола (т.е. когда сказуемое выражено глаголом в Present или Past Indefinite), то перед подлежащим ставятся соответственно формы do / does или did; смысловой же глагол ставится в форме инфинитива без to (словарная форма) после подлежащего.

С появлением вспомогательного глагола do на него переходит вся грамматическая нагрузка - время, лицо, число: в Present Indefinite в 3-м лице ед. числа окончание -s, -es смыслового глагола переходит на глагол do, превращая его в does; а в Past Indefinite окончание прошедшего времени -ed переходит на do, превращая его в did.

Do you go to school? – Ходишь ли ты в школу?

Do you speak English well? - Ты хорошо говоришь по-английски?

Ответы на общие вопросы

Общий вопрос требует краткого ответа "да" или "нет", которые в английском языке образуются следующим образом:

а) Положительный состоит из слова Yes за которым (после запятой) идет подлежащее, выраженное личным местоимением в им. падеже (никогда не используется существительное) и тот вспомогательный или модальный глагол, который использовался в вопросе (вспомогательный глагол согласуется с местоимением ответа);

б) Отрицательный ответ состоит из слова No, личного местоимения и вспомогательного (или модального) глагола с последующей частицей not

Например: Are you a student? - Ты студент?

Yes, I am. - Да.; No, I am not. - Нет.

Do you know him? – Ты знаешь его?

Yes, I do. – Да (знаю).; No, I don't. – Нет (не знаю).

Специальные вопросы

Специальный вопрос начинается с вопросительного слова и задается с целью получения более подробной уточняющей информации. Вопросительное слово в специальном вопросе заменяет член предложения, к которому ставится вопрос.

Специальные вопросы могут начинаться словами:

who? – кто? whom? – кого? whose? – чей? what? – что? какой? which? –
который?

when? – когда? where? – где? куда? why? – почему? how? – как?
how much? – сколько? how many? – сколько? how long? – как долго?

сколько времени?

how often? – как часто?

Построение специальных вопросов:

1) Специальные вопросы ко всем членам предложения, кроме подлежащего (и его определения) строятся так же, как и общие вопросы – посредством инверсии, когда вспомогательный или модальный глагол ставится перед подлежащим.

Специальный вопрос (кроме вопроса к подлежащему) начинается с вопросительного слова или группы слов за которым следуют вспомогательный или модальный глагол, подлежащее и смысловой глагол (сохраняется структура общего вопроса).

Вопрос к прямому дополнению:

What are you reading? Что ты читаешь?

What do you want to show us? Что вы хотите показать нам?

Вопрос к обстоятельству

Обстоятельства бывают разного типа: времени, места, причины, условия, образа действия и др.

He will come back tomorrow. – Он вернется завтра.
When will he come back? – Когда он вернется?
What did he do it for? Зачем он это сделал?
Where are you from?

Вопрос к определению

Вопрос к определению начинается с вопросительных слов what какой, which (of) который (из), whose чей, how much сколько (с неисчисляемыми существительными), how many сколько (с исчисляемыми существительными). Они ставятся непосредственно перед определяемым существительным (или перед другим определением к этому существительному), а затем уже идет вспомогательный или модальный глагол.

What books do you like to read? Какие книги вы любите читать?
Which books will you take? Какие книги (из имеющихся) вы возьмете?

Вопрос к сказуемому

Вопрос к сказуемому является типовым ко всем предложениям: "Что он (она, оно, они, это) делает (делал, будет делать)?" , например:

What does he do? Что он делает?

Специальные вопросы к подлежащему

Вопрос к подлежащему (как и к определению подлежащего) не требует изменения прямого порядка слов, характерного для повествовательного предложения. Просто подлежащее (со всеми его определениями) заменяется вопросительным местоимением, которое исполняет в вопросе роль подлежащего. Вопросы к подлежащему начинаются с вопросительных местоимений:

who – кто (для одушевленных существительных)
what - что (для неодушевленных существительных)
The teacher read an interesting story to the students yesterday.
Who read an interesting story to the students yesterday?

Сказуемое в таких вопросах (после who, what в роли подлежащего) всегда выражается глаголом в 3-м лице единственного числа (не забудьте про окончание -s в 3-м лице ед. числа в Present Indefinite. Правила образования -s форм см. здесь.):

Who is reading this book? Кто читает эту книгу?
Who goes to school?

Альтернативные вопросы

Альтернативный вопрос задается тогда, когда предлагается сделать выбор, отдать чему-либо предпочтение.

Альтернативный вопрос может начинаться со вспомогательного или модального глагола (как общий вопрос) или с вопросительного слова (как специальный вопрос) и должен обязательно содержать союз or - или. Часть вопроса до союза or произносится с повышающейся интонацией, после союза or - с понижением голоса в конце предложения.

Например вопрос, представляющий собой два общих вопроса, соединенных союзом or:
Is he reading or is he writing?
Did he pass the exam or did he fail?

Вторая часть вопроса, как правило, имеет усеченную форму, в которой остается (называется) только та часть, которая обозначает выбор (альтернативу):
Is he reading or writing?

Разделительные вопросы

Основными функциями разделительных вопросов являются: проверка предположения, запрос о согласии собеседника с говорящим, поиски подтверждения своей мысли, выражение сомнения.

Разделительный (или расчлененный) вопрос состоит из двух частей: повествовательной и вопросительной.

Первая часть - повествовательное утвердительное или отрицательное предложение с прямым порядком слов.

Вторая часть, присоединяемая через запятую, представляет собой краткий общий вопрос, состоящий из местоимения, заменяющего подлежащее, и вспомогательного или модального глагола. Повторяется тот вспомогательный или модальный глагол, который входит в состав сказуемого первой части. А в Present и Past Indefinite, где нет вспомогательного глагола, употребляются соответствующие формы do/ does/ did.

В второй части употребляется обратный порядок слов, и она может переводиться на русский язык: не правда ли?, не так ли?, верно ведь?

1. Если первая часть вопроса утвердительная, то глагол во второй части стоит в отрицательной форме, например:

You speak French, don't you? You are looking for something, aren't you? Pete works at a plant, doesn't he?

2. Если первая часть отрицательная, то во второй части употребляется утвердительная форма, например:

It is not very warm today, is it? John doesn't live in London, does he?

Безличные предложения

Поскольку в английском языке подлежащее является обязательным элементом предложения, в безличных предложениях употребляется формальное подлежащее, выраженное местоимением it. Оно не имеет лексического значения и на русский язык не переводится.

Безличные предложения используются для выражения:

1. Явлений природы, состояния погоды: It is/(was) winter. (Была) Зима. It often rains in autumn. Осенью часто идет дождь. It was getting dark. Темнело. It is cold. Холодно. It snows. Идет снег.

2. Времени, расстояния, температуры: It is early morning. Раннее утро. It is five o'clock. Пять часов. It is two miles to the lake. До озера две мили. It is late. Поздно.

3. Оценки ситуации в предложениях с составным именным (иногда глагольным) сказуемым, за которым следует подлежащее предложения, выраженное инфинитивом, герундием или придаточным предложением: It was easy to do this. Было легко сделать это. It was clear that he would not come. Было ясно, что он не придет.

4. С некоторыми глаголами в страдательном залоге в оборотах, соответствующих русским неопределенно-личным оборотам: It is said he will come. Говорят, он придет.

Местоимение. The Pronoun. Классификации местоимений.

1	personal	личные
2	possessive	притяжательные
3	demonstrative	указательные
4	indefinite and negative	неопределенные и отрицательные
5	quantifiers	количественные
6	reflexive	возвратные
7	reciprocal	взаимные
8	relative	относительные
9	defining	определятельные
10	interrogative	вопросительные

I. Личные (personal) местоимения

Общий падеж		Объектный падеж	
I	я	me	мне, меня
he	он	him	его, ему
she	она	her	ей, о ней
it	оно, это	it	ей, ему, этому
we	мы	us	нам, нас

they	они	them	им, их
you	ты, вы	you	тебе, вам
Внимание! He (он) и she (она) в английском языке можно говорить только про людей. Все остальные английские существительные (предметы, животные, явления природы, чувства и т. д.) - обозначаются – it (оно, это).			
he	she	it	
a boy – мальчик a man – мужчина brother – брат father – отец Nick – Николай Mr Grey – мистер Грей	a girl – девочка a woman – женщина sister – сестра mother – мама Kate – Катя Mrs Grey – миссис Грей	a cat – кот a wall – стена rain – дождь love – любовь a hand – рука an apple – яблоко	

Англичане говорят **It's me**, а не **It's I** (это я).

II. Притяжательные (possessive) местоимения

Притяжательные местоимения выражают принадлежность и имеют в английском языке две формы - основную (после этой формы обязательно требуется существительное).

Whose pen is it? - Чья это ручка? - **It's my pen.** - Это моя ручка.

И абсолютную (существует самостоятельно, без существительного) - **It's mine.** - Это моя.

Личное местоимение	Основная форма	Абсолютная форма
I – я he – он she – она it – оно, это we – мы you – ты, вы they – они	my (toy) - моя (игрушка) his (toy) - его (игрушка) her (toy) - ее (игрушка) its (toy) - его (не о человеке) our (toy) - наша (игрушка) your (toy) - ваша, твоя (игрушка) their (toy) - их (игрушка)	his - его hers - ее its - его (этого) ours - наша yours - ваша, твоя theirs - их

III. Указательные (demonstrative) местоимения

this (это, эта, этот) – **these** (эти) **that** (то, та, тот) - **those** (те)

IV. Неопределенные (indefinite) и отрицательные (negative) местоимения

Местоимения **some, any, every**, и их производные

- Если у вас есть, например, яблоки и вы знаете, сколько их, вы говорите:

I have/I have got three apples. У меня есть 3 яблока,

- Если вы не знаете точное количество, то используйте неопределенное местоимение **some: I have/I have got apples.** У меня есть несколько яблок (некоторое количество).

Производные от неопределенных местоимений

Слово **“think”** обозначает **“вещь”** (не обязательно материальная).

Слово **“body”** обозначает **“тело”**. Эти слова являются основой для целого ряда словообразований.

Thing используется для неодушевленных (что-то):

some

any

thing

no

something – что-то, что-нибудь

anything - что-то, что-нибудь

nothing - ничего, ничто

every	everything - все
Body/one - для одушевленных (кто-то):	
some	somebody/someone – кто-то, кто-нибудь
any	anybody/anyone - кто-то, кто-нибудь
	body/one
no	nobody / no one - никого, никто
every	everybody /everyone – все, каждый
Местоимение some и основа body должны произноситься и писаться слитно, в противном случае вместо somebody – кто-то, получится some body - какое-то тело, Something/somebody/someone - в утвердительных предложениях, anything/anybody/anyone - в отрицательных и вопросительных предложениях, nothing/nobody/no one – в отрицательных. Anything/anybody/anyone - также используются в утвердительных предложениях, но в значении <i>что угодно/кто угодно</i>	

somewhere - где-нибудь, куда-нибудь	anywhere - где угодно
nowhere - нигде	everywhere - везде

V. Количественные (quantifiers) местоимения

Many и much - оба слова обозначают “много”, С исчисляемыми существительными (теми, которые можно посчитать, можно образовать множественное число) используется слово many, а с неисчисляемыми - слово much.	
many girls - много девочек many boys - много мальчиков many books - много книжек	much snow - много снега much money - много денег much time - много времени
How many? } сколько? How much? }	How many girls? - Сколько девочек? How much sugar? - Сколько сахара? How much sugar? - Сколько сахара?
a lot of... - много - используется и с исчисляемыми, и с неисчисляемыми существительными a lot of girls – много девочек a lot без (of) используется и без существительного. a lot of sugar - много сахара Сравните: He writes a lot of funny stories. Он пишет много забавных рассказов. He writes a lot. Он много пишет.	
<u>В утвердительных</u> предложениях используйте a lot of. <u>В отрицательных</u> и в вопросительных many/much, Сравните: (+) My grandmother often cooks a lot of tasty things. Моя бабушка часто готовит много вкусного. (-) But we don't eat much. Но мы не едим много. (?) Do you eat much? Вы много едите? Иногда слова much и a lot являются синонимами слова “часто”: Do you ski much? Вы много (часто) катаетесь на лыжах? No, not much (= not often). Нет, не часто.	

Few, little, a few, a little

С **неисчисляемыми** существительными используйте слово **little** (мало), а с **исчисляемыми** - **few** (мало).

few books - мало книг few girls - мало девочек few boys - мало мальчиков	little time - мало времени little money - мало денег little snow - мало снега
little } мало (т.е. надо еще) few }	a little } немного (т.е. пока хватает) a few }

VI. Возвратные (reflexive) местоимения

Возвратные местоимения образуются от личных местоимений в объектном падеже и притяжательных местоимений прибавлением - **self** в единственном числе и - **selves** во множественном числе. Возвратные местоимения используются для того, чтобы показать, что объект, названный подлежащим предложения сам совершает действие.

Личное местоимение	Возвратное местоимение	Пример	Перевод
I	myself	I did it myself.	Я сделал это сам
he	himself	He did it himself.	Он сделал это сам.
she	herself	She did it herself.	Она сделала это сама
you	yourself	You did it yourself.	Вы сделали это сами.
they	themselves	They did it themselves.	Они сделали это сами.
we	ourselves	We did it ourselves.	Мы сделали это сами.

VII. Взаимные (reciprocal) местоимения

Each other - друг друга (относится к двум лицам или предметам).

One another - друг друга (относится к большему количеству лиц или предметов).

They spoke to each other rather friendly. Они разговаривали друг с другом довольно дружелюбно.

They always help one another. Они всегда помогают друг другу.

VIII. Относительные (relative) местоимения

Who (whom), whose, which, that

who	Именительный падеж who (подлежащее) The girl <u>who</u> is playing the piano is my sister. Девочка, которая играет на пианино, - моя сестра.
	Объектный падеж whom (дополнение) The man <u>whom</u> I love the best is your brother. Человек, которого я люблю больше всех, - твой брат.
which	Для неодушевленных предметов и животных The flowers <u>which</u> you brought me were pretty nice. Цветы, которые ты мне принес, очень милые.
whose	Для одушевленных существительных This is the man <u>whose</u> book we read yesterday. Это человек, книгу которого мы читали вчера.
	Для неодушевленных существительных We saw the tree <u>whose</u> leaves were absolutely yellow. Мы увидели дерево, листья которого были абсолютно желтыми.
that	Для одушевленных существительных This is the man <u>that</u> we saw yesterday. Это мужчина, которого мы видели вчера.
	Для неодушевленных существительных This is the film <u>that</u> we saw yesterday. Это фильм, который мы видели вчера.

IX. Определительные (defining) местоимения

all

Употребление	Примеры	Перевод
определяет неисчисляемые	He spent all his time fishing on the	Он провел все свое время,

существительные	lake.	ловя рыбу на озере.
определяет исчисляемые существительные	All the boys like football. (the после all!)	Все мальчишки любят футбол.
all = everything	I know all/everything .	Я знаю всё.
all = everybody	All were hungry. Everybody was hungry.	Все были голодны. Все были голодны.
we all = all of us you all = all of you they all = all of them	We all love you very much = All of us love you very much.	Мы все тебя очень любим

both

Употребление	Примеры	Перевод
определяет существительные	Both (the/my) friends like football.	Оба моих друга любят футбол
допускается использование артикля вместо указательных местоимений после both	Both these/the men are Russian.	Оба (эти) мужчины - русские.
употребляется вместо существительного	He gave me two apples. Both were sweet.	Он дал мне два яблока. Оба были сладкими.
they both = both of them you both = both of you we both = both of us	They both (both of them) came to visit us.	Они оба пришли навестить нас.
в устойчивой конструкции both...and.	Both mother father were at home	И мама, и папа были дома.
в отрицательных предложениях вместо both используется neither	Both of them know English. Neither of them know English.	Они оба знают английский. Ни один из них не знает английского.

either/neither

	Употребление	Примеры	Перевод
either	любой из двух (артикл не ставится)	I've got 2 cakes. Take either cake.	У меня 2 пирожных. Возьми любое.
	каждый, оба, и тот, и другой	There are windows on either side of the house.	С обеих сторон дома есть окна.
	заменяет существительное (глагол в ед. числе)	Either of dogs is always hungry.	Любая из собак вечно голодная.
neither	отрицательное местоимение-определение (ни тот, ни другой)	Neither of examples is correct.	Ни один из примеров не верен.
	в констр. neither.. nor (ни.. ни)	I like neither tea, nor coffee.	Я не люблю ни чай, ни кофе.

other, another, the other, the others (другой, другие)

	Употребление	Примеры	Перевод
the other	другой (второй), другой из двух	You've got 2 balls: one and the other.	У тебя 2 мяча: один и другой.
another	другой из многих, еще один	Take another ball.	Возьми другой мяч. (Любой, но не этот.)
other	другие (любые), не последние	Take other 2 balls.	Возьми другие 2 мяча. (Из многих.)

the others	другие (определенные)	There are 4 balls: 2 balls are red and the others are blue.	Есть 4 мяча: 2 красных, а другие 2 - синие.
-------------------	-----------------------	--	---

X. Вопросительные (interrogative) местоимения

what	что	What's this?	Что это?
which	который	Which of them?	Который из них?
who	кто, кого	Who was that?	Кто это был?
whom	кого	Whom did you meet?	Кого ты встретил?
whose	чей	Whose book is it?	Чья это книга?

Имя существительное. The Noun

Категории	Существительное в русском языке	Существительное в английском языке
Число	Изменяется	Изменяется
Падеж	Изменяется	Не изменяется

The Plural Form of Nouns

Образование множественного числа у английских существительных

Способ образования	Примеры	Перевод
после глухих согласных	a book - books a cup - cups	книга - книги чашка - чашки
после звонких согласных и гласных -	a name - names a girl - girls	имя - имена девочка - девочки
после шипящих, свистящих звуков -ch, -sh, -x, -s, -z: -es	a palace - palaces a bush - bushes a box - boxes a church - churches	дворец - дворцы куст - кусты коробка - коробки церковь - церкви
слово заканчивается на -у: 1) гласная +у	a toy - toys a boy - boys	игрушка - игрушки мальчик - мальчики
2) согласная + у	a family - families a story - stories	семья - семьи история - истории
слово заканчивается на -file	a leaf - leaves a shelf - shelves	лист - листья полка - полки

Особые случаи образования множественного числа

Ед. число	Мн. число	Перевод
man	men	мужчина - мужчины
woman	women	женщина - женщины
foot	feet	нога (стопа) - ноги (стопы)
child	children	ребенок - дети
goose	geese	гусь - гуси
mouse	mice	мышь - мыши
ox	oxen	бык - быки
tooth	teeth	зуб - зубы

Слова - заместители существительных **Substitutions: one/ones**

При повторном использовании одного и того же существительного в одном предложении, вместо него следует использовать one (в единственном числе) и ones (во множественном числе):

This table is bigger than that one - Этот стол больше, чем тот (стол).
 These tables are bigger than those ones. - Эти столы больше, чем те (столы).

Со словами one/ones может быть использован артикль, если перед ними стоит прилагательное.	
What apple do you want? Какое ты хочешь яблоко? The red one. Красное.	What apples do you want? Какие яблоки ты хочешь? The red ones. Красные.

Английские существительные не имеют падежных окончаний традиционно выделяют два падежа -общий и притяжательный.

Общий падеж

И. п. Эта девочка хорошо говорит по-английски. Р. п. Это собака той девочки. Д. п. Я дал яблоко той девочке. . В. п. Я вижу маленькую девочку. . Т. п. Я люблю гулять с этой девочкой. П. п. Я часто думаю об этой девочке.	This girl speaks English well. It's a dog of that girl. I gave an apple to that girl. I can see a little girl. I like to play with this girl. I often think about this girl.
--	---

Притяжательный падеж. The Possessive Case

Образование притяжательного падежа

	Образование	Примеры	Перевод
существительные в единственном числе	's	bird's house child's ball	домик птички мячик ребенка
существительные во множественном числе (группа исключений)	's	children's ball women's rights	мячик детей права женщин
существительное во множественном числе	'	girls' toy birds' house	игрушка девочек домик птичек

Формула притяжательного падежа обычно имеют лишь одушевленные существительные, обозначающие живое существо, которому что-то принадлежит,

my mother's book - мамина книга,

this girl's ball - мячик девочки,

the bird's house - домик птички

Для того, чтобы показать принадлежность объекта неодушевленному предмету, используется предлог of:

the handle of the door (ручка (от) двери), но чаще образуется составное существительное door-handle,

Артикль. The Article

1. Неопределенный a/an (используется перед исчисляемыми существительными в единственном числе)

a cat –кот

a dog –собака

a boy – мальчик

a girl -девочка

a teacher - учитель

2. Определенный the (может использоваться с любыми существительными)

the cat -кот

the houses –дома

the water -вода

the weather –погода

the flowers - цветы

Если слово начинается с гласной буквы, к артиклю "a" добавляется буква "n", для того, чтобы две гласные не сливались: an apple (яблоко), an orange (апельсин), an author (автор) и т. д. Слово "an hour" (час) начинается с согласной буквы "h", но в слове эта буква не читается, т.е. слово начинается с гласного звука, поэтому к артиклю "a" также добавляется n = an

Упомянув объект впервые, перед ним ставят неопределенный артикль a/an при повторном упоминании того же самого объекта, перед ним ставят определенный артикль the

I see a cat, Я вижу кота (одного). The cat is black. (этот) Кот – черный.

This is a kitten. Это - котенок. (Один из многих) The kitten is hungry. (этот) Котенок - голодный.

I have a book- У меня есть книга. The book is interesting. (эта) Книга - интересная.

Неопределенный артикль a/an опускается перед исчисляемыми существительными и существительными во множественном числе.

a pen - pens (ручка - ручки) a dog - dogs (собака - собаки) a book - books (книга - книги)

- water (вода) - snow (снег) - meat (мясо)

Использование неопределенного артикля a

один из множества (любой)	This is a cat.
первое упоминание в тексте	I see a bird.
при упоминании профессии	My brother is a pilot.
в восклицательных предложениях	What a good girl! What a surprise! Such a fine room!
вместо слова один	She is coming for a week.
в определенных конструкциях there is a... I have a... he has a... I see a... this is a... that is a... It is a... I am a... he/she is a...	There is a book here. I have got a nice coat. He has a kind smile. I see a wolf. This is a dog. That is a doctor. It is a red pen. I am a good swimmer. He/she is a tourist
в ряде устойчивых словосочетаний at a quarter... in a loud, (a low, an angry voice) to have a good time a lot of to go for a walk such a... after a while in a day (a month, a week, a year)	Come at a quarter to 8. Don't speak to him in an angry voice. We had a good time in the country. She has got a lot of presents. Let's go for a walk. He is such a clever boy. You'll see them after a while. We are living in a day.

Использование определенного артикля the

если речь идет о конкретном лице или предмете	The pen is on the table.
при повторном упоминании того же самого объекта	I see a cat. The cat is black.
если слово обозначает нечто, существующее в единственном лице, с частями света	the sun, the moon, the Earth
со словами: only (только), main (главный), central (центральный), left (левый), right (правый), wrong (неправильный), next (следующий), last (последний), final (заключительный)	The only man I love the main road to the left, to the right It was the right answer. the final test
с порядковыми числительными	the first, the tenth

с прилагательными в превосходной степени	the kindest, the most interesting the best
с музыкальными инструментами и танцами	to play the piano, to dance the tango
с обобщающими существительными (класс людей» животных, термины, жанры)	The Britons keep their traditions.
с названиями музеев, кинотеатров, кораблей, галерей, газет, журналов	the Hermitage the Tretyakov Gallery the Aurora the Sesame Street
с названиями океанов, рек, морей, каналов, пустынь, групп, островов, штатов, горных массивов, наименований с of	the Atlantic ocean the Neva river the Black sea Changing of the Guard

Использование определенного артикля в ряде устойчивых словосочетаний

in the middle, in the corner in the morning, In the evening, in the afternoon what's the use? to the cinema, to the theatre, to the shop, to the market at the cinema, at the theatre, at the shop, at the market the fact is (was) that... where is the...? in the country, to the country	The table is in the middle of the room. I never drink coffee in the evening. What's the use of going there so late? Do you like going to the theatre? He works at the shop. The fact is that I have no money at all. Where is the doctor? We always spend summer in the country.
--	---

Сколько бы прилагательных-определений ни стояло перед существительным, все эти определения ставятся между артиклем и существительным: A big, black, fat cat большой, черный, толстый кот.

Случаи, когда артикль не употребляется

если, перед существительным стоит притяжательное местоимение	a pen - my pen a dog - his dog the teacher - our teacher the apple - her apple
если перед существительным стоит указательное местоимение	the cats - those cats the books - these books a mouse - this mouse
если стоит другое существительное в притяжательном падеже	a car - father's car the horse - farmer's horse a bike - brother's bike the doll - sister's doll
если перед существительным стоит, количественное числительное	5 balls, 7 bananas, 2 cats
если перед существительным стоит отрицание "no"	She has no children. I see no birds.
перед именами	Mike, Kate, Jim, etc
с названиями дней недели	Sunday, Monday, etc.
с названиями месяцев	May, December, etc.
с названиями времен года	in spring, in winter
с названиями цветов	white, etc. I like green
с названиями спортивных игр	football, chess, etc.
с названиями блюд, напитков	tea, coffee, soup, etc,
с названиями праздников	Easter, Christmas, etc.

с названиями языков, если нет слова (язык). Если есть, нужен артикль the	English, etc. I learn English, the English language
с названиями стран	Russia, France, etc HO: the USA, the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, the Netherlands, the Ukraine, the Congo
с названиями городов	Moscow, Paris, etc.
с названиями улиц, площадей	Trafalgar Square
с названиями парков	St James' Park, Hyde Park
с названиями мостов	Tower Bridge
с названиями одиночных гор	Kilimanjaro
с названиями озер	Loch Ness
с названиями континентов	Asia, Australia, etc.
с названиями одиночных островов	Cyprus
если перед существительными стоит вопросительное или отрицательное местоимение	what animals can swim? I know what thing you have lost!

ГЛАГОЛ (THE VERB)

Глаголом называется часть речи, обозначающая действие или состояние предмета или лица.

В английском языке признаком глагола в неопределенной форме (инфинитиве) является частица to.

По своей структуре глаголы делятся на:

1. Простые, состоящие только из одного корня:

to fire - стрелять; зажигать

to order - приказывать

to read - читать

to play - играть

2. Производные, состоящие из корня и префикса, из корня и суффикса или из корня, префикса и суффикса:

to unpack - распаковывать

to dismiss - увольнять, отпускать

to realize - представлять себе

to shorten - укорачивать (ся)

to encounter - встречать (ся), наталкивать (ся)

to regenerate - перерождаться, возрождаться

3. Сложные, состоящие из двух основ (чаще всего основы существительного или прилагательного и основы глагола):

to broadcast (broad + cast) - передавать по радио

to whitewash (white + wash) - белить

4. Составные, состоящие из глагольной основы и наречия или предлога:

to carry out - выполнять

to sit down - садиться

По значению глаголы делятся на смысловые и служебные.

1. Смысловые глаголы имеют самостоятельное значение, выражают действие или состояние: Lomonosov as a poet and scientist played a great role in the formation of the Russian literary language. Как поэт и ученый Ломоносов сыграл огромную роль в создании русского литературного языка.

2. Служебные глаголы не имеют самостоятельного значения и употребляются для образования сложных форм глагола или составного сказуемого. Они являются спрягаемым элементом сказуемого и в его формах выражается лицо, число и время. К ним относятся:

1. Глаголы-связки to be быть, to become становиться, to remain оставаться, to grow становиться, to get, to turn становиться, to look выглядеть, to keep сохраняться.

Every man is the maker of his own fortune. Каждый человек-творец своей судьбы.

2. Вспомогательные глаголы to be, to do, to have, to let, shall, will (should, would):

The kitchen was supplied with every convenience, and there was even a bath-room, a luxury the Gerhardts had never enjoyed before. На кухне имелись все удобства; была даже ванная комната- роскошь, какой Герхардты никогда до сих пор не обладали.

3. Модальные глаголы can, may, must, ought, need: He that would eat the fruit must climb the tree. Кто любит фрукты, должен влезть на дерево (чтобы сорвать). (Любишь кататься-люби и саночки возить.)

Все формы глагола в английском языке делятся на личные и неличные.

Личные формы глагола выражают время, лицо, число, наклонение. Они выполняют в предложении функцию сказуемого. К личным формам относятся все формы времен действительного и страдательного залога (изъявительного и сослагательного наклонения):

As you leave the Kremlin by Spassky Gate you come out on the Red Square. Если вы выходите из Кремля мимо Спасских Ворот, вы оказываетесь на Красной площади.

Неличные формы глагола не различаются по лицам и числам. Они не могут самостоятельно выполнять в предложении функцию сказуемого, но могут входить в его состав. К неличным формам относятся: инфинитив, причастие и герундий. Every step towards eliminating nuclear weapons is in the interests of every nation. Любой шаг в направлении уничтожения ядерного оружия служит интересам каждого государства.

Личные формы глагола в английском языке имеют три наклонения: изъявительное (the Indicative Mood), повелительное (the Imperative Mood) и сослагательное (the Subjunctive Mood).

Глаголы в изъявительном наклонении выражают реальное действие, передают факты: His son goes to school. Его сын учится в школе.

She has written an interesting article. Она написала интересную статью.

A new building of the theatre was built in this street. На этой улице построили новое здание театра.

Глаголы в повелительном наклонении выражают приказание, просьбу, совет, запрещение, команду:

"Don't buy them", warned our cautious driver. "Не покупайте их", - предупредил наш осторожный шофер.

Undertake not what you cannot perform but be careful to keep your promise. Не беритесь за то, что не сможете выполнить, но старайтесь сдержать обещание.

Глаголы в сослагательном наклонении выражают действие не реальное, а желательное или предполагаемое: If there were no bad people, there would be no good lawyers. Если бы не было плохих людей, не было бы хороших адвокатов.

Как личные, так и неличные формы глагола имеют **два залога**: действительный (the Active Voice) и страдательный (the Passive Voice).

Глаголы в действительном залоге выражают действие, которое производится подлежащим: I inform you that I have carried out the mission. Сообщаю, что я выполнил задание.

Глаголы в страдательном залоге выражают действие, которое испытывает на себе подлежащее: I was informed that the mission had been carried out. Мне сообщили, что задание было выполнено.

Формы глагола могут выражать отношение между действием и временем. В русском языке бывают глаголы **совершенного и несовершенного вида**. Глаголы совершенного вида обозначают действие, которое закончено, и есть его результат:

Он прочитал эту статью с интересом.

Глаголы несовершенного вида обозначают действие, указывая на его повторяемость, длительность, незаконченность: Вчера он читал эту статью с интересом. (Но он мог и не прочитать ее).

Вид глагола в русском языке выражается либо изменением его формы, либо с помощью суффиксов и приставок. Видовые значения глагола в английском языке выражаются сочетанием вспомогательного глагола с причастием настоящего или прошедшего времени смыслового глагола.

В английском языке четыре видо-временных группы глагола: неопределенные времена (Indefinite Tenses), продолженные времена (Continuous Tenses), совершенные времена (Perfect Tenses), и совершенные продолженные времена (Perfect Continuous Tenses). В каждой временной группе три времени: настоящее (Present), прошедшее (Past), будущее (Future).

Глагол "to be"

A: Are you from England?

B: No, we aren't. We're from China.

He's Tom and she's Helen. They are friends.

Утверждение		Отрицание		Вопрос
Полная форма	Краткая форма	Полная форма	Краткая форма	Am I?
I am	I'm	I am not	I'm not	Are you?
You are	You're	You are not	You aren't	Is he?
He is	He's	He is not	He isn't	Is she?
She is	She's	She is not	She isn't	Is it?
It is	It's	It is not	It isn't	Are we?
We are	We're	We are not	We aren't	Are you?
You are	You're	You are not	You aren't	Are they?
They are	They're	They are not	They aren't	

Краткими ответами называются ответы на вопросы, начинающиеся с глагольной формы is /are; в кратком ответе содержание вопроса не повторяется. Употребляется только Yes или No, далее личное местоимение в именительном падеже и глагольная форма is (isn't) / are (aren't). Например: Are you British? No, I'm not.

Yes, I am /we are. No, I'm not/we aren't.

Yes, he/she/it is. No, he/she/it isn't.

Yes, they are. No, they aren't.

WAS/WERE

Bob is eighty. He's old and weak.

Mary, his wife is seventy-nine. She's old too.

Fifty years ago they were young. Bob was strong. He wasn't weak. Mary was beautiful. She wasn't old.

В прошедшем простом времени (past simple) глагол "to be" с личными местоимениями в именительном падеже имеет следующие формы: was для I, he, she, it и –were для –we, you, they.

В вопросах was/were ставятся перед личным местоимением в именительном падеже (I, you, he и т.д.) или существительным. Например: She was ill yesterday. -> Was she ill yesterday? Отрицания образуются путем постановки not после was/were. Например: She was not ill yesterday. She wasn't ill yesterday.

Утверждение	Отрицание		Вопрос
I was	Полная форма	Краткая форма	Was I?
You were	I was not	I wasn't	Were you?
He was	You were not	You weren't	Was he?
	He was not	He wasn't	

She was	She was not	She wasn't	Was she?
It was	It was not	It wasn't	Was it?
We were	We were not	We weren't	Were we?
You were	You were not	You weren't	Were you?
They were	They were not	They weren't	Were they?

ОБОРОТ THERE IS/THERE ARE

There is a sofa in the room. There are two pictures on the wall. There isn't a TV in the room. What else is there in the room?

Мы употребляем конструкцию there is/there are, чтобы сказать, что кто-то или что-то существует или находится в определенном месте. Краткая форма there is – there's. There are не имеет краткой формы. Например: There is (There's) a sofa in the room. There are four children in the garden.

Вопросительная форма: Is there? Are there? Например: Is there a restaurant in the town? Are there any apples in the basket?

Отрицательная форма: There isn't .../There aren't ... Например: There is not / isn't a man in the room. There are not/aren't any cars in the street.

Краткие ответы строятся с помощью Yes, there is/are или No, there isn't / aren't. Содержание вопроса не повторяется.

Yes, there is. No, there isn't.

Yes, there are. No, there aren't.

Мы употребляем there is / there are, чтобы сказать, что что-то существует или находится в определенном месте, it is / they are - когда уже упоминали об этом. Например: There is a house in the picture.

It is a big house. (Но не: It's a house in the picture.)

There are three books on the desk.

They are history books. (Но не: They are three books on the desk.)

Конструкция There was/There were

This is a modern town today.

There are a lot of tall buildings and shops. There are cars and there isn't much peace and quiet.

This is the same town fifty years ago.

There weren't any tall buildings. There were some old houses. There weren't many cars and there wasn't much noise.

Конструкция There was/There were - это There is / There are в форме past simple. There was употребляется с существительными в единственном числе. Например: There was a post office in the street thirty years ago. There were употребляется с существительными во множественном числе. Например: There were a few houses in the street thirty years ago.

В вопросах was/were ставятся перед there. Например: Was there a post office in the street thirty years ago? Were there any houses in the street thirty years ago?

Отрицания строятся путем постановки not после was / were. Например: There was not / wasn't a post office in the street thirty years ago. There were not / weren't any houses in the street thirty years ago.

Утверждение	Отрицание		Вопрос
There was There were	Полная форма There was not There were not	Краткая форма There wasn't There weren't	Was there? Were there?

Краткие ответы строятся с помощью Yes или No и there was/there were. Содержание вопроса не повторяется.

Was there a book on the desk? Yes, there was. No, there wasn't.

Were there any people in the shop? Yes, there were. No, there weren't.

Глагол Have got

A bird has got a beak, a tail and wings.

Has she got long hair? No, she hasn't. She's got short hair.

What have they got? They've got roller blades. They haven't got skateboards.

She has got a headache.

Have (got) используется:

а) чтобы показать, что что-то принадлежит кому-то. Например: He's got a ball.

б) при описании людей, животных или предметов. Например: She's got blue eyes.

в) в следующих высказываниях: I've got a headache. I've got a temperature. I've got a cough, I've got a toothache, I've got a cold, I've got a problem.

Утверждение		Отрицание		Вопрос
Полная форма	Краткая форма	Полная форма	Краткая форма	Have I (got)?
I have (got)	I've (got)	I have not (got)	I haven't (got)	Have you (got)?
You have (got)	You've (got)	You have not (got)	You haven't (got)	Has he (got)?
He has (got)	He's (got)	He has not (got)	He hasn't (got)	Has she (got)?
She has (got)	She's (got)	She has not (got)	She hasn't (got)	Has it (got)?
It has (got)	It's (got)	It has not (got)	It hasn't (got)	Have we (got)?
We have (got)	We've (got)	We have not (got)	We haven't (got)	Have you (got)?
You have (got)	You've (got)	You have not (got)	You haven't (got)	Have they (got)?
They have (got)	They've (got)	They have not (got)	They haven't (got)	

Had

Grandpa, did you have a TV when you were five?

No, I didn't. People didn't have TV's then. They had radios.

Have (had) в past simple имеет форму Had для всех лиц.

Вопросы строятся с помощью вспомогательного глагола did, личного местоимения в именительном падеже и глагола - have. Например: Did you have many toys when you were a child?

Отрицания строятся с помощью did not и have. Например: I did not / didn't have many toys when I was a child.

Утверждение	Отрицание		Вопрос
	Полная форма	Краткая форма	
I had	I did not have	I didn't have	Did I have?
You had	You did not have	You didn't have	Did you have?
He had	He did not have	He didn't have	Did he have?
She had	She did not have	She didn't have	Did she have?
It had	It did not have	It didn't have	Did it have?
We had	We did not have	We didn't have	Did we have?
You had	You did not have	You didn't have	Did you have?
They had	They did not have	They didn't have	Did they have?

Имя прилагательное. The Adjective

Категории	Прилагательное в русском языке	Прилагательное в английском языке
Число	изменяется	не изменяется
Род	изменяется	не изменяется
Падеж	изменяется	не изменяется

Образование имен прилагательных

Имена прилагательные бывают: **простые и производные**

К простым именам прилагательным относятся прилагательные, не имеющие в своем составе

ни приставок, ни суффиксов: **small** - *маленький*, **long** - *длинный*, **white** - *белый*.
 К производным именам прилагательным относятся прилагательные, имеющие в своем составе **суффиксы** или **приставки**, или одновременно и те, и другие.

Суффиксальное образование имен прилагательных

Суффикс	Пример	Перевод
- ful	useful doubtful	полезный сомневающийся
- less	helpless useless	беспомощный бесполезный
- ous	famous dangerous	известный опасный
- al	formal central	формальный центральный
- able	eatable capable	съедобный способный

Приставочный способ образования имен прилагательных

Приставка	Пример	Перевод
un -	uncooked unimaginable	невареный невообразимый
in -	incapable inhuman	неспособный негуманный
il -	illegal illiberal	нелегальный необразованный
im -	impossible impractical	невозможный непрактичный
dis -	dishonest disagreeable	бесчестный неприятный
ir -	irregular irresponsible	неправильный безответственный
Некоторые имена прилагательные являются составными и образуются из двух слов, составляющих одно понятие: light-haired – светловолосый, snow-white – белоснежный.		

Прилагательные, оканчивающиеся на – ed и на - ing

- ed	- ing
Описывают чувства и состояния	Описывают предметы, вещи, занятия, вызывающие эти чувства
interested – интересующийся, заинтересованный	interesting - интересный
bored - скучающий	boring - скучный
surprised - удивленный	surprising - удивительный

Степени сравнения прилагательных

Английские прилагательные не изменяются ни по числам, ни по родам, но у них есть **формы степеней сравнения**.

Имя прилагательное в английском языке имеет **три формы** степеней сравнения:

- **положительная** степень сравнения (**Positive Degree**);
- **сравнительная** степень сравнения (**Comparative Degree**);
- **превосходная** степень сравнения (**Superlative Degree**).

Основная форма прилагательного - положительная степень. Форма сравнительной и

превосходной степеней обычно образуется от формы положительной степени одним из следующих способов:

1. -er. -est

Односложные прилагательные образуют **сравнительную степень** путем прибавления к **форме прилагательного в положительной степени** суффикса - **er**. Примерно, тоже самое мы делаем и в русском языке - добавляем “е” (большой - больше, холодный - холоднее).

Превосходная степень образуется путем прибавления суффикса - **est**. Артикль **the** **обязателен!!!**

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
cold - холодный big - большой kind - добрый	colder - холоднее bigger - больше kinder - добрее	the coldest - самый холодный the biggest - самый большой the kindest - самый добрый

По этому же способу образуются степени сравнения двусложных прилагательных оканчивающихся на **-y, -er, -ow, -ble**:

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
clever — умный easy - простой able - способный busy - занятой	cleverer - умнее easier - проще abler - способнее busier - более занятой	the cleverest - самый умный the easiest - самый простой the ablest - самый способный the busiest - самый занятой

При образовании степеней сравнения посредством суффиксов – **er** и – **est** соблюдаются следующие **правила орфографии**:

Если прилагательное заканчивается на немое “е”, то при прибавлении – **er** и – **est** немое “е” опускается:

large – **larger** - **the largest** / большой – больше – самый большой
brave – **braver** – **the bravest** / смелый – смелее – самый смелый

Если прилагательное заканчивается на согласную с предшествующим кратким гласным звуком, то в сравнительной и превосходной степени конечная согласная буква удваивается:

big – **bigger** – **biggest** / большой – больше – самый большой
hot – **hotter** – **hottest** / горячий – горячее – самый горячий
thin – **thinner** – **thinnest** / тонкий – тоньше – самый тонкий

Если прилагательное заканчивается на “у” с предшествующей согласной, то в сравнительной и превосходной степени “у” переходит в “i”:

busy – **busier** – **busiest** / занятой – более занятой – самый занятой
easy – **easier** – **easiest** / простой – проще – самый простой

2. more, the most

Большинство двусложных прилагательных и прилагательных, состоящих из трех и более слогов, образуют сравнительную степень при помощи слова **more**, а превосходную – при помощи слова **most**.

Эти слова ставятся перед именами прилагательными в положительной степени:

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
beautiful - красивый interesting – интересный important - важный	more beautiful - красивее more interesting - интереснее more important - важнее	the most beautiful - самый красивый the most interesting - самый интересный the most important - самый важный

Особые формы

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
-----------------------	-----------------------	----------------------

good - хороший bad - плохой little - маленький much/many - много far - далекий/далеко old - старый	better - лучше worse - хуже less - меньше more - больше farther/further - дальше older/elder - старше	the best - самый лучший the worst - самый плохой the least - самый маленький, меньше всего the most - больше всего the farthest/furthest - самый дальний the oldest/eldest - самый старый
---	--	--

3. less. the least

Для выражения **меньшей** или **самой низкой степени** качества предмета по сравнению с другими предметами употребляются соответствующие слова **less** – менее и **the least** – наименее, которые ставятся перед прилагательными в форме положительной степени.

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
beautiful – красивый interesting - интересный important - важный	less beautiful - менее красивый less interesting – менее интересный less important - менее важный	the least beautiful – самый некрасивый the least interesting – самый неинтересный the least important – самый неважный

Другие средства сравнения двух предметов или лиц

Конструкция	Комментарий	Примеры
As...as (такой же, так же)	Для сравнения двух объектов одинакового качества	He is as strong as a lion. Он такой же сильный, как лев. She is as clever as an owl. Она такая же умная, как сова.
Not so...as (не такой, как)	в отрицательных предложениях	He is not so strong as a lion. Он не такой сильный, как лев. She is not so clever as an owl. Она не такая умная, как сова.
The...the (с двумя сравнительными степенями)	показывает зависимость одного действия от другого	The more we are together the happier we are. Чем больше времени мы проводим вместе, тем счастливее мы становимся. The more I learn this rule the less I understand it. Чем больше я учу это правило, тем меньше я его понимаю.

Особые замечания об употреблении сравнительных и превосходных степеней имен прилагательных:

- Сравнительная степень может быть усилена употреблением перед ней слов со значением «гораздо, значительно»:

His new book is **much more** interesting than previous one. *Его новая книга гораздо более интересная, чем предыдущая.*

This table is **more** comfortable than **that one**. *Этот стол более удобный чем тот.*

- После союзов **than** и **as** используются либо личное местоимение в именительном падеже с глаголом, либо личное местоимение в объектном падеже:

I can run **as fast as** him (**as he can**). *Я могу бегать так же быстро, как он.*

Числительное. The numeral

Перед сотнями, тысячами, миллионами обязательно называть их количество, даже если всего одна сотня или одна тысяча:

126 – one hundred twenty six

1139 – one thousand one hundred and thirty nine

В составе числительных – сотни, тысячи и миллионы не имеют окончания множественного числа: **two hundred – 200, three thousand – 3000, и т.д.**

НО: окончание множественного числа добавляется hundred, thousand, million, когда они выражают неопределенное количество сотен, тысяч, миллионов. В этом случае после них употребляется существительное с предлогом “of”:

hundreds of children – сотни детей

thousands of birds – тысячи птиц

millions of insects – миллионы насекомых

Начиная с 21, числительные образуются так же как в русском языке:

20+1=21 (twenty + one = **twenty one**)

60+7=67 (sixty + seven = **sixty seven**) и т.д.

Как читать даты

1043	ten forty-three
1956	nineteen fifty-six
1601	sixteen o one
2003	two thousand three
В 2003 году	in two thousand three
1 сентября	the first of September
23 февраля	the twenty-third of February

ДРОБНЫЕ ЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ (FRACTIONAL NUMERALS)

В простых дробях (Common Fractions) числитель выражается количественным числительным, а знаменатель порядковым:

1/7- one seventh одна седьмая

При чтении простых дробей, если числитель их больше единицы, к знаменателю прибавляется окончание множественного числа -s:

2/4 - two fourths - две четвертых

2/3 -two thirds - две третьих

3 1/5 - three and one fifth - три целых и одна пятая

1/2 - one second, a second, one half, a half - одна вторая, половина

1/4 -one fourth, a fourth, one quarter, a quarter - одна четвертая, четверть

В десятичных дробях (Decimal Fractions) целое число отделяется точкой, и каждая цифра читается отдельно. Нуль читается nought [no:t] (в США - zero ['zierou]).

4.25 four point twenty-five; four point two five

0.43 nought point forty-three; nought point four three

Существительные, следующие за дробью, имеют форму единственного числа, и перед ними при чтении ставится предлог -of:

2/3 metre- two thirds of a metre

две третьих метра

0.05 ton - nought point nought five of a ton

ноль целых пять сотых тонны

Существительные, следующие за смешанным числом, имеют форму множественного числа и читаются без предлога of:

35 1 /9 tons -thirty-five and one ninth tons

14.65 metres -one four (или fourteen) point six five (или sixty-five) metres

В обозначениях номеров телефонов каждая цифра читается отдельно, нуль здесь читается [ou]:
224-58-06 ['tu:'tu:'fo:'faiv'eit'ou'siks]

Образование видовременных форм глагола в активном залоге

Present Simple употребляется для выражения:

1. постоянных состояний,
2. повторяющихся и повседневных действий (часто со следующими наречиями: always, never, usually и т.д.). Mr Gibson is a businessman. He lives in New York, (постоянное состояние) He usually starts work at 9 am. (повседневное действие) He often stays at the office until late in the evening, (повседневное действие)
3. непреложных истин и законов природы, The moon moves round the earth.
4. действий, происходящих по программе или по расписанию (движение поездов, автобусов и т.д.). The bus leaves in ten minutes.

Маркерами present simple являются: usually, always и т.п., every day / week / month / year и т.д., on Mondays I Tuesdays и т.д., in the morning / afternoon / evening, at night / the weekend и т.д.

Present Continuous употребляется для выражения:

1. действий, происходящих в момент речи He is reading a book right now.
2. временных действий, происходящих в настоящий период времени, но не обязательно в момент речи She is practising for a concert these days. (В данный момент она не играет. Она отдыхает.)
3. действий, происходящих слишком часто и по поводу которых мы хотим высказать раздражение или критику (обычно со словом "always") "You're always interrupting me!"(раздражение)
4. действия, заранее запланированных на будущее. He is flying to Milan in an hour. (Это запланировано.)

Маркерами present continuous являются: now, at the moment, these days, at present, always, tonight, still и т.д.

Во временах **группы Continuous** обычно **не употребляются** глаголы:

1. выражающие восприятия, ощущения (see, hear, feel, taste, smell), Например: This cake tastes delicious. (Но не: This cake is tasting delicious)
2. выражающие мыслительную деятельность [know, think, remember, forget, recognize(ze), believe, understand, notice, realise(ze), seem, sound и др.],
Например: I don't know his name.
3. выражающие эмоции, желания (love, prefer, like, hate, dislike, want и др.), Например: Shirley loves jazz music.
4. include, matter, need, belong, cost, mean, own, appear, have (когда выражает принадлежность) и т.д. Например: That jacket costs a tot of money. (Но не: That jacket is costing a lot of money.)

Present perfect употребляется для выражения:

1. действий, которые произошли в прошлом в неопределенное время. Конкретное время действия не важно, важен результат, Kim has bought a new mobile phone. (Когда она его купила? Мы это не уточняем, поскольку это не важно. Важного, что у нее есть новый мобильный телефон.)
2. действий, которые начались в прошлом и все еще продолжаются в настоящем, We has been a car salesman since /990. (Он стал продавцом автомобилей в 1990 году и до сих пор им является.)
3. действий, которые завершились совсем недавно и их результаты все еще ощущаются в настоящем. They have done their shopping. (Мы видим, что они только что сделали покупки, поскольку они выходят из супермаркета с полной тележкой.)

4. Present perfect simple употребляется также со словами "today", "this morning / afternoon" и т.д., когда обозначенное ими время в момент речи еще не истекло. He has made ten photos this morning. (Сейчас утро. Указанное время не истекло.)

К маркерам present perfect относятся: for, since, already, just, always, recently, ever, how long, yet, lately, never, so far, today, this morning/ afternoon / week / month / year и т.д.

Present perfect continuous употребляется для выражения:

1. действий, которые начались в прошлом и продолжаются в настоящее время He has been painting the house for three days. (Он начал красить дом три дня назад и красит его до сих пор.)

2. действий, которые завершились недавно и их результаты заметны (очевидны) сейчас. They're tired. They have been painting the garage door all morning. (Они только что закончили красить. Результат их действий очевиден. Краска на дверях еще не высохла, люди выглядят усталыми.)

Примечание.

1. С глаголами, не имеющими форм группы Continuous, вместо present perfect continuous употребляется present perfect simple. Например: I've known Sharon since we were at school together. (А не: I've been knowing Sharon since we were at school together.)

2. С глаголами live, feel и work можно употреблять как present perfect continuous, так и present perfect simple, при этом смысл предложения почти не изменяется. Например: He has been living/has lived here since 1994.

К маркерам present perfect continuous относятся: for. since. all morning/afternoon/week/day и т.д., how long (в вопросах).

Past simple употребляется для выражения:

1. действий, произошедших в прошлом в определенное указанное время, то есть нам известно, когда эти действия произошли, They graduated four years ago. (Когда они закончили университет? Четыре года назад. Мы знаем время.)

2. повторяющихся в прошлом действий, которые более не происходят. В этом случае могут использоваться наречия частоты (always, often, usually и т.д.), He often played football with his dad when he was five. (Но теперь он уже не играет в футбол со своим отцом.) Then they ate with their friends.

3. действий, следовавших непосредственно одно за другим в прошлом. They cooked the meal first.

4. Past simple употребляется также, когда речь идет о людях, которых уже нет в живых. Princess Diana visited a lot of schools.

Маркерами past simple являются: yesterday, last night / week / month / year I Monday и т.д., two days I weeks I months I years ago, then, when, in 1992 и т.д.

People used to dress differently in the past. Women used to wear long dresses. Did they use to carry parasols with them? Yes, they did. They didn't use to go out alone at night.

• **Used to** (+ основная форма глагола) употребляется для выражения привычных, повторявшихся в прошлом действий, которые сейчас уже не происходят. Эта конструкция не изменяется по лицам и числам. Например: Peter used to eat a lot of sweets. (= Peter doesn't eat many sweets any more.) Вопросы и отрицания строятся с помощью did / did not (didn't), подлежащего и глагола "use" без -d.

Например: Did Peter use to eat many sweets? Mary didn't use to stay out late.

Вместо "used to" можно употреблять past simple, при этом смысл высказывания не изменяется. Например: She used to live in the countryside. = She lived in the countryside.

Отрицательные и вопросительные формы употребляются редко.

Past continuous употребляется для выражения:

1. временного действия, продолжавшегося в прошлом в момент, о котором мы говорим. Мы не знаем, когда началось и когда закончилось это действие, At three o'clock yesterday

afternoon Mike and his son were washing the dog. (Мы не знаем, когда они начали и когда закончили мыть собаку.)

2. временного действия, продолжавшегося в прошлом (longer action) в момент, когда произошло другое действие (shorter action). Для выражения второго действия (shorter action) мы употребляем past simple, He was reading a newspaper when his wife came, (was reading = longer action: came = shorter action)

3. двух и более временных действий, одновременно продолжавшихся в прошлом. The people were watching while the cowboy was riding the bull.

4. Past continuous употребляется также для описания обстановки, на фоне которой происходили события рассказа (повествования). The sun was shining and the birds were singing. Tom was driving his old truck through the forest.

Маркерами past continuous являются: while, when, as, all day / night / morning и т.д.
when/while/as + past continuous (longer action) when + past simple (shorter action)

Past perfect употребляется:

1. для того, чтобы показать, что одно действие произошло раньше другого в прошлом. При этом то действие, которое произошло раньше, выражается past perfect simple, а случившееся позже - past simple,

They had done their homework before they went out to play yesterday afternoon. (=They did their homework first and then they went out to play.)

2. для выражения действий, которые произошли до указанного момента в прошлом,
She had watered all the flowers by five o'clock in the afternoon.
(=She had finished watering the flowers before five o'clock.)

3. как эквивалент present perfect simple в прошлом. То есть, past perfect simple употребляется для выражения действия, которое началось и закончилось в прошлом, а present perfect simple - для действия, которое началось в прошлом и продолжается (или только что закончилось) в настоящем. Например: Jill wasn't at home. She had gone out. (Тогда ее не было дома.) Лили isn't at home. She has gone out. (Сейчас ее нет дома.)

К маркерам past perfect simple относятся: before, after, already, just, till/until, when, by, by the time и т.д.

Future simple употребляется:

1. для обозначения будущих действий, которые, возможно, произойдут, а возможно, и нет, We'll visit Disney World one day.

2. для предсказаний будущих событий (predictions), Life will be better fifty years from now.

3. для выражения угроз или предупреждений (threats / warnings), Stop or I'll shoot.

4. для выражения обещаний (promises) и решений, принятых в момент речи (on-the-spot decisions), I'll help you with your homework.

5. с глаголами hope, think, believe, expect и т.п., с выражениями I'm sure, I'm afraid и т.п., а также с наречиями probably, perhaps и т.п. / think he will support me. He will probably go to work.

К маркерам future simple относятся: tomorrow, the day after tomorrow, next week I month / year, tonight, soon, in a week / month year и т.д.

ПРИМЕЧАНИЕ

Future simple не употребляется после слов while, before, until, as soon as, after, if и when в придаточных предложениях условия и времени. В таких случаях используется present simple. Например: I'll make a phone call while I wait for you. (А не:... while I will wait for you.) Please phone me when you finish work.

В дополнительных придаточных предложениях после "when" и "if" возможно употребление future simple. Например: I don't know when I if Helen will be back.

He is going to throw the ball.

Be going to употребляется для:

1. выражения заранее принятых планов и намерений на будущее,
Например: Bob is going to drive to Manchester tomorrow morning.

2. предсказаний, когда уже есть доказательства того, что они сбудутся в близком будущем. Например: Look at that tree. It is going to fall down.

We use the **future continuous**:

a) for an action which will be in progress at a stated for an action which will be future time.

This time next week, we'll be cruising round the islands.

b) for an action which will definitely happen in the future as the result of a routine or arrangement. *Don't call Julie. I'll be seeing her later, so I'll pass the message on.*

c) when we ask politely about someone's plans for the near future (what we want to know is if our wishes fit in with their plans.) *Will you be using the photocopier for long?*

No. Why?

I need to make some photocopies.

We use the **future perfect**:

1. For an action which will be finished before a stated future time. *She will have delivered all the newspapers by 8 o'clock.*

2. The future perfect is used with the following time expressions: before, by, by then, by the time, until/till.

We use the **future perfect continuous**:

1. to emphasize the duration of an action up to a certain time in the future. *By the end of next month, she will have been teaching for twenty years.*

The future perfect continuous is used with: by... for.

Практическая работа также направлена на проверку сформированности грамматического навыка в рамках тем: модальные глаголы и их эквиваленты, образование видовременных форм глагола в пассивном залоге, основные сведения о согласовании времён, прямая и косвенная речь, неличные формы глагола: инфинитив, причастия, герундий, основные сведения о сослагательном наклонении.

Распределение выше указанных тем в учебнике:

- Агабекян И. П. Английский язык для бакалавров: учебное пособие для студентов вузов / И. П. Агабекян. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. - 384 с.: ил. - (Высшее образование) (200 экз. в библиотеке УГГУ) и учебнике:

- Журавлева Р.И. Английский язык: учебник: для студентов горно-геологических специальностей вузов / Р. И. Журавлева. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. - 508 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 502 (192 экз. в библиотеке УГГУ) представлено в таблице:

Название темы	Страницы учебников	
	<i>Агабекян И. П.</i>	<i>Журавлева Р.И.</i>
Модальные глаголы и их эквиваленты	295	47
Образование видовременных форм глагола в пассивном залоге	236	71, 115
Основные сведения о согласовании времён	323-328	269
Прямая и косвенная речь	324	268
Неличные формы глагола: инфинитив, причастия, герундий	311-322	132, 162, 173, 192, 193
Основные сведения о сослагательном наклонении	329	224

Модальные глаголы

Глаголы	Значение	Примеры
CAN	физическая или умственная возможность/умение	I can swim very well. – Я очень хорошо умею плавать.
	возможность	You can go now. — Ты можешь идти сейчас. You cannot play

		football in the street. – На улице нельзя играть в футбол.
	вероятность	They can arrive any time. – Они могут приехать в любой момент.
	удивление	Can he have said that? – Неужели он это сказал?
	сомнение, недоверчивость	She can't be waiting for us now. – Не может быть, чтобы она сейчас нас ждала.
	разрешение	Can we go home? — Нам можно пойти домой?
	вежливая просьба	Could you tell me what time it is now? – Не могли бы вы подсказать, который сейчас час?
MAY	разрешение	May I borrow your book? – Я могу одолжить у тебя книгу?
	предположение	She may not come. – Она, возможно, не придет.
	возможность	In the museum you may see many interesting things. – В музее вы можете увидеть много интересных вещей.
	упрек – только MIGHT (+ perfect infinitive)	You might have told me that. – Ты мог бы мне это сказать.
MUST	обязательство, необходимость	He must work. He must earn money. – Он должен работать. Он должен зарабатывать деньги.
	вероятность (сильная степень)	He must be sick. — Он, должно быть, заболел.
	запрет	Tourists must not feed animals in the zoo. — Туристы не должны кормить животных в зоопарке.
SHOULD OUGHT TO	моральное долженствование	You ought to be polite. – Вы должны быть любезными.
	совет	You should see a doctor. – Вам следует сходить к врачу.
	упрек, запрет	You should have taken the umbrella. – Тебе следовало взять с собой зонт .
SHALL	указ, обязанность	These rules shall apply in all circumstances. – Эти правила будут действовать при любых обстоятельствах.
	угроза	You shall suffer. — Ты будешь страдать.
	просьба об указании	Shall I open the window? – Мне открыть окно?
WILL	готовность, нежелание/отказ	The door won't open. — Дверь не открывается.
	вежливая просьба	Will you go with me? – Ты сможешь пойти со мной?
WOULD	готовность, нежелание/отказ	He would not answer this question. – Он не будет отвечать на этот вопрос.
	вежливая просьба	Would you please come with me? — Не могли бы вы пройти со мной.
	повторяющееся/привычное действие	We would talk for hours. – Мы беседовали часами.
NEED	необходимость	Do you need to work so hard? – Тебе надо столько работать?
NEEDN'T	отсутствие необходимости	She needn't go there. — Ей не нужно туда идти.
DARE	Посметь	How dare you say that? – Как ты смеешь такое говорить?

Модальные единицы эквивалентного типа

to be able (to) = can	Возможность соверш-я конкрет-го дей-ия в опред. момент	She was able to change the situation then. (Она тогда была в состоянии (могла) изменить ситуацию).
to be allowed (to) = may	Возмож-ть совер-ия дей-ия в наст.-м, прош-ом или буд-ем + оттенок разрешения	My sister is allowed to play outdoors. (Моей сестре разрешается играть на улице).
to have (to)= ought, must, should	Необходимость совер-я дей-я в наст.-м, прош-ом или буд-ем при опред-х об-вах	They will have to set up in business soon. (Им вскоре придется открыть свое дело).
to be (to)= ought, must, should	Необходимость совер-я дей-я в наст.-м, прош-ом при наличии опред. планов, распис-ий и т.д.	We are to send Nick about his business. (Мы должны (= планируем) выпроводить Ника)

Страдательный залог (Passive Voice)

образуется при помощи вспомогательного глагола to be в соответствующем времени, лице и числе и причастия прошедшего времени смысл. глагола – Participle II (III –я форма или ed-форма).

В страдательном залоге не употребляются:

1) Непереходные глаголы, т.к. при них нет объекта, который испытывал бы воздействие, то есть нет прямых дополнений которые могли бы стать подлежащими при глаголе в форме Passive.

Переходными в англ. языке называются глаголы, после которых в действительном залоге следует прямое дополнение; в русском языке это дополнение, отвечающее на вопросы винительного падежа – кого? что?: to build строить, to see видеть, to take брать, to open открывать и т.п.

Непереходными глаголами называются такие глаголы, которые не требуют после себя прямого дополнения: to live жить, to come приходиться, to fly летать, to cry плакать и др.

2) Глаголы-связки: be – быть, become – становиться/стать.

3) Модальные глаголы.

4) Некоторые переходные глаголы не могут использоваться в страдательном залоге. В большинстве случаев это глаголы состояния, такие как:

to fit годиться, быть впору to have иметь to lack не хватать, недоставать to like нравиться
to resemble напоминать, быть похожим to suit годиться, подходить и др.

При изменении глагола из действительного в страдательный залог меняется вся конструкция предложения:

- дополнение предложения в Active становится подлежащим предложения в Passive;
- подлежащее предложения в Active становится предложным дополнением, которое вводится предлогом by или вовсе опускается;
- сказуемое в форме Active становится сказуемым в форме Passive.

Особенности употребления форм Passive:

1. Форма Future Continuous не употребляется в Passive, вместо нее употребляется Future Indefinite:

At ten o'clock this morning Nick will be writing the letter. – At ten o'clock this morning the letter will be written by Nick.

2. В Passive нет форм Perfect Continuous, поэтому в тех случаях, когда нужно передать в Passive действие, начавшееся до какого-то момента и продолжающееся вплоть до этого момента, употребляются формы Perfect:

He has been writing the story for three months. The story has been written by him for three months.

3. Для краткости, во избежание сложных форм, формы Indefinite (Present, Past, Future) часто употребляются вместо форм Perfect и Continuous, как в повседневной речи так и в художественной литературе. Формы Perfect и Continuous чаще употребляются в научной литературе и технических инструкциях.

This letter has been written by Bill. (Present Perfect)

This letter is written by Bill. (Present Indefinite – более употребительно)

Apples are being sold in this shop. (Present Continuous)

Apples are sold in this shop. (Present Indefinite – более употребительно)

4. Если несколько однотипных действий относятся к одному подлежащему, то вспомогательные глаголы обычно употребляются только перед первым действием, например: The new course will be sold in shops and ordered by post.

Прямой пассив (The Direct Passive)

Это конструкция, в которой подлежащее предложения в Passive соответствует прямому дополнению предложения в Active. Прямой пассив образуется от большинства переходных глаголов.

I gave him a book. Я дал ему книгу. A book was given to him. Ему дали книгу. (или Книга была дана ему)

The thief stole my watch yesterday. Вор украл мои часы вчера.
My watch was stolen yesterday. Мои часы были украдены вчера.

В английском языке имеется ряд переходных глаголов, которые соответствуют непереходным глаголам в русском языке. В английском они могут употребляться в прямом пассиве, а в русском – нет. Это: to answer отвечать кому-л.

to believe верить кому-л. to enter входить (в) to follow следовать (за) to help помогать кому-л.

to influence влиять (на) to join присоединяться to need нуждаться to watch наблюдать (за)

Так как соответствующие русские глаголы, являясь непереходными, не могут употребляться в страдательном залоге, то они переводятся на русский язык глаголами в действительном залоге:

Winter is followed by spring.

А при отсутствии дополнения с предлогом by переводятся неопределенно-личными предложениями: Your help is needed.

Косвенный пассив (The Indirect Passive)

Это конструкция, в которой подлежащее предложения в Passive соответствует косвенному дополнению предложения в Active. Она возможна только с глаголами, которые могут иметь и прямое и косвенное дополнения в действительном залоге. Прямое дополнение обычно означает предмет (что?), а косвенное – лицо (кому?).

С такими глаголами в действительном залоге можно образовать две конструкции:

а) глагол + косвенное дополнение + прямое дополнение;

б) глагол + прямое дополнение + предлог + косвенное дополнение:

а) They sent Ann an invitation.- Они послали Анне приглашение.

б) They sent an invitation to Ann. - Они послали приглашение Анне.

В страдательном залоге с ними также можно образовать две конструкции – прямой и косвенный пассив, в зависимости от того, какое дополнение становится подлежащим предложения в Passive. К этим глаголам относятся: to bring приносить

to buy покупать to give давать to invite приглашать to leave оставлять

to lend одалживать to offer предлагать to order приказывать to pay платить

to promise обещать to sell продавать to send посылать to show показывать

to teach учить to tell сказать и др.

Например: Tom gave Mary a book. Том дал Мэри книгу.

Mary was given a book. Мэри дали книгу. (косвенный пассив – более употребителен)

A book was given to Mary. Книгу дали Мэри. (прямой пассив – менее употребителен)

Выбор между прямым или косвенным пассивом зависит от смыслового акцента, вкладываемого в последние, наиболее значимые, слова фразы:

John was offered a good job. (косвенный пассив) Джону предложили хорошую работу.

The job was offered to John. (прямой пассив) Работу предложили Джону.

Глагол to ask спрашивать образует только одну пассивную конструкцию – ту, в которой подлежащим является дополнение, обозначающее лицо (косвенный пассив):

He was asked a lot of questions. Ему задали много вопросов.

Косвенный пассив невозможен с некоторыми глаголами, требующими косвенного дополнения (кому?) с предлогом to. Такое косвенное дополнение не может быть подлежащим в Passive, поэтому в страдательном залоге возможна только одна конструкция – прямой пассив, то есть вариант: Что? объяснили, предложили, повторили...Кому? Это глаголы: to address адресовать

to describe описывать to dictate диктовать to explain объяснять to mention упоминать

to propose предлагать to repeat повторять to suggest предлагать to write писать и др.

Например: The teacher explained the rule to the pupils. – Учитель объяснил правило ученикам.
The rule was explained to the pupils. – Правило объяснили ученикам. (Not: The pupils was explained...)

Употребление Страдательного залога

В английском языке, как и в русском, страдательный залог употр. для того чтобы:

1. Обойтись без упоминания исполнителя действия (70% случаев употребления Passive) в тех случаях когда:

а) Исполнитель неизвестен или его не хотят упоминать:

He was killed in the war. Он был убит на войне.

б) Исполнитель не важен, а интерес представляет лишь объект воздействия и сопутствующие обстоятельства:

The window was broken last night. Окно было разбито прошлой ночью.

в) Исполнитель действия не называется, поскольку он ясен из ситуации или контекста:

The boy was operated on the next day. Мальчика оперировали на следующий день.

г) Безличные пассивные конструкции постоянно используются в научной и учебной литературе, в различных руководствах: The contents of the container should be kept in a cool dry place. Содержимое упаковки следует хранить в сухом прохладном месте.

2. Для того, чтобы специально привлечь внимание к тому, кем или чем осуществлялось действие. В этом случае существительное (одушевленное или неодушевленное.) или местоимение (в объектном падеже) вводится предлогом by после сказуемого в Passive.

В английском языке, как и в русском, смысловой акцент приходится на последнюю часть фразы. He quickly dressed. Он быстро оделся.

Поэтому, если нужно подчеркнуть исполнителя действия, то о нем следует сказать в конце предложения. Из-за строгого порядка слов английского предложения это можно осуществить лишь прибегнув к страдательному залогу. Сравните:

The flood broke the dam. (Active) Наводнение разрушило плотину. (Наводнение разрушило что? – плотину)

The dam was broken by the flood. (Passive) Плотина была разрушена наводнением. (Плотина разрушена чем? – наводнением)

Чаще всего используется, когда речь идет об авторстве:

The letter was written by my brother. Это письмо было написано моим братом.

И когда исполнитель действия является причиной последующего состояния:

The house was damaged by a storm. Дом был поврежден грозой.

Примечание: Если действие совершается с помощью какого-то предмета, то употребляется предлог with, например:

He was shot with a revolver. Он был убит из револьвера.

Перевод глаголов в форме Passive

В русском языке есть три способа выражения страдательного залога:

1. При помощи глагола "быть" и краткой формы страдательного причастия, причем в настоящем времени "быть" опускается:

I am invited to a party.

Я приглашён на вечеринку.

Иногда при переводе используется обратный порядок слов, когда русское предложение начинается со сказуемого: New technique has been developed. Была разработана новая методика.

2. Глагол в страдательном залоге переводится русским глаголом, оканчивающимся на – ся(-сь):

Bread is made from flour. Хлеб делается из муки.

Answers are given in the written form. Ответы даются в письменном виде.

3. Неопределенно-личным предложением (подлежащее в переводе отсутствует; сказуемое стоит в 3-м лице множественного числа действительного залога). Этот способ перевода возможен только при отсутствии дополнения с предлогом by (производитель действия не упомянут):

The book is much spoken about. Об этой книге много говорят.

I was told that you're ill. Мне сказали, что ты болен.

4. Если в предложении указан субъект действия, то его можно перевести личным предложением с глаголом в действительном залоге (дополнение с *by* при переводе становится подлежащим). Выбор того или иного способа перевода зависит от значения глагола и всего предложения в целом (от контекста):

They were invited by my friend. Их пригласил мой друг.(или Они были приглашены моим другом.)

Примечание 1: Иногда страдательный оборот можно перевести двумя или даже тремя способами, в зависимости от соответствующего русского глагола и контекста:

The experiments were made last year.

1) Опыты были проведены в прошлом году.

2) Опыты проводились в прошлом году.

3) Опыты проводили в прошлом году.

Примечание 2: При переводе нужно учитывать, что в английском языке, в отличие от русского, при изменении залога не происходит изменение падежа слова, стоящего перед глаголом (например в английском *she* и *she*, а переводим на русский - она и ей):

Примечание 3: Обороты, состоящие из местоимения *it* с глаголом в страдательном залоге переводятся неопределенно-личными оборотами:

It is said... Говорят...

It was said... Говорили...

It is known... Известно...

It was thought...Думали, полагали...

It is reported... Сообщают...

It was reported...Сообщали...и т.п.

В таких оборотах *it* играет роль формального подлежащего и не имеет самостоятельного значения: It was expected that he would return soon. Ожидали, что он скоро вернется.

Согласование времен (Sequence of Tenses)

Если в главном предложении сказуемое выражено глаголом в одной из форм прошедшего времени, то в придаточном предложении употребление времен ограничено. Правило, которому в этом случае подчиняется употребление времен в придаточном предложении, называется согласованием времен.

Правило 1: Если глагол главного предложения имеет форму настоящего или будущего времени, то глагол придаточного предложения будет иметь любую форму, которая требуется смыслом предложения. То есть никаких изменений не произойдет, согласование времен здесь в силу не вступает.

Правило 2: Если глагол главного предложения имеет форму прошедшего времени (обычно Past Simple), то глагол придаточного предложения должен быть в форме одного из прошедших времен. То есть в данном случае время придаточного предложения изменится. Все эти изменения отражены в нижеследующей таблице:

Переход из одного времени в другое	Примеры	
Present Simple » Past Simple	He can speak French – Он говорит по-французски.	Boris said that he could speak French – Борис сказал, что он говорит по-французски.
Present Continuous » Past Continuous	They are listening to him – Они слушают его	I thought they were listening to him – Я думал, они слушают его.
Present Perfect » Past Perfect	Our teacher has asked my parents to help him – Наш учитель попросил моих родителей помочь ему.	Mary told me that our teacher had asked my parents to help him – Мария сказала мне, что наш учитель попросил моих родителей помочь ему.
Past Simple » Past Perfect	I invited her – Я пригласил ее.	Peter didn't know that I had invited her – Петр не знал, что я

		пригласил ее.
Past Continuous » Past Perfect Continuous	She was crying – Она плакала	John said that she had been crying – Джон сказал, что она плакала.
Present Perfect Continuous » Past Perfect Continuous	It has been raining for an hour – Дождь идет уже час.	He said that it had been raining for an hour – Он сказал, что уже час шел дождь.
Future Simple » Future in the Past	She will show us the map – Она покажет нам карту.	I didn't expect she would show us the map – Я не ожидал, что она покажет нам карту.

Изменение обстоятельств времени и места при согласовании времен.

Следует запомнить, что при согласовании времен изменяются также некоторые слова (обстоятельства времени и места).

this » that
these » those
here » there
now » then
yesterday » the day before
today » that day
tomorrow » the next (following) day
last week (year) » the previous week (year)
ago » before
next week (year) » the following week (year)

Перевод прямой речи в косвенную в английском языке

Для того чтобы перевести прямую речь в косвенную, нужно сделать определенные действия. Итак, чтобы передать чьи-то слова в английском языке (то есть перевести прямую речь в косвенную), мы:

1. Убираем кавычки и ставим слово *that*

Например, у нас есть предложение:

She said, "I will buy a dress". Она сказала: «Я куплю платье».

Чтобы передать кому-то эти слова, так же как и в русском, мы убираем кавычки и ставим слово *that* – «что».

She said that Она сказала, что....

2. Меняем действующее лицо

В прямой речи обычно человек говорит от своего лица. Но в косвенной речи мы не можем говорить от лица этого человека. Поэтому мы меняем «я» на другое действующее лицо. Вернемся к нашему предложению:

She said, "I will buy a dress". Она сказала: «Я куплю платье».

Так как мы передаем слова девушки, вместо «я» ставим «она»:

She said that she Она сказала, что она....

3. Согласовываем время

В английском языке мы не можем использовать в одном предложении прошедшее время с настоящим или будущим. Поэтому, если мы говорим «сказал» (то есть используем прошедшее время), то следующую часть предложения нужно согласовать с этим прошедшим временем. Возьмем наше предложение:

She said, "I will buy a dress". Она сказала: «Я куплю платье».

Чтобы согласовать первую и вторую части предложения, меняем *will* на *would*. см. таблицу выше.

She said that she would buy a dress. Она сказала, что она купит платье.

4. Меняем некоторые слова

В некоторых случаях мы должны согласовать не только времена, но и отдельные слова. Что это за слова? Давайте рассмотрим небольшой пример.

She said, "I am driving now". Она сказала: «Я за рулем сейчас».

То есть она в данный момент за рулем. Однако, когда мы будем передавать ее слова, мы будем говорить не про данный момент (тот, когда мы говорим сейчас), а про момент времени в прошлом (тот, когда она была за рулем). Поэтому мы меняем now (сейчас) на then (тогда) см. таблицу выше.

She said that she was driving then. Она сказала, что она была за рулем тогда.

Вопросы в косвенной речи в английском языке

Вопросы в косвенной речи, по сути, не являются вопросами, так как порядок слов в них такой же, как в утвердительном предложении. Мы не используем вспомогательные глаголы (do, does, did) в таких предложениях.

He asked, "Do you like this cafe?" Он спросил: «Тебе нравится это кафе?»

Чтобы задать вопрос в косвенной речи, мы убираем кавычки и ставим if, которые переводятся как «ли». Согласование времен происходит так же, как и в обычных предложениях. Наше предложение будет выглядеть так:

He asked if I liked that cafe. Он спросил, нравится ли мне то кафе.

Давайте рассмотрим еще один пример:

She said, "Will he call back?" Она сказала: «Он перезвонит?»

She said if he would call back. Она сказала, перезвонит ли он.

Специальные вопросы в косвенной речи

Специальные вопросы задаются со следующими вопросительными словами: what – что when – когда how – как why – почему where – где which – который

При переводе таких вопросов в косвенную речь мы оставляем прямой порядок слов (как в утвердительных предложениях), а на место if ставим вопросительное слово.

Например, у нас есть вопрос в прямой речи:

She said, "When will you come?" Она сказала: «Когда ты придешь?»

В косвенной речи такой вопрос будет выглядеть так:

She said when I would come. Она сказала, когда я приду.

He asked, "Where does she work?" Он спросил: «Где она работает?»

He asked where she worked. Он спросил, где она работает.

Инфинитив. The Infinitive

Инфинитив - это неличная глагольная форма, которая только называет действие и выполняет функции как глагола, так и существительного. Инфинитив отвечает на вопрос что делать?, что сделать?

Формальным признаком инфинитива является частица **to**, которая стоит перед ним, хотя в некоторых случаях она опускается. Отрицательная форма инфинитива образуется при помощи частицы **not**, которая ставится перед ним: It was difficult not to speak. Было трудно не говорить.

Формы инфинитива

	Active Voice	Passive Voice
Simple	to write	to be written
Continuous	to be writing	
Perfect	to have written	to have been written
Perfect Continuous	to have been writing	

Глаголы, после которых используется инфинитив:

to agree - соглашаться

to arrange - договариваться

to ask – (по)просить

to begin – начинать

to continue – продолжать

to decide – решать
 to demand - требовать
 to desire – желать
 to expect – надеяться
 to fail – не суметь
 to forget – забывать
 to hate - ненавидеть
 to hesitate – не решаться
 to hope - надеяться
 to intend – намереваться
 to like – любить, нравиться
 to love – любить, желать
 to manage - удаваться
 to mean - намереваться
 to prefer - предпочитать
 to promise - обещать
 to remember – помнить
 to seem - казаться
 to try – стараться, пытаться
 to want – хотеть

Например:

He asked to change the ticket. *Он попросил поменять билет.*

She began to talk. *Она начала говорить.*

Значение разных форм инфинитива в таблице

Формы инфинитива	Чему я рад?	
Simple	I am glad to speak to you.	Рад поговорить с вами. (Всегда радуюсь, когда говорю с вами).
Continuous	I am glad to be speaking to you.	Рад, что сейчас разговариваю с вами.
Perfect	I am glad to have spoken to you.	Рад, что поговорил с вами.
Perfect Continuous	I am glad to have been speaking to you.	Рад, что уже давно (все это время) разговариваю с вами.
Simple Passive	I am (always) glad to be told the news.	Всегда рад, когда мне рассказывают новости.
Perfect Passive	I am glad to have been told the news.	Рад, что мне рассказали новости.

Причастие. Participle

В английском языке причастие — это неличная форма глагола, которая сочетает в себе признаки глагола, прилагательного и наречия.

Формы причастия

		Active (Активный залог)	Passive (Пассивный залог)
Participle I (Present Participle)	Simple	writing	being written
	Perfect	having written	having been written
Participle II (Past Participle)			written

Отрицательные формы причастия образуются с помощью частицы **not**, которая ставится перед причастием: not asking — не спрашивая, not broken — не разбитый.

Как переводить разные формы причастия на русский язык

Формы причастия	причастием	деепричастием
reading	читающий	читая

having read		прочитав
being read	читаемый	будучи читаемым
having been read		будучи прочитанным
read	прочитанный	
building	строящий	строя
having built		построив
being built	строящийся	будучи строящимся
having been built		будучи построенным
built	построенный	

Герундий. Gerund

Герундий — это неличная форма глагола, которая выражает название действия и сочетает в себе признаки глагола и существительного. Соответственно, на русский язык герундий обычно переводится существительным или глаголом (чаще неопределенной формой глагола). Формы, подобной английскому герундию, в русском языке нет.

My favourite occupation is reading. *Мое любимое занятие — чтение.*

Формы герундия

	Active (Активный залог)	Passive (Пассивный залог)
Simple	writing	being written
Perfect	having written	having been written

Запомните глаголы, после которых употребляется только герундий!

admit (признавать),	advise (советовать),	avoid (избегать),
burst out (разразиться),	delay (задерживать),	deny (отрицать),
dislike (не нравиться),	enjoy (получать удовольствие),	escape (вырваться, избавиться),
finish (закончить),	forgive (прощать),	give up (отказываться, бросать),
keep on (продолжать),	mention (упоминать),	mind (возражать - только в “?” и “-“),

miss (скучать),	put off (отложить),	postpone (откладывать),
recommend (рекомендовать),	suggest (предлагать),	understand (понимать).

Герундий после глаголов с предлогами

accuse of (обвинять в),	agree to (соглашаться с),	blame for (винить за),
complain of (жаловаться на),	consist in (заключаться в),	count on / upon (рассчитывать на),
congratulate on (поздравлять с),	depend on (зависеть от),	dream of (мечтать о),
feel like (хотеть, собираться),	hear of (слышать о),	insist on (настаивать на),
keep from (удерживать(ся) от),	look forward to (с нетерпением ждать, предвкушать),	
look like (выглядеть как),	object to (возражать против),	
persist in (упорно продолжать),	praise for (хвалить за),	prevent from (предотвращать от),
rely on (полагаться на),	result in (приводить к),	speak of, succeed in (преуспевать в),

suspect of (подозревать в),	thank for (благодарить за),	think of (думать о)
-----------------------------	-----------------------------	---------------------

He has always dreamt of visiting other countries. — *Он всегда мечтал о том, чтобы побывать в других странах.*

to be + прилагательное / причастие + герундий

be afraid of (бояться чего-либо),	be ashamed of (стыдиться чего-либо),
be engaged in (быть занятым чем-либо),	be fond of (любить что-либо, увлекаться чем-либо),
be good at (быть способным к),	be interested in (интересоваться чем-либо),
be pleased at (быть довольным),	be proud of (гордиться чем-либо),
be responsible for (быть ответственным за),	be sorry for (сожалеть о чем-либо),
be surprised at (удивляться чему-либо),	be tired of (уставать от чего-либо),
be used to (привыкать к).	

I'm tired of waiting. — *Я устал ждать.*

Основные сведения о сослагательном наклонении

Conditionals are clauses introduced with *if*. There are three types of conditional clause: Type 1, Type 2 and Type 3. There is also another common type, Type 0.

Type 0 Conditionals: They are used to express something which is always true. We can use *when* (whenever) instead of *if*. *If/When the sun shines, snow melts.*

Type 1 Conditionals: They are used to express real or very probable situations in the present or future. *If he doesn't study hard, he won't pass his exam.*

Type 2 Conditionals: They are used to express imaginary situations which are contrary to facts in the present and, therefore, are unlikely to happen in the present or future. *Bob is daydreaming. If I won the lottery, I would buy an expensive car and I would go on holiday to a tropical island next summer.*

Type 3 Conditionals: They are used to express imaginary situations which are contrary to facts in the past. They are also used to express regrets or criticism. *John got up late, so he missed the bus. If John hadn't got up late, he wouldn't have missed the bus.*

	If-clause (hypothesis)	Main clause (result)	Use
Type 0 general truth	if + present simple	present simple	something which is always true
	If the temperature falls below 0 °C, water turns into ice.		
Type 1 real present	if + present simple, present continuous, present perfect or present perfect continuous	future/imperative can/may/might/must/should/ could + bare infinitive	real - likely to happen in the present or future
	If he doesn't pay the fine, he will go to prison. If you need help, come and see me. If you have finished your work, we can have a break. If you're ever in the area, you should come and visit us.		
Type 2 unreal present	if + past simple or past continuous	would/could/might + bare infinitive	imaginary situation contrary to facts in the present; also used to give advice
	If I had time, I would take up a sport. (but I don't have time - untrue in the present) If I were you, I would talk to my parents about it. (giving advice)		
Type 3 unreal past	if + past perfect or past perfect continuous	would/could/might + have + past participle	imaginary situation contrary to facts in the past; also used to express regrets or criticism
	If she had studied harder, she would have passed the test. If he hadn't been acting so foolishly, he wouldn't have been punished.		

Conditional clauses consist of two parts: the *if* -clause (hypothesis) and the main clause (result). When the *if* - clause comes before the main clause, the two clauses are separated with a comma. When the main clause comes before the *if* - clause, then no comma is necessary.

e.g. a) *If I see Tim, I'll give him his book.*

b) *I'll give Tim his book if I see him.*

We do not normally use *will*, *would* or *should* in an *if* - clause. However, we can use *will* or *would* after *if* to make a polite request or express insistence or uncertainty (usually with expressions such as *I don't know*, *I doubt*, *I wonder*, etc.).

We can use *should* after *if* to talk about something which is possible, but not very likely to happen.

e.g. a) *If the weather is fine tomorrow, will go camping. (NOT: If the weather will be fine...)*

b) *If you will fill in this form, I'll process your application. (Will you please fill in... - polite request)*

c) *If you will not stop shouting, you'll have to leave. (If you insist on shouting... - insistence)*

d) *I don't know if he will pass his exams, (uncertainty)*

e) *If Tom should call, tell him I'll be late. (We do not think that Tom is very likely to call.)*

We can use **unless** instead of **if**... not in the **if** -clause of Type 1 conditionals. The verb is always in the affirmative after **unless**.

e.g. *Unless you leave now, you'll miss the bus. (If you don't leave now, you'll miss the bus.)*

(NOT: *Unless you don't leave now, ...*)

We can use **were** instead of **was** for all persons in the **if** - clause of Type 2 conditionals.

e.g. *If Rick was/were here, we could have a party.*

We use **If I were you ...** when we want to give advice.

e.g. *If I were you, I wouldn't complain about it.*

The following expressions can be used instead of **if**: **provided/providing that**, **as long as**, **suppose/supposing**, etc.

e.g. a) *You can see Mr. Carter provided you have an appointment. (If you have an appointment...)*

b) *We will all have dinner together providing Mary comes on time. (... if Mary comes ...)*

c) *Suppose/Supposing the boss came now, ...*

We can omit **if** in the **if** - clause. When **if** is omitted, **should** (Type 1), **were** (Type 2), **had** (Type 3) and the subject are inverted.

e.g. a) *Should Peter come, tell him to wait. (If Peter should come,...)*

b) *Were I you, I wouldn't trust him. (If I were you, ...)*

c) *Had he known, he would have called. (If he had known, ...)*

2. Чтение и перевод учебных текстов (по 2 текста на тему)

№1

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

appear - *в* появляться; казаться; *ant* **disappear** - исчезать

bed - *п* пласт, слой, подстилающие породы; *syn* **layer, seam; bedded** - *а* пластовый

call for - *в* требовать; *syn* **demand, require**

carry out - *в* проводить (*исследование, эксперимент*); выполнять (*план*); завершать; *syn* **conduct, make**

colliery - каменноугольная шахта

concentration (dressing) plant - обогатительная фабрика, обогатительная установка

department - *п* отделение, факультет, кафедра; *syn* **faculty**

direct - *в* руководить; направлять; управлять; *а* прямой, точный; **directly** - *adv* прямо, непосредственно

education - *п* образование; просвещение; **get an education** получать образование

establish - *в* основывать, создавать, учреждать; *syn* **found, set up**

ferrous metals - чёрные металлы (**non-ferrous metals** цветные металлы)

iron - *п* железо; **pig iron** чугу́н; **cast iron** чугу́н, чугу́нная отливка

open-cast mines - открытые разработки

ore - *п* руда; **iron ore** - железная руда; **ore mining** – разработка рудных месторождений

process - *в* обрабатывать; *syn* **work, treat; processing** - *п* обработка; разделение минералов

rapid - *а* быстрый

research - *п* научное исследование

technique - *п* техника, способ, метод, технический прием; **mining technique** - горная техника, методы ведения горных работ

train - *в* обучать, готовить (*к чему-л.*); **training** - обучение; подготовка

to be in need of - нуждаться в

to take part in - участвовать в

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 1: The First Mining School in Russia

The Moscow Mining Academy was established in 1918. The main task of the Academy was to train mining engineers and technicians, to popularize technological achievements among miners, to work on important problems of mining and metallurgical engineering and to direct scientific research.

There were three departments in the Academy: mining, geological prospecting and metallurgy. The Moscow Mining Academy introduced a new course in coal mining mechanization which provided the basis for the development of mining engineering. The two scientists A.M. Terpigorev and M.M. Protodyakonov wrote the first textbook on machinery for mining bedded deposits.

Much credit for the establishment of the Moscow Mining Academy and the development of co-operation among outstanding scientists and educators is due to Academician I.M. Gubkin, a prominent geologist and oil expert.

In 1925 the Moscow Mining Academy was one of the best-known educational institutions in Russia. It had well-equipped laboratories, demonstration rooms and a library which had many volumes of Russian and foreign scientific books and journals.

The Academy established close contacts with the coal and ore mining industries. The scientists carried out scientific research and worked on important mining problems.

The rapid growth of the mining industry called for the training of more highly-qualified specialists and the establishment of new educational institutions.

New collieries and open-cast mines, concentration plants, metallurgical works and metal-working factories for processing non-ferrous and ferrous metals appeared in the country. The people took an active part in the construction of new industrial enterprises.

The Academy alone could not cope with the problem of training specialists. In 1930 the Moscow Mining Academy was transformed into six independent institutes. Among the new colleges which grew out of the Academy's departments were the Moscow Mining Institute and the Moscow Institute of Geological Prospecting. Later, the scientific research Institute of Mining appeared near Moscow.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. There were four departments in the Academy.
2. The Academy introduced a new course in coal mining mechanization.
3. In 1925 the Academy had only several well-equipped laboratories, demonstration rooms and a library which had many volumes of books.
4. The Academy established close contacts with the coal industry.
5. In 1930 the Academy was transformed into six independent institutes.
6. The Moscow Mining Institute and the Moscow Institute of Geological Prospecting were among the new colleges which grew out of the Academy's departments.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What was the main task of the Academy?
2. What new course did the Academy introduce?
3. Were there three or four departments at the Academy?
4. What industries did the Academy establish contacts with?
5. Who wrote the first textbook on machinery for mining bedded deposits?
6. Why was the Academy transformed into six independent institutes?
7. Why was the Academy transformed?

3. Переведите следующие сочетания слов.

- а) обогатительная фабрика
- б) подготовка горных инженеров
- в) разведка нефти
- г) обработка цветных металлов

- д) техническое образование
- е) новый (учебный) курс по
- ж) принимать активное участие
- з) проводить исследования
- и) направлять научную деятельность
- к) горное оборудование
- л) пластовые месторождения

№2

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

change - *v* изменяться, менять(ся); *syn.* **transform, alter**; *n* изменение, перемена; превращение

determine - *v* определить, устанавливать

engineering - *n* техника; технология; машиностроение; *syn.* **technics, technology, technique; machinery**

composition - *n* структура, состав

connect - *v* соединяться; *syn.* **combine, link**

enterprise - *n* предприятие; предприимчивость

deal (dealt) v (with) - иметь дело с; рассматривать

environment - *n* окружающая обстановка, среда

demand - *n* спрос

field - *n* область, сфера деятельности; поле, участок, месторождение; бассейн; *syn.* **basin, branch**

design - *n* проект; план, чертеж; конструкция; *v* проектировать, планировать; конструировать

graduate - *v* окончить (высшее учебное заведение), *амер.* окончить любое учебное заведение; *n* лицо, окончившее высшее учебное заведение; **undergraduate (student)** - студент последнего курса; **postgraduate (student)** - аспирант; **graduation paper** - дипломная работа

hardware - *n* аппаратура, (аппаратное) оборудование, аппаратные средства; техническое обеспечение

hydraulic - *a* гидравлический, гидротехнический

introduction - *n* введение, вступление

management - *n* управление, заведование; *syn.* **administration; direction**

offer - *v* предлагать (*помощь, работу*); предоставлять; *n* предложение

property - *n* свойство

protection - *n* защита, охрана

range - *n* область, сфера; предел; диапазон; радиус действия; ряд; серия

recreation - *n* отдых, восстановление сил; развлечение

reveal - *v* показывать, обнаруживать

rock - *n* горная порода

shape - *n* форма

software - *n* программное обеспечение; программные средства

skill - *n* мастерство; умение; **skilled** - *a* квалифицированный; опытный; умелый

survey - *n* съемка, маркшейдерская съемка; *v* производить маркшейдерскую или топографическую съемку, производить изыскания; *n* **surveying** съемка, маркшейдерские работы

value - *n* ценность, стоимость; величина; *v* ценить, оценивать; **valuable** *a* ценный

workshop - *n* мастерская, цех; семинар

to be of importance - иметь значение

to give an opportunity of - дать возможность

to meet the requirements - удовлетворять требованиям (потребности)

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 2: Mining and Geological Higher Education in Russia

In Russia young people get mining education at special institutes which train geologists and mining engineers for coal and ore mining. The total number of students of an institute includes full-time students, part-time students and postgraduate students.

Russian higher educational establishments offer different specializations for the students. Thus, at the geological institutes, the students specialize in geology, the science which deals with different problems connected with the Earth, its history, the study of rocks, their physical and chemical properties. One of the main tasks of geology is to prospect, discover and study the deposits of useful minerals.

Geology is both a theoretical and an applied science. Mining geology is of great importance to the mining engineer. As a rule, mining geology includes economic geology.

The outstanding Russian geologist V.A. Obruchev says that geology is the science of the Earth which reveals to us how the Earth took shape, its composition and its changes. Geology helps prospect for ores, coal, oil, salt and other useful minerals.

Higher mining schools (universities, academies, institutes and colleges) develop a wide range of courses and programmes that meet the requirements of the society. They offer courses in mining technology, machinery and transport, hydraulic engineering, electrical engineering, industrial electronics, automation, surveying, geodesy, information technology, etc.

The main trend in the development of higher mining education is the introduction of courses in environmental protection, management (environmental human resources), economics and management of mining enterprises, marketing studies, computer-aided design (CAD) and others.

Computer science is also of great importance. The course aims at providing students with understanding how software and hardware technology helps solving problems.

Laboratory work is an important part in training specialists. Experiments in laboratories and workshops will help students to develop their practical skills. They have a short period of field work to gain working experience.

The students go through practical training at mines, plants and other industrial enterprises.. They become familiar with all stages of production and every job from worker to engineer. Here they get practical knowledge and experience necessary for their diploma (graduation) papers.

A lot of students belong to students' scientific groups. They take part in the research projects which their departments usually conduct. Postgraduates carry out research in different fields of science and engineering.

Sport centres give the students opportunities to play different sports such as tennis, football, basketball, volleyball, swimming, ' skiing, water polo, boxing, wrestling and others.

Students graduate from mining and geological higher schools as mining engineers, mining mechanical engineers, ecologists, mining electrical engineers, geologists, economists and managers for mining industry.

1. Переведите следующие сочетания слов.

- а) широкий круг проблем
- б) денные месторождения полезных ископаемых
- в) горный инженер-механик
- г) вести научно-исследовательскую работу
- д) принимать форму
- е) техническое и программное обеспечение
- ж) студенты (последнего курса)
- з) дипломная работа
- и) физические и химические свойства
- к) месторождение полезных ископаемых
- 1. оканчивать институт
- 2. поступать в университет
- 3. получать образование

4. готовить геологов и горных инженеров
5. высшие горные учебные заведения
6. приобретать опыт
7. студенческие научные общества
8. заниматься различными видами спорта

№3

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

accurate - а точный, правильный; **accuracy** - п точность

archive - п архив

attend - в посещать (лекции, практические занятия, собрания)

comprehensive - а всесторонний, исчерпывающий

concern - в касаться, относиться; иметь отношение к чему-л.; п дело, отношение; важность; **concerning prep** относительно, касательно

consider - в рассматривать; считать; **considerable** - значительный, важный; **consideration** - п рассмотрение; обсуждение

draw (drew, drawn) - в зд, чертить, рисовать; **draw the conclusion** делать вывод; **syn come to the conclusion**

employ - в применять, использовать; предоставлять (работу); **syn use, utilize, apply;**

employment - п служба; занятие; применение, использование

familiarize - в знакомить; осваивать

fundamental - п основы (наук)

levelling - п нивелирование, сглаживание (различий); выравнивание

number - п число, количество, большое количество; (порядковый) номер, ряд

observe - в наблюдать, следить (за чём-л.), соблюдать (правило, обычаи)

obtain - в получать; достигать; добывать; **syn get, receive**

present - в преподносить, дарить; подавать, представлять; **presentation** - п изложение; предъявление

proximity - п близость, соседство; **in proximity to** поблизости, вблизи от (чего-л.)

require - в требовать; **syn call for; demand; meet the requirements** удовлетворять требованиям

traversing - п горизонтальная съемка

to keep in close touch with - поддерживать связь с

to touch upon (on) затрагивать, касаться вкратце (вопроса)

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 3: Mining Education in Great Britain

In Great Britain the students get mining education at special colleges and at mining departments of universities.

For example, the Mining Department at the University of Nottingham ranks as one of the foremost teaching and research mining schools in Great Britain. The students come to the University from all parts of the country and from abroad. The close proximity of Nottingham to mines extracting coal and different metals makes it possible for the University to keep in close touch with new achievements in mining.

The aim of training at the University is to give the student an understanding of applied science based on lectures, tutorial system, laboratory work and design classes. The laboratory work trains the student in accurate recording of observations, drawing of logical conclusions and presentation of scientific reports. Besides, it gives the student an understanding of experimental methods and familiarizes him (or her) with the characteristics of engineering materials, equipment and machines.

At Nottingham there are two types of laboratories, general and Specialized. General laboratories deal with the fundamentals of engineering science and specialized ones study the more specialized problems in different branches of engineering.

During the final two years of his course the student gets a comprehensive training in surveying. Practical work both in the field and in drawing classes forms an important part of this course. Besides, the students have practical work in survey camps during two weeks. The equipment available for carrying out traversing, levelling, tachometric and astronomical surveying is of the latest design.

The practical and laboratory work throughout the three or four years of study forms a very important part of the course, so the students obtain the required standard in their laboratory course work before they graduate.

British educational system is fee-paying. The annual fee includes registration, tuition, examination, graduation and, in the case of full-time students, membership of the Union of Students.

Students from all over the world (nearly 100 countries) study at the University of Nottingham. For many years the University has had a thriving community of international students.

The University pays much attention to learning foreign languages. For individual study there is a 16-place self-access tape library with a tape archive of 3,000 tapes in 30 languages. There are also 16 video work stations where the students play back video tapes or watch TV broadcasts in a variety of languages.

1. Определите, какие предложения соответствуют содержанию текста.

Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. In Great Britain the students can get mining education only at special colleges.
2. The training at universities is based on tutorial system.
3. The laboratory work familiarizes the student with modern equipment.
4. There are three types of laboratories at the University of Nottingham.
5. When the students study surveying, they have practical work both in the field and in drawing classes.
6. The students from abroad don't study at Nottingham.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. Where can one get mining education in Great Britain?
2. Is the Mining Department at the University of Nottingham one of the foremost research mining schools in Great Britain?
3. What makes it possible for the University to keep in close touch with the achievements in mining?
4. What are the students supposed to do in the laboratories?
5. Will the students have practical work in survey camps or in the laboratories?
6. What do the students use surveying equipment for?
7. What can you say about studying foreign languages at the University?

№4

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

advance - *n* прогресс, успех; продвижение вперед; *v* делать успехи, развиваться, продвигаться вперед; **advanced courses** курсы по расширенной программе

authority - *n* администрация; начальство

differ - *v* (from) отличаться (от); **difference** *n* различие; разница; **different** *a* различный; *syn various*

excavate - *v* добывать (*уголь*); вырабатывать полезное ископаемое открытым способом; вынимать (*грунт*); **excavation** - *n* открытая разработка карьером; разрез, карьер; **surface excavation** открытая разработка; *syn open-cast (opencast)*

experience - *n* жизненный опыт; опыт работы; стаж

found - *v* основывать; *syn establish, set up; foundation* - *n* основание; учреждение; основа; **lay the foundation** положить начало чему-л., заложить основу чего-л.

manage - *v* управлять, заведовать, справляться, уметь обращаться; **management** - *n* управление, заведование; правление, дирекция; **management studies** - наука об управлении
mean (meant) - *v* значить, иметь значение, подразумевать; намереваться, иметь в виду;
means - *n, pl* средства, **meaning** - *n* значение, **by means of** посредством (чего-л)
metalliferous – *a* содержащий металл, рудоносный
preliminary - *a* предварительный; **preliminary course** подготовительные курсы
realize - *v* представлять, себе; понимать (*во всех деталях*); **syn understand**
recognize - *v* признавать; узнавать
work out - *v* разрабатывать (*план*); решать задачу

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 4: Mining Education in Great Britain (continued)

At present in Great Britain there are a number of universities and colleges which give instruction in mechanical engineering, mining, metallurgy, etc. These institutions provide full-time and part-time education. It should be noted that technical colleges confer diplomas' on college graduates.

A university graduate leaves with the degree of Bachelor of Arts or Bachelor of Science, which is an academic qualification awarded by universities.

For example, the University in Cardiff has become one of the largest in Wales. It is one of the four colleges which together with the Welsh National School of Medicine form the University of Wales. There is the Mining Engineering Department in the University of Wales. The Department deals with the whole range of extractive industries such as coal and metalliferous mining, quarrying and oil technology.

After graduating from the college a student can be recommended for entry to the university by a college authority and he can apply for admission to the university.

At the Mining Department students may take several courses such as geology, mining engineering, mine surveying, quarrying, management studies and others. It has become a tradition that the courses are based on an intensive tutorial system. It means that students are allotted to members of the teaching staff for individual tuition separately in mining, in quarrying and in mine surveying. The system is founded on that of the older universities of Great Britain.

At the Department of Mining Engineering of the Newcastle University mining has now become a technically advanced profession. The Department of Mining Engineering trains industrially experienced engineers through various advanced courses in rock mechanics and surface excavation. For many years the Mining Engineering Department at Newcastle has recognized the need for highly-qualified engineers and realized that the courses in rock mechanics and surface excavation are of great importance for mining engineers.

At the University a student studies for three or four years. The organization of the academic year is based on a three-term system which usually runs from about the beginning of October to the middle of December, from the middle of January to the end of March and from the middle of April to the end of June or the beginning of July.

Students course is designed on a modular basis. Modules are self-contained 'units' of study, which are taught and assessed independently of each other. When a student passes a module, he (she) gains a credit. All modules carry a number of credits. At the end of the term, the number of credits a student gets, determines the award he (she) receives. Each module is continuously assessed by coursework and/or end-of-term examinations.

Admission to the British universities is by examination and selection. The minimum age for admission to the four-year course is normally 18 years. Departments usually interview all the candidates. The aim of the interview is to select better candidates.

Just over half of all university students live in colleges, halls of residence, or other accommodation provided by their university, another third lives in lodgings or privately rented accommodation; and the rest live at home.

1. Определите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. At present there are about a hundred technical institutions in Great Britain.
2. It should be noted that British colleges confer degrees.
3. As a rule a college authority recommends the graduates for entry to the university.
4. At the Mining Engineering Department of the University of Wales the students study only metalliferous mining.
5. At the Mining Engineering Department the courses are based on an intensive tutorial system.
6. The Mining Engineering Department at the Newcastle University has recognized the importance of teaching rock mechanics and surface excavation (open-cast mining).

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. Are there many technical institutions in Great Britain?
2. What is the difference between colleges and universities?
3. Is the Mining Engineering Department the only one in the University of Wales?
4. Does the Mining Engineering Department deal only with metalliferous mining?
5. Can a student enter the university after he has graduated from the college?
6. What courses are of special importance for mining engineers?
7. What do you know about the organization of the academic year at British universities?
8. When do the students take their examinations?

3. Переведите следующие сочетания слов.

- а) курсы по расширенной программе
- б) рудоносные отложения
- в) средства производства
- г) горный факультет
- д) открытые горные работы
- е) опытный инженер
- ж) администрация колледжа
- з) поощрять студентов
- и) отвечать требованиям университета
- к) наука об управлении
1. зависеть от условий
2. значить, означать
3. признать необходимость (чего-л.)
4. ежегодная производительность (шахты)
5. начальник шахты
6. добывающая промышленность
7. представлять особую важность
8. механика горных пород
9. единственный карьер
10. основывать факультет (школу, систему и т.д.)

№5

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

abyssal - а абиссальный, глубинный; **hypabissal** - а гипабиссальный

adjacent - а смежный, примыкающий

ash - п зола

belt - п пояс; лента; ремень

body - п тело, вещество; **solid (liquid, gaseous) bodies** твердые (жидкие, газообразные) вещества; породная масса; массив; месторождение; пласты

common - а обычный; общий; **syn general; ant uncommon**

cool - в охлаждать(ся); остывать; прохладный; **ant heat** нагревать(ся)

dimension - *n* измерение; *pl* размеры; величина; *syn* **measurement, size**

dust - *n* пыль

dyke – *n* дайка

extrusion - *n* вытеснение; выталкивание; *ant* **intrusion** вторжение; *геол.* интрузия (*внедрение в породу изверженной массы*)

fine - *a* тонкий, мелкий; мелкозернистый; высококачественный; тонкий; прекрасный, ясный (*о погоде*); изящный; **fine-graded (fine-grained)** мелкозернистый, тонкозернистый; **finer** - *n* *pl* мелочь; мелкий уголь

flow - *v* течь; литься; *n* течение; поток; **flow of lava** поток лавы

fragmentary - *a* обломочный, пластический

glass - *n* стекло; **glassy** - *a* гладкий, зеркальный; стеклянный

gold - *n* золото

inclined - *a* наклонный

mica - *n* слюда

permit - *v* позволять, разрешать; *syn* **allow, let; make possible**

probably - *adv* вероятно; *syn* **perhaps, maybe**

shallow - *a* мелкий; поверхностный; *ant* **deep** глубокий

sill - *n* саль, пластовая интрузия

stock - *n* штук, небольшой батолит

vein - *n* жила, прожилок, пропласток

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 5: Igneous Rocks

Igneous rocks have crystallized from solidified magma.

Igneous rocks can be classified in a number of ways and one of them is based on mode of occurrence. They occur either as intrusive (below the surface) bodies or as extrusive masses solidified at the Earth's surface. The terms "intrusive" and "extrusive" refer to the place where rocks solidified.

The grain size of igneous rocks depends on their occurrence. The intrusive rocks generally cool more slowly than the extrusive rocks and crystallize to a larger grain size. The coarser-grained intrusive rocks with grain size of more than 0.5 mm called plutonic or abyssal are referred to as intrusive igneous rocks because they are intruded into older pre-existing rocks. Extrusive or volcanic rocks have even finer grains, less than 0.05 mm and are glassy.

Exposed igneous rocks are most numerous in mountain zones for two reasons. First, the mountain belts have been zones of major deformation. Second, uplifts in mountain belts have permitted plutonic masses to be formed.

The largest bodies of igneous rocks are called batholiths. Batholiths cooled very slowly. This slow cooling permitted large mineral grains to form. It is not surprising that batholiths are composed mainly of granitic rocks with large crystals called plutons. As is known, granites and diorites belong to the group of intrusive or plutonic rocks formed by solidification of igneous mass under the Earth's crust. Granites sometimes form smaller masses called stocks, when the occurrence has an irregular shape but smaller dimensions than the batholiths.

Laccoliths and sills, which are very similar, are intruded between sedimentary rocks. Sills are thin and they may be horizontal, inclined or vertical. Laccoliths are thicker bodies and in some cases they form mountains.

Dykes are also intrusive bodies. They range in thickness from a few inches to several thousand feet. Dykes are generally much longer than they are wide. Most dykes occupy cracks and have straight parallel walls. These bodies cool much more rapidly and are commonly fine-grained. For example, granite may occur in dykes that cut older rocks.

Pegmatites (quartz, orthoclase and mica) also belong to the group of plutonic or intrusive rocks. They occur in numerous veins which usually cut through other plutonites, most often granite, or adjacent rocks.

Extrusive igneous rocks have been formed from lava flows which come from fissures to the surface and form fields of volcanic rocks such as rhyolite, andesite, basalt, as well as volcanic ashes and dust, tuff, etc. As a rule, these rocks of volcanic origin cool rapidly and are fine-grained. It is interesting to note that basalt is the most abundant of all lavatypes. It is the principal rock type of the ocean floor.

Igneous rocks are rich in minerals that are important economically or have great scientific value. Igneous rocks and their veins are rich in iron, gold, zinc, nickel and other ferrous metals.

1). Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Igneous rocks have been formed by sedimentation.
2. Intrusive rocks have been formed by the cooling of rocks of the Earth's crust.
3. Extrusive rocks have been formed the same way.
4. The grain size of igneous rocks depends on mode of occurrence.
5. Exposed igneous rocks are numerous in mountain zones.
6. Granites and diorites belong to the group of extrusive rocks.
7. As a rule, granite may occur in dykes.
8. Pegmatites do not belong to the group of plutonic or intrusive rocks.

2). Ответьте на вопросы:

1. Have igneous rocks crystallized from magma or have they been formed by sedimentation?
2. Which types of igneous rocks do you know?
3. What does the grain size of igneous rocks depend on?
4. Can you give an example of intrusive or plutonic rocks?
5. Are diorites intrusive or extrusive formations?
6. What do you know about batholiths?
7. Do pegmatites belong to the group of plutonic or volcanic rocks?
8. How do pegmatites occur?
9. What minerals are igneous rocks rich in?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов в сочетаний слов:

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1. adjacent layers | а) способ залегания |
| 2. abyssal rocks | б) крупнозернистый |
| 3. dimensions of crystals | в) зоны крупных нарушений |
| 4. valuable minerals | г) абиссальные (глубинные) породы |
| 5. shape and size of grains | д) смежные пласты (слои) |
| 6. mode of occurrence | е) размеры кристаллов |
| 7. coarse-grained | ж) взбросы |
| 8. uplifts | з) форма и размер зерен |
| 9. zones of major deformation | и) ценные минералы |

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих сочетаний слов:

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| 1. затвердевшие массы | а) irregular shape |
| 2. обломочные породы | б) at a certain depth |
| 3. медленно остывать | в) economically important |
| 4. мелкозернистый | г) solidified masses |
| 5. многочисленные трещины | д) scientific value |
| 6. неправильная форма | е) to cool slowly |
| 7. на определенной глубине | ж) existing types of rocks |
| 8. экономически важный | з) fine-grained |
| 9. научная ценность | и) fragmentary rocks |

10. существующие типы пород к) numerous cracks or fissures

№6

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

band - *n* слой; полоса; прослойка (*породы*); *syn* **layer**

cleave - *v* расщепляться; трескаться, отделяться по кливажу; **cleavage** *n* кливаж

constituent - *n* составная часть, компонент

define - *v* определять, давать определение

distribute - *v* (**among**) распределять (между); раздавать;

disturb - *v* нарушать; смещать

excess - *n* избыток, излишек; *ant* **deficiency**

flaky - *a* слоистый; похожий на хлопья

fluid - *n* жидкость; жидкая или газообразная среда

foliate - *v* расщепляться на тонкие слои; **foliated** - *a* листоватый, тонкослоистый; *syn* **flaky**

marble - *n* мрамор

mention - *v* упоминать, ссылаться; *n* упоминание

plate - *n* пластина; полоса (*металла*)

pressure - *n* давление; **rock pressure (underground pressure)** горное давление, давление горных пород

relate - *v* относиться; иметь отношение; **related** *a* родственный; **relation** - *n* отношение;

relationship - *n* родство; свойство; **relative** - *a* относительный; соответственный

run (ran, run) - *v* бегать, двигаться; течь; работать (о *машине*); тянуться, простираться; управлять (*машинной*); вести (*дело, предприятие*)

schistose - *a* сланцеватый; слоистый

sheet - *n* полоса

slate - *n* сланец; *syn* **shale**

split (split) - *v* раскалываться, расщепляться, трескаться; *syn* **cleave**

trace - *n* след; **tracing** - *n* прослеживание

at least по крайней мере

to give an opportunity (of) давать возможность (*кому-л., чему-л.*)

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 6: Metamorphic Rocks

The problem discussed concerns metamorphic rocks which compose the third large family of rocks. "Metamorphic" means "changed from". It shows that the original rock has been changed from its primary form to a new one. Being subjected to pressure, heat and chemically active fluids beneath the Earth's surface, various rocks in the Earth's crust undergo changes in texture, in mineral composition and structure and are transformed into metamorphic rocks. The process described is called metamorphism.

As is known, metamorphic rocks have been developed from earlier igneous and sedimentary rocks by the action of heat and pressure.

Gneisses, mica schists, phyllites, marbles, slate, quartz, etc. belong to the same group of rocks. Having the same mineral composition as granite, gneisses consist chiefly of quartz, orthoclase and mica. However unlike granite, they have a schistose structure. It means that their constituents are distributed in bands or layers and run parallel to each other in one direction. If disturbed the rock cleaves easily into separate plates.

The role of water in metamorphism is determined by at least four variable geologically related parameters: rock pressure, temperature, water pressure, and the amount of water present.

During a normal progressive metamorphism rock pressure and temperature are interdependent, and the amount of water and the pressure of water are related to the sediments and to the degree of metamorphism in such a way that, generally speaking, the low-grade metamorphic rocks are

characterized by the excess of water. The medium-grade rocks defined by some deficiency of water and the high-grade metamorphic rocks are characterized by the absence of water.

Many of the metamorphic rocks mentioned above consist of flaky materials such as mica and chlorite. These minerals cause the rock to split into thin sheets, and rocks become foliated.

Slate, phyllite, schist and gneiss belong to the group of foliated metamorphic rocks. Marble and quartzite are non-foliated metamorphic rocks.

The structure of metamorphic rocks is of importance because it shows the nature of pre-existing rocks and the mechanism of metamorphic deformation. Every trace of original structure is of great importance to geologists. It gives an opportunity of analysing the causes of its metamorphism.

Being often called crystalline schists, metamorphic rocks such as gneisses and mica have a schistose structure. Metamorphic rocks represent the oldest portion of the Earth's crust. They are mostly found in the regions of mountain belts where great dislocations on the Earth once took place.

1). Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста.

Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Generally speaking, metamorphic rocks have been developed from ores.
2. Marble, slate and phyllite belong to the group of metamorphic rocks.
3. As is known, unlike granite metamorphic rocks have a schistose structure.
4. It is quite obvious that the role of water in metamorphism is great.
5. As a rule, low-grade metamorphic rocks are characterized by the absence of water.
6. Flaky materials cause the rock to split into thin sheets.
7. It should be noted that marble and quartzite are foliated metamorphic rocks.
8. The structure of metamorphic rocks shows the nature of older preexisting rocks and the mechanism of metamorphic deformation as well.
9. All metamorphic rocks are non-foliated.

2). Ответьте на вопросы:

1. Do you know how metamorphic rocks have been formed?
2. Which rocks belong to the group of metamorphic?
3. Does gneiss have the same structure as granite?
4. Is the role of water great in metamorphism?
5. What rocks do we call foliated? What can you say about non-foliated metamorphic rocks?
6. How can geologists trace the original structure of metamorphic rocks?
7. Why are metamorphic rocks often called crystalline schists?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. as a result of the chemical and physical changes
 2. constituents of rocks
 3. to be subjected to constant development
 4. to undergo changes
 5. excess of water
 6. low-grade ores
 7. coal band
 8. to cleave into separate layers
 9. traces of original structure
 10. generally speaking
- а) полоса (или прослойка) угля
б) составляющие пород
в) расщепляться на отдельные слои
г) вообще говоря

- д) в результате химических и физических изменений
- е) избыток воды
- ж) изменяться
- з) находиться в постоянном развитии
- и) низкосортные руды
- к) следы первоначальной структуры

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

- 1. иметь значение
- 2. упомянутые выше
- 3. сланцеватая структура
- 4. в отличие от гранита
- 5. недостаток воды
- 6. существовавшие ранее породы
- 7. слоистые породы
- 8. мрамор и сланец
- 9. гнейс
- 10. давать возможность
- 11. определять структуру
- а) unlike granite
- б) to be of importance
- в) pre-existing rocks
- г) mentioned above
- д) schistose structure
- е) to give an opportunity (of doing smth)
- ж) to define (determine) rock texture
- з) deficiency of water
- и) flaky rocks
- к) marble and slate
- л) gneiss

№7

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

aerial - а воздушный; надземный

certain - а определенный; некоторый; **certainly** adv конечно

cost - (cost) v стоить; n цена; стоимость

crop - v (out) обнажать(ся), выходить на поверхность (о пласте, породе); syn **expose**; засеивать, собирать урожай

dredging - n выемка грунта; драгирование

drill - v бурить, сверлить; n бурение, сверление; бурильный молоток; **drilling** - n бурение, сверление; **core-drilling** колонковое (керновое) бурение

drive (drore, driven) - v проходить (горизонтальную выработку); приводить в движение; управлять (машиной); n горизонтальная выработка; привод; передача

evidence - n основание; признак(и); свидетельства

expect - v ожидать; рассчитывать; думать; предлагать

explore - v разведывать месторождение полезного ископаемого с попутной добычей;

exploratory - а разведочный; **exploration** - n детальная разведка; разведочные горные работы по месторождению

galena - n галенит, свинцовый блеск

indicate - v указывать, показывать; служить признаком; означать

lead - n свинец

look for - v искать

open up - *в* вскрывать (*месторождение*); нарезать (*новую лаву, забой*); **opening** - *п* горная выработка; подготовительная выработка; вскрытие месторождения

panning - *п* промывка (*золотоносного песка в лотке*)

processing - *п* обработка; - **industry** обрабатывающая промышленность

prove - *в* разведывать (*характер месторождения или залегания*); доказывать; испытывать, пробовать; **proved** - *а* разведанный, достоверный; **proving** - *п* опробование, предварительная разведка

search - *в* исследовать; (*for*) искать (*месторождение*); *п* поиск; *syn* **prospecting**

sign - *п* знак, символ; признак, примета

store - *в* хранить, накапливать (*о запасах*)

work - *в* работать; вынимать, извлекать (*уголь, руду*); вырабатывать; **workable** - *а* подходящий для работы, пригодный для разработки, рабочий (*о пласте*); рентабельный; **working** - *п* разработка, горная выработка

country rock коренная (основная) порода

distinctive properties отличительные свойства

malleable metal ковкий металл

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 7: Prospecting

Mining activities include prospecting and exploration for a mineral deposit through finding, proving, developing, extracting and processing the ore. That is why it is possible to divide the mining activity into three major phases: 1) before mining which involves prospecting and exploration required to locate, characterize and prove a potential ore body; 2) mining which refers to actual coal or ore extraction. Extraction processes include underground or surface mining and dredging; 3) after mining which involves processing and preparing the raw ore for the end product.

As has already been said, before a mineral deposit can be worked, that is, before it can be extracted from the Earth for use by man, it must first be found. The search for economically useful mineral deposits is called prospecting. To establish the quality and quantity of a mineral deposit, the type of country rock, etc. means to prove it and this process is called proving. Prospecting and proving are only two different stages of mining geological exploration, the latter includes drilling and driving of openings.

Last century prospectors looked for visible evidence of mineralization on the surface of the Earth. To recognize valuable minerals it was necessary to know their various distinctive physical properties. For example, gold occurs in nature as a heavy malleable yellow metal. -Galena, the most important mineral containing lead, is dark grey, heavy and lustrous. The first ores of iron to be mined were deposits of magnetite, a black heavy mineral capable of attracting a piece of iron.

As the deposits of mineral that cropped out at the surface were mined, the search for additional supplies of minerals took place. The science of geology was used to explain the occurrence of ore deposits.

The aim of geological prospecting is to provide information on a preliminary estimation of the deposit and the costs of the geological investigations to be made. It also indicates whether it is available to continue the exploration or not.

Prospecting work includes three stages: 1) finding signs of the mineral; 2) finding the deposit; 3) exploring the deposit.

General indications of the possibility of exposing this or that mineral in a locality can be obtained by studying its general topographical relief, the type of ground and its general natural conditions. Thus, in mountainous regions where fissures were formed during the process of mountain formation, ore minerals could be expected in the fissure fillings. In hilly regions, sedimentary deposits would be expected.

Certain deposits are found only in a particular type of ground. Coal seams, for example, are found in sedimentary formations mainly consisting of sandstones and shales. Veins, on the other hand,

are found in crystalline (igneous) rocks, and the type of country rock usually determines the type of minerals.

At present, prospecting methods to be used are as follows:

1. Surface geological and mineralogical prospecting such as panning.
2. Geophysical, geochemical, geobotanical prospecting.
3. Aerial photography with geological interpretation of the data to be obtained is highly effective from aircraft or helicopter. Besides, successful development of space research has made it possible to explore the Earth's resources from space by satellites.

In modern prospecting the methods mentioned above are used together with the study of geological maps.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста.

Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. The search for economically useful mineral deposits is called proving.
2. Last century prospectors looked for visible evidence of mineral deposits.
3. The first ores of iron to be mined were deposits of galena.
4. The science of geology can explain the mode of occurrence of ore deposits.
5. As a rule prospecting includes four stages.
6. The study of general topographical relief and the type of ground makes it possible to expose this or that deposit.
7. Geologists know that certain deposits are only found in a particular type of ground.
8. As is known, veins are found in metamorphic rocks.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What is prospecting?
2. What is proving?
3. How did prospectors find mineral deposits in the 19th century?
4. Does gold occur in nature as a heavy malleable yellow metal or as a heavy dark-grey one?
5. What metal is capable of attracting a piece of iron?
6. What does prospecting work provide?
7. What are the three main stages of prospecting?
8. Is it enough to know only the topographical relief of a locality for exposing this or that mineral?
9. What methods of prospecting do you know?
10. What are the most effective aerial methods of prospecting now?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний

слов:

- | | |
|--|--|
| 1. country rock | а) залегание рудных месторождений |
| 2. panning | б) блестящий металл |
| 3. the search for commercially useful deposits | в) коренная (основная) порода |
| 4. geological exploration | г) дополнительные запасы минералов |
| 5. to look for evidence of mineralization | д) промывка (золотоносного песка в лотке) |
| 6. distinctive properties | е) геологическая разведка (с попутной добычей) |
| 7. lustrous metal | ж) искать доказательства наличия месторождения |
| 8. capable of attracting a piece of iron | з) отличительные свойства |
| 9. additional supplies of minerals | и) поиски экономически полезных месторождений |
| 10. the occurrence of ore deposits | к) способный притягивать кусок металла |

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний

слов:

- | | |
|--|--|
| 1. стоимость геологических исследований | a) the data obtained |
| 2. выходить на поверхность (обнажаться) | б) galena, sandstones and shales |
| 3. произвести предварительную оценку (месторождения) | в) the cost of geological investigations |
| 4. визуальные наблюдения с воздуха | г) to crop out |
| 5. полученные данные | д) certain ore deposits |
| 6. галенит, песчаники и сланцы (of a deposit) | е) to make a preliminary estimation |
| 7. общие показания | ж) visual aerial observations |
| 8. находить признаки месторождения | з) to find the signs of a deposit |
| 9. определенные рудные месторождения | и) general indications |

№8

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

adit - *n* горизонтальная подземная выработка, штольня

angle - *n* угол

approximate - *a* приблизительный

bit - *n* режущий инструмент; буровая коронка, коронка для алмазного бурения; головка бура, сверло; **carbide bit** армированная коронка, армированный бур; **diamond bit** - алмазная буровая коронка

borehole - *n* скважина, буровая скважина

crosscut - *n* квершлаг

dip - *n* падение (*залежи*); уклон, откос; *v* падать

enable - *v* давать возможность или право (*что-л. сделать*)

exploit - *v* разрабатывать (*месторождение*); эксплуатировать; **exploitation** - *n* разработка; эксплуатация

measure - *n* мера; мерка; критерий; степень; *pl* свита, пласты; *v* измерять

overburden - *n* покрывающие породы, перекрывающие породы; верхние отложения, наносы; вскрыша

pit - *n* шахта; карьер, разрез; шурф

reliable - *a* надежный; достоверный

rig - *n* буровой станок, буровая вышка; буровая каретка; буровое оборудование

sample - *n* образец; проба; *v* отбирать образцы; опробовать, испытывать

section - *n* участок, секция, отделение, отрезок, разрез, профиль, поперечное сечение; **geological** ~ геологический разрез (*porod*)

sequence - *n* последовательность; порядок следования; ряд

sink (sank, sunk) - *v* проходить (*шахтный ствол, вертикальную выработку*); углублять; погружать; опускать; **sinking** - *n* проходка (*вертикальных или наклонных выработок*); **shaft sinking** - проходка ствола

slope - *n* наклон; склон; бремсберг; уклон; *v* клониться, иметь наклон; **sloping** - *a* наклонный; **gently sloping** - с небольшим наклоном

steep - *a* крутой, крутопадающий, наклонный

strike - *n* зд. простираение; *v* простираться; **across the strike** - вкрест простираения; **along (on) the strike** по простираению

trench - *n* траншея, канава; котлован; *v* копать, рыть, шурфовать

to make use (of) использовать, применять

to take into consideration принимать во внимание; *syn* **take into account**

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 8: Exploration of Mineral Deposits

Exploration is known to include a whole complex of investigations carried out for determining the industrial importance of a deposit. The main task is to determine the quality and quantity of mineral and the natural and economic conditions in which it occurs. The exploration of the deposit is divided into three stages, namely preliminary exploration, detailed exploration and exploitation exploration.

The aim of preliminary exploration is to establish the general size of a deposit and to obtain an approximate idea of its shape, dimensions and quality. At this stage the geological map of the deposit is corrected and a detailed survey of its surface is completed.

The information on the preliminary exploration is expected to give an all-round description of the deposit which will enable the cost of its detailed exploration to be estimated.

The following points should be taken into consideration: 1) the shape and area of the deposit; 2) its depth and angles of dip and strike; 3) its thickness; 4) the properties of the surrounding rock and overburden; 5) the degree of uniformity of distribution of the mineral within the deposit and the country rock, etc.

Preliminary explorations can make use of exploratory openings such as trenches, prospecting pits, adits, crosscuts and boreholes. They are planned according to a definite system, and some are driven to a great depth.

All the exploratory workings are plotted on the plan. These data allow the geologist to establish the vertical section of the deposit.

The quality of the mineral deposit is determined on the basis of analyses and tests of samples taken from exploratory workings.

The method of exploration to be chosen in any particular case depends on the thickness of overburden, the angle of dip, the surface relief, the ground water conditions and the shape of the mineral deposit.

The task of the detailed exploration is to obtain reliable information on the mineral reserves, their grades and distribution in the different sectors of the deposit. Detailed exploration data provide a much more exact estimate of the mineral reserves.

Mine or exploitation exploration is known to begin as soon as mining operations start. It provides data for detailed estimates of the ore reserves of individual sections. It facilitates the planning of current production and calculating the balance of reserves and ore mined.

The searching and discovering of new mineralized areas are based on geological survey and regional geophysical prospecting. The results of these investigations provide data on iron-bearing formations and new deposits for commercial extraction.

In detailed exploration both underground workings and borehole survey are used. Core drilling with diamond and carbide bits is widely used. Non-core drilling is also used in loose rocks in combination with borehole geophysical survey.

One of the main methods to explore coal deposits is also core-drilling. Modern drilling equipment makes it possible to accurately measure bed thickness and determine structure of beds, faults and folds. Recording control instruments are attached to drilling rigs which allow the geologists to get reliable samples good for nearly all parameters of coal quality to be determined.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. The purpose of preliminary exploration is to determine the mineral reserves and their distribution in the different sectors of the deposit.
2. The properties of the surrounding rock and overburden should be taken into consideration during the preliminary exploration.
3. The purpose of the detailed exploration is to find out the quantity (reserves) of the deposit.
4. Exploitation exploration facilitates the planning of current production.
5. Both core drilling and non-core drilling are widely used.

6. Recording control instruments allow geologists to get reliable ore samples.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What stages does exploration include?
2. What is the main purpose of preliminary exploration?
3. What should be taken into consideration by geologists during preliminary exploration?
4. What exploratory openings do you know?
5. Do you know how the quality of the mineral deposit is determined?
6. What is the aim of a detailed exploration?
7. Is core drilling used in prospecting for loose rocks?
8. What is drilling equipment used for?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих сочетаний слов:

- | | |
|-----|---|
| 1. | bedded deposits |
| 2. | core drilling |
| 3. | the angle of dip of the seam |
| 4. | the thickness of overburden |
| 5. | exploratory workings |
| 6. | composition of minerals |
| 7. | pits and crosscuts |
| 8. | to exploit new oil deposits |
| 9. | sampling |
| 10. | geological section |
| а) | мощность наносов |
| б) | разрабатывать новые месторождения нефти |
| в) | шурфы и квершлаг |
| г) | пластовые месторождения |
| д) | опробование (отбор) образцов |
| е) | угол падения пласта |
| ж) | колонковое бурение |
| з) | геологический разрез (пород) |
| и) | состав минералов |
| к) | разведочные выработки |

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих сочетаний слов:

- | | |
|-----|---|
| 1. | буровые скважины |
| 2. | по простиранию пласта |
| 3. | равномерность распределения минерала в залежи |
| 4. | водоносность пород |
| 5. | карбидные и алмазные коронки |
| 6. | детальная разведка |
| 7. | использовать новые поисковые методы |
| 8. | проникать в залежь |
| 9. | коренная порода |
| 10. | свойства окружающих пород |
| а) | ground water conditions |
| б) | detailed exploration |
| в) | boreholes |
| г) | along the strike of the bed (seam) |
| д) | carbide and diamond bits |
| е) | the uniformity of mineral distribution in the deposit |
| ж) | the properties of surrounding rocks |
| з) | to make use of new prospecting methods |
| и) | country rock |
| к) | to penetrate into the deposit |

3. Подготовка к практическим занятиям (запоминание иноязычных лексических единиц и грамматических конструкций)

Грамматические конструкции представлены на стр. 6 – 40.

Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

Семья. Family

родственник	relative, relation
родители	parents
мать (мама)	mother (mom, mum, mama, mamma, mummy, ma)
отец (папа)	father (dad, daddy, papa, pa)
жена	wife
муж	husband
супруг(а)	spouse
ребенок, дети	child, children
дочь	daughter
сын	son
сестра	sister
брат	brother
единственный ребенок	only child
близнец	twin
близнецы, двойняшки	twins
брат-близнец	twin brother
сестра-близнец	twin sister
однояйцевые близнецы	identical twins
тройняшки	triplets
бабушка и дедушка	grandparents
бабушка	grandmother (grandma, granny, grandmamma)
дедушка	grandfather (grandpa, granddad, grandpapa, grandad)
внуки	grandchildren
внучка	granddaughter
внук	grandson
прабабушка	great-grandmother
прадедушка	great-grandfather
прабабушка и прадедушка	great-grandparents
правнуки	great-grandchildren
тётя	aunt
дядя	uncle
крестный (отец)	godfather
крестная (мать)	godmother
отчим, приемный отец	stepfather
мачеха, приемная мать	stepmother
сводный брат	stepbrother
сводная сестра	stepsister
брат по одному из родителей	half-brother
сестра по одному из родителей	half-sister
приемный, усыновленный сын	adopted son
приемная, удочеренная дочь	adopted daughter
приемный ребенок	adopted child
патронатная семья, приемная семья	foster family
приемный отец	foster father
приемная мать	foster mother
приемные родители	foster parents

приемный сын	foster son
приемная дочь	foster daughter
приемный ребенок	foster child
неполная семья (с одним родителем)	single-parent family
родня	the kin, the folks
племянница	niece
племянник	nephew
двоюродный брат	cousin (male)
двоюродная сестра	cousin (female)
двоюродный брат (сестра), кузен (кузина)	first cousin
троюродный брат (сестра)	second cousin
четвероюродный брат (сестра)	third cousin
родня со стороны мужа или жены	in-laws
свекровь	mother-in-law (husband's mother)
свёкор	father-in-law (husband's father)
тёща	mother-in-law (wife's mother)
тесть	father-in-law (wife's father)
невестка, сноха	daughter-in-law
зять	son-in-law
шурин, свояк, зять, деверь	brother-in-law
свояченица, золовка, невестка	sister-in-law
семейное положение	marital status
холостой, неженатый, незамужняя	single
женатый, замужняя	married
брак	marriage
помолвка	engagement
помолвленный, обрученный	engaged
развод	divorce
разведенный	divorced
бывший муж	ex-husband
бывшая жена	ex-wife
расставшиеся, не разведенные, но не проживающие одной семьей	separated
вдова	widow
вдовец	widower
подружка, невеста	girlfriend
друг, парень, ухажер	boyfriend
любовник, любовница	lover
ухажер, жених, подружка, невеста, обрученный	fiance
свадьба	wedding
невеста на свадьбе	bride
жених на свадьбе	(bride)groom
медовый месяц	honeymoon

Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

The Ural State Mining University

Mining University – Горный университет; higher educational institution - высшее учебное заведение; to provide - зд. Предоставлять; full-time education - очное образование; extramural education - заочное	scientific research centre - центр научных исследований; master of science - кандидат наук; capable – способный; to take part in - принимать участие; graduate – выпускник; to dedicate – посвящать;
---	---

образование; to award – награждать; post-graduate courses – аспирантура;	to carry out scientific work - выполнять научную работу;
Faculty of Mining Technology - горно – технологический; Faculty of Engineering and Economics - инженерно-экономический; Institute of World Economics – Институт мировой экономики; Faculty of Mining Mechanics - горно-механический; Faculty of Civil Protection – гражданской защиты; Faculty of City Economy – городского хозяйства;	Faculty of Geology & Geophysics – геологии и геофизики; Faculty of extramural education – заочный; department – кафедра; dean – декан; to train specialists in - готовить специалистов; to consist of - состоять из; preparatory – подготовительный; additional – дополнительный; to offer – предлагать;
to house - размещать /ся/; building – здание; Rector's office – ректорат; Dean's office – деканат; department – кафедра; library – библиотека; reading hall - читальный зал; assembly hall - актовый зал; layout - расположение, план; administrative offices - административные отделы;	computation centre - вычислительный центр; canteen – столовая; to have meals – питаться; hostel – общежитие; to go in for sports - заниматься спортом; wrestling – борьба; weight lifting - тяжелая атлетика; skiing - катание на лыжах; skating - катание на коньках; chess – шахматы;
academic work - учебный процесс; academic year - учебный год; to consist of - состоять из; bachelor's degree - степень бакалавра; course of studies - курс обучения; to last - длиться; term - семестр; to attend lectures and classes - посещать лекции и занятия; period - пара, 2 – х часовое занятие; break - перерыв; subject - предмет; descriptive geometry - начертательная геометрия;	general geology - общая геология; foreign language - иностранный язык; to operate a computer - работать на компьютере; to take a test (an exam) - сдавать зачет, экзамен; to pass a test (an exam) - сдать зачет, экзамен; to fail a test (an exam) - не сдать зачет, экзамен; to fail in chemistry - не сдать химию; holidays, vacations - каникулы; to present graduation paper - представлять дипломные работы; for approval - к защите;

The Faculty of Mining Technology trains specialists in: mine surveying - маркшейдерская съемка; underground mining of mineral deposits - подземная разработка месторождений полезных ископаемых; mine and underground construction - шахтное и подземное строительство; surface mining (open-cut mining) - открытые горные работы; physical processes of mining, oil and gas production - физические процессы горного и нефтегазового производства; placer mining - разработка россыпных месторождений; town cadastre - городской кадастр.

The Institute of World Economics trains specialists in: land improvement, recultivation and soil protection - мелиорация, рекультивация и охрана земель; engineer protection of environment in mining - инженерная защита окружающей среды в горном деле; computer systems of information processing and control - автоматизированные системы обработки информации и управления; economics and management at mining enterprises - экономика и управление на предприятиях горной промышленности.

The Faculty of Mining Mechanics trains specialists in: electromechanical equipment of mining enterprises - электромеханическое оборудование горных предприятий; designing & production of mining, oil and gas machinery - конструирование и производство горных и нефтегазопромысловых машин; technological and service systems of exploitation and maintenance of machines and equipment - технологические и сервисные системы эксплуатации и ремонта машин и оборудования; motorcars and self-propelled mining equipment - автомобили и самоходное горное оборудование; electric drive and automation of industrial units and technological complexes - электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов; automation of technological processes and industries - автоматизация технологических процессов и производств; mineral dressing - обогащение полезных ископаемых.

The Faculty of Geology & Geophysics trains specialists in: geophysical methods of prospecting and exploring mineral deposits - геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых; according to some specializations: geoinformatics – геоинформатика; applied geophysics - прикладная геофизика; structural geophysics - структурная геофизика; geological surveying and exploration of mineral deposits - геологическая съемка и поиски МПИ; geology and mineral exploration - геология и разведка МПИ; prospecting and exploration of underground waters and engineering - геологическая разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания; applied geochemistry, petrology and mineralogy - прикладная геохимия, петрология и минералогия; drilling technology - технология и техника разведки МПИ.

Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

My town

a building – здание
downtown – деловой центр города
town outskirts – окраина города
a road – дорога
an avenue – проспект
a pavement/a sidewalk - тротуар
a pedestrian – пешеход
a pedestrian crossing – пешеходный переход
traffic lights – светофор
a road sign – дорожный знак
a corner – угол
a school - школа
a kindergarten – детский сад
a university - университет
an institute – институт
an embassy - посольство
a hospital - больница
a shop/a store/a shopping centre/a supermarket – магазин, супермаркет
a department store – универсам
a shopping mall/centre – торговый центр
a food market – продуктовый рынок
a greengrocery – фруктово-овощной магазин
a chemist's/a pharmacy/a drugstore - аптека

a beauty salon – салон красоты
 a hairdressing salon/a hairdresser's - парикмахерская
 a dental clinic/a dentist's – стоматологическая клиника
 a vet clinic – ветеринарная клиника
 a laundry – прачечная
 a dry-cleaner's – химчистка
 a post-office – почтовое отделение
 a bank – банк
 a cash machine/a cash dispenser - банкомат
 a library – библиотека
 a sight/a place of interest - достопримечательность
 a museum – музей
 a picture gallery – картинная галерея
 a park – парк
 a fountain – фонтан
 a square – площадь
 a monument/a statue – памятник/статуя
 a river bank – набережная реки
 a beach – пляж
 a bay - залив
 a café – кафе
 a restaurant – ресторан
 a nightclub – ночной клуб
 a zoo - зоопарк
 a cinema/a movie theatre - кинотеатр
 a theatre – театр
 a circus - цирк
 a castle - замок
 a church – церковь
 a cathedral – собор
 a mosque - мечеть
 a hotel – отель, гостиница
 a newsagent's – газетный киоск
 a railway station – железнодорожный вокзал
 a bus station - автовокзал
 a bus stop – автобусная остановка
 an underground (metro, subway, tube) station – станция метро
 a stadium – стадион
 a swimming-pool – плавательный бассейн
 a health club/a fitness club/a gym – тренажерный зал, фитнес клуб
 a playground – игровая детская площадка
 a plant/a factory – завод/фабрика
 a police station – полицейский участок
 a gas station/a petrol station – заправочная автостанция, бензоколонка
 a car park/a parking lot - автостоянка
 an airport - аэропорт
 a block of flats – многоквартирный дом
 an office block – офисное здание
 a skyscraper - небоскреб
 a bridge – мост
 an arch – арка
 a litter bin/a trash can – урна

a public toilet – общественный туалет
a bench - скамья

Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

My speciality

The Earth's Crust and Useful Minerals

cause - v заставлять; вызывать; влиять; причинять; *n* причина, основание; дело; общее дело; *syn* **reason**
clay - *n* глина; глинозем
consolidate - v твердеть, затвердевать, уплотнять(ся); укреплять; *syn* **solidify**
crust - *n* кора; *геол.* земная кора
decay - v гнить, разлагаться; *n* выветривание (*пород*); распад, разложение
derive - v (from) происходить, вести свое происхождение (*от*); наследовать
destroy - v разрушать; уничтожать; **destructive** *a* разрушительный
dissolve v растворять
expose - v выходить (*на поверхность*); обнажаться; **exposure** - *n* обнажение
external - *a* внешний
extrusive - *a* эффузивный, излившийся (*о горной породе*)
force - v заставлять, принуждать; ускорять движение; *n* сила; усилие
glacier - *n* ледник, глетчер
grain - *n* зерно; **angular grains** - угловатые зерна (*минералов*); **grained** - *a* зернистый
gravel - *n* гравий, крупный песок
internal - *a* внутренний
intrusive - *a* интрузивный, плутонический
iron - *n* железо
layer - *n* пласт
like - *a* похожий, подобный; *syn* **similar**; *ant* **unlike**; *adv* подобно
lime - *n* известь; **limestone** - *n* известняк
loose - *a* несвязанный, свободный; рыхлый
make up - v составлять; *n* состав (*вещества*)
particle - *n* частица; включение
peat - *n* торф; торфяник
represent - v представлять собою; означать; быть представителем; **representative** - представитель; **representative** - *a* характерный, типичный
rock – *n* горная порода; **igneous** - изверженная порода; **sedimentary** - осадочная порода
sand - *n* песок
sandstone - *n* песчаник; **fine-grained (medium-grained, coarse-grained)** - мелкозернистый (среднезернистый, грубозернистый) песчаник
sediment - *n* отложение; осадочная порода; **sedimentary** - *a* осадочный; **sedimentation** - *n* образование осадочных пород
schist - *n* (*кристаллический*) сланец; **schistose** - *a* сланцеватый, слоистый
shale - *n* сланец, сланцевая глина, глинистый сланец; **clay** - глинистый сланец;
combustible ... , oil ... - горючий сланец
siltstone - *n* алевроит
stratification - *n* напластование, залегание
stratify - v напластовываться; отлагаться пластами; **stratified** *a* пластовый; *syn* **layered, bedded**
substance - *n* вещество, материал; сущность
thickness - *n* толщина, мощность
value - *n* ценность; важность; величина; значение; **valuable** - *a* ценный (*о руде*)
vary - v изменять(ся); отличать(ся); *syn* **differ, change (from)**; **variable** - *a* переменный; непостоянный; **various** *a* различный; *syn* **different**

contain - *v* содержать (*в себе*), вмещать

crack - *n* трещина; щель; *v* давать трещину; трескаться, раскалываться

contract - *v* сжиматься; сокращаться

dust - *n* пыль

expand - *v* расширяться); увеличивать(ся) в объеме; **expansion** *n* расширение; *ant*

contract

fissure - *n* трещина (*в породе, угле*); расщелина; щель

fracture - *n* трещина; излом; разрыв; *v* ломать(ся); раздроблять (*породу*)

freeze - *v* замерзать; замораживать; застывать

gradual - *a* постепенный; **gradually** *adv* постепенно

hard - *a* твердый, жесткий; *ant* **soft**; тяжелый (*о работе*); *adv* сильно, упорно; **hardly** *adv*

едва, с трудом

hole - *n* отверстие; скважина; шпур; шурф

influence - *n* влияние; *v* (**on, upon**) влиять (*не что-л.*)

lateral - *a* боковой

occur - *v* залегать; случаться; происходить; *syn* **take place, happen; occurrence** - *n*

залегание; **mode of occurrence** - условия залегания

penetrate - *v* проникать (*внутрь*), проходить через (*что-л.*)

phenomenon - *n* явление; *pl* **phenomena**

pressure - *n* давление; **lateral pressure** боковое (*горизонтальное*) давление; **rock pressure**

горное давление, давление породы

rate - *n* степень, темп; скорость, норма; производительность; сорт; *syn* **speed, velocity**

refer - *v* (to) ссылаться (*на что-л.*); относиться (*к периоду, классу*)

resist - *v* сопротивляться; противостоять; противодействовать; **resistance** - *n* сопротивление; **resistant** - *a* стойкий; прочный; сопротивляющийся

size - *n* размер; величина; класс (*угля*)

solution - *n* раствор; **soluble** - *a* растворимый; **solvent** - растворитель; *a* растворяющий

succession - *n* последовательность, непрерывный ряд; **in succession** последовательно

undergo (*underwent, undergone*) - *v* испытывать (*что-л.*), подвергаться (*чему-л.*)

uniform - *a* однородный; одинаковый

weathering - *n* выветривание; эрозия (*воздействию, влиянию и т.д.*)

to be subjected to подвергаться

Rocks of Earth's Crust

abyssal - *a* абиссальный, глубинный; **hypabissal** - *a* гипабиссальный

adjacent - *a* смежный, примыкающий

ash - *n* зола

belt - *n* пояс; лента; ремень

body - *n* тело, вещество; **solid (liquid, gaseous) bodies** твердые (жидкие, газообразные) вещества; породная масса; массив; месторождение; пласты

common - *a* обычный; общий; *syn* **general**; *ant* **uncommon**

cool - *v* охлаждать(ся); остывать; прохладный; *ant* **heat** нагревать(ся)

dimension - *n* измерение; *pl* размеры; величина; *syn* **measurement, size**

dust - *n* пыль

dyke - *n* дайка

extrusion - *n* вытеснение; выталкивание; *ant* **intrusion** вторжение; *геол.* интрузия (*внедрение в породу изверженной массы*)

fine - *a* тонкий, мелкий; мелкозернистый; высококачественный; тонкий; прекрасный, ясный (*о погоде*); изящный; **fine-graded (fine-grained)** мелкозернистый, тонкозернистый; **finer** - *n* *pl* мелочь; мелкий уголь

flow - *v* течь; литься; *n* течение; поток; **flow of lava** поток лавы

fragmentary - *a* обломочный, пластический

glass - *n* стекло; **glassy** - *a* гладкий, зеркальный; стеклянный

gold - *n* золото

inclined - *a* наклонный

mica - *n* слюда

permit - *v* позволять, разрешать; *syn* **allow, let; make possible**

probably - *adv* вероятно; *syn* **perhaps, maybe**

shallow - *a* мелкий; поверхностный; *ant* **deep** глубокий

sill - *n* sill, пластовая интрузия

stock - *n* штوك, небольшой батолит

vein - *n* жила, прожилок, пропласток

band - *n* слой; полоса; прослойка (*породы*); *syn* **layer**

cleave - *v* расщепляться; трескаться, отделяться по кливажу; **cleavage** *n* кливаж

constituent - *n* составная часть, компонент

define - *v* определять, давать определение

distribute - *v* (**among**) распределять (между); раздавать;

disturb - *v* нарушать; смещать

excess - *n* избыток, излишек; *ant* **deficiency**

flaky - *a* слоистый; похожий на хлопья

fluid - *n* жидкость; жидкая или газообразная среда

foliate - *v* расщепляться на тонкие слои; **foliated** - *a* листоватый, тонкослоистый; *syn* **flaky**

marble - *n* мрамор

mention - *v* упоминать, ссылаться; *n* упоминание

plate - *n* пластина; полоса (*металла*)

pressure - *n* давление; **rock pressure (underground pressure)** горное давление, давление горных пород

relate - *v* относиться; иметь отношение; **related** *a* родственный; **relation** - *n* отношение;

relationship - *n* родство; свойство; **relative** - *a* относительный; соответственный

run (ran, run) - *v* бегать, двигаться; течь; работать (о *машине*); тянуться, простирается; управлять (*машинной*); вести (*дело, предприятие*)

schistose - *a* сланцеватый; слоистый

sheet - *n* полоса

slate - *n* сланец; *syn* **shale**

split (split) - *v* раскалываться, расщепляться, трескаться; *syn* **cleave**

trace - *n* след; **tracing** - *n* прослеживание

at least по крайней мере

to give an opportunity (of) давать возможность (*кому-л., чему-л.*)

in such a way таким образом

Fossil Fuels

accumulate - *v* накапливать; скопляться

ancient - *a* древний, старинный; *ant* **modern**

associate - *v* связывать, соединять, ассоциироваться; *syn* **connect, link**

burn (burnt) - *v* сжигать; гореть; жечь

charcoal - *n* древесный уголь

convenient - *a* удобный, подходящий

crude - *a* сырой, неочищенный

dig (dug) - *v* добывать; копать; **digger** - *n* угольный экскаватор; землеройная машина

divide - *v* делить; (*from*) отделять; разделять

evidence - *n* доказательство; очевидность; признак(и)

fossil - *a* окаменелый, ископаемый; *n* ископаемое (*органического происхождения*); окаменелость

heat - *v* нагревать; *n* теплота

liquid - *a* жидкий; *n* жидкость; *ant* **solid**

manufacture - *v* изготавливать, производить; *syn* **produce**
mudstone - *n* аргиллит
purpose - *n* цель; намерение; *syn* **aim, goal**
shale - *n* глинистый сланец
the former ... the latter - первый (*из вышеупомянутых*) последний (*из двух названных*)
bench - *n* слой, пачка (*пласта*)
blend - *v* смешивать(ся); вклинивать(ся)
combustion - *n* горение, сгорание; **spontaneous combustion** самовоспламенение, самовозгорание
continuity - *n* непрерывность, неразрывность
domestic - *a* внутренний; отечественный
estimate - *v* оценивать; *n* оценка; смета
fault - *n* разлом, сдвиг (*породы*); сброс; **faulting** *n* образование разрывов или сбросов
fold - *n* изгиб, складка, флексура; **folding** - *n* складчатость, смещение (*пласта*) без разрыва
inflare - *v* воспламеняться; загорать(ся); **inflammable** - *a* воспламеняющийся, горючий, огнеопасный; **flame** - *n* пламя
intermediate - *a* промежуточный; вспомогательный
liable - *a* (to) подверженный; подлежащий (*чему-л.*)
luster - *n* блеск (*угля, металла*); **lustrous** - *a* блестящий
matter - *n* вещество; материя
moisture - *n* влажность, сырость; влага
parting - *n* прослойка
plane - *n* плоскость; **bedding plane** плоскость напластования
rank - *n* класс, тип; **coal rank** группа угля, тип угля
regular - *a* правильный; непрерывный; *ant* **irregular** неправильный; неравномерный;
regularity *n* непрерывность; правильность
similar - *a* похожий, сходный; подобный; *syn* **alike, the same as**
smelt - *v* плавить (*руды*); выплавлять (*металл*)
store - *v* запасать, хранить на складе; вмещать
strata - *n pl* от **stratum** пласты породы; свита (*пластов*); формация, напластования породы; *syn* **measures**
thickness - *n* мощность (*пласта, жилы*)
uniform - *a* однородный; равномерный; **uniformity** *n* однородность; единообразие
utilize - *v* использовать; *syn* **use, apply, employ**
volatile - *a* летучий, быстро испаряющийся

Prospecting and Exploration

aerial - *a* воздушный; надземный
certain - *a* определенный; некоторый; **certainly** *adv* конечно
cost - (cost) *v* стоить; *n* цена; стоимость
crop - *v* (out) обнажать(ся), выходить на поверхность (*о пласте, породе*); *syn* **expose**; засеивать, собирать урожай
dredging - *n* выемка грунта; драгирование
drill - *v* бурить, сверлить; *n* бурение, сверление; бурильный молоток; **drilling** - *n* бурение, сверление; **core-drilling** колонковое (керновое) бурение
drive (drore, driven) - *v* проходить (*горизонтальную выработку*); приводить в движение; управлять (*машиной*); *n* горизонтальная выработка; привод; передача
evidence - *n* основание; признак(и); свидетельства
expect - *v* ожидать; рассчитывать; думать; предлагать

explore - v разведывать месторождение полезного ископаемого с попутной добычей;
exploratory - a разведочный; **exploration** - n детальная разведка; разведочные горные работы по месторождению

galena - n галенит, свинцовый блеск

indicate - v указывать, показывать; служить признаком; означать

lead - n свинец

look for - v искать

open up - v вскрывать (*месторождение*); нарезать (*новую лаву, забой*); **opening** - n горная выработка; подготовительная выработка; вскрытие месторождения

panning - n промывка (*золотоносного песка в лотке*)

processing - n обработка; - **industry** обрабатывающая промышленность

prove - v разведывать (*характер месторождения или залегания*); доказывать; испытывать, пробовать; **proved** - a разведанный, достоверный; **proving** - n опробование, предварительная разведка

search - v исследовать; (for) искать (*месторождение*); n поиск; syn **prospecting**

sign - n знак, символ; признак, примета

store - v хранить, накапливать (*о запасах*)

work - v работать; вынимать, извлекать (*уголь, руду*); вырабатывать; **workable** - a подходящий для работы, пригодный для разработки, рабочий (*о пласте*); рентабельный; **working** - n разработка, горная выработка

adit - n горизонтальная подземная выработка, штольня

angle - n угол

approximate - a приблизительный

bit - n режущий инструмент; буровая коронка, коронка для алмазного бурения; головка бура, сверло; **carbide bit** армированная коронка, армированный бур; **diamond bit** - алмазная буровая коронка

borehole - n скважина, буровая скважина

crosscut - n квершлаг

dip - n падение (*залежи*); уклон, откос; v падать

enable - v давать возможность или право (*что-л. сделать*)

exploit - v разрабатывать (*месторождение*); эксплуатировать; **exploitation** - n разработка; эксплуатация

measure - n мера; мерка; критерий; степень; *pl* свита, пласты; v измерять

overburden - n покрывающие породы, перекрывающие породы; верхние отложения, наносы; вскрыша

pit - n шахта; карьер, разрез; шурф

reliable - a надежный; достоверный

rig - n буровой станок, буровая вышка; буровая каретка; буровое оборудование

sample - n образец; проба; v отбирать образцы; опробовать, испытывать

section - n участок, секция, отделение, отрезок, разрез, профиль, поперечное сечение;

geological ~ геологический разрез (*пород*)

sequence - n последовательность; порядок следования; ряд

sink (sank, sunk) - v проходить (*шахтный ствол, вертикальную выработку*); углублять; погружать; опускать; **sinking** - n проходка (*вертикальных или наклонных выработок*); **shaft sinking** - проходка ствола

slope - n наклон; склон; бремсберг; уклон; v клониться, иметь наклон; **sloping** - a наклонный; **gently sloping** - с небольшим наклоном

steep - a крутой, крутопадающий, наклонный

strike - n *зд.* простирание; v простираться; **across the strike** - вкрест простирания; **along (on) the strike** по простиранию

trench - n траншея, канава; котлован; v копать, рыть, шурфовать

to make use (of) использовать, применять

to take into consideration принимать во внимание; **syn take into account**

General Information on Mining

access - *n* доступ

affect - *v* воздействовать (*на что-л.*); влиять; **syn influence**

barren - *a* непродуктивный; пустой (*о породе*)

chute - *n* скат, спуск; углеспускная выработка; жёлоб

compare - *v* (with) сравнивать, проводить параллель

contribute - *v* способствовать, содействовать; делать вклад (*в науку*); **make a (one's) ~ to**

smth. сделать вклад во что-л.

cross-section - *n* поперечное сечение, поперечный разрез, профиль

develop - *v* разрабатывать (*месторождение*); развивать (*добычу*); производить подготовительные работы; **development** - *n* подготовительные работы; развитие добычи; развитие

drift - *n* штрек, горизонтальная выработка

ensure - *v* обеспечивать, гарантировать; **syn guarantee**

face - *n* забой; лава

floor - *n* почва горной выработки, почва пласта (жила); **quarry** ~ подошва карьера; пол, настил

govern - *v* править, управлять; руководить; определять, обуславливать

inclination - *n* уклон, скат, наклон (*пластов*); наклонение; **seam** ~ падение (*пласта*); наклон (*пласта*)

incline - *n* уклон, бремсберг, скат; наклонный ствол; **gravity** ~ бремсберг

inclined - *a* наклонный; **flatly** ~ слабо наклонный; **gently** ~ наклонного падения; **medium** ~ умеренно наклонный (*о пластах*); **steeply** ~ крутопадающий

level - *n* этаж, горизонт, горизонтальная горная выработка; штольня; уровень (*инструмент*); нивелир; ватерпас; горизонтальная поверхность

recover - *v* извлекать (*целики*); выбирать, очищать; добывать (*уголь и т.п.*); восстанавливать

remove - *v* удалять; убирать; устранять; перемещать; **removal** - *n* вскрыша; выемка; уборка (*породы*); извлечение (*креп*); перемещение; **overburden** - удаление вскрыши

rib - *n* ребро; выступ; узкий целик, предохранительный целик; грудь забоя

roof - *n* крыша; кровля выработки; кровля пласта (*или жилы*); перекрытие; ~ **support** - крепление кровли

shaft - *n* шахтный ствол; **auxiliary** ~ вспомогательный ствол; **hoisting** ~ подъемный ствол; главный шахтный ствол

tabular - *a* пластовый (*о месторождении*); пластообразный; плоский; линзообразный; **syn bedded, layered**

waste - *n* пустая порода; отходы; **syn barren rock**

well - *n* буровая скважина; колодец, источник; водоем; зумф

capital investment - капитальные вложения

gate road - промежуточный штрек

in bulk - навалом, в виде крупных кусков

metal-bearing - содержащий металл

production face/working - очистной забой

productive mining - эксплуатационные работы

in view of - ввиду чего-л., принимая во внимание что-л.

with a view to - с целью

advantage - *n* преимущество; превосходство; выгода; польза; **advantageous** - *a* выгодный; благоприятный, полезный; **to take advantage of smth** воспользоваться чём-л.

caving - *n* обрушение (*кровли*); разработка с обрушением

deliver - *v* доставлять, подавать; питать; нагнетать; произносить (*речь*); читать (*лекцию*)

entry - *n* штрек; выработка горизонтальная; *pl* подготовительные выработки; нарезные выработки; штреки

giant - *n* гидромонитор

gravity - *n* сила тяжести; вес, тяжесть; **by** ~ самотеком, под действием собственного веса

haul - *v* доставлять; откатывать; подкатывать; перевозить; **haulage** - *n* откатка; доставка; транспортировка (*по горизонтали*)

longwall - *n* лава; выемка лавами; сплошной забой, сплошная или столбовая система разработки; *syn* **continuous mining**; ~ **advancing on the strike** выемка лавами прямым ходом по простиранию; сплошная система разработки по простиранию; ~ **advancing to the rise** сплошная система разработки с выемкой по восстанию; ~ **to the dip** сплошная система разработки с выемкой по падению; ~ **retreating** выемка лавами обратным ходом; столбовая система разработки лавами

lose (lost) - *v* терять; **loss** - *n* потеря, убыток

pillar - *n* целик; столб; **shaft** ~ околоствольный целик; ~ **method** столбовая система разработки; ~ **mining** выемка целиков

predominate - *v* преобладать, превалировать; превосходить; господствовать, доминировать

protect - *v* охранять, защищать

reach - *v* простираться, доходить до; добиваться, достигать

satisfy - *v* удовлетворять(ся)

shield - *n* щит; ~ **method** щитовой метод проходки, щитовой способ

room - *n* камера; очистная камера; **room-and-pillar method** камерно-столбовая система разработки

stowing - *n* закладка (*выработанного пространства*)

method of working система разработки

the sequence of working the seams - последовательность отработки пластов

goaf — завал; обрушенное пространство

double-ended drum bearer — комбайн с двойным барабаном

to identify — опознавать

appraisal — оценка

susceptibility — чувствительность

concealed — скрытый, не выходящий на поверхность

crusher — дробилка

concentration — обогащение

blending — смешивание; составление шихты

screen — сортировать (обыден. уголь); просеивать

froth floatation — пенная флотация

core drilling — колонковое бурение

to delineate — обрисовывать, описывать

lender — заимодавец

feasibility — возможность

in situ mining — повторная разработка месторождения в массиве

screening — просеивание; грохочение

processing — обработка, разделение минералов

Mining and Environment

break *v* (**broke, broken**) отбивать (*уголь или породу*), обрушивать кровлю; разбивать; ломать; *л* отбойка, обрушение; **break out** отбивать, производить выемку

(*руды или породы*); расширять забой; **breakage** *л* разрыхление, дробление

drill - *n* бур; перфоратор; бурильный молоток; сверло; *v* бурить; *car* ~ буровая тележка;

mounted ~ перфоратор на колонке; колонковый бурильный молоток; **drilling** - *n* бурение

dump - *n* отвал (*породы*); склад угля; опрокид; **external** ~ внешний отвал; **internal** ~ внутренний отвал; *v* сваливать (*в отвал*); разгружать; отваливать; опрокидывать (*вагонетку*);

dumper опрокид; самосвал; отвалообразователь; **dumping** л опрокидывание; опорожнение; опрокид; *syn tip*

environment - *n* окружение; окружающая обстановка/среда

explode - *v* взрывать, подрывать; **explosion** - *n* взрыв; **explosive** - *n* взрывчатое вещество; *a* взрывчатый

friable - *a* рыхлый; хрупкий; рассыпчатый; слабый (о *кровле*)

handle - *v* перегружать; доставлять; транспортировать; управлять машиной; *n* ручка; рукоять; скоба; **handling** - *n* подача; погрузка; перекидка, доставка; транспортировка; обращение с машиной

heap - *v* наваливать; нагребать; *n* породный отвал, терриконт; *syn spoil ~, waste ~*

hydraulicling - *n* гидродобыча; гидромеханизированная разработка

load - *v* нагружать, грузить, наваливать; *n* груз; нагрузка; **loader** - *n* погрузочная машина, навалочная машина, перегружатель; грузчик; **cutter-loader** - комбайн, комбинированная горная машина

lorry - *n* грузовик; платформа; *syn truck*

mention - *v* упоминать

overcasting - *n* перелопачивание (*породы*)

pump - *n* насос; **gravel** ~ песковый насос; **sludge** ~ шламовый насос; *v* качать; накачивать; откачивать

reclamation - *n* восстановление; осушение; извлечение крепи; ~ **of land** восстановление участка (*после открытых работ*)

sidecasting - *n* внешнее отвалообразование

site - *n* участок, место; **building** ~ строительная площадка

slice - *n* слой; **slicing** - *n* выемка слоями, разработка слоями

strip - *v* производить вскрышные работы; разрабатывать; очищать (*лаву*); вынимать породу или руду; *n* полоса; **stripper** - *n* забойщик; вскрышной экскаватор; **stripping** - *n* открытая разработка, открытые горные работы; вскрыша; вскрытие наносов

unit - *n* агрегат; установка; устройство; прибор; узел; секция; деталь; машина; механизм; единица измерения; участок

washery - *n* углемойка; рудомойка; моечный цех

to attract smb's attention привлекать чье-л. внимание

backhoe - *n* обратная лопата

blast - *n* взрыв; *v* взрывать; дуть; продувать; **blasting** - *n* взрывание; взрывные работы; взрывная отбойка

block out - *v* нарезать залежь на блоки; нарезать столбы

clearing - *n* выравнивание почвы; планировка грунта

crash - *v* дробить; разрушать; обрушаться

earth-mover - *n* землеройное оборудование; *syn excavator*

excavator - *n* экскаватор; **bucket-wheel** - роторный экскаватор; **multi-bucket** ~ многочерпаковый экскаватор; **single-bucket** - одночерпаковый экскаватор

grab - *n* грейфер, ковш, черпак; экскаватор; *v* захватывать;

grabbing - погрузка грейфером; захватывание

hoist - *n* подъемная установка (машина); подъемник; лебедка; *v* поднимать; **hoisting** шахтный подъем

plough - *n* струг

power shovel - *n* механическая лопата; экскаватор типа механической лопаты

range - *n* колебание в определенных пределах

rate - *n* норма; скорость, темп; коэффициент; степень; разрез; сорт; мощность; расход (*воды*)

remote - *a* отдаленный; ~ **control** дистанционное управление

result - *v* (in) приводить (к); иметь своим результатом; (from) следовать (из), происходить в результате

safety - *n* безопасность; техника безопасности

slope - *n* забой, сплошной забой, очистной забой; *v* очищать забой, вынимать породу, уголь; *syn* **face**; **sloping** очистные работы; очистная выемка; **open sloping** выемка с открытым забоем; **shrinkage sloping** выемка системой с магазинированием (*руды*)

support - *v* крепить; поддерживать; подпирать; *n* стойка; опора; поддержание; крепление; *syn* **timbering**; **powered roof** - механизированная крепь; **self-advancing powered roof** - передвижная механизированная крепь

1.4 Самостоятельное изучение тем курса (для заочной формы обучения)

Самостоятельное изучение тем курса предполагает изучение тем практических занятий, представленных в разделе 1, 2, 3 данных методических указаний студентами заочной формы обучения в межсессионный период.

1.5 Подготовка к контрольной работе и 1.6 Написание контрольной работы

Для выполнения контрольной работы студентами кафедрой подготовлены *Методические рекомендации и задания к контрольной работе для студентов данной специальности.*

II. Другие виды самостоятельной работы

2.1 Выполнение самостоятельного письменного домашнего задания (Подготовка к ролевой игре, к практико-ориентированным заданиям, опросу)

2.1.1 Подготовка к ролевой игре

Студенты получают ролевые карточки. Им необходимо обдумать свою роль, стратегию своей роли, вопросы и ответы.

Role card 1

Sasha

The worst thing about your house is lack of privacy. You share your room with a younger sister. You think she goes through all your stuff. She asks you embarrassing questions about boys, makes little nasty comments about you.

Your parents treat you like a baby. Your father is too much interested in your studying and homework. Your mother makes you do the work about the house alone. You are going to leave home as soon as you are old enough.

- Collect all the arguments to explain your attitude to your family.
- Listen to what the members of your family are saying.
- Don't interrupt them.
- Don't forget that both parents and children are to blame in conflict situations.
- Be polite and friendly

Role card 2

Mother

Your daughter has written a letter of complaint to the youth magazine. She is not satisfied with your attitude to her. You have read this letter. You are worried about the situation in the family and have decided to discuss the problems with a family therapist.

- Say why you have invited the therapist
- Try to explain Sasha's attitude to you and the whole family.
- Think of your questions to Sasha
- Be objective to her problems – you might have never taken them seriously!
- Try to analyse the situation, don't criticize Sasha

- Follow the therapist's advice
- Be polite and friendly

Role card 3

Father

Your daughter is complaining that you treat her like a baby. You don't let her out at night during the week. You always ask her about the boys. You don't believe her when she says she doesn't have any homework to do. Your wife has invited a family therapist to discuss the problems of your family.

- Say what your attitude to the problem is
- Try to explain Sasha's attitude to you and the whole family.
- Think of your questions to Sasha
- Be objective to her problems – you might have never taken them seriously!
- Try to analyse the situation, don't criticize Sasha
- Follow the therapist's advice
- Be polite and friendly

Role card 4

Sister

Sasha is complaining that you don't help her with the work about the house. She also says that she can't keep anything secret in her room, you go through all her stuff. She is irritated by your behaviour. She is going to leave your home as soon as she is old enough.

- Say what your attitude to the problem is
- Try to explain Sasha's attitude to you and the whole family.
- Think of your questions to Sasha
- Be objective to her problems – you might have never taken them seriously!
- Try to analyse the situation, don't criticize Sasha
- Follow the therapist's advice
- Be polite and friendly

Role card 5

Family therapist

- Encourage all the members of the family to speak
- Take notes
- Ask questions
- Summarize what you have heard from all the members of the family
- Try to analyse the situation in a short report

2.1.2 Подготовка к практико-ориентированному заданию

Подготовьте устные высказывания по темам:

1. From the history of the Ural State Mining University.
2. Faculties and specialties of the University.
3. The layout of the Ural State Mining University.
4. Student's academic work.

Подготовьте письменные ответы на вопросы:

1. Where do you study?
2. What faculty do you study at?
3. How many faculties are there at the Ural State Mining University?
4. What year are you in?
5. What is your future specialty?
6. What specialties are there at your faculty?
7. When did you enter the University?

8. When was the Sverdlovsk Mining Institute founded?
9. When was it reorganized into the University?
10. In how many buildings is the Ural State Mining University housed?
11. In what building is your faculty housed?
12. Who is the dean of your faculty?
13. What books do you take from the library?
14. Where do you live?
15. Where do you usually have your meals?
16. How long does the course of studies for a bachelor's degree last?
17. How long do the students study for a Diplomat Engineer's course and a Magister's degree?
18. What subjects do you study this term?
19. What lectures and practical classes do you like to attend?
20. Where do the students have their practical work?
21. When do the students present their graduation papers for approval?
22. What graduates can enter the post-graduate courses?
23. What kind of sport do you like?
24. Where do you go in for sports?

2.1.3 Подготовка к опросу

Ответьте на вопросы на иностранном языке:

1. What specialities does the geological faculty train geologic engineers in?
2. What problems does Geology study?
3. What branches is Geology divided into?
4. What does Economic Geology deal with?
5. What does mineralogy investigate?
6. What does paleontology deal with?
7. What is the practical importance of Geology?
8. Where do graduates of the geological faculty of the Mining University work?
9. What is your future speciality?
10. What kind of work do geologists-prospectors conduct?
11. What do geologists explore during the early stages of geological exploration?
12. What work do geologists conduct while working in the field?
13. When do geologists start exploratory work?
14. What is the purpose of the exploratory work?
15. How is exploratory work conducted?
16. What contribution do geologists make to the development of the National Economy of our country?
17. What does hydrogeology deal with?
18. Where are ground waters used?
19. Where is thermal (hot) water used?
20. What must hydrogeologists do with ground waters which complicate construction work or mineral extraction?

2.2 Дополнительное чтение профессионально ориентированных текстов и выполнение заданий на проверку понимания прочитанного (по 2 текста на тему)

Text 1: A.M. Terpigorev (1873-1959)

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

to defend graduation paper (thesis) - защищать дипломную работу (диссертацию)

to pass an entrance examination - сдать вступительный экзамен

to get a higher education - получить высшее образование

to do one's best (one's utmost, all one can, everything in one's power) - сделать все

возможное, не жалеть сил

to make contribution (to) - вносить вклад в (*науку, технику* и т.д.)

choose (chose, chosen) - *v* выбирать; **choice** - *n* выбор

collect - *v* собирать, коллекционировать

dangerous - *a* опасный

deposit - *n* месторождение, залежь; **bedded deposits** - пластовые месторождения

describe - *v* описывать, изображать; **description** - *n* описание; **descriptive** - *a* описательный

facility - *n* (*pl facilities*) средства; возможности; оборудование; устройства

fire damp - *n* рудничный газ, метан

harm - *n* вред; *v* вредить; **harmful** - *a* вредный

relate - *v* относиться, иметь отношение

safety - *n* безопасность; **mine safety** безопасность труда при горных работах; техника безопасности; **safety measures** меры безопасности; **safe** - *a* безопасный; надежный

seam - *n* пласт (*угля*); *syn bed, layer*; **flat seam** горизонтальный, пологопадающий пласт;

inclined seam наклонный пласт; **steep seam** крутопадающий пласт; **thick seam** мощный пласт; **thin seam** тонкий пласт

state - *n* состояние; государство; штат; *a* государственный; *v* заявлять; констатировать; излагать

success - *v* успех; удача; **be a success** иметь успех; **successful** *a* успешный

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

Academician A.M. Terpigorev is a well-known mining engineer who successfully combined his practical experience with scientific research. He was born in 1873 in Tambov. In 1892 he finished school with honours¹ and decided to get a higher education. He chose the Mining Institute in St. Petersburg, passed all the entrance examinations successfully and became a student of the Mining Institute.

At the Institute he studied the full range of subjects² relating to metallurgy, mining and mining mechanics.

At that time students' specialization was based on descriptive courses and elementary practical training. One of the best lecturers was A. P. Karpinsky. His lectures on historical geology were very popular.

During his practical training Terpigorev visited mines and saw that the miners' work was very difficult. While he was working in the Donbas he collected material for his graduation paper which he soon defended. The Mining of flat seams in the Donbas was carefully studied and described in it.

In 1897 Terpigorev graduated from the Institute with a first-class diploma of a mining engineer.

His first job as a mining engineer was at the Sulim mines where he worked for more than three years first as Assistant Manager and later as Manager.

From 1900 till 1922 Terpigorev worked at the Yekaterinoslav Mining Institute (now the Mining Institute in Dnepropetrovsk).

In 1922 he accepted an offer to take charge of the mining chair at the Moscow Mining Academy and moved to Moscow. From 1930 he headed the chairs⁵ of Mining Transport and Mining of Bedded Deposits at the Moscow Mining Institute.

Academician Terpigorev took a particular interest in mine safety. As a result of his investigations a series of safety measures in gassy collieries was worked out. For some time he was working on the problem of fire damp, the most harmful and dangerous of all the gases in mines.

His two-volume work Coal Mining and Mine Transport Facilities is a full description of the state of mechanization and the economy of the Donbas. His other works are about mining transport facilities, mechanization of coal mining and mining machinery. He is one of the pioneers in scientific methods of coal gasification.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. After school Terpigorev decided to work in a mine.
2. Terpigorev collected material for his graduation paper which dealt with mining thick seams in the Donbas.
3. For more than three years Terpigorev worked at the Sulin mines.
4. In 1922 Terpigorev accepted an offer to take charge of the mining chair at the Moscow Mining Institute.
5. He investigated the problems of mine safety.
6. He was one of the first to work on the problem of gasification of coal.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. When and where was Terpigorev born?
2. What institute did he graduate from?
3. What material did he collect while he was working in the Donbas?
4. Where did Terpigorev work from 1900 till 1922?
5. At what institute did Terpigorev head the chair of Mining Bedded Deposits?
6. What did Terpigorev take a particular interest in?
7. What works by Terpigorev do you know?
8. What problems do Terpigorev's works deal with?
9. What was the result of his investigations on mine safety?

3. Переведите следующие сочетания слов.

- а) охрана труда в шахтах
- б) подтверждать
- в) добыча угля
- г) эксплуатация месторождений
- д) метан
- е) принять предложение
- ж) выполнить задачу, задание
- з) горизонтальный пласт
- и) собирать материал
1. поступить в институт
2. решать важные проблемы
3. выдающиеся исследователи
4. успешно провести эксперименты
5. выбрать профессию
6. описательный курс
7. происхождение железной руды
8. начальник шахты
9. мероприятия по охране труда

Text 2: A.P. Karpinsky (1847-1936)

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

abroad - adv за рубежом

confirm - v подтверждать; утверждать

consider - v считать, полагать, рассматривать

contribute - v вносить вклад; **contribution** вклад

crust - n земная кора

detailed - a подробный, детальный

elect - v избирать, выбирать (*голосованием*); назначать (*на должность*)

embrace - v охватывать; обнимать

entire - a весь, целый; полный; *syn whole*

exist - v существовать, быть, жить

foreign - a иностранный

former - a прежний

investigate - *v* исследовать; изучать

prominent - *a* знаменитый, выдающийся, известный; *syn* **remarkable, outstanding**

regularity - *n* закономерность

significant - *a* значительный; **significance** - *n* значение, важность; **exhaust the significance**

исчерпывать значение

society – *n* общество

staff - *n* персонал; личный состав; штат

various - *a* различный, разный, разнообразный

to advance the view - высказывать мнение (*точку зрения*)

to be interested in - быть заинтересованным (*чём-л.*), интересоваться

to take (an) interest in - заинтересоваться (*чём-л.*)

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

V.A. Obruchev, I.M. Gubkin, A.Y. Fersman, V.I. Vernadsky and A. P. Karpinsky were the prominent Russian scientists who laid the foundation¹ of the Russian school of geology and mining.

An entire epoch in the history of Russian geology is connected with Karpinsky's name. One of the greatest Russian geologists, he was a member and for some time President of the Academy of Sciences of the former USSR and a member of several Academies abroad. The Geological Society of London elected him a foreign member in 1901. His greatest contribution to geology was a new detailed geological map of the European part of Russia and the Urals.

For many years he headed the Russian Geological Committee the staff of which was made up of his pupils. He was one of those geologists who embraced the whole of geological science. He created the new stratigraphy of Russia. He studied the geological systems in various regions of the country and was the first to establish³ the regularity of the Earth's crust movement. His paleontological studies are of no less importance, especially those on palaeozoic ammonoids. He also took an interest in deposits of useful minerals and gave a classification of volcanic rocks. He advanced the view that petroleum deposits existed in Russian, which was confirmed later. He studied some ore and platinum deposits and may be justly considered⁵ the founder of practical geology of the Urals. He was the first Russian scientist who introduced microscope in the study of petrographic slides.

Karpinsky was a prominent scientist, an excellent man and citizen. He was one of the best lecturers at the Mining Institute in his time. He was also one of the greatest Russian scientists who later became the first elected President of the Academy of Sciences of the USSR. Students were attracted to him not only because he was a great scientist but also because of his charming personality and gentle manner.

Every geologist and every geology student knows very well Karpinsky's most significant work An Outline of the Physical and Geographical Conditions in European Russia in Past Geological Periods.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Karpinsky was the first President of the Academy of Sciences.
2. He worked at the Mining Institute in St.Petersburg.
3. Karpinsky was a member of many Academies abroad.
4. Karpinsky made up a detailed map of the Asian part of our country.
5. He headed the Russian Geological Committee.
6. Karpinsky created a new branch of geology, namely stratigraphy.
7. He only tried to establish the regularity of the Earth's crust movement.
8. Karpinsky may be justly considered the founder of the practical geology of the Urals.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What society elected Karpinsky a foreign member and when?
2. Did he head the Russian Geological Committee or was he a member of that Committee?

3. Did Karpinsky investigate various regions of the Russian territory?
4. Which of his works are the most remarkable?
5. What can you say about Karpinsky's investigations in petrology?

3. Переведите следующие сочетания слов.

- а) земная кора
- б) составить подробную карту
- в) замечательные работы
- г) выдающийся ученый
- д) залежи полезных ископаемых
- е) научное общество
- ж) избирать председателя (президента)
- з) заложить основы школы
- и) интересоваться геологией
- к) высказать точку зрения
- л) возглавлять комитет

Text 3: Sedimentary Rocks

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

cause - *v* заставлять; вызывать; влиять; причинять; *n* причина, основание; дело; общее дело; *syn* **reason**

clay - *n* глина; глинозем

consolidate - *v* твердеть, затвердевать, уплотнять(ся); укреплять; *syn* **solidify**

crust - *n* кора; *геол.* земная кора

decay - *v* гнить, разлагаться; *n* выветривание (*пород*); распад, разложение

derive - *v* (from) происходить, вести свое происхождение (*от*); наследовать

destroy - *v* разрушать; уничтожать; **destructive** *a* разрушительный

dissolve *v* растворять

expose - *v* выходить (*на поверхность*); обнажаться; **exposure** - *n* обнажение

external - *a* внешний

extrusive - *a* эффузивный, излившийся (*о горной породе*)

force - *v* заставлять, принуждать; ускорять движение; *n* сила; усилие

glacier - *n* ледник, глетчер

grain - *n* зерно; **angular grains** - угловатые зерна (*минералов*); **grained** - *a* зернистый

gravel - *n* гравий, крупный песок

internal - *a* внутренний

intrusive - *a* интрузивный, плутонический

iron - *n* железо

layer - *n* пласт

like - *a* похожий, подобный; *syn* **similar**; *ant* **unlike**; *adv* подобно

lime - *n* известь; **limestone** - *n* известняк

loose - *a* несвязанный, свободный; рыхлый

make up - *v* составлять; *n* состав (*вещества*)

particle - *n* частица; включение

peat - *n* торф; торфяник

represent - *v* представлять собою; означать; быть представителем; **representative** - представитель; **representative** - *a* характерный, типичный

rock - *n* горная порода; **igneous** - изверженная порода; **sedimentary** - осадочная порода

sand - *n* песок

sandstone - *n* песчаник; **fine-grained (medium-grained, coarse-grained)** - мелкозернистый (среднезернистый, грубозернистый) песчаник

sediment - *n* отложение; осадочная порода; **sedimentary** - *a* осадочный; **sedimentation** - *n* образование осадочных пород

schist - *n* (кристаллический) сланец; **schistose** - *a* сланцеватый, слоистый
shale - *n* сланец, сланцевая глина, глинистый сланец; **clay** - глинистый сланец; **combustible ...**,
oil ... - горючий сланец
siltstone - *n* алевроит
stratification - *n* напластование, залегание
stratify - *v* напластовываться; отлагаться пластами; **stratified** *a* пластовый; *syn* **layered, bedded**
substance - *n* вещество, материал; сущность
thickness - *n* толщина, мощность
value - *n* ценность; важность; величина; значение; **valuable** - *a* ценный (*о руде*)
vary - *v* изменять(ся); отличать(ся); *syn* **differ, change (from)**; **variable** - *a* переменный; непостоянный; **various** *a* различный; *syn* **different**

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

The rocks of the Earth's crust are divided into three main groups: sedimentary rocks, which consist of fragments or particles of pre-existing rocks; igneous rocks which have solidified from magma and metamorphic rocks. Metamorphic rocks have been derived from either igneous or sedimentary rocks.

Sedimentary rocks represent one of the three major groups of rocks that make up the crust of the Earth. Most sedimentary rocks have originated by sedimentation. They are layered or stratified. Thus, stratification is the most important characteristic of sediments and sedimentary rocks. It is necessary to note that the processes which lead to the formation of sedimentary rocks are going on around us.

Sediments are formed at or very near the surface of the Earth by the action of heat, water (rivers, glaciers, seas and lakes) and organisms.

It should be noted that 95 per cent of the Earth's crust is made up of igneous rocks and that only 5 per cent is sedimentary. In contrast, the amount of sedimentary rocks on the Earth's surface is three times that of igneous rocks.

Strictly speaking, sedimentary rocks form a very small proportion by volume of the rocks of the Earth's crust. On the contrary, about three quarters of the Earth's surface is occupied by sedimentary rocks. It means that most of sedimentary rocks are formed by sediments, accumulations of solid material on the Earth's surface.

The thickness of the layers of sedimentary rocks can vary greatly from place to place. They can be formed by the mechanical action of water, wind, frost and organic decay. Such sediments as gravel, sand and clay can be transformed into conglomerates, sandstones and clay schists as a result of the accumulation of materials achieved by the destructive mechanical action of water and wind.

Mechanical sediments can be unconsolidated and consolidated. For example, gravel, sand and clay form the group of unconsolidated mechanical sediments, because they consist of loose uncemented particles (grains).

On the Earth's surface we also find consolidated rocks, which are very similar to the loose sediments whose particles are firmly cemented to one another by some substance. The usual cementing substances are sand, clay, calcium carbonate and others. Thus sandstones are consolidated rocks composed of round or angular sand grains, more or less firmly consolidated. Like sand, sandstones can be divided into fine-grained, medium-grained and coarse-grained.

On the other hand, chemical sediments are the result of deposits or accumulations of substances achieved by the destructive chemical action of water. The minerals such as rock salt, gypsum and others are formed through sedimentation of mineral substances that are dissolved in water.

Sediments can also be formed by the decay of the remains of organisms, by the accumulation of plant relics.¹ They are called organic sediments. Limestones, peat, coal, mineral oil and other sediments may serve as an example of organic sediments.

The most principal kinds of sedimentary rocks are conglomerate, sandstone, siltstone, shale, limestone and dolomite. Many other kinds with large practical value include common salt, gypsum, phosphate, iron oxide and coal.

As is known, water, wind and organisms are called external forces, because their action depends on the energy which our planet receives from the Sun.

1). Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста.

Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. The rocks of the Earth's crust are divided into two main groups.
2. Igneous rocks are composed of particles of pre-existing rocks.
3. Sedimentary rocks are stratified.
4. Sediments are formed by the action of glaciers.
5. Igneous rocks make up 75 per cent of exposed rocks.
6. Conglomerates are formed as a result of the accumulation of materials caused by the destructive mechanical action of water.
7. Sandstones are consolidated rocks.
8. Clays are unconsolidated mechanical sediments.
9. Chemical sediments are formed by the destructive chemical action of water.
10. Peat and coal are the organic sediments which are of great practical value.
11. Clay schist was formed at the beginning of the sedimentation period and clay was formed later.

2). Ответьте на вопросы:

1. What main groups of rocks do you know?
2. Do sedimentary rocks consist of particles of pre-existing rocks?
3. How were igneous rocks formed?
4. Do you know how sedimentary rocks have originated?
5. What is the most important characteristic feature of sediments?
6. Do sedimentary rocks account for 10 per cent of the Earth's crust?
7. Is gravel consolidated mechanical sediment? And what about sand and clay?
8. What are cementing substances? Can calcium carbonate be used as a cementing substance?
9. Are there only fine-grained sandstones?
10. What can you say about chemical sediments?
11. Can you give an example of organic sediments? How are they formed?

3) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов.

- | | |
|-------------------------|--------------------------------|
| 1. земная кора | а) sandstone |
| 2. растворяться в воде | б) fine-grained sand |
| 3. песчаник | в) the Earth's crust |
| 4. уплотненные осадки | г) exposed rocks |
| 5. изверженные породы | д) to dissolve in water |
| 6. мелкозернистый песок | е) like gypsum |
| 7. затвердевать | ж) consolidated sediments |
| 8. подобно гипсу | з) igneous rocks |
| 9. обнаженные породы | и) to solidify, to consolidate |

б) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих сочетаний слов.

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------|
| 1. coarse-grained sand | а) разрушительная сила воды |
| 2. siltstone and shale | б) пластовые месторождения |
| 3. the destructive action of water | в) доледниковый период |

- | | | |
|----|--------------------------|---|
| 4. | existing rocks | г) крупнозернистый (грубо- зернистый) песок |
| 5. | chemical decay | д) частицы вещества |
| 6. | sedimentary rocks | е) алевроит и сланец |
| 7. | stratified deposits | ж) существующие породы |
| 8. | pre-glacial period | з) осадочные породы |
| 9. | particles of a substance | и) химический распад |

Text 4: Weathering of Rocks

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

contain - *в* содержать (*в себе*), вмещать

crack - *п* трещина; щель; *в* давать трещину; трескаться, раскалываться

contract - *в* сжиматься; сокращаться

dust - *п* пыль

expand - *в* расширяться; увеличивать(ся) в объеме; **expansion** *п* расширение; *ant* **contract**

fissure - *п* трещина (*в породе, угле*); расщелина; щель

fracture - *п* трещина; излом; разрыв; *в* ломать(ся); раздроблять (*породу*)

freeze - *в* замерзать; замораживать; застывать

gradual - *а* постепенный; **gradually** *adv* постепенно

hard - *а* твердый, жесткий; *ant* **soft**; тяжелый (*о работе*); *adv* сильно, упорно; **hardly** *adv* едва, с трудом

hole - *п* отверстие; скважина; шпур; шурф

influence - *п* влияние; *в* (**on, upon**) влиять (*не что-л.*)

lateral - *а* боковой

occur - *в* залегать; случаться; происходить; *syn* **take place, happen**; **occurrence** - *п* залегание;

mode of occurrence - условия залегания

penetrate - *в* проникать (*внутрь*), проходить через (*что-л.*)

phenomenon - *п* явление; *pl* **phenomena**

pressure - *п* давление; **lateral pressure** боковое (*горизонтальное*) давление; **rock pressure** горное давление, давление породы

rate - *п* степень, темп; скорость, норма; производительность; сорт; *syn* **speed, velocity**

refer - *в* (to) ссылаться (*на что-л.*); относиться (*к периоду, классу*)

resist - *в* сопротивляться; противостоять; противодействовать; **resistance** - *п* сопротивление;

resistant - *а* стойкий; прочный; сопротивляющийся

size - *п* размер; величина; класс (*угля*)

solution - *п* раствор; **soluble** - *а* растворимый; **solvent** - растворитель; *а* растворяющий

succession - *п* последовательность, непрерывный ряд; **in succession** последовательно

undergo (*underwent, undergone*) - *в* испытывать (*что-л.*), подвергаться (*чему-л.*)

uniform - *а* однородный; одинаковый

weathering - *п* выветривание; эрозия (*воздействию, влиянию и т.д.*)

to be subjected to подвергаться

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

All rocks which are exposed on the Earth's surface (high mountain peaks, deserts) are decomposed to a certain degree. The process of rock disintegration by the direct influence of local atmospheric conditions on the Earth's surface is called weathering. This phenomenon is often referred to in geology because weathering is an active process. It takes place in the upper layers of the Earth's crust.

The main cause of physical weathering is the change in temperature that takes place with the succession of day and night. This phenomenon can best be observed in the deserts and high mountains where the changes in temperature are common.

During the day under the influence of heat, rocks expand whereas at night they begin to contract. As rocks are generally composed of different minerals, their expansion and contraction do not occur uniformly. As a result of this rocks crack. At the beginning these cracks or fissures are hardly noticeable but gradually they become wider and deeper until the whole surface of rock is finally transformed into gravel, sand or dust.

In the regions of a moderate or cold climate, where the temperature in winter goes down to below 0 (zero), the decomposition of rocks is greatly facilitated by the action of water. When water freezes it increases in volume and develops enormous lateral pressure. Under the action of water, rocks decompose to pieces of varied forms and sizes.

The decomposition of rocks under the direct influence of heat and cold is called physical weathering.

Rocks are subjected not only to physical decomposition but also to chemical weathering, i.e. to the action of chemical agents, such as water, carbon dioxide and oxygen. In a general way, chemical weathering is an acid attack on the rocks of the Earth's crust, in particular an attack on the most abundant minerals — quartz (sand) and aluminosilicates (clays). Only few minerals and rocks are resistant to the action of natural waters. The solvent action of water is stronger when it contains carbon dioxide. Water causes more complex and varied changes. With the participation of oxygen and carbon dioxide up to 90 per cent of rocks is transformed into soluble minerals, which are carried away by the waters.

Organisms and plants also take part in the disintegration of rocks. Certain marine organisms accelerate the destruction of rocks by making holes in them to live in. The action of plants can often be even more destructive. Their roots penetrate into the fissures of rocks and develop the lateral pressure which fractures and destroys rocks.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. The process of sedimentation is called weathering.
2. The change in temperature causes physical weathering.
3. As a rule during the night rocks expand.
4. When freezing water decreases in volume and develops enormous lateral pressure.
5. The decomposition of rocks is due to the influence of heat and cold.
6. As a rule water contains dissolved mineral substances.
7. The solvent action of water is stronger when it does not contain carbon dioxide.
8. It should be noticed that the action of organisms and plants is destructive.
9. Certain marine organisms accelerate the destruction of rocks.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What process is called weathering?
2. What process is called physical weathering?
3. Where can the phenomenon of physical weathering be best observed?
4. What process is called chemical weathering?
5. What substances can act as solvents?
6. Are all minerals and rocks resistant to the action of natural waters or only few minerals and rocks can resist the action of water?
7. How do organisms act on the destruction of rocks?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. the Earth's surface
2. to be composed of different minerals
3. the expansion of rocks
4. changes in temperature

5. under the influence of heat
6. weathering
7. destructive forces
8. a great number of fractures
9. to penetrate into fissures
- а) под влиянием тепла
- б) разрушительные силы
- в) выветривание
- г) большое количество трещин
- д) состоять из различных минералов
- е) расширение пород
- ж) проникать в трещины
- з) изменения температуры
- и) поверхность земли

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. увеличиваться в объеме
2. развивать боковое давление
3. способствовать разрушению пород
4. подвергаться гниению
5. растворять вещества
6. сопротивляться (чему-л.)
7. некоторые органические вещества
8. ускорять процесс выветривания
9. куски породы различных размеров
- а) to facilitate the decomposition of rocks
- б) to increase in volume
- в) to resist (smth)
- г) rock pieces of varied (different) sizes
- д) to accelerate the process of weathering
- е) to be subjected to decay
- ж) to dissolve substances
- з) to develop lateral pressure
- и) certain organic substances

Text 5: Fossil Fuels

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

accumulate - *v* накапливать; скопляться

ancient - *a* древний, старинный; *ant* **modern**

associate - *v* связывать, соединять, ассоциироваться; *syn* **connect, link**

burn (burnt) - *v* сжигать; гореть; жечь

charcoal - *n* древесный уголь

convenient - *a* удобный, подходящий

crude - *a* сырой, неочищенный

dig (dug) - *v* добывать; копать; **digger** - *n* угольный экскаватор; землеройная машина

divide - *v* делить; (from) отделять; разделять

evidence - *n* доказательство; очевидность; признак(и)

fossil - *a* окаменелый, ископаемый; *n* ископаемое (*органического происхождения*); окаменелость

heat - *v* нагревать; *n* теплота

liquid - *a* жидкий; *n* жидкость; *ant* **solid**

manufacture - *в* изготавливать, производить; *syn* **produce**

mudstone - *п* аргиллит

purpose - *п* цель; намерение; *syn* **aim, goal**

shale - *п* глинистый сланец

the former ... the latter - первый (*из вышеупомянутых*) последний (*из двух названных*)

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

The chief sources of energy available to man today are oil, natural gas, coal, water power and atomic energy. Coal, gas and oil represent energy that has been concentrated by the decay of organic materials (plants and animals) accumulated in the geologic past. These fuels-are often referred to as fossil fuels.

The word fossil (derived from the Latin fodere "to dig up") originally referred to anything that was dug from the ground, particularly a mineral. Today the term fossil generally means any direct evidence of past life, for example, the footprints of ancient animals. Fossils are usually found in sedimentary rocks, although sometimes they may be found in igneous and metamorphic rocks as well. They are most abundant in mudstone, shale and limestone, but fossils are also found in sandstone, dolomite and conglomerate.

Most fuels are carbon-containing substances that are burned in air. In burning fuels give off heat which is used for different purposes.

Fuels may be solid, liquid and gaseous. Solid fuels may be divided into two main groups, natural and manufactured. The former category includes coal, wood, peat and other plant products. The latter category includes coke and charcoal obtained by heating coal in the absence of air.

Liquid fuels are derived almost from petroleum. In general, natural petroleum, or crude oil, as it is widely known, is the basis of practically all industrial fuels. Petroleum is a mixture of hundreds of different hydrocarbons — compounds composed of hydrogen and carbon — together with the small amount of other elements such as sulphur, oxygen and nitrogen. Petroleum is usually associated with water and natural gas. It is found in porous sedimentary rocks where the geological formation allowed the oil to collect from a wide area. Petroleum is one of the most efficient fuels and raw materials.

Of gaseous fuels the most important are those derived from natural gas, chiefly methane or petroleum. Using gaseous fuels makes it possible to obtain high thermal efficiency, ease of distribution and control. Gas is the most economical and convenient type of fuels. Today gas is widely utilized in the home and as a raw material for producing synthetics.

Scientists consider that a most promising source of natural resources may be the floor of the sea, a subject which now has become an important field of research.

Generally speaking, all types of fossil fuels described in the text are of great economic importance as they represent the sources of energy the man uses today.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Coal, water power and atomic energy are the only sources of energy available to man today.
2. Coal, wood and peat represent natural group of solid fuels.
3. As a rule fossil fuels are found in sedimentary rocks.
4. Crude oil is widely used for producing solid fuels.
5. Petroleum can be found in porous sedimentary rocks.
6. Gas is used to produce synthetic materials.
7. Not all types of fossil fuels burn.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What fuels are often referred to as fossil fuels?
2. What does the word fossil mean?
3. What rocks are most abundant hi fossil fuels?

4. What types of fossil fuels do you know?
5. Is coke a natural or manufactured solid fuel? And what can you say about coal and peat?
6. How are coke and charcoal produced?
7. What rocks is petroleum usually associated with?
8. What are the advantages of gaseous fuels?

3. а) *Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов сочетаний*

слов.

- | | |
|---|--|
| 1. fossil fuel | а) дерево и торф |
| 2. raw material | б) небольшое количество аргиллита |
| 3. crude oil | в) органическое топливо |
| 4. the chief sources of energy | г) сланец и известняк |
| 5. to refer to | д) сырье |
| 6. any direct or indirect evidence of the deposit | е) материалы, содержащие углерод |
| 7. shale and limestone | ж) главные источники энергии |
| 8. carbon-containing materials | з) любые прямые или косвенные признаки месторождения |
| 9. wood and peat | и) сырая (неочищенная) нефть |
| 10. the small amount of mudstone | к) относиться к (чему-л.); ссылаться на (что-л.) |

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов.

- | | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| 1. древесный уголь и кокс | а) to collect data |
| 2. жидкое топливо | б) charcoal and coke |
| 3. накапливать | в) to be composed of limestones |
| 4. собирать данные | г) liquid fuel |
| 5. происходить от | д) to accumulate |
| 6. получать хорошие результаты | е) to derive from |
| 7. богатый горючими сланцами | ж) to obtain good results |
| 8. состоять из известняков | з) abundant in oil shales |

Text 6: Coal and Its Classification

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

bench - *n* слой, пачка (*пласта*)

blend - *v* смешивать(ся); вклинивать(ся)

combustion - *n* горение, сгорание; **spontaneous combustion** самовоспламенение, самовозгорание

continuity - *n* непрерывность, неразрывность

domestic - *a* внутренний; отечественный

estimate - *v* оценивать; *n* оценка; смета

fault - *n* разлом, сдвиг (*породы*); сброс; **faulting** *n* образование разрывов или сбросов

fold - *n* изгиб, складка, флексура; **folding** - *n* складчатость, смешение (*пласта*) без разрыва

inflare - *v* воспламеняться; загорать(ся); **inflammable** - *a* воспламеняющийся, горючий, огнеопасный; **flame** - *n* пламя

intermediate - *a* промежуточный; вспомогательный

liable - *a* (to) подверженный; подлежащий (*чему-л.*)

luster - *n* блеск (*угля, металла*); **lustrous** - *a* блестящий

matter - *n* вещество; материя

moisture - *n* влажность, сырость; влага

parting - *n* прослоек

plane - *n* плоскость; **bedding plane** плоскость напластования

rank - *n* класс, тип; **coal rank** группа угля, тип угля

regular - *a* правильный; непрерывный; *ant* **irregular** неправильный; неравномерный; **regularity** *n* непрерывность; правильность

similar - *a* похожий, сходный; подобный; *syn* **alike, the same as**

smelt - *v* плавить (*руду*); выплавлять (*металл*)

store - *v* запасать, хранить на складе; вмещать

strata - *n pl om stratum* пласты породы; свита (*пластов*); формация, напластования породы; *syn* **measures**

thickness - *n* мощность (*пласта, жилы*)

uniform - *a* однородный; равномерный; **uniformity** *n* однородность; единообразие

utilize - *v* использовать; *syn* **use, apply, employ**

volatile - *a* летучий, быстро испаряющийся

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

Coal is the product of vegetable matter that has been formed by the action of decay, weathering, the effects of pressure, temperature and time millions of years ago.

Although coal is not a true mineral, its formation processes are similar to those of sedimentary rocks.

Structurally coal beds are geological strata characterized by the same irregularities in thickness, uniformity and continuity as other strata of sedimentary origin. Coal beds may consist of essentially uniform continuous strata or like other sedimentary deposits may be made up of different bands or benches of varying thickness.

You can see a seam limited by two more or less parallel planes, a shape which is typical of sedimentary rocks. The benches may be separated by thin layers, of clay, shale, pyrite or other mineral matter, commonly called partings. Like other sedimentary rocks coal beds may be structurally disturbed by folding and faulting.

According to the amount of carbon coals are classified into: brown coals, bituminous coals and anthracite. Brown coals are in their turn subdivided into lignite and common brown coal. Although carbon is the most important element in coal, as many as 72 elements have been found in some coal deposits, including lithium, chromium, cobalt, copper, nickel, tungsten and others.

Lignite is intermediate in properties between peat and bituminous coal, containing when dry about 60 to 75 per cent of carbon and a variable proportion of ash. Lignite is a low-rank brown-to-black coal containing 30 to 40 per cent of moisture. Developing heat it gives from 2,500 to 4,500 calories. It is easily inflammable but burns with a smoky flame. Lignite is liable to spontaneous combustion. It has been estimated that about 50 per cent of the world's total coal reserves are lignitic.

Brown coal is harder than lignite, containing from 60 to 65 per cent of carbon and developing greater heat than lignite (4,000-7,000 calories). It is very combustible and gives a brown powder. Bituminous coal is the most abundant variety, varying from medium to high rank. It is a soft, black, usually banded coal. It gives a black powder and contains 75 to 90 per cent of carbon. It weathers only slightly and may be kept in open piles with little danger of spontaneous combustion if properly stored. Medium-to-low volatile bituminous coals may be of coking quality. Coal is used intensively in blast furnaces for smelting iron ore. There are non-coking varieties of coal.

As for the thickness, the beds of this kind of coal are not very thick (1-1.5 meters). The great quantities of bituminous coal are found in the Russian Federation.

Anthracite or "hard" coal has a brilliant lustre containing more than 90 per cent of carbon and low percentage of volatile matter. It is used primarily as a domestic fuel, although it can sometimes be blended with bituminous grades of coal to produce a mixture with improved coking qualities. The largest beds of anthracite are found in Russia, the USA and Great Britain.

Coal is still of great importance for the development of modern industry. It may be used for domestic and industrial purposes. Being the main source of coke, coal is widely used in the iron and steel industry. Lignite, for example either in the raw state or in briquetted form, is a source of industrial carbon and industrial gases.

There is a strong tendency now for increased research into new technologies to utilize coal. No doubt, coal will be used as a raw material for the chemical industry and petrochemical processes. All

these processes involve coal conversion which include gasification designed to produce synthetic gas from coal as the basis for hydrogen manufacture, liquefaction (разжижение) for making liquid fuel from coal and other processes.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста.

Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Anthracite coals may be divided into lignite and common brown coal.
2. Coals are ranked according to the percentage of carbon they contain.
3. Peat, with the least amount of carbon is the lowest rank, then comes lignite or brown coal.
4. Brown coal is hard and it is not liable to spontaneous combustion.
5. Bituminous coal weathers rapidly and one cannot keep it in open piles.
6. Being intensively used in the iron and steel industry bituminous coal varies from medium to high rank.
7. Anthracite or hard coal, the highest in percentage of carbon, can be blended with bituminous grades of coal.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What is the classification of coal based on?
2. Is carbon the only element in coal? (Prove it.)
3. Is lignite intermediate in properties between peat and bituminous coal?
4. What heat value does lignite develop when burnt?
5. What coals are liable to spontaneous combustion?
6. What is the difference between lignite and brown coal?
7. Is bituminous coal high- or low-volatile?
8. Does anthracite contain 90 per cent of carbon?
9. Where are the largest deposits of anthracite found? And what can you say about bituminous coal?
10. What do you know about the utilization of coal?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний

слов:

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1. spontaneous combustion | а) легковоспламеняющийся газ |
| 2. moisture and ash content | б) высокосортный уголь |
| 3. the most abundant variety | в) плавить железную руду |
| 4. in its turn | г) самовозгорание |
| 5. the amount of volatile matter | д) содержание влаги и золы |
| 6. easily inflammable gas | е) дымное пламя |
| 7. brilliant lustre | ж) наиболее широко распространенные угли |
| 8. to smelt iron ore | з) яркий блеск |
| 9. high-rank coal | и) в свою очередь |
| 10. a smoky flame | к) количество летучих веществ |

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний

слов:

- | | |
|---------------------------------|------------------------------|
| 1. тип угля | а) heat value |
| 2. некоксующийся уголь | б) amount of carbon |
| 3. доменная печь | в) coal rank |
| 4. содержание углерода | г) to store coal |
| 5. смешиваться с другими углями | д) to weather rapidly |
| 6. улучшенного качества | е) non-coking coal |
| 7. складировать уголь | ж) blast furnace |
| 8. теплотворная способность | з) of improved quality |
| 9. быстро выветриваться | и) to blend with other coals |

Text 7: General Information on Mining

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

access - *n* доступ

affect - *v* воздействовать (*на что-л.*); влиять; *syn* **influence**

barren - *a* непродуктивный; пустой (*о породе*)

chute - *n* скат, спуск; углеспускная выработка; жёлоб

compare - *v* (with) сравнивать, проводить параллель

contribute - *v* способствовать, содействовать; делать вклад (*в науку*); **make a (one's) ~ to**

smth. сделать вклад во что-л.

cross-section - *n* поперечное сечение, поперечный разрез, профиль

develop - *v* разрабатывать (*месторождение*); развивать (*добычу*); производить подготовительные работы; **development** - *n* подготовительные работы; развитие добычи; развитие

drift - *n* штрек, горизонтальная выработка

ensure - *v* обеспечивать, гарантировать; *syn* **guarantee**

face - *n* забой; лава

floor - *л* почва горной выработки, почва пласта (жила); **quarry** ~ подошва карьера; пол, настил

govern - *v* править, управлять; руководить; определять, обуславливать

inclination - *n* уклон, скат, наклон (*пластов*); наклонение; **seam** ~ падение (*пласта*); наклон (*пласта*)

incline - *n* уклон, бремсберг, скат; наклонный ствол; **gravity** ~ бремсберг

inclined - *a* наклонный; **flatly** ~ слабо наклонный; **gently** ~ наклонного падения; **medium** ~ умеренно наклонный (*о пластах*); **steeply** ~ крутопадающий

level - *n* этаж, горизонт, горизонтальная горная выработка; штольня; уровень (*инструмент*); нивелир; ватерпас; горизонтальная поверхность

recover - *v* извлекать (*целики*); выбирать, очищать; добывать (*уголь и т.п.*); восстанавливать

remove - *v* удалять; убирать; устранять; перемещать; **removal** - *n* вскрыша; выемка; уборка (*породы*); извлечение (*крепя*); перемещение; **overburden** - удаление вскрыши

rib - *n* ребро; выступ; узкий целик, предохранительный целик; грудь забоя

roof - *n* крыша; кровля выработки; кровля пласта (*или* жила); перекрытие; ~ **support** - крепление кровли

shaft - *n* шахтный ствол; **auxiliary** ~ вспомогательный ствол; **hoisting** ~ подъемный ствол; главный шахтный ствол

tabular - *a* пластовый (*о месторождении*); пластообразный; плоский; линзообразный; *syn* **bedded, layered**

waste - *n* пустая порода; отходы; *syn* **barren rock**

well - *n* буровая скважина; колодец, источник; водоем; зумф

capital investment - капитальные вложения

gate road - промежуточный штрек

in bulk - навалом, в виде крупных кусков

metal-bearing - содержащий металл

production face/working - очистной забой

productive mining - эксплуатационные работы

in view of - ввиду чего-л., принимая во внимание что-л.

with a view to - с целью

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

As has been said, mining refers to actual ore extraction. Broadly speaking, mining is the industrial process of removing a mineral-bearing substance from the place of its natural occurrence in the Earth's crust. The term "mining" includes the recovery of oil and gas from wells; metal, non-metallic minerals, coal, peat, oil shale and other hydrocarbons from the earth. In other words, the work done to extract mineral, or to prepare for its extraction is called mining.

The tendency in mining has been towards the increased use of mining machinery so that modern mines are characterized by tremendous capacities. This has contributed to: 1) improving working conditions and raising labour productivity; 2) the exploitation of lower-grade metal-bearing substances and 3) the building of mines of great dimensions.

Mining can be done either as a surface operation (quarries, opencasts or open pits) or by an underground method. The mode of occurrence of the sought-for metallic substance governs to a large degree the type of mining that is practised. The problem of depth also affects the mining method. If the rock containing the metallic substance is at a shallow site and is massive, it may be economically excavated by a pit or quarry-like opening on the surface. If the metal-bearing mass is tabular, as a bed or vein, and goes to a great distance beneath the surface, then it will be worked by some method of underground mining.

Working or exploiting the deposit means the extraction of mineral. With this point in view a number of underground workings is driven in barren (waste) rock and in mineral. Mine workings vary in shape, dimensions, location and function.

Depending on their function mine workings are described as exploratory, if they are driven with a view to finding or proving mineral, and as productive if they are used for the immediate extraction of useful mineral. Productive mining can be divided into capital investment work, development work, and face or production work. Investment work aims at ensuring access to the deposit from the surface. Development work prepares for the face work, and mineral is extracted (or produced) in bulk.

The rock surfaces at the sides of workings are called the sides, or in coal, the ribs. The surface above the workings is the roof in coal mining while in metal mining it is called the back. The surface below is called the floor.

The factors such as function, direct access to the surface, driving in mineral or in barren rock can be used for classifying mine workings:

- I. Underground workings:
 - a) Long or deep by comparison with their cross-section may be: 1) vertical (shaft, blind pit); 2) sloping (slopes, sloping drifts, inclines); 3) horizontal (drifts, levels, drives, gate roads, adits, crosscuts).
 - b) Large openings having cross dimensions comparable with their length.
 - c) Production faces, whose dimensions depend on the thickness of the deposit being worked, and on the method of mining it.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. As a rule, the term "mining" includes the recovery of oil and gas from wells as well as coal, iron ores and other useful minerals from the earth.
2. The increased use of mining machinery has greatly contributed to raising labour productivity and improving working conditions.
3. It is quite obvious that the problem of depth is not always taken into consideration in choosing the mining method.
4. Productive workings are usually used for the immediate extraction of useful mineral.
5. Underground workings are driven in barren rock or in mineral.
6. A shaft is a vertical underground working which is long and deep in comparison with its cross-section.
7. The surface above the mine working is usually called the floor.
8. The rock surfaces at the sides of mine workings are called the ribs.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What is mining?
2. What has contributed to the better working conditions of the miners?
3. What factors influence the choice of the mining method?
4. In what case is useful mineral worked by open pits?
5. Are exploratory workings driven with a view to finding and proving mineral or are they driven for immediate extraction of mineral?
6. What is the difference between development and production work?
7. What main factors are used for classifying mine workings?
8. What do the dimensions of production faces depend on?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. direct access to the surface
2. open-cast mining
3. tabular (or bedded) deposits
4. oil well
5. underground workings
6. cross-section of a working
7. production face
8. the roof of the mine working
9. to drive mine workings in barren rock
10. to affect the mining method
- а) нефтяная скважина
- б) проходить горные выработки по пустой породе
- в) влиять на метод разработки
- г) прямой доступ к поверхности
- д) пластовые месторождения
- е) открытая разработка
- ж) поперечное сечение выработки
- з) подземные выработки
- и) очистной забой
- к) кровля горной выработки

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов сочетаний слов:

1. способствовать чему-л.
2. размер ствола
3. извлекать, добывать (уголь)
4. штреки и квершлагги
5. пустая порода
6. вообще говоря
7. удалять, перемещать (крепь, вскрышу и др.)
8. с целью ...
9. подготовительные работы
10. мощность пласта
- а) thickness of a seam
- б) shaft dimension
- в) with a view to
- г) to contribute to smth.
- д) development work
- е) to remove (timber, overburden, etc.)
- ж) drifts (gate roads) and crosscuts
- з) generally speaking

- и) to recover (coal)
- к) waste (barren) rock

Text 8: Methods of Working Bedded Deposits Underground

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

advantage - *n* преимущество; превосходство; выгода; польза; **advantageous** - *a* выгодный; благоприятный, полезный; **to take advantage of smth** воспользоваться чём-л.

caving - *n* обрушение (*кровли*); разработка с обрушением

deliver - *v* доставлять, подавать; питать; нагнетать; произносить (*речь*); читать (*лекцию*)

entry - *n* штрек; выработка горизонтальная; *pl* подготовительные выработки; нарезные выработки; штреки

giant - *n* гидромонитор

gravity - *n* сила тяжести; вес, тяжесть; **by** ~ самотеком, под действием собственного веса

haul - *v* доставлять; откатывать; подкатывать; перевозить; **haulage** - *n* откатка; доставка; транспортировка (*по горизонтали*)

longwall - *n* лава; выемка лавами; сплошной забой, сплошная или столбовая система разработки; **syn continuous mining**; ~ **advancing on the strike** выемка лавами прямым ходом по простиранию; сплошная система разработки по простиранию; ~ **advancing to the rise** сплошная система разработки с выемкой по восстанию; ~ **to the dip** сплошная система разработки с выемкой по падению; ~ **retreating** выемка лавами обратным ходом; столбовая система разработки лавами

lose (lost) - *v* терять; **loss** - *n* потеря, убыток

pillar - *n* целик; столб; **shaft** ~ околоствольный целик; ~ **method** столбовая система разработки; ~ **mining** выемка целиков

predominate - *v* преобладать, превалировать; превосходить; господствовать, доминировать

protect - *v* охранять, защищать

reach - *v* простираться, доходить до; добиваться, достигать

satisfy - *v* удовлетворять(ся)

shield - *n* щит; ~ **method** щитовой метод проходки, щитовой способ

room - *n* камера; очистная камера; **room-and-pillar method** камерно-столбовая система разработки

stowing - *n* закладка (*выработанного пространства*)

method of working система разработки

the sequence of working the seams - последовательность отработки пластов

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

The method of working (or method of mining) includes a definite sequence and organization of development work of a deposit, its openings and its face work in certain geological conditions. It depends on the mining plan and machines and develops with their improvements. A rational method of working should satisfy the following requirements in any particular conditions: 1) safety of the man; 2) maximum output of mineral; 3) minimum development work (per 1,000 tons output); 4) minimum production cost and 5) minimum losses of mineral.

Notwithstanding the considerable number of mining methods in existence, they can be reduced to the following main types: 1. Methods of working with long faces (continuous mining); 2. Methods of working with short faces (room-and-pillar). The characteristic feature of the continuous mining is the absence of any development openings made in advance of production faces. The main advantage of long continuous faces is that they yield more mineral. Besides, they allow the maximum use of combines (shearers), cutting machines, powered supports and conveyers. The longwall method permits an almost 100 per cent recovery of mineral instead of 50 to 80 per cent obtainable in room-and-pillar methods.

The basic principle of room-and-pillar method is that rooms from 4 to 12 meters wide (usually 6-7) are driven from the entries, each room is separated from each other by a rib pillar. Rib pillars are recovered or robbed after the rooms are excavated. The main disadvantage of shortwall work is a considerable loss of mineral and the difficulty of ventilation. In working bedded deposits methods of mining mentioned above may be used either with stowing or with caving.

In Russia, Germany (the Ruhr coal-field), France and Belgium nearly all the faces are now long ones. In Britain longwall faces predominate.

The USA, Canada, Australia and to some extent India are developing shortwall faces and creating the machines for them. In these countries shortwall faces are widely used.

In Russia the thick seams are taken out to full thickness up to 4.5 m thick if they are steep, and up to 3.5 m thick if they are gently sloping or inclined. In the Kuznetsk coal-field long faces are worked to the dip with ashield protection, using a method proposed by N.Chinakal. In shield mining coal is delivered to the lower working by gravity so that additional haulage is not required.

It should also be noted that in Russia hydraulic mining is widely used as it is one of the most economic and advantageous methods of coal getting. New hydraulic mines are coming into use in a number of coal-fields. Hydraulic mining is developing in other countries as well.

The aim of hydraulic mining is to remove coal by the monitors (or giants) which win coal and transport it hydraulically from the place of work right to the surface. It is quite obvious that the choice of the method of mining will primarily depend on the depth and the shape and the general type of the deposit.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста.

Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. A definite sequence and organization of development work is called mining.
2. Mining methods in existence can be reduced to the two main types.
3. The depth and the shape of the deposit influence the choice of the method of working.
4. As is known, in Belgium all the faces are short now, in Great Britain they amount to 84 per cent.
5. In Australian collieries shortwall faces are widely used.
6. The room-and-pillar method is characterized by the absence of any development openings.
7. High-capacity monitors win coal and transport it hydraulically right to the surface.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What factors does mining depend on?
2. What is mining?
3. What are the most important factors which affect the choice of the method of working?
4. Do short faces or long faces predominate in Russia? What can you say about the Ruhr coal-field?
5. Is Canada developing shortwall faces or longwall faces?
6. What are the main disadvantages of shortwall faces?
7. What are the two main methods of working?
8. What is the main advantage of long continuous faces?
9. What methods of mining long faces do you know?
10. What method of mining is characterized by the absence of development openings?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов в сочетаний слов:

- | | |
|---|--|
| 1. development face | а) сплошная система разработки |
| 2. great losses | б) выемка целиков |
| 3. shield method of mining | в) подготовительный забой |
| 4. continuous mining | г) большие потери |
| 5. longwall advancing to the dip | д) удовлетворять требованиям |
| 6. the room-and-pillar method of mining | е) зависеть от геологических условий |
| 7. to open up a deposit | ж) выемка лавами прямым ходом по падению |

- | | | |
|-----|--|-------------------------------|
| 8. | pillar mining | з) щитовая система разработки |
| 9. | to satisfy the requirements | и) вскрывать месторождение |
| 10. | to depend upon the geological conditions | к) камерно-столбовая система |
- разработки
- б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:
- | | | |
|-----|--|---|
| 1. | включать (в себя) | а) safety |
| 2. | выемка лавами обратным ходом | б) annual output |
| 3. | достигать 50% | в) to involve |
| 4. | превышать 60% | г) to propose a new method of mining |
| 5. | безопасность | д) long wall retreating |
| 6. | годовая добыча | е) in connection with difficulties |
| 7. | основной недостаток системы разработки | ж) to exceed 60 per cent |
| 8. | под-этаж | з) notwithstanding (in spite of) |
| 9. | крутопадающий пласт | и) to reach 50 per cent |
| 10. | щитовая система разработки | к) the main disadvantage of the method of |
- mining
- | | | |
|-----|------------------------------------|--------------------------------|
| 11. | предложить новый способ разработки | л) sublevel |
| 12. | в связи с трудностями | м) the shield method of mining |
| 13. | несмотря на | н) open up a deposit |
| 14. | вскрывать месторождение | о) steep seam |

2.3 Подготовка доклада

Подготовьте доклад по одной из предложенных тем.

1. Inigo Jones (1573-1652)
2. Christopher Wren (1632-1723)
3. Geoffrey Chaucer (1340-1400)
4. Samuel Johnson (1709-1784)
5. Alfred Tennyson (1809-1892)
6. Thomas Hardy (1840-1928)
7. John Milton (1608-1674)
8. William Makepeace Thackeray (1811-1863)
9. Henry Wadsworth Longfellow (1807 – 1882)
10. Joshua Reynolds (1723-1792)
11. Thomas More (1478 – 1535)
12. J.M.W. Turner (1775-1851)
13. Thomas Gainsborough (1727 – 1788)
14. Henry Moor (1898-1986)
15. Henry Irving (1838-1905)
16. William Gilbert (1836-1911)
17. Arthur Sullivan (1842-1900)
18. James Watt (1736 - 1819)
19. Thomas Telford (1757 - 1834)
20. Isambard Kingdom Brunel (1806 – 1859)
21. George Stephenson (1781 – 1848)
22. David Livingstone (1813 – 1873)
23. Tony Blair (1953)
24. Winston Churchill (1874 - 1965)
25. Margaret Hilda Thatcher (1925)
26. Sir Isaac Newton (1642 – 1727)
27. Alexander Graham Bell (1847 - 1922)

Правила предоставления информации в докладе

Размер	A4
Шрифт	Текстовый редактор Microsoft Word, шрифт Times New Roman 12
Поля	слева – 2 см., сверху и справа – 1 см., снизу – 1
Абзацный отступ	1 см устанавливается автоматически
Стиль	Примеры выделяются курсивом
Интервал	межстрочный интервал – 1
Объем	1 -2 страницы (до 7 минут устного выступления)
Шапка доклада	<i>Иванова Мария Ивановна</i> Екатеринбург, Россия ФГБОУ ВПО УГГУ, МД-13 НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА
	Список использованной литературы

Краткое содержание статьи должно быть представлено на 7-10 слайдах, выполненных в PowerPoint.

2.4 Подготовка к тесту

Тест направлен на проверку страноведческих знаний и знаний межкультурной коммуникации. Для этого студентам необходимо повторить материал, представленный в *Социально-культурной сфере общения* по теме «Страны изучаемого языка» (Я и мир). Для успешного написания теста изучите следующий материал:

THE GEOGRAPHICAL POSITION OF GREAT BRITAIN

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland covers an area of some 244 thousand square miles. It is situated on the British Isles. The British Isles are separated from Europe by the Strait of Dover and the English Channel. The British Isles are washed by the North Sea in the east and the Atlantic Ocean in the west.

England is in the southern and central part of Great Britain. Scotland is in the north of the island. Wales is in the west. Northern Ireland is situated in the north-eastern part of Ireland.

England is the richest, the most fertile and most populated part in the country. There are mountains in the north and in the west of England, but all the rest of the territory is a vast plain. In the northwestern part of England there are many beautiful lakes. This part of the country is called Lake District.

Scotland is a land of mountains. The Highlands of Scotland are among the oldest mountains in the world. The highest mountain of Great Britain is in Scotland too. The chain of mountains in Scotland is called the Grampians. Its highest peak is Ben Nevis. It is the highest peak not only in Scotland but in the whole Great Britain as well. In England there is the Pennine Chain. In Wales there are the Cumbrian Mountains.

There are no great forests on the British Isles today. Historically, the most famous forest is Sherwood Forest in the east of England, to the north of London. It was the home of Robin Hood, the famous hero of a number of legends.

The British Isles have many rivers but they are not very long. The longest of the English rivers is the Severn. It flows into the Irish Sea. The most important river of Scotland is the Clyde. Glasgow stands on it. Many of the English and Scottish rivers are joined by canals, so that it is possible to travel by water from one end of Great Britain to the other.

The Thames is over 200 miles long. It flows through the rich agricultural and industrial districts of the country. London, the capital of Great Britain, stands on it. The Thames has a wide mouth, that's

why the big ocean liners can go up to the London port. Geographical position of Great Britain is rather good as the country lies on the crossways of the sea routes from Europe to other parts of the world. The sea connects Britain with most European countries such as Belgium, Holland, Denmark, Norway and some other countries. The main sea route from Europe to America also passes through the English Channel.

United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland occupies the territory of the British Isles. They lie to the north-west of Europe.

Once upon a time the British Isles were an integral part of the mainland. As a result of sinking of the land surface they became segregated. Great Britain is separated from the continent by the English Channel. The country is washed by the waters of the Atlantic Ocean. Great Britain is separated from Belgium and Holland by the North Sea, and from Ireland — by the Irish Sea.

There are several islands along the coasts. The total area of the British Isles is 325 000 km². The main islands are Great Britain and Ireland.

The surface of the country is much varied. Great Britain is the country of valleys and plains.

The insular geographical position of Great Britain promoted the development of shipbuilding, different trading contacts with other countries. It has also allowed the country to stay independent for quite a long period of time.

THE BRITISH PARLIAMENT

The British Parliament is the oldest in the world. It originated in the 12th century as Witenagemot, the body of wise councillors whom the King needed to consult pursuing his policy. The British Parliament consists of the House of Lords and the House of Commons and the Queen as its head.

The House of Commons plays the major role in law-making. It consists of Members of Parliament (called MPs for short). Each of them represents an area in England, Scotland, Wales and Ireland.

MPs are elected either at a general election or at a by-election following the death or retirement. Parliamentary elections are held every 5 years and it is the Prime Minister who decides on the exact day of the election. The minimum voting age is 18. And the voting is taken by secret ballot.

The election campaign lasts about 3 weeks, The British parliamentary system depends on political parties.

The party which wins the majority of seats forms the government and its leader usually becomes Prime Minister. The Prime Minister chooses about 20 MPs from his party to become the cabinet of ministers. Each minister is responsible for a particular area in the government. The second largest party becomes the official opposition with its own leader and «shadow cabinet». The leader of the opposition is a recognized post in the House of Commons.

The parliament and the monarch have different roles in the government and they only meet together on symbolic occasions, such as coronation of a new monarch or the opening of the parliament. In reality, the House of Commons is the one of three which has true power.

The House of Commons is made up of six hundred and fifty elected members, it is presided over by the speaker, a member acceptable to the whole house. MPs sit on two sides of the hall, one side for the governing party and the other for the opposition. The first 2 rows of seats are occupied by the leading members of both parties (called «front benches»). The back benches belong to the rank-and-file MPs.

Each session of the House of Commons lasts for 160-175 days. Parliament has intervals during his work. MPs are paid for their parliamentary work and have to attend the sittings.

As mention above, the House of Commons plays the major role in law making. The procedure is the following: a proposed law («a bill») has to go through three stages in order to become an act of Parliament; these are called «readings».

The first reading is a formality and is simply the publication of the proposal. The second reading involves debate on the principles of the bill; it is examination by parliamentary committee.

And the third reading is a report stage, when the work of the committee is reported on to the house. This is usually the most important stage in the process.

When the bill passes through the House of Commons, it is sent to the House of Lords for discussion, when the Lords agree it, the bill is taken to the Queen for royal assent, when the Queen signs the bill, it becomes act of the Parliament and the Law of the Land.

The House of Lords has more than 1000 members, although only about 250 take an active part in the work in the house. Members of this Upper House are not elected; they sit there because of their rank. The chairman of the House of Lords is the Lord Chancellor. And he sits on a special seat, called «Woolsack».

The members of the House of Lords debate the bill after it has been passed by the House of Commons. Some changes may be recommended and the agreement between the two houses is reached by negotiations.

BRITISH TRADITIONS AND CUSTOMS

British nation is considered to be the most conservative in Europe. It is not a secret that every nation and every country has its own customs and traditions. In Great Britain people attach greater importance to traditions and customs than in other European countries. Englishmen are proud of their traditions and carefully keep them up. The best examples are their queen, money system, their weights and measures.

There are many customs and some of them are very old. There is, for example, the Marble Championship, where the British Champion is crowned; he wins a silver cup known among folk dancers as Morris Dancing. Morris Dancing is an event where people, worn in beautiful clothes with ribbons and bells, dance with handkerchiefs or big sticks in their hands, while traditional music-sounds.

Another example is the Boat Race, which takes place on the river Thames, often on Easter Sunday. A boat with a team from Oxford University and one with a team from Cambridge University hold a race.

British people think that the Grand National horse race is the most exciting horse race in the world. It takes place near Liverpool every year. Sometimes it happens the same day as the Boat Race takes place, sometimes a week later. Amateur riders as well as professional jockeys can participate. It is a very famous event.

There are many celebrations in May, especially in the countryside.

Halloween is a day on which many children dress up in unusual costumes. In fact, this holiday has a Celtic origin. The day was originally called All Halloween's Eve, because it happens on October 31, the eve of all Saint's Day. The name was later shortened to Halloween. The Celts celebrated the coming of New Year on that day.

Another tradition is the holiday called Bonfire Night. On November 5, 1605, a man called Guy Fawkes planned to blow up the Houses of Parliament where the king James 1st was to open Parliament on that day. But Guy Fawkes was unable to realize his plan and was caught and later, hanged. The British still remember that Guy Fawkes' Night. It is another name for this holiday. This day one can see children with figures, made of sacks and straw and dressed in old clothes. On November 5th, children put their figures on the bonfire, burn them, and light their fireworks.

In the end of the year, there is the most famous New Year celebration. In London, many people go to Trafalgar Square on New Year's Eve. There is singing and dancing at 12 o'clock on December 31st.

A popular Scottish event is the Edinburgh Festival of music and drama, which takes place every year. A truly Welsh event is the Eisteddfod, a national festival of traditional poetry and music, with a competition for the best new poem in Welsh. If we look at English weights and measures, we can be convinced that the British are very conservative people. They do not use the internationally accepted measurements. They have conserved their old measures. There are nine essential measures. For general use, the smallest weight is one ounce, then 16 ounce is equal to a pound. Fourteen pounds is one stone.

The English always give people's weight in pounds and stones. Liquids they measure in pints, quarts and gallons. There are two pints in a quart and four quarts or eight pints are in one gallon. For length, they have inches: foot, yards and miles.

LONDON

As well as being the capital of England, London is the capital of the United Kingdom. London was founded by the Romans in 43 A.D. and was called Londinium. In 61 A.D. the town was burnt down and when it was rebuilt by the Romans it was surrounded by a wall. That area within the wall is now called the City of London. It is London's commercial and business centre. It contains the Bank of England, the Stock Exchange and the head offices of numerous companies and corporations. Here is situated the Tower of London.

The Tower was built by William the Conqueror who conquered England in 1066. He was crowned at Westminster Abbey. Now most of the Government buildings are located there.

During the Tudor period (16th century) London became an important economic and financial centre. The Londoners of the Elizabethan period built the first theatres. Nowadays the theatre land is stretched around Piccadilly Circus. Not far from it one can see the British Museum and the «Covent Garden» Opera House.

During the Victorian period (19th century) London was one of the most important centers of the Industrial Revolution and the centre of the British Empire. Today London is a great political centre, a great commercial centre, a paradise for theatre-goers and tourists, but it is also a very quiet place with its parks and its ancient buildings, museums and libraries.

LONDON

London is the capital of Great Britain, its political, economic and commercial center. It's one of the largest cities in the world and the largest city in Europe. Its population is about 9 million. London is one of the oldest and most interesting cities in the world. Traditionally it's divided into several parts: the City, Westminster, the West End and the East End.

They are very different from each other and seem to belong to different towns and epochs. The heart of London is the City, its financial and business center. Numerous banks, offices and firms are situated there, including the Bank of England, the Stock Exchange and the Old Bailey. Few people live here, but over a million people come to the City to work. There are some famous ancient buildings within the City. Perhaps the most striking of them is St. Paul's Cathedral, the greatest of British churches. St. Paul's Cathedral has always dominated the center of London. It stands on the site of former Saxon and Norman churches. They latter were destroyed in the Great Fire and the present building, completed in 1710, is the work of the eminent architect Sir Christopher Wren. It is an architectural masterpiece.

Londoners have a particular affection for St. Paul's, which is the largest Protestant Church in England. Its high dome, containing the remarkable Whispering Gallery, is a prominent landmark towering above the multistoried buildings which line the river-bank.

The Tower of London was one of the first and most impressive castles built after the Norman invasion of England in 1066. Since the times of William I various kings have built and extended the Tower of London and used it for many purposes. The Tower has been used as a royal palace, an observatory, an arsenal, a state prison, and many famous and infamous people have been executed within its walls. It is now a museum. For many visitors the principal attraction is the Crown Jewels, the finest precious stones of the nation. A fine collection of armour is exhibited in the keep. The security of the Tower is ensured by a military garnison and by the Yeoman Warders or Beefeaters, who still wear their picturesque Tudor uniform.

Westminster is the historic, the governmental part of London. Westminster Abbey is a national shrine where the kings and queens are crowned and famous people are buried. Founded by Edward the Confessor in 1050, the Abbey was a monastery for along time. The present building dates largely from the times of Henry 3, who began to rebuild the church, a task which lasted nearly 300 years. The West towers were added in the eighteenth century. Since William I almost every English monarch has been

crowned in this great church, which contains the tombs and memorials of many of Britain's most eminent citizens: Newton, Darwin, Chaucer, Dickens, Tennyson, Kipling and etc. One of the greatest treasures of the Abbey is the oaken Coronation Chair made in 1300. The Abbey is also known for its Poet's Corner. Graves and memorials to many English poets and writers are clustered round about.

Across the road from Westminster Abbey is Westminster Palace, or the Houses of Parliament, the seat of the British Parliament. The Parliament of Great Britain and Northern Ireland consists of the House of Lords and the House of Commons. The House of Lords consists of just over 1,000 members of the different grades of nobility — dukes, marquises, earls, viscounts and barons.

The House of Commons consists of 650 members. They are elected by secret ballot by men and women aged 18 and over. Every Parliament is divided into Sessions. Each of these may last a year and usually begins early in November. The Clock Tower, which contains the hour-bell called Big Ben, is known over the world. The bell is named after Sir Benjamin Hall.

Buckingham Palace is the official residence of the Queen. The West End is the richest and most beautiful part of London. It is the symbol of wealth and luxury. The best hotels, shops, restaurants, clubs, and theatres are situated there. There are splendid houses and lovely gardens belonging to wealthy people.

Trafalgar Square is the geographical center of London. It was named in memory of Admiral Nelson's victory in the battle of Trafalgar in 1805. The tall Nelson's Column stands in the middle of the square. On the north side of Trafalgar Square is the National Gallery and the National Portrait Gallery.

Not far away is the British Museum — the biggest museum in London. It contains a priceless collection of ancient manuscripts, coins, sculptures, etc., and is famous for its library.

The East End is the poorest district of London. There are a lot of factories, workshops and docks here. The streets are narrow, the buildings are unimpressive. The East End is densely populated by working class families.

PLACES OF INTERESTS IN GREAT BRITAIN

Britain is rich in its historic places which link the present with the past. The oldest part of London is Lud Hill, where the city is originated. About a mile west of it there is Westminster Palace, where the king lived and the Parliament met, and there is also Westminster Abbey, the coronation church. Liverpool, the «city of ships», is England's second greatest port, ranking after London. The most interesting sight in the Liverpool is the docks. They occupy a river frontage of seven miles.

The University of Liverpool, established in 1903, is noted for its School of Tropical Medicine. And in the music world Liverpool is a well-known name, for it's the home town of «The Beatles».

Stratford-on-Avon lies 93 miles north-west of London. Shakespeare was born here in 1564, and here he died in 1616.

Cambridge and Oxford Universities are famous centers of learning. Stonehenge is a prehistoric monument, presumably built by Druids, members of an order of priests in ancient Britain. Tintagel Castle is King Arthur's reputed birthplace. Canterbury Cathedral is the seat of the Archbishop of Canterbury, head of the Church of England.

The British Museum is the largest and richest museum in the world. It was founded in 1753 and contains one of the world's richest collections of antiquities. The Egyptian Galleries contain human and animal mummies. Some parts of Athens' Parthenon are in the Greek section.

Madam Tussaud's Museum is an exhibition of hundreds of life-size wax models of famous people of yesterday and today. The collection was started by Madam Tussaud, a French modeller in wax, in the 18th century. Here you can meet Marilyn Monroe, Elton John, Picasso, the Royal Family, the Beatles and many others: writers, movie stars, singers, politicians, sportsmen, etc.

5. Подготовка к экзамену

Подготовка к экзамену включает в себя повторение всех изученных тем курса.

Билет на экзамен включает в себя тест и практико-ориентированное задание.

<i>Наименование оценочного средства</i>	<i>Характеристика оценочного средства</i>	<i>Методика применения оценочного средства</i>	<i>Наполнение оценочного средства в КОС</i>	<i>Составляющая компетенции, подлежащая оцениванию</i>
Экзамен:				
Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Тест состоит из 20 вопросов.	КОС - тестовые задания	Оценивание уровня знаний, умений, владений
Практико-ориентированное задание	Задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию	Количество заданий в билете – 1. Предлагаются задания по изученным темам в виде практических ситуаций.	КОС-Комплект заданий	Оценивание уровня знаний, умений и навыков

Екатеринбург
2020

РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. РАСЧЕТ ПОТРЕБНОГО ВОЗДУХООБМЕНА

Цель практического занятия — закрепление теоретических знаний, полученных при изучении темы «Человек и среда обитания: воздействия негативных факторов окружающей среды на человека», и формирование практических навыков расчета воздухообмена в производственных помещениях необходимого для очистки воздуха от вредных веществ: для удаления вредных веществ (выделяющихся вредных газов, паров и пыли); для удаления излишних водяных паров; для удаления избыточного тепла.

Общие сведения. Среда обитания — это окружающая человека среда, осуществляющая через совокупность факторов (физических, биологических, химических и социальных) прямое или косвенное воздействие на жизнедеятельность человека, его здоровье, трудоспособность и потомство. В жизненном цикле человек и окружающая среда обитания непрерывно взаимодействуют и образуют постоянно действующую систему «человек — среда обитания», в которой человек реализует свои физиологические и социальные потребности. В составе окружающей среды выделяют природную, техногенную, производственную и бытовую среду. Каждая среда может представлять опасность для человека. В данной работе рассматривается расчет потребного воздухообмена ($L \text{ м}^3/\text{ч}$), для очистки воздуха от вредных газов и паров и для удаления избыточного тепла с помощью механической общеобменной вентиляции.

Задание. В помещении объемом V работают n человек со средней производительностью a каждый. Они производят покраску и шпаклевку изделий нитро- (на основе ацетона) красками, эмалями и шпаклевками, для чего используется ручное и механизированное оборудование. В этом же помещении производится пайка N контактов припоем ПОС-60. Источники тепловыделения

– оборудование мощностью $P_{ном}$ и осветительная сеть мощностью $P_{осв}$ из люминесцентных ламп. Расчеты вести для холодного периода года. Помещение имеет K окон направленных на север размерами $2,5 \times 1,75$ м с двойным остеклением и деревянными рамами. Категория работ – III (тяжелая).

Рассчитать потребный воздухообмен и определить кратность воздухообмена для: 1) испарений растворителей и лаков; 2) при пайке припоем ПОС-60; 3) удаления выделяемой людьми углекислоты; 4) удаления избыточного тепла.

Методика и порядок расчета воздухообмена для очистки воздуха.

Потребный воздухообмен определяется по формуле

$$L = \frac{G \times 1000}{x_n - x_v}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1.1)$$

где L , $\text{м}^3/\text{ч}$ – потребный воздухообмен; G , $\text{г}/\text{ч}$ – количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения; x_v , $\text{мг}/\text{м}^3$ – предельно допустимая концентрация вредности в воздухе рабочей зоны помещения, согласно ГОСТ 12.1.005-88 [1]; x_n , $\text{мг}/\text{м}^3$ – максимально возможная концентрация той же вредности в воздухе населенных мест (ГН 2.1.6.1338- 03) □4□.

Применяется также понятие кратности воздухообмена (n), которая показывает сколько раз в течение одного часа воздух полностью сменяется в помещении. Значение n □ □ может быть достигнуто естественным воздухообменом без устройства механической вентиляции.

Кратность воздухообмена определяется по формуле

$$n = \frac{L}{V_n}, \text{ ч}^{-1}, \quad (1.2)$$

где n , $\text{раз}/\text{ч}$ – кратность воздухообмена; L , $\text{м}^3/\text{ч}$ – потребный воздухообмен; V_n – внутренний объем помещения, м^3 .

Согласно СП 2.2.1.1312-03, кратность воздухообмена $n > 10$ недопустима.

Так как x_n определяется по табл. 1.1 прил.1, а x_v по табл. 1.2 прил.1, то для расчета потребного воздухообмена необходимо в каждом случае определять

количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения.

Таблица 1.0

Исходные данные для расчёта потребного воздухообмена

№ вар.	a , м ² /ч	Материал	n чел.	V м ³	N шт/час	Местность	$P_{\text{ном.}}$ кВт	$P_{\text{осв.}}$ кВт	m окон
1	2	Бесцветный	1	100	40	Сельские населенные пункты	10	0,5	2
2	1,5	аэролак, окраска кистью	2	200	35		20	0,5	3
3	1		3	300	400		30	1	4
4	2		4	400	45		40	1	5
5	3	Цветной	1	500	305	Малые города	200	1	6
6	4	аэролак, окраска механизир.	1	600	48		150	1,5	6
7	3,5		1	700	450	Большие города	200	1	6
8	5		1	800	480		100	2	8
9	0,2	Шпаклевка	3	80	325		10	0,5	2
10	0,3	кистью	4	200	420	Сельские населенные пункты	20	1	4
11	1,5	Шпаклевка	1	200	250		30	1	3
12	1	механизир,	2	300	450		40	1,5	4
13	0,8	Бесцветный	1	150	300	Малые города	50	0,6	2
14	1	аэролак, окраска	2	150	48		60	0,8	3
15	1,2		1	120	335		70	1	2
16	0,7	кистью	2	200	400	Большие города	80	1,2	4
17	2	Цветной	1	200	280		90	0,6	4
18	2,5	аэролак, окраска механизир.	2	400	480		100	0,8	6
19	2,2		1	400	290	Сельские населенные пункты	150	1,2	8
20	1,8		2	600	300		200	1,5	8
21	0,3	Шпаклевка	1	80	200		250	0,5	I
22	0,4	кистью	2	100	250	Малые города	300	0,6	2
23	1	Шпаклевка	1	150	242		60	1	2
24	1	механизир.	2	400	440	Большие города	80	1	3
25	1,5	Шпаклевка	1	100	270		100	1,2	4
26	2	кистью	3	200	180		150	0,5	6

Рассмотрим отдельные характерные случаи выделения вредных веществ в воздух помещения и определения потребного воздухообмена.

1.1. Определение воздухообмена при испарении растворителей и лаков

Испарение растворителей и лаков обычно происходит при покраске различных изделий. Количество летучих растворителей, выделяющихся в воздухе помещений можно определить по следующей формуле

$$G = \frac{a \times A \times m \times n}{100}, \text{ г/ч}, \quad (1.3)$$

где a , м²/ч – средняя производительность по покраске одного рабочего (при ручной покраске кистью – 12 м²/ч, пульверизатором – 50 м²/ч); A , г/м² – расход лакокрасочных материалов; m , % – процент летучих растворителей, содержащихся в лакокрасочных материалах; n – число рабочих, одновременно занятых на покраске.

Численные значения величин A и m определяются по табл. 1.3 прил. 1.

Пример. Определить количество выделяющихся в воздух помещения летучих растворителей.

Решение:

По табл. 3 прил. 1 для цветного аэролака при окраске распылением находим, что $A = 180$ г/м², $m = 75$ %, тогда $G = 50 \cdot 180 \cdot 75 \cdot 2 / 100 = 13500$ г/ч. Далее определяем потребный воздухообмен в помещении по формуле (1.3). Находим для ацетона из табл. 1.1 и 1.2 прил. 1, что $x_v = 200$ мг/м³, $x_n = 0,35$ мг/м³, тогда $L = 13500 \cdot 1000 / (200 - 0,35) = 67500$ м³/ч.

Ответ: $L = 67500$ м³/ч.

1.2. Определение потребного воздухообмена при пайке электронных схем

Пайка осуществляется свинцово-оловянным припоем ПОС-60, который

содержит $C = 0,4$ доли объема свинца и 60 % олова. Наиболее ядовиты аэрозоли (пары) свинца.

В процессе пайки из припоя испаряется до $B = 0,1$ % свинца, а на 1 пайку расходуется 10 мг припоя. При числе паек – N , количество выделяемых паров свинца определяется по формуле

$$G = C \times B \times N, \text{ мг/ч}, \quad (1.4)$$

где G , г/ч – количество выделяемых паров свинца; C – содержание свинца; B – % свинца; N – число паек.

Пример. В помещении объемом $V_{\text{п}} = 1050 \text{ м}^3$ три человека осуществляют пайку припоем ПОС-40 с производительностью по 100 контактов в час. Найти требуемую кратность воздухообмена.

Решение:

По формуле (1.4) определяем количество аэрозолей свинца, выделяемых в воздух: $G = 0,6 \cdot 0,001 \cdot 10 \cdot 100 \cdot 3 = 1,8 \text{ мг/ч}$. Далее определяем потребный воздухообмен по формуле (1.1). Находим из табл. 1.1 и 1.2 прил. 1 для свинца и его соединений $x_{\text{в}} = 0,01 \text{ мг/м}^3$; $x_{\text{н}} = 0,001 \text{ мг/м}^3$. Тогда $L = 1,8 / (0,01 - 0,001) = 200,0 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Ответ: $L = 185,5 \text{ м}^3/\text{ч}$.

1.3. Определение воздухообмена в жилых и общественных помещениях

В жилых и общественных помещениях постоянным вредным выделением является выдыхаемая людьми углекислота (CO_2). Определение потребного воздухообмена производится по количеству углекислоты, выделяемой человеком и по допустимой концентрации её.

Количество углекислоты в зависимости от возраста человека и выполняемой работы, а также допустимые концентрации углекислоты для различных помещений приведены в табл. 1.4 и 1.5 прил. 1.

Содержание углекислоты в атмосферном воздухе можно определить по химическому составу воздуха. Однако, учитывая повышенное содержание углекислоты в атмосфере населенных пунктов, следует принимать при расчете содержания CO_2 следующие значения: для сельских населенных пунктов – $0,33 \text{ л/м}^3$, для малых городов (до 300 тыс. жителей) – $0,4 \text{ л/м}^3$, для больших городов (свыше 300 тыс. жителей) – $0,5 \text{ л/м}^3$.

Пример. Определить требуемую кратность воздухообмена в помещении, где работают 3 человека.

Решение:

По табл. 1.4 прил.1 определяем количество CO_2 , выделяемой одним человеком $g = 23 \text{ л/ч}$. По табл. 1.5 прил. 1 определяем допустимую концентрацию CO_2 . Тогда $x_{\text{в}} = 1 \text{ л/м}^3$ и содержание CO_2 в наружном воздухе для больших городов $x_{\text{н}} = 0,5 \text{ л/м}^3$. Определяем требуемый воздухообмен по формуле (1.1) $L = 23 \cdot 3 / (1 - 0,5) = 138 \text{ м}^3/\text{ч}$. Ответ: $L = 138 \text{ м}^3/\text{ч}$.

1.4. Определение требуемого воздухообмена при выделении газов (паров) через неплотности аппаратуры, находящейся под давлением

Производственная аппаратура, работающая под давлением, как правило, не является вполне герметичной. Степень герметичности аппаратуры уменьшается по мере ее износа. Считая, что просачивание газов через неплотности подчиняется тем же законам, что и истечение через небольшие отверстия, и, предполагая, что истечение происходит адиабатически, количество газов, просочившихся через неплотности, можно определить по формуле

$$G = k \times c \times \sqrt{\frac{M}{T}}, \text{ кг/ч,} \quad (1.5)$$

где k – коэффициент, учитывающий повышение утечки от износа оборудования

($k = 1-2$); c – коэффициент, учитывающий влияние давления газа в аппарате; v – внутренний объем аппаратуры и трубопроводов, находящихся под давлением, м^3 ; M – молекулярный вес газов, находящихся в аппаратуре; T – абсолютная температура газов в аппаратуре, К.

Таблица 1.2

Коэффициент, учитывающий влияние давления газа в аппарате

Давление p , атм	до 2	2	7	17	41	161
c	0,121	0,166	0,182	0,189	0,25	0,29

Пример. Система, состоящая из аппаратов и трубопроводов, заполнена сероводородом. Рабочее давление в аппаратуре $p_a = 3$ атм, а в проводящих трубопроводах $p_{\text{тр}} = 4$ атм. Внутренний объем аппаратуры $v_a = 5 \text{ м}^3$, объем трубопроводов, $v_{\text{тр}} = 1,2 \text{ м}^3$. Температура газа в аппаратуре – $t_a = 120 \text{ }^\circ\text{C}$, в трубопроводе – $t_{\text{тр}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить потребный воздухообмен в помещении.

Решение:

Определяем величины утечек сероводорода (H_2S) из аппаратуры и трубопроводов. Принимаем $k = 1,5$; $c = 0,169$ (по табл. 1.2); $M = 34$, для H_2S ; Утечка газа из аппаратуры составляет:

$$G_a = 1,5 \times 0,169 \times \sqrt{\frac{34}{393}} = 0,372$$

Утечка газа из трубопроводов составляет:

$$G_{\text{тр}} = 1,5 \times 0,172 \times 1,2 = 0,104$$

$$G = G_a + G_{\text{тр}} = 0,372 + 0,104 = 0,476, \text{кг/ч}$$

Используя данные табл. 1.1 прил. 1, находим, что для сероводорода $x_v = 10 \text{ мг/м}^3$; $x_n = 0,008 \text{ мг/м}^3$. Потребный воздухообмен равен

$$L = \frac{4761000}{(10 - 0,008)} = 47638,1 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Ответ: $L = 47638,1 \text{ м}^3/\text{ч}$

Вывод: В воздух помещения одновременно могут выделяться несколько вредных веществ. По действию на организм человека они могут быть однонаправленными и разнонаправленными. Для однонаправленных веществ расчетные значения требуемого воздухообмена суммируются, а для разнонаправленных веществ выбирается наибольшее значение требуемого воздухообмена.

Пример. Для первой вредности в воздухе рабочей зоны – вредных (токсичны) веществ в рассмотренных примерах все относятся к веществам разнонаправленного действия, поэтому принимаем к дальнейшему расчету максимальное из полученных значений, т. е. $L = 67500 \text{ м}^3/\text{ч}$ (требуемый воздухообмен для паров растворителей при окраске).

Для проверки соответствия требованиям устройства вентиляции определим кратность воздухообмена $n = 67500/4800 = 14,1 \text{ ч}^{-1}$. Данное значение превышает установленную величину – 10 ч^{-1} , поэтому необходимо принять дополнительное решение по устройству вентиляции в помещении. Например, таким решением может быть исключение распространения от двух мест окраски растворителей по всему помещению за счет применения местной вытяжной вентиляции.

Расчет объема воздуха удаляемого местной вентиляцией определяется по формуле

$$L_{\text{МВ}} = F \times v \times 3600, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1.6)$$

где F – площадь сечения всасывающих отверстий, м^2 ; v – скорость воздуха в сечении вытяжной вентиляции, $\text{м}/\text{с}$. Рекомендуется принимать значение скорости в интервале $0,8-1,5 \text{ м}/\text{с}$.

Таким образом, требуемый воздухообмен для оставшихся вредных веществ принимаем для выделений сероводорода: $L = 47638,1 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Проверка:

$$n = 47638, 1/4800 = 9,9 \text{ ч}^{-1}.$$

1.5. Расчёт потребного воздухообмена для удаления избыточного тепла

Расчет потребного воздухообмена для удаления избыточного тепла производится по формуле

$$L = \frac{Q_{\text{изб}}}{\gamma_B \times c \Delta t}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1.7)$$

где L , $\text{м}^3/\text{ч}$ – потребный воздухообмен; $Q_{\text{изб}}$, $\text{ккал}/\text{ч}$ – избыточное тепло; $\gamma_B = 1,206 \text{ кг}/\text{м}^3$ – удельная масса приточного воздуха; $c_B = 0,24 \text{ ккал}/\text{кг} \cdot \text{град}$ – теплоемкость воздуха;

$$\Delta t = t_{\text{вых}} - t_{\text{пр}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1.8)$$

где $t_{\text{вых}}$, $^\circ\text{C}$ – температура удаляемого воздуха; $t_{\text{пр}}$, $^\circ\text{C}$ – температура приточного воздуха.

Величина Δt при расчетах выбирается в зависимости от теплонапряженности воздуха – Q_n : при $Q_n \leq 20 \text{ ккал}/\text{м}^3 \cdot \text{ч}$ $\Delta t = 6 \text{ } ^\circ\text{C}$; при $Q_n > 20 \text{ ккал}/\text{м}^3 \cdot \text{ч}$ $\Delta t = 8 \text{ } ^\circ\text{C}$;

$$Q_n = \frac{Q_{\text{изб}}}{V_n}, \text{ ккал}/\text{м}^3 \cdot \text{ч}, \quad (1.9)$$

где V_n , м^3 – внутренний объем помещения.

Таким образом, для определения потребного воздухообмена необходимо определить количество избыточного тепла по формуле

$$Q_{\text{изб}} = Q_{\text{об}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{р}} - Q_{\text{отд}}, \text{ ккал}/\text{ч}, \quad (1.10)$$

где $Q_{\text{об}}$, $\text{ккал}/\text{ч}$ – тепло, выделяемое оборудованием; $Q_{\text{осв}}$, $\text{ккал}/\text{ч}$ – тепло, выделяемое системой освещения; $Q_{\text{л}}$, $\text{ккал}/\text{ч}$ – тепло, выделяемое людьми в помещении; $Q_{\text{р}}$, $\text{ккал}/\text{ч}$ – тепло, вносимое за счет солнечной радиации; $Q_{\text{отд}}$, $\text{ккал}/\text{ч}$ – теплоотдача естественным путем.

Определяем количество тепла, выделяемого оборудованием

$$Q_{об} = 860 \times P_{об} \times y_1, \text{ ккал/ч} \quad (1.11)$$

где Y_1 – коэффициент перехода тепла в помещение, зависящий от вида оборудования; $P_{об}$, кВт – мощность, потребляемая оборудованием;

$$P_{об} = P_{ном} \times y_2 \times y_3 \times y_4, \text{ кВт}, \quad (1.12)$$

где $P_{ном}$, кВт – номинальная (установленная) мощность электрооборудования помещения; Y_2 – коэффициент использования установленной мощности, учитывающий превышение номинальной мощности над фактически необходимой; Y_3 – коэффициент загрузки, т.е. отношение величины среднего потребления мощности (во времени) к максимально необходимой; Y_4 – коэффициент одновременности работы оборудования.

При ориентировочных расчетах произведение всех четырех коэффициентов можно принимать равным:

$$y_1 \times y_2 \times y_3 \times y_4 = 0,25 \quad (1.13)$$

Определяем количество тепла, выделяемого системой освещения

$$Q_{осв} = 860 \times P_{осв} \times \alpha \beta \times \cos(\varphi), \quad (1.14)$$

где α – коэф. перевода электрической энергии в тепловую для лампы накаливания $\alpha = 0,92 - 0,97$, люминесцентной лампы $\alpha = 0,46 - 0,48$; β – коэффициент одновременности работы (при работе всех светильников $\beta = 1$); $\cos(\varphi) = 0,7 - 0,8$ – коэффициент мощности; $P_{осв}$, кВт – мощность осветительной установки.

Определяем количество тепла, выделяемого находящимися в помещении людьми

$$Q_{л} = N \times q_{л}, \quad (1.15)$$

где N – количество людей в помещении; $q_{л}$, ккал/ч – тепловыделения одного человека табл. 1.6 прил. 1.

Определяем количество тепла, вносимого за счет солнечной радиации

$$Q_p = K \times S \times q_{ост}, \quad (1.16)$$

где K – количество окон; S , м² – площадь одного окна; $q_{ост}$, ккал/ч – солнечная

радиация через остекленную поверхность табл. 1.7 прил. 1.

Определяем теплоотдачу, происходящую естественным путем. Если нет дополнительных условий, то можно считать ориентировочно, что $Q_{отд} = Q_p$ для холодного и переходного периодов года (среднесуточная температура наружного воздуха ниже $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$). Для теплого периода года (среднесуточная температура воздуха выше $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$) принимаем $Q_{отд} = 0$.

Общий вывод: Среди полученных расчетных значений требуемого воздухообмена для вредных веществ и удаления избыточного тепла выбирается наибольшее значение требуемого воздухообмена.

**Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном
воздухе населенных мест (ГН 2.1.6.1338-03)**

Наименование вредных веществ	ПДКм.р., мг/м ³	ПДКс.с., мг/м ³	Агрегатн состояние
Азота диоксид	0,085	0,04	п
Азота оксид	0,6	0,06	п
Акролеин	0,03	0,03	п
Амилацетат	0,10	0,10	п
Аммиак	0,2	0,04	п
Ацетон	0,35	0,35	п
Бензин (углеводороды)	5,0	1,5	п
Бензол	1,5	0,1	п
Бутан	200	-	п
Бутилацетат	0,1	0,1	п
Винилацетат	0,15	0,15	п
Дихлорэтан	3,0	1,0	п
Ксилол	0,2	0,2	п
Марганец и его соединения	0,01	0,001	а
Метилацетат	0,07	0,07	п
Мышьяк и его неорг. соединения	-	0,003	а
Озон	0,16	0,03	п
Пыль (кремнесодержащая – более 70 %)	0,15	0,05	а
Пыль нетоксичная (фиброгенного действия)	0,5	0,15	а
Ртут хлорид (сулема)	-	0,0003	а
Сажа	0,15	0,05	а
Свинец и его соединения	0,001	0,0003	а
Сернистый ангидрид	0,5	0,15	п
Серная кислота	0,3	0,1	а

Продолжение табл. 1.1

Наименование вредных веществ	ПДКм.р., мг/м ³	ПДКс.с., мг/м ³	Агрегатн состояние
Сероводород	0,008	-	п
Сероуглерод	0,03	0,005	п
Спирт бутиловый	0,16	-	п
Спирт изобутиловый	0,1	0,1	п
Спирт метиловый	1,0	0,5	п
Спирт этиловый	5	5	п
Стирол	0,04	0,002	п
Толуол	0,6	0,6	п
Углерода оксид	5,0	3,0	п
Фенол	0,01	0,003	п
Фтористые соединения (газообразные)	0,02	0,005	п
Хлор	0,1	0,03	п
Хлористый водород	0,2	0,2	п
Этилацетат	0,1	0,1	п

Примечание: п – пары и/или газы; а – аэрозоль

**Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей
зоны (ГОСТ 12.1.005-88)**

Наименование вредных веществ	ПДК., мг/м ³	Класс опасности	Агрегатн. состояние
Азота диоксид	2,0	3	п
Азота оксиды	5,0	3	п
Акролеин	0,2	2	п
Амилацетат	100	4	п
Аммиак	20	4	п
Ацетон	200	4	п
Бензин (углеводороды)	100	4	п
Бензол	15/5	2	п
Бутан	300	4	п
Бутилацетат	200	4	п
Винилацетат	10,0	4	п
Дихлорэтан	10,0	2	п
Ксилол	50,0	3	п
Марганец и его соединения (от 2-30 %)	0,1	2	а
Метилацетат	100	4	п
Мышьяк и его неорг. соединения	0,04/0,01	2	а
Озон	0,1	1	п
Пыль (кремнесодержащая – более 70 %)	1,5	4	а
Пыль нетоксичная (фиброгенного действия)	4,0	4	а
Ртут хлорид (сулема)	0,2/0,05	1	а
Сажа	4,0	3	а
Свинец и его соединения	0,01/0,005	1	а
Серная кислота	1,0	2	а
Сернистый ангидрид	10	3	п
Сероводород	10,0	3	п

Продолжение табл. 1.2

Наименование вредных веществ	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Агрегатн. состояние
Сероуглерод	1,0	3	п
Спирт бутиловый	10,0	3	п
Спирт изобутиловый	10,0	3	п
Спирт метиловый	5,0	3	п
Спирт этиловый	1000	4	п
Стирол	30/10	3	п
Толуол	50	3	п
Углерода оксид	20	4	п
Фенол	0,3	2	п
Фтористые соединения (газообразные)	0,5/0,1	2	п
Хлор	1,0	2	п
Хлористый водород	5,0	1	п
Этилацетат	200	4	п

Примечание: значение в числителе – максимально разовые; в знаменателе – среднесменные

Таблица 1.3

Расходы лакокрасочных материалов на один слой покрытия изделий и содержание в них летучих растворителей

Наименование лакокрасочных материалов/способ нанесения краски	Расход лакокрасочных материалов, A , г/м ²	Содержание летучей части, m , %
Нитролаки и краски		
Бесцветный аэролак /кистью	200	92
Цветные аэролаки/распыление пульверизатором	180	75
Нитрошпаклевка /кистью	100-180	10-35
Нитроклей /кистью	160	80-85
Масляные лаки и эмали		
Окраска распылением	60-90	35

Таблица 1.4

Количество углекислоты, выделяемой человеком при разной работе

Возраст человека и характер работы	Количество CO ₂	
	в л/ч	в г/ч
Взрослые:		
при физической работе	45	68
при легкой работе (в учреждениях)	23	35
в состоянии покоя	23	35
Дети до 12 лет	12	18

Таблица 1.5

Предельно-допустимые концентрации углекислоты

Наименование помещений	Количество CO ₂	
	в л/ч	в г/кг
Для постоянного пребывания людей (жилые ком.)	1	1,5
Для пребывания детей и больных	0,7	1
Для учреждений	1,25	1,75
Для кратковременного пребывания людей	2	3

Таблица 1.6

Количество тепловыделений одним человеком при различной работе

Категория тяжести работы		Количество тепловыделений $q_{\text{л}}$, ккал/ч в зависимости от окружающей температуры воздуха			
		15 °C	20 °C	25 °C	30 °C
Легкая	I	100	70	50	30
Средней тяжести	II-а	100	70	60	30
Средней тяжести	II-б	110	80	70	35
Тяжелая	III	110	80	80	35

Таблица 1.7

Солнечная радиация через остекленную поверхность

	Солнечная радиация, $q_{\text{ост}}$, ккал/ч от стороны света и широты, град.														
	ЮГ			ЮГО-ВОСТОК ЮГО-ЗАПАД				ВОСТОК ЗАПАД				СЕВЕР, СЕВЕР. ВОСТОК СЕВЕРО- ЗАПАД			
	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65
Окна с двойным остеклени- ем и дере- вянными рамами	125	125	145	85	110	125	145	125	125	145	145	65	65	65	60
Окна с двойным остеклени- ем и метал- лическими рамами	160	160	180	110	140	160	180	160	160	180	180	80	80	80	70
Фо- нарь с двойным остекление м и метал- лическими переплет.	130	160	170	110	140	170	170	160	160	180	180	85	85	85	70

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергоиздат, 1982. – 342 с.
2. Каменев П.Н. Отопление и вентиляция. Часть II. Вентиляция. – М.: Издательство литературы по строительству, 1966. – 289 с.
3. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
4. ГН2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. ОЦЕНКА РИСКА

Цель практического занятия - закрепление теоретических знаний, полученных при изучении темы «Основы теории безопасности: системный анализ безопасности», и формирование практических навыков расчета индивидуального и группового (социального) риска в конкретных ситуациях.

Общие сведения. Опасность – одно из центральных понятий безопасности жизнедеятельности (БЖД).

Опасность хранят все системы, имеющие энергию, химически или биологически активные компоненты, а также характеристики (параметры), несоответствующие условиям жизнедеятельности человека. Можно сказать, что опасность – это риск неблагоприятного воздействия.

Практика свидетельствует, что абсолютная безопасность недостижима. Стремление к абсолютной безопасности часто вступает в антагонистические противоречия с законами техносферы.

В сентябре 1990 г. в г. Кельне состоялся первый Всемирный конгресс по безопасности жизнедеятельности человека как научной дисциплине. Девиз конгресса: «Жизнь в безопасности». Участники конгресса постоянно оперировали понятием «риск».

Возможны следующие определения риска:

1. Это количественная оценка опасности, вероятность реализации опасности;
2. При наличии статистических данных, это частота реализации опасностей.

Различают опасности реальные и потенциальные. В качестве аксиомы принимаются, что любая деятельность человека потенциально опасна. Реализация потенциальной опасности происходит через ПРИЧИНЫ и приводит к НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫМ ПОСЛЕДСТВИЯМ.

Сейчас перед специалистами ставится задача – не исключение до нуля безопасности (что в принципе невозможно). А достижение заранее заданной величины риска реализации опасности. При этом сопоставлять затраты и получаемую от снижения риска выгоду. Во многих западных странах для более объективной оценки риска и получаемых при этом затрат и выгод, вводят финансовую меру человеческой жизни. Заметим, что такой подход имеет противников, их довод – человеческая жизнь свята, бесценна и какие-то финансовые оценки недопустимы. Тем не менее, по зарубежным исследованиям, человеческая жизнь оценивается, что позволяет более объективно рассчитывать ставки страховых тарифов при страховании и обосновывать суммы выплат.

Поскольку абсолютная безопасность (нулевой риск) невозможна, современный мир пришел к концепции приемлемого (допустимого) риска.

Суть концепции заключается в стремлении к такой безопасности, которую принимает общество в данное время. При этом учитывается уровень технического развития, экономические, социальные, политические и др. возможности. Приемлемый риск – это компромисс между уровнем безопасности и возможностями ее достижения. Это можно рассмотреть в следующей ситуации. После крупной аварии на Чернобыльской АЭС, правительство СССР решило повысить надежность всех ядерных реакторов. Средства были взяты из госбюджета и, следовательно, уменьшилось финансирование социальных программ здравоохранения, образования и культуры, что в свою очередь привело к увеличению социально-экономического риска. Поэтому следует всесторонне оценивать ситуацию и находить компромисс – между затратами и величиной риска.

Переход к «риску» дает дополнительные возможности повышения безопасности техносферы. К техническим, организационным, административным добавляются и экономические методы управления риском (страхование, денежные компенсации ущерба, платежи за риск и

др.). Есть здравый смысл в том, чтобы законодательно ввести квоты за риск. При этом возникает проблема расчета риска: статистический, вероятностный, моделирование, экспертных оценок, социологических опросов и др. Все эти методы дают приблизительную оценку, поэтому целесообразно создавать базы и банки данных по рискам в условиях предприятий, регионов и т.д.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с общими сведениями. Записать определения.
2. Выполнить практические задачи.

Практические задачи

Задача 1. В таблице 2.0 приведен ряд профессий по степени индивидуального риска фатального исхода в год. Используя данные табл.1 методом экспертных оценок охарактеризуйте вашу настоящую деятельность и условия вашей будущей работы.

Таблица 2.0

Классификация профессиональной безопасности

Категория	Условия профессиональной деятельности	Риск смерти (на человека в год)	Профессия
1	Безопасные	$1 \cdot 10^{-4}$	Текстильщики, обувщики, работники лесной промышленности, бумажного производства и др.
2	Относительно безопасные	$1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-3}$	Шахтеры, металлурги, судостроители и др.
3	Опасные	$1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-2}$	Рыбопромысловики, верхолазы, трактористы и др.
4	Особо опасные	больше $1 \cdot 10^{-2}$	Летчики-испытатели, летчики реактивных самолетов.

После обсуждения письменно сформулируйте свою оценку.

Для решения следующих задач используйте формулу определения индивидуального риска

$$P = \frac{h}{H}, \quad (2.1)$$

где P – индивидуальный риск (травмы, гибели, болезни и пр.); h – количество реализации опасности с нежелательными последствиями за определенный период времени (день, год и т.д.); H – общее число участников (людей, приборов и пр.), на которых распространяется опасность.

Пример решения задачи по формуле (2.1).

Пример. Задача 1. Ежегодно неестественной смертью гибнет 250 тыс. человек. Определить индивидуальный риск гибели жителя страны при населении в 150 млн. человек.

Решение.

$$P_{ж} = 2,5 \cdot 10^5 / 1,5 \cdot 10^8 = 1,7 \cdot 10^{-3}$$

Или будет 0,0017. Иначе можно сказать, что ежегодно примерно 17 человек 10000 погибает неестественной смертью. Если пофантазировать и предположить, что срок биологической жизни человека равен 1000 лет, то по нашим данным оказывается, что уже через 588 лет (1:0,0017) вероятность гибели человека неестественной смертью близка к 1 (или 100%).

Примечание. Здесь и в задачах №2,3 данные приближены к России.

Задача 2. Опасность гибели человека на производстве реализуется в год 7 тыс. раз. Определить индивидуальный риск погибших на производстве при условии, что всего работающих 60 млн. человек. Сравните полученный результат с вашей экспертной оценкой из задачи 1.

Задача 3. Определить риск погибших в дорожно-транспортном происшествии (ДТП), если известно, что ежегодно гибнет в ДТП 40 тыс. человек при населении 150 млн. человек.

Задача 4. Используя данные индивидуального риска фатального

исхода в год для населения США (данных по России нет), определите свой индивидуальный риск фатального исхода на конкретный год. При этом можно субъективно менять коэффициенты и набор опасностей.

Таблица 2.1

Индивидуальный риск гибели в год

Причина	Риск	Причина	Риск
Автомобильный транспорт	$3 \cdot 10^{-4}$	Воздушный транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$
Падения	$9 \cdot 10^{-5}$	Падающие предметы	$6 \cdot 10^{-6}$
Пожар и ожог	$4 \cdot 10^{-5}$	Электрический ток	$6 \cdot 10^{-6}$
Утопление	$3 \cdot 10^{-5}$	Железная дорога	$4 \cdot 10^{-6}$
Отравление	$2 \cdot 10^{-5}$	Молния	$5 \cdot 10^{-7}$
Огнестрельное оружие	$1 \cdot 10^{-5}$	Все прочие	$4 \cdot 10^{-5}$
Станочное оборудование	$1 \cdot 10^{-5}$	Ядерная энергетика	$2 \cdot 10^{-10}$
Водный транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$	(пренебрегаемо мал. риск)	

Риск общий для американца: $P_{\text{общ}} = 6 \cdot 10^{-4}$

Сравнить полученный результат с результатом примера решения.

Задачи на риск гибели неестественной смертью в России и с риском гибели в год для американца ($P_{\text{общ}}$).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Русак О.Н. Труд без опасности. Л. «Лениздат», 1986, 191 с.
2. Береговой Г.Т. и др. Безопасность космических полетов. М., «Машиностроение», 1977, 320 с.

РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3. ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Цель практического занятия :закрепление теоретических знаний, полученных при изучении раздела “Гелиофизические и метеорологические фактора: микроклимат производственных помещений”, и формирование практических навыков расчета метеорологических условий в производственном помещении и гигиенической оценки параметров микроклимата.

Общие сведения:

Одним из основных условий эффективной производственной деятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в помещениях. Параметры микроклимата оказывают существенное влияние на терморегуляцию организма человека и могут привести кпереохлаждение или перегреву тела

Микроклимат производственных помещений - это климат внутренней среды этих помещений, определяемый действующими на организм человека факторами: сочетанием температуры воздуха, относительной влажности, скорости движения воздуха, интенсивности теплового облучения, температуры поверхности ограждающих конструкций (стены, пол, потолок, технологическое оборудование и т.д

Под рабочей зоной понимается пространство высотой до 2м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания рабочих.

Причиной ряда заболеваний является местное и общее охлаждение. Переохлаждение организма ведет к простудным заболеваниям: ангине, катару верхних дыхательных путей, пневмонии. Установлено, что при

переохлаждении ног и туловища возникает спазм сосудов слизистых оболочек дыхательного тракта.

Перегревание возникает при избыточном накоплении тепла в организме, которое возникает при действии повышенных температур. Основными признаками перегревания являются повышение температуры тела до 38°C и более, обильное потоотделение, слабость, головная боль, учащение дыхания и пульса, изменение артериального давления и состав крови, шум в ушах, искажение цветового восприятия

Тепловой удар – это быстрое повышение температуры тела 40°C и выше. В этом случае падает артериальное давление, потоотделение прекращается, человек теряет сознание.

Организм человека обладает свойством терморегуляции – поддержание температуры тела в определенных границах (36,1...37,2°C) Терморегуляция обеспечивает равновесие между количеством тепла, непрерывно образующегося в организме человека в процессе обмена веществ, теплопродукцией и излишком тепла, непрерывно выделяемого в окружающую среду, - теплоотдачей, т.е сохраняет тепловой баланс организма человека. Количество выделившейся теплоты меняется от 8Вт до 50 Вт.

Теплопродукция. Тепло вырабатывается всем организмом, но в наибольшей степени в мышцах и печени. В процессе работы в организме происходят различные биохимические процессы, связанные с деятельностью мышечного аппарата и нервной системы. Энергозатраты человека, выполняющего различную работу, могут быть классифицированы на категории.

Разграничение работ по категориям осуществляется на основе интенсивности общих энергозатрат организма: легкие физические работы, средние физические работы, тяжелые физические работы.

К категории 1а относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 139 Вт, выполняемые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

К категории 1б относятся работы с интенсивностью энергозатрат 140...174 Вт, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (в полиграфической промышленности, на часовом, швейном производствах, в сфере управления)

К категории 2а относятся работы с интенсивностью энергозатрат 233...232 Вт, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой, перемещением мелких изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения.

К категории 2б относятся работы с интенсивностью энергозатрат 233...290 Вт, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

К категории 3 относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 290 Вт, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий.

Теплоотдача. Количество тепла, отдаваемого организмом человека, зависит от температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Теплоотдача осуществляется путем радиации, конвекции, испарения пота и дыхания. Для человека, находящегося в состоянии покоя и одетого в обычную комнатную одежду, соотношение составляющих теплоотдачи имеет следующие распределения, % радиацией – 45, конвекцией – 30, испарением и дыханием – 25.

Основное значение имеет регулирование теплоотдачи, так как она является наиболее изменчивой и управляемой. Комфортные тепло ощущения у человека возникают при наличии теплового баланса организма, а также при условии его некоторого нарушения. Это обеспечивается тем, что в организме человека имеется некоторый резерв тепла, который используется им в случае охлаждения. Этот потенциальный запас тепла составляет в среднем 8360 кДж и находится главным образом во внешних слоях тканей организма на глубине 2-3

см от кожи. При известном уменьшении запаса тепла у человека появляются субъективно ощущения «прохлады», которые, если охлаждение продолжается, сменяются ощущениями «холодно», «очень холодно»

Действующими нормативными документами, регламентирующими метеорологические условия производственной среды, являются ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» Этими документами установлены влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений с учетом избытков явного тепла, тяжести выполняемой работы и сезонов года.

В соответствии с вышеуказанным стандартом теплым периодом года считается сезон, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Допустимыми считаются такие параметры микроклимата, которые при длительном воздействии могут вызывать напряжения реакции терморегуляции человека, но к нарушению состояния здоровья не приводят.

Оптимальными являются такие микроклиматические параметры, которые не вызывают напряжения реакций терморегуляции и обеспечивают высокую работоспособность человека.

Расчет показателей микроклимата базируются на опытных данных о давлении, температуре и скорости движения воздуха на рабочем месте полученных при замерах на нем с помощью соответствующих приборов

Показатели микроклимата вычисляются в следующей последовательности:

1. Атмосферное давление B , Па, на рабочем месте, измеренное с помощью барометра-анероида БАММ-1

$$B = B_{\text{п}} + B_{\text{ш}} + B_{\text{т}} + B_{\text{д}}, \quad (3.1)$$

где V – исправленное значение замеренного давления, Па; V_p – отсчет по прибору, Па; $V_{ш}$ – шкаловая поправка; V_t – температурная поправка, равная произведению температуры прибора на удельную температуру поправки прибора; V_d – добавочная поправка, Па.



Рис. 3.1 Барометр-анероид «БААМ-1»

Барометр-анероид «БААМ-1» измеряет атмосферное давление в наземных условиях в диапазоне температур от 0 до +40 С° и при относительной влажности воздуха более 80%

2. Температура воздушной среды измеряется с помощью ртутных или спиртовых термометров, а также с помощью термографов, обеспечивающих непрерывную запись температуры на ленте за определенный период времени. Температуру воздушной среды можно измерить также с помощью психрометров и термометров

3. Влажность воздуха – абсолютная и относительная определяется с помощью психрометров. Психрометр состоит из сухого и влажного термометров. Резервуар влажного термометра покрыт тканью, которая опущена в мензурку с водой. Испаряясь, вода охлаждает влажный термометр, поэтому его показания всегда ниже показания сухого.

Психрометры бывают типа Августа (Рис 3.2) и переносными, типа Ассмана (Рис 3.3). Психрометр Ассмана является более совершенным и точным прибором по сравнению с психрометром Августа. Принцип его устройства тот же, но термометры заключены в металлическую оправу, шарики термометра находятся в двойных металлических гильзах, а в головке прибора помещается вентилятор с постоянно скоростью 4 м/с.

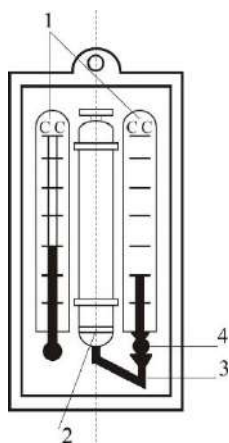


Рис. 3.2 Психрометры Августа

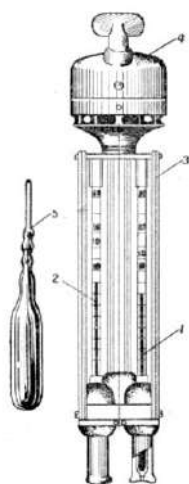


Рис. 3.3 Психрометр Ассмана

Влажность воздуха может быть рассчитана: 1) по давлению водяного пара, находящегося в воздухе или 2) по плотности водяного пара

При первом способе сначала определяется давление водяного пара $P_{н.в}$ находящегося в воздухе при данной температуре

$$P_{н.в} = P_{н.с} - c(T_c - T_B)V \quad (3.2)$$

где $P_{н.в}$ — давление насыщенного водяного пара при температуре t_B , зафиксированной влажным термометром, $P_{н.с}$ — коэффициент психрометра, зависящий от скорости движения воздуха около шарика мокрого термометра (при скорости движения воздуха до 4 м/с принимают $c = 0.00074$, свыше 4 м/с — 0,00066) t_c и t_B — температура сухого и влажного термометра, V —

барометрическое давление воздуха в момент измерения температур психрометром, Па

Определив парциальное давление водяного пара, находят относительную влажность воздуха

$$\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%, \quad (3.3)$$

где $p_{н.с}$ – давление насыщенного водяного пара при температуре t_c , зафиксированной влажным термометром,

При расчете влажности воздуха по плотности водяного пара определяются:

а) абсолютная влажность воздуха (масса водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре)

$$F = \frac{(1000 \cdot p_{н.с})}{(461,5(273 + t_c))}, \quad (3.4)$$

где 461,5 – удельная газовая постоянная водяного пара Дж/(кг *К);

б) максимальная абсолютная влажность воздуха

$$A_{\max} = \frac{1000 \cdot p_{н.с}}{461,5 \cdot (273 + t_c)}, \quad (3.5)$$

в) относительная влажность воздуха φ

$$\varphi = \frac{A}{A_{\max}} \cdot 100, \quad (3.6)$$

Таблица 3.0

Давление насыщенного водяного пара Р, Па при температуре воздуха

t, C	Р, Па	t, C	Р, Па	t, C	Р, Па	t, C	Р, Па
0	611	10	1228	20	2328	30	4242
1	657	11	1312	21	2486	31	4493
2	705	12	1403	22	2644	32	4754
3	759	13	1497	23	2809	33	5030
4	813	14	1599	24	2894	34	5320
5	872	15	1705	25	3168	35	5624
6	935	16	1817	26	3361	36	5941

7	1001	17	1937	27	3565	37	6275
8	1073	18	2064	28	3780	38	6625
9	1148	19	2197	29	4005	39	6991

Значение относительной влажности φ , найденного описанными способами, может быть проверено по данным психометрической таблицы

4. Скорость движения воздуха измеряется с помощью крыльчатых или чашечных анемометров (Рис 3.4). Крыльчатый анемометр принимается для измерения скорости воздуха до 10 м/с, а чашечный – до 30м/с. Принцип действия анемометров обоих типов основан на том, что частоты вращения крыльчатки тем больше, чем больше скорость движения воздуха. Вращение крыльчатки передается на счетный механизм. Разница в показаниях до и после измерения, деленная на время наблюдения, показывает число делений в 1 с. Специальный тарифовочный паспорт, предлагаемый к каждому прибору позволяет по вычисленной величине делений определить скорость движения воздуха.



Рис 3.4 Чашечный анемометр

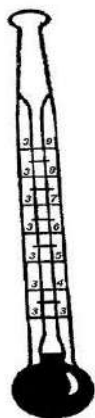


Рис. 3.5 Кататермометр

Скорость движения воздуха в интервале величин от 0.1 до 0.5 м/с можно определить с помощью кататермометра (Рис.3.5). Шаровой кататермометр представляет собой стартовый термометр с двумя резервуарами: шаровым внизу и цилиндрическим вверху. Шкала кататермометра имеет деления от 31 до 41 градуса. Для работы с этим прибором его предварительно нагревают на водяной бане, затем вытирают насухо и помещают в исследуемое место. По величине падения столба спирта в единицу времени на кататермометре при его охлаждении судят о скорости движения воздуха. Для измерения малых скоростей (от 0.03 до 5 м/с) при температуре в производственных помещениях не ниже 10С применяется термоанемометр. Это электрический прибор на полупроводниках, принцип его действия основан на измерении величины сопротивления датчика при изменении температуры и скорости движения воздуха.

Таблица 3.1

Значения относительной влажности

$t_c, ^\circ\text{C}$	Разность показаний сухого и влажного термометров $t_c - t_b, ^\circ\text{C}$									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Относительная влажность $\varphi, \%$									
0	100	81	63	45	28	11				

1	100	83	65	48	32	16				
2	100	84	68	51	35	20				
3	100	84	69	54	39	24	10			
4	100	85	70	56	42	28	14			
5	100	86	72	58	45	32	19	6		
6	100	86	73	60	47	35	23	10		
7	100	87	74	61	49	37	26	14		
8	100	87	75	63	51	40	29	18	7	
9	100	88	76	64	53	42	31	21	11	
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5

Продолжение табл. 3.1

11	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40
27	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41

28	100	93	85	78	71	65	59	52	48	42
29	100	93	86	79	72	66	60	54	49	43
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44

Скорость движения воздуха V , м/с, при замере ее анемометром АСО-3 подсчитывается по формуле

$$V = an + b, \quad (3.7)$$

где n – число делений в 1 с; $n = \frac{n_k - n_n}{t_{\text{зам}}}$; n_n и n_k – начальный и конечный отсчеты по анемометру; $t_{\text{зам}}$ – продолжительность замера по прибору.

При выполнении настоящего практического занятия рекомендуется использовать формулу:

$$V = 0,45n + 0,01$$

5. Гигиеническая оценка результатов расчета параметров микроклимата: производится по санитарным нормам, приведенным в ГОСТ 12.1.005-88.

Таблица 3.2

Оптимальные нормы температуры, относительно влажности и скорости движения воздуха по рабочей зоне производственных помещений

Период Года	Категория Работ	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха м/с не более
Холодный (температура наружного воздуха ниже +10°C)	Легкая – 1	22-24	40-60	0,1
	Легкая – 1б	21-23	40-60	0,1
	Средней	18-20	40-60	0,2
	тяжести – Па	17-19	40-60	0,2
	Средней	16-18	40-60	0,3
	тяжести – Пб Тяжелая – III			

Теплый (температура наружного воздуха +10°C и выше)	Легкая – 1а	23-25	40-60	0,1
	Легкая – 1б	22-24	40-60	0,2
	Средней	21-23	40-60	0,3
	тяжести – Па	20-22	40-60	0,3
	Средней	18-20	40-60	0,4
	тяжести – Пб			
	Тяжелая - III			

Пример расчета:

Исходные данные: $B_n = 87937$ Па, $B_{ш} = -50$ Па, $t_c = 22$ °C, $t_b = 16$ °C,
 $\Delta t = -\frac{10\text{Па}}{^\circ\text{C}}$, $B_d = +100$ Па, $n_n = 6000$, $t_{\text{зам}} = 200$ с, период года – теплый.

Решение:

1. Атмосферное давление на рабочем месте (при температурной поправке)

$$B_t = t_c * \Delta t = 22(-10) = -220 \text{ Па}$$

$$B = B_n + B_{ш} + B_t + B_d = 87837 - 50 - 220 + 110 = 87667 \text{ Па.}$$

2. Скорость движения воздуха по исходным данным, полученным при помощи анемометра АСО-3. При числе давлений в 1с

$$n = \frac{n_k - n_n}{t_{\text{зам}}} = 6040 - \frac{6000}{200} = 0,2 \text{ дел/с}$$

Скорость движения воздуха составляет;

$$V = 0,45n + 0,01 = 0,45 * 0,2 + 0,01 = 0,10 \text{ м/с}$$

3. Относительная влажность воздуха по давлению водяного пара. При давлении насыщенного водяного пара при температуре сухого термометра $P_{н.с} = 2644$ Па и температуре влажного термометра $P_{н.в} = 1817$ Па и парциальном давлении водяного пара в воздухе:

$$P_{в.п} = P_{н.в} - C(t_c - t_b) * B = 1817 - 0,00074 * (22 - 16) * 87837 = 1427 \text{ Па}$$

относительная влажность воздуха:

$$\varphi = \frac{P_{в.п}}{P_{н.с}} 100 = \frac{1427}{2644} 100 = 54\%$$

3б. Относительная влажность воздуха по плотности (массе) водяного пара. При абсолютной влажности воздуха:

$$A = \frac{1000 * P_{в.п}}{461,5(273 + t_c)} = \frac{1000 * 1527}{461,5(273 + 22)} = 10,48 \text{ г/м}^3$$

И максимальной влажности воздуха:

$$A_{max} = \frac{1000 * P_{н.с}}{461,5(273 + t_c)} = \frac{1000 * 2644}{461,5(273 + 22)} = 19,42 \text{ г/м}^3 \text{ относительная влажность}$$

воздуха равна:

$$\varphi = \frac{A}{A_{max}} 100 = \frac{10,48}{19,42} 100 = 54\%$$

3в. Правильность произведенных подсчетов φ подтверждают данные таблицы. При разности показаний сухого и влажного термометров $T_c - T_v = 22 - 16 = 6 \text{ }^\circ\text{C}$ относительная влажность воздуха φ равна 54%

Варианты заданий

Для выполнения задания даются следующие показатели: отсчет по барометру Вп Температура воздуха по сухому (T_c) и влажному (T_v) термометрам психрометра, начальный (N_n) и конечный (N_k) отсчеты по анемометру, продолжительность замера скорости движения воздуха $T_{зам}$, период года (холодный, теплый) Для отсчета скорости движения воздуха использовать формулу

$$V = 0,45n + 0,01$$

Интенсивность теплового излучения на рабочем месте полагать равной 50 Вт/м^2 . Числовые значения исходных данных приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Числовые значения поправок к барометру

вариант	Вв, Па	Вш, Па	$\Delta t, \text{Па/}^\circ\text{C}$	Ва, Па	Тс, $^\circ\text{C}$	Тв, $^\circ\text{C}$	Nн	Nк	Т зам, $^\circ\text{C}$	Период года
1	110146	-100	-10	+100	23	18	6000	6246	140	Холодный
2	105752	-100	-10	+100	22	16	6107	6138	155	То же
3	97989	+75	-10	+100	18	13	6357	6407	160	То же
4	90498	+25	-10	+100	17	11	6841	6909	170	То же
5	94232	+150	-10	+100	16	11	6944	7051	200	То же
6	103379	-50	-10	+100	24	17	6107	6387	150	Теплый
7	107509	-100	-10	+100	23	17	6305	6696	187	То же
8	89371	0	-10	+100	22	15	6421	6501	190	То же
9	94263	+150	-10	+100	20	15	6725	6830	175	То же
10	96946	+100	-10	+100	19	12	6100	6176	11	То же

Порядок выполнения работы

1. Расчет и оформление практической работы провести в соответствии с примером расчета. Варианты заданий определяются пр-ем.
2. Результаты расчетов микроклимата на рабочем месте в производственном помещении занести в таблицу.

Таблица 3.4

Пример заполнения таблицы

Температура воздуха		Относительная влажность %		Скорость движения воздуха	
Фактически данная	Оптимальна я по нормам	Фактически рассчитанная	Оптимальна я по нормам	Фактически рассчитанная	Оптимальна я по нормам

3. На основании полученных результатов определить категорию работ, в соответствии с периодом года.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под микроклиматом производственных помещений?
2. Опишите характер действия климатических факторов на организм человека.
3. В чем состоит нормирование воздействий климатических факторов на человека?
4. Как определяют давление, температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха?
5. Назовите способы и средства нормализации микроклимата на рабочих местах.

РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЙ И БОРЬБА С ИЗБЫТОЧНЫМ ТЕПЛОМ В ШАХТАХ

Цель практического занятия - закрепление теоретических знаний, полученных при изучении темы «Комфортные условия жизнедеятельности», и овладение методикой расчета тепловыделений в выработки глубоких шахт и выбора технических решений по борьбе с избыточным теплом.

Общие сведения. Климатические условия в подземных выработках, особенно в глубоких шахтах, как правило, отличаются от климатических условий на земной поверхности. Микроклимат горных выработок (т. е. действующее в них на организм человека сочетание температуры, влажности, скорости движения воздуха, его давления и температуры окружающих поверхностей) в значительной степени зависит от теплообменных процессов, происходящих на пути движения воздуха. Под воздействием этих процессов температура шахтного воздуха в выработках существенно повышается с увеличением глубины ведения горных работ.

Нагревание воздуха, движущегося по горным выработкам, происходит в результате:

- теплообмена между потоком шахтного воздуха и окружающим выработки массивом горных пород, т. е. охлаждения пород;
- естественного адиабатического сжатия воздуха при движении его вниз по вертикальным и наклонным выработкам;
- изменения содержания влаги в воздухе;
- теплообмена между воздухом и подземной водой, текущей по выработкам;
- окисления угля, угольной пыли, сульфидных руд, крепежного леса и некоторых других веществ;
- охлаждения отбитых и транспортируемых масс угля и породы;
- работы горных машин и механизмов;
- выделения тепла осветительными установками, электрическими кабелями, трубопроводами сжатого воздуха, телом человека, а также действия других второстепенных факторов.
- Вызванное перечисленными факторами приращение температуры шахтного воздуха ($^{\circ}\text{C} = \text{K}$), может быть определено из выражения

$$\Delta t = \frac{\sum Q_i}{c_p \rho V}, \quad (4.1)$$

где $\sum Q_i$ - суммарное количество теплоты, идущее на нагревание воздуха, кДж/ч; C_p - удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, кДж/(кг·К); ρ - плотность воздуха, кг/м³; V - объемный расход воздуха, м³/ч.

Шахтный воздух уже при температуре свыше 25 °С оказывает отрицательное тепловое воздействие на физиологию и гигиену труда подземных рабочих. При задержке отдачи телом человека накопившегося в нем тепла возникает перегрев организма, осложняющий протекание жизненных процессов. Чрезмерный перегрев организма вызывает ухудшение самочувствия человека, приводит к серьезным заболеваниям (в наиболее тяжелых случаях - к

тепловому удару, или стрессу, или даже к смерти), увеличивает вероятность травматизма, снижает производительность труда.

Изменение температуры воздуха (и других параметров микроклимата) в подземных выработках оказывает влияние также на физико-механические свойства горных пород и на безопасное состояние сооружений и выработок.

Расчет выделения теплоты в выработки глубоких шахт ведется по следующим зависимостям.

1. Тепловыделение при охлаждении горных пород. Количество теплоты $Q_{\text{охл}}$, кДж/ч, выделяющееся вследствие охлаждения окружающих выработку горных пород, описывается уравнением Ньютона для конвективного теплообмена

$$Q_{\text{охл}} = K_{\tau} P l (t_{\text{п}} - t_{\text{в}}), \quad (4.2)$$

где K_{τ} - коэффициент нестационарного теплообмена между массивом горных пород и воздухом, кДж/(м²·ч·К) (рассчитывается по формуле, приводимой ниже); P и l - периметр и длина выработки, м; $t_{\text{п}}$ - естественная температура неохлажденных пород на данной глубине, (°С = К, расчет приводится ниже); $t_{\text{в}} = t_{\text{пб}}$ - допустимая температура воздуха в выработке, °С (принимается согласно Правилам безопасности).

Коэффициент K_{τ} , кДж/(м²·ч·К) определяется по формуле

$$K_{\tau} = \frac{\lambda}{1 + \frac{\lambda}{2\alpha_0 R_3}} \cdot \left[\frac{1}{2R_3} + \frac{1}{\sqrt{\pi a \tau \left(1 + \frac{\lambda}{2\alpha_0 R_3}\right)}} \right], \quad (4.5)$$

где λ - коэффициент теплопроводности породы, кДж/(м·ч·К) (принимается по табл. 3.1); α_0 - суммарный коэффициент теплоотдачи от стен шахтной выработки к воздуху, кДж/(м²·ч·К) (расчет ниже); R_3 - эквивалентный радиус выработки, м: $R_3 = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 0.564\sqrt{S}$, a - коэффициент температуропроводности

породы, м²/ч: $\alpha = \frac{\lambda}{c_{п} \cdot \rho_{п}}$ (принимается по табл. 3.1); $c_{п}$ - удельная теплоемкость породы, кДж/(кг·К) (принимается по табл. 3.1); $\rho_{п}$ - плотность породы, кг/м³ (принимается по табл. 3.1); τ - расчетное время процесса теплообмена, ч (например, при длительности процесса теплообмена 4 года значение $\tau = 4 \cdot 365 \cdot 24 = 35040$ ч).

Таблица 4.0

Тепловая характеристика пород

Порода	ρ , кг/м ³	$c_{п}$, кДж/(кг·К)	λ , кДж/(м·ч·К)	a , м ² /ч
Песчаник (Центральный Донбасс)	2475	0,854	9,211	0,00436
Глинистые и песчаные сланцы (там же)	2450	0,904	6,363	0,00287
Уголь (там же)	1225	1,184	1,051	0,00073
Бурый уголь (Челябинский бассейн)	1210	1,130	0,913	0,00067
Каменный уголь (Карагандинский бассейн)	1275	1,055	0,963	0,00072
Углистый сланец	1765	1,021	3,006	0,00167
Глинистый сланец	2433	0,992	3,354	0,00139
Змеевик	2690	0,950	5,694	0,00223
Гранит	2722	0,917	7,972	0,00319
Серный колчедан (Дегтярское месторождение)	4620	0,908	15,010	0,00358
Медный колчедан (там же)	4716	0,862	15,165	0,00373

Суммарный коэффициент теплоотдачи с поверхности горной выработки α_0 , кДж/(м²·ч·К), находится из выражения

$$\alpha_0 = \alpha_k + \alpha_n,$$

где α_k - конвективный коэффициент теплоотдачи от стен выработки к воздуху, кДж/(м²·ч·К)

$$\alpha_k = 2,9 \cdot 4,1868 \frac{V^{0,8}}{D_3^{0,2}} = 12,14 \frac{V^{0,8}}{D_3^{0,2}}$$

где v - скорость движения воздуха в выработке, м/с; D_3 - эквивалентный диаметр выработки, м: $D_3 = \frac{4S}{\pi}$; $\alpha_{и}$ - коэффициент, учитывающий испарения влаги с мокрых стен выработки, кДж/(м²·ч·К)

$$\alpha_{и} = 1,3\beta \cdot r,$$

где β - коэффициент массоотдачи (коэффициент испарения), кг/(м²·ч·К), принимается равным 0,01 - для стволов, 0,15 - для капитальных выработок, 0,03 - для лав; r - теплота парообразования воды, принимается $r = 2256$ кДж/кг.

Температура горных пород в массиве $t_{п}$, °С, на заданной глубине H , м, от земной поверхности определяется по формулам:

$$t_{п} = h \cdot t_{н} + \frac{H-H_0}{\Gamma_{ст}} \quad \text{или} \quad t_{п} = h \cdot t_{н} + (H - H_0)\delta, \quad (4.6)$$

где $t_{п}$ - температура пород нейтрального слоя (зоны с постоянной температурой пород) в данной местности; принимается примерно равной среднегодовой температуре воздуха на земной поверхности в данном районе, °С; $t_{н} = 8,5; 2,5; 2,5; 3,0$ °С для условий соответственно Донбасса, Кузбасса, Караганды и Мосбасса; H_0 - глубина (толщина) нейтрального слоя, м: $H_0 = 20-40$ м; $\Gamma_{ст}$ - геотермическая ступень данного района, м/°С: в среднем $\Gamma_{ст}$ составляет для угольных месторождений 30–40 м/°С, рудных 50-140 м/°С, нефтяных 15-20 м/°С; δ - геотермический градиент, °С/м.

2. Тепловыделение при сжатии воздуха. Количество теплоты $Q_{сж}$, кДж/ч, выделяющееся при движении воздуха вниз по вертикальным и наклонным выработкам, определяется выражением

$$Q_{сж} = 9,81 \cdot \rho \frac{V_{в} \cdot H}{1000} = 0,00981 \cdot \rho \cdot V_{в} \cdot H, \quad (4.7)$$

где ρ - плотность воздуха, кг/м³; $V_{в}$ - количество воздуха, проходящего по выработке (объемный часовой расход воздуха), м³/ч: $V_{в} = 3600 \cdot v \cdot S$;

v - скорость движения воздуха в выработке, м/с; S - площадь поперечного сечения выработки, м²; H - глубина расположения выработки, м; для наклонной выработки

$$H = l_n \cdot \sin \psi, \quad (4.8)$$

где l_n - длина наклонной выработки; ψ - угол наклона выработки, град.

3. Тепловыделение при окислительных процессах. Количество теплоты $Q_{ок}$, кДж/ч, образующееся при окислении угля, угленосных сланцев, сульфидных руд и древесины, подсчитывается по формуле А. Ф. Воропаева

$$Q_{ок} = q_{ок} \cdot V^{0.8} \cdot P \cdot l, \quad (4.9)$$

где $q_{ок}$ - тепловыделение в результате окислительных процессов, приведенное к скорости движения воздуха в выработке, $V = 1$ м/с, кДж/(м²·ч); $q_{ок}$ можно принимать равным 12-21 кДж/(м²·ч).

4. Тепловыделение от местных источников. К местным источникам теплоты относят электродвигатели, трансформаторы, светильники, электрические кабели, трубопроводы сжатого воздуха, пневматические двигатели, другие тепловыделяющие машины, механизмы и устройства, а также работы, производимые с применением бетона на участке выработки или в призабойной зоне, когда тепло выделяется при его отвердении.

Расчетные формулы для определения количества теплоты от местных источников имеют следующий вид:

4.1. Тепловыделение при работе *электродвигателей* горных машин и освещения $Q_{эд}$, кДж/ч

$$Q_{эд} = \frac{3600 \cdot N_{потр} \cdot k_3}{\eta_э}, \quad (4.10)$$

где $N_{потр}$ - потребляемая мощность электродвигателей и осветительных установок, кВт; k_3 - коэффициент загрузки оборудования во времени: $k_3 = 0,8$; $\eta_э$ - к. п. д. электродвигателя: $\eta_э = 0,95$.

4.2. Тепловыделение в выработку (ствол, уклон, бремсберг и др.) при эксплуатации **лебедок** $Q_{л}$, кДж/ч:

- при подъеме груза лебедкой $Q_{лп} = 3600 \cdot N_{л} \cdot k_3(1 - \eta_m)$;

- при спуске груза лебедкой $Q_{лс} = 3600 \cdot N_{л} \cdot k_3$.

где $N_{л}$ - установленная мощность электродвигателя лебедки, кВт; η_m - механический к. п. д.: $\eta_m = 0,8$.

4.3. Тепловыделение при работе **трансформатора** $Q_{тр}$, кДж/ч

$$Q_{тр} = 3600 \cdot N_{тр} \cdot p_{тр}, \quad (4.11)$$

где $N_{тр}$ - мощность трансформатора, кВт; $p_{тр}$ - тепловые потери трансформатора: $p_{тр} = 0,04 \div 0,05$.

4.4. Тепловыделение при затвердевании монолитной **бетонной крепи** $Q_б$, кДж/ч

$$Q_б = q_б \cdot P \cdot l_{ц}, \quad (4.12)$$

где $q_б$ - удельное выделение теплоты при отвердевании бетона, кДж/(м²·ч); принимается $q_б = 200 \div 400$ кДж/(м²/ч); P - периметр выработки, м; $l_{ц}$ - длина участка бетонирования, контактирующего с вентиляционной струей за один цикл проходки, м.

4.5. Тепловыделение при **взрыве ВВ**. В выработке большого сечения при использовании более 100 кг ВВ тепловыделение при взрыве $Q_{взр}$, кДж/ч, рассчитывается по формуле

$$Q_{взр} = 0,8 \cdot q_{взр} \cdot m_з, \quad (4.13)$$

где $q_{взр}$ - удельное тепловыделение при взрыве 1 кг ВВ, кДж/кг; $m_з$ - масса заряда, кг.

Таблица 4.1

Рекомендуемые значения $q_{взр}$ для применяемых ВВ

Аммонит ПЖВ-20	3360		Аммонит АП-5ЖВ	3780
----------------	------	--	----------------	------

Угленит Э-6	2570		Аммонит скальный №1	5400
Победит ВП-4	3810		Аммонит № 6 ЖВ	4290
Аммонит АП-4ЖВ	3560		Игданит	3790

4.6. Тепловыделение при работе шахтных **вентиляторов** происходит в результате работы электродвигателя, внутренних потерь энергии в вентиляторе и аэродинамического сжатия воздуха. Количество теплоты $Q_{\text{вент}}$, кДж/ч, поступающее в выработку при работе вентилятора, выражается формулой

$$Q_{\text{вент}} = 3600 \cdot V_{\text{вс}} \frac{h_{\text{в}}}{1000 \eta_{\text{вв}}} = 3,6 \cdot V_{\text{вс}} \frac{h_{\text{в}}}{\eta_{\text{вв}}}, \quad (4.14)$$

где $V_{\text{вс}}$ - количество воздуха, проходящего по выработке (секундный расход), м³/с; $h_{\text{в}}$ - депрессия выработки, Па;

$$h_{\text{в}} = \alpha_{\text{в}} \cdot P \cdot l \frac{v^2}{S}, \quad (4.15)$$

где $\alpha_{\text{в}}$ - коэффициент аэродинамического сопротивления трения выработки, Н·с²/м⁴ = Па·с²/м²; P, l, S - периметр, длина и площадь поперечного сечения выработки, м, м, м²; v - средняя скорость движения воздуха по выработке, м/с;

$$\eta_{\text{вв}} = \eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{п}}, \quad (4.16)$$

$\eta_{\text{в}} = 0,6 \div 0,8$; $\eta_{\text{дв}} = 0,85 \div 0,95$ и $\eta_{\text{п}}$ - к. п. д. соответственно вентиляторной установки, вентилятора, двигателя и редукторной ($\eta_{\text{п}} = 1$) или ременной ($\eta_{\text{п}} = 0,9 \div 0,95$) передач.

Подставляя (4.15) в (4.16) и учитывая, что

$$V_{\text{вс}} = v \cdot S \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4.17)$$

получим (кДж/ч)

$$Q_{\text{вент}} = 3,6 \cdot \alpha_{\text{в}} \cdot P \cdot l \frac{v^3}{\eta_{\text{вв}}}. \quad (4.18)$$

4.7. Тепловыделение при работе **людей** $Q_{\text{л}}$, кДж/ч

$$Q_{\text{л}} = q_{\text{л}} \cdot n_{\text{л}}, \quad (4.19)$$

где $q_{\text{л}}$ - количество теплоты, выделяемое работающим человеком, кДж/ч·чел
 $q_{\text{л}} = 1050 \div 2500$ кДж/ч·чел.; $n_{\text{л}}$ - число одновременно работающих людей в выработке.

5. Общее тепловыделение в выработку $Q_{\text{общ}}$, кДж/ч, находится суммированием всех частных выделений теплоты

$$Q_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n Q_i \quad (4.20)$$

Способы искусственного охлаждения шахтного воздуха

Целью искусственного охлаждения шахтного воздуха является отвод определенного («излишнего») количества теплоты от него при помощи охлаждающего вещества. Тепло от воздуха можно отвести путем соприкосновения последнего с какой-либо холодной поверхностью или путем смешения его с газообразной струей, имеющей температуру ниже температуры воздуха.

Борьба с избыточным выделением теплоты в горные выработки ведется по нескольким направлениям:

- предохранение воздуха от нагревания при его движении к местам потребления;
- охлаждение воздуха без применения специальных холодильных машин;
- охлаждение воздуха с применением холодильных машин (кондиционирование).

Способы предупреждения нагревания шахтного воздуха включают в себя следующее:

- увеличение количества подаваемого в выработки воздуха путем повышения мощности вентиляторных установок, увеличения скорости движения воздуха, расширения сечений воздухоподающих выработок;

- замена машин с электроприводам машинами с пневматическим приводом;
- тепло- и гидроизоляция стен выработок;
- теплоизоляция и тщательное уплотнение воздухоподающих трубопроводов;
- предупреждение возникновения интенсивных окислительных процессов;
- сокращение пути движения воздуха к местам потребления путем выбора соответствующей схемы проветривания, проведения дополнительных выработок и скважин;
- подача воздуха к местам потребления по специально пройденным выработкам, где скорость движения воздуха может быть существенно увеличена;
- замена восходящего проветривания очистных выработок нисходящим проветриванием (при соблюдении соответствующих требований ПБ).

Для предотвращения нагревания воздуха без применения холодильных машин используются следующие способы:

- осушение воздуха сорбентами, т. е. веществами, способными поглощать влагу из воздуха (например, хлористым кальцием);
- охлаждение воздуха льдом;
- охлаждение воздуха жидким воздухом, при испарении которого поглощается значительное количество теплоты;
- охлаждение воздуха сжатым воздухом (например, от пневмокондиционеров);
- охлаждение воздуха водой: путем непосредственного соприкосновения охлаждающей воды с воздухом либо через поверхность труб, где воздух охлаждается в специальных теплообменниках;

- пропускание воздуха через тепловыравнивающие каналы путем подвода воздуха к стволу по горизонтальным выработкам, пройденным на глубине среднегодовой температуры.

Наиболее эффективным является искусственное охлаждение воздуха в системах кондиционирования: в компрессорных и абсорбционных холодильных установках. Холодильные установки бывают передвижные и стационарные. Передвижные установки предназначены для охлаждения воздуха в тупиковых выработках или в отдаленных очистных забоях. Стационарные установки располагаются как на земной поверхности, так и в подземных условиях.

Хладопроизводительность (холодильная мощность) отечественных шахтных холодильных агрегатов и кондиционеров составляет:

- передвижных кондиционеров ВК-230 - 230 кВт, КПШ-3 – 105 кВт, КПШ-40 - 47 кВт, КПШ-40П с пневмоприводом - 52 кВт;
- турбокомпрессионных холодильных машин ШХТМ-1300 - 1500 кВт, ХТМФ-235М-2000 - 2325 кВт, ХТМФ-248-4000 - 4650 кВт;
- поршневой холодильной машины МФ-220-1РШ - 255 кВт;
- абсорбционной холодильной машины АБХА-2500-2В – 2800 кВт.

Для стационарной работы на поверхности используются машины ХТМФ-235-2000, ХТМФ-248-4000, АБХА-2500-2В, а машины ШХТМ-1300 и МФ-220-1РШ устанавливаются на глубоких горизонтах.

Охлаждение шахтного воздуха с применением холодильных машин становится необходимым, когда общее тепловыделение в выработку $Q_{\text{общ}}$ превышает тепловыделение в нее, допускаемое Правилами безопасности, $Q_{\text{пб}}$, т. е. при условии

$$Q_{\text{общ}} > Q_{\text{пб}}.$$

Поскольку эти количества теплоты описываются формулами:

$$Q_{\text{общ}} = c_p \cdot \rho \cdot V_{\text{теп}} \cdot (t_{\text{пб}} - t_{\text{н}}) \text{ и } Q_{\text{пб}} = c_p \cdot \rho \cdot V_{\text{в}} \cdot (t_{\text{пб}} - t_{\text{н}}),$$

то критерий необходимости кондиционирования воздуха в выработке может быть записан в виде соотношения

$$V_{\text{теп}} > V_{\text{в}},$$

где $V_{\text{теп}}$ - количество воздуха, которое необходимо подать в выработку по тепловому фактору без охлаждения воздуха, м³/ч;

$$V_{\text{теп}} = \frac{Q_{\text{общ}}}{c_p \cdot \rho \cdot \Delta t}, \quad (4.21)$$

где c_p - удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, кДж/(кг·К)
 $c_p = 0,241 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \cdot 4,1868 \text{ кДж/ккал} = 1,009 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; ρ - плотность воздуха, кг/м³; Δt - перепад температур между выходящим (отработанным) и входящим (свежим) воздухом, проходящим по выработке, К (°C):

для стволов $\Delta t = t_{\text{в}} - t_{\text{н}}$, для подземных выработок $\Delta t = t_{\text{п}} - t_{\text{в}}$.

При необходимости кондиционирования воздуха следует выбрать тип кондиционера, рассчитать потребное количество кондиционеров и проверить правильность их установки.

Требуемая холодопроизводительность кондиционера $N_{\text{к}}'$, кВт, находится по формуле

$$N_{\text{к}}' = \frac{c_h \cdot \rho \cdot V_d (t_{\text{н}} - t_{\text{пб}})}{3600} \quad (4.22)$$

К установке принимают кондиционер холодопроизводительностью

$$N_{\text{к}} \geq N_{\text{к}}'$$

При установке кондиционера в выработку (обычно одного) температура смеси за кондиционером $t_{\text{см}}$, °C (=K), определяется соотношением

$$t_{\text{см}} = t_{\text{п}} - 3600 \frac{N_{\text{к}}}{c_p \cdot \rho \cdot V_{\text{в}}} \quad (4.23)$$

Достаточность установки кондиционера проверяется по условию

$$t_{\text{см}} < t_{\text{в}}$$

Если $t_{\text{см}} > t_{\text{в}}$, то необходимо установить более мощный кондиционер.

Пример расчета. Исходные данные:

выработка - ствол шахты,

$$\lambda = 9,21 \text{ кДж}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{К}),$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 38,5 \text{ м}^2,$$

$$a = \frac{\lambda}{c_{\pi} \cdot \rho_{\pi}} = 0,00477 \text{ м}^2/\text{ч},$$

$$r_3 = 3,5 \text{ м},$$

$$v = 2 \text{ м/с},$$

$$d = d_3 = 7 \text{ м},$$

$$\tau = 7 \text{ лет} = 7 \cdot 365 \cdot 24 = 61320 \text{ ч},$$

$$P = \pi \cdot d = 22 \text{ м},$$

$$t_{\text{н}} = 8,5 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$l = H = 1200 \text{ м},$$

$$t_{\text{в}} = t_{\text{пб}} = 24 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$\alpha = 0^{\circ},$$

$$N_{\text{потр}} = 100 \text{ кВт},$$

$$H_0 = 20 \text{ м},$$

$$N_{\pi} = 90 \text{ кВт},$$

$$\delta = \frac{1}{\Gamma_{\text{ст}}} = 0,035 \text{ м/}^{\circ}\text{C},$$

$$\alpha_6 = 0,0040 \text{ кгс} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4 = \\ = 0,0392 \text{ Па} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2,$$

порода - песчаник,

$$N_{\text{тр}} = 100 \text{ кВт},$$

$$\rho_{\pi} = 2400 \text{ кг/м}^3,$$

$$n = 7 \text{ человек}.$$

$$c_{\pi} = 0,858 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К}),$$

Для обеспечения возможности выполнения расчета тепловыделений по приведенным выше формулам принимаем дополнительно следующие данные (параметры):

$$\beta = 0,01 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{К}),$$

$$P_{\text{тр}} = 0,05,$$

$$r = 2256 \text{ кДж/кг},$$

$$q_6 = 200 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}),$$

$$\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3,$$

$$l_{\pi} = 5 \text{ м},$$

$$q_{\text{ок}} = 16 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}),$$

$$q_{\pi} = 2000 \text{ кДж}/(\text{ч} \cdot \text{чел}),$$

$$\kappa_3 = 0,8,$$

$$\eta_{\text{вы}} = \eta_{\text{у}} \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\pi} = 0,7 \cdot 0,85 \cdot 0,95 = 0,56,$$

$$\eta_{\text{дв}} = 0,95,$$

$$c_p = 1,009 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$$

Подсчитываем количества теплоты, выделяющиеся в выработку.

1. Тепловыделение при охлаждении горных пород

$$\alpha_k = 12.4 \cdot \frac{V^{0.8}}{d_s^{0.2}} = 12.4 \cdot \frac{2^{0.8}}{7^{0.2}} = 14.32, \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{К});$$

$$\alpha_n = 1.3 \cdot \beta \cdot r = 1.3 \cdot 0.001 \cdot 2256 = 29.33, \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{К});$$

$$\alpha_0 = \alpha_k + \alpha_n = 14.32 + 29.33 = 43.65, \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{К});$$

$$K_\tau = \frac{\lambda}{1 + \frac{\lambda}{2\alpha_0 R_3}} \cdot \left[\frac{1}{2R_3} + \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot a \cdot \tau} \left(1 + \frac{\lambda}{2\alpha_0 R_3} \right)} \right] =$$
$$\frac{9.211}{1 + \frac{9.211}{2 \cdot 43.65 \cdot 3.5}} \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot 3.5} + \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot 0.00447 \cdot 61320} \left(1 + \frac{9.211}{2 \cdot 43.65 \cdot 3.5} \right)} \right] = 1.57,$$
$$\text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{К});$$

$$t_n = t_H + (H - H_0)\delta = 8.5 + (1200 - 20)0.035 = 50^\circ \text{C};$$

$$Q_{\text{охл}} = K_\tau \cdot P \cdot l(t_n - t_b) = 1.57 \cdot 22 \cdot 1200(50 - 24) = 107764 \text{ кДж}/\text{ч}.$$

2. Тепловыделение при сжатии шахтного воздуха

$$V_{\text{и}} = 3600 \cdot v \cdot S = 3600 \cdot 2 \cdot 38.5 = 277200 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$Q_{\text{сж}} = 0.00981 \cdot \rho \cdot V_{\text{в}} \cdot H = 0.00981 \cdot 1.25 \cdot 277200 \cdot 1200 = 4078998$$
$$\text{ кДж}/\text{ч}.$$

3. Тепловыделение при окислительных процессах

$$Q_{\text{ок}} = q_{\text{ок}} \cdot V^{0.8} \cdot P \cdot l = 16 \cdot 2^{0.8} \cdot 22 \cdot 1200 = 735441 \text{ кДж}/\text{ч}.$$

4. Тепловыделение от местных источников:

- при работе электродвигателей горных машин и освещения

$$Q_{\text{эд}} = \frac{3600 \cdot N_{\text{потр}} \cdot K_3}{\eta_{\text{дв}}} = \frac{3600 \cdot 100 \cdot 0.8}{0.95} = 303158 \text{ кДж}/\text{ч};$$

- при спуске груза лебедкой

$$Q_{\text{лс}} = 3600 \cdot N_{\text{н}} \cdot K_3 = 3600 \cdot 90 \cdot 0.8 = 259200 \text{ кДж}/\text{ч};$$

- при работе трансформатора

$$Q_{\text{тр}} = 3600 \cdot N_{\text{тр}} \cdot P_{\text{тр}} = 3600 \cdot 100 \cdot 0.5 = 18000 \text{ кДж}/\text{ч};$$

- при работе шахтных вентиляторов

$$Q_{\text{вент}} = 3,6 \cdot \alpha_B \cdot P \cdot l \frac{V^3}{\eta_{\text{вв}}} = 3,6 \cdot 0,0392 \cdot 22 \cdot 1200 \frac{2^3}{0,565} = 52751 \text{ кДж/ч};$$

- при затвердевании монолитной бетонной крепи

$$Q_{\text{б}} = q_{\text{б}} \cdot P \cdot l_{\text{ц}} = 200 \cdot 22 \cdot 5 = 22000 \text{ кДж/ч};$$

- при работе людей

$$Q_{\text{л}} = q_{\text{л}} \cdot n_{\text{л}} = 2000 \cdot 7 = 14000 \text{ кДж/ч}.$$

5. Общее тепловыделение в ствол

$$Q_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n Q_i = Q_{\text{охл}} + Q_{\text{сж}} + Q_{\text{ок}} + Q_{\text{зд}} + Q_{\text{лс}} + Q_{\text{тр}} + Q_{\text{вент}} + Q_{\text{б}} + Q_{\text{л}} = \\ 1077648 + 4078998 + 735441 + 303158 + 259200 + 18000 + 52751 + \\ 22000 + 14000 = 6561196 \text{ кДж/ч}.$$

Находим количество воздуха, необходимое для проветривания выработки по тепловому фактору без охлаждения воздуха

$$V_{\text{теп}} = \frac{Q_{\text{общ}}}{c_p \cdot \rho (t_{\text{нб}} - t_{\text{н}})} = \frac{6561196}{1,009 \cdot 1,25 (24 - 8,5)} = 335611 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Проверяем условие достаточности расхода воздуха по тепловому фактору $V_{\text{теп}} < V_{\text{в}}$.

В рассматриваемом случае это условие не выполняется, так как

$$V_{\text{теп}} = 335611 < V_{\text{в}} = 277200$$

Следовательно, требуется искусственное охлаждение воздуха при помощи холодильных машин.

Определяем требуемую хладопроизводительность холодильной машины

$$N_k = \frac{c_p \cdot \rho \cdot V_{\text{в}} (t_{\text{п}} - t_{\text{нб}})}{3600} = \frac{1,009 \cdot 1,25 \cdot 277200 (50 - 24)}{3600} = 2525 \text{ кВт}.$$

Принимаем $N_k = 2550$ кВт. Температура смеси теплого и охлажденного воздуха за кондиционером составит

$$t_{\text{см}} = t_{\text{п}} - \frac{3600 \cdot N_k}{c_p \cdot \rho \cdot V_{\text{в}}} = 50 - \frac{3600 \cdot 2550}{1,009 \cdot 1,25 \cdot 277200} = 23,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

что удовлетворяет требованиям ПБ.

Варианты заданий

Перечень вариантов заданий к расчету тепловыделений в горные выработки приведен в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Исходные данные для расчетов тепловыделений

	Величины	Номер варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Выработка	Штрек		Уклон		Квершлаг		Бремберг		Ствол	
2	$S, \text{ м}^2$	8	10	7	6	12	14	10	12	44,2	33,2
3	$P, \text{ м}$	11,8	13,2	11,0	10,2	14,4	15,6	13,2	14,4	23,6	20,4
4	$L, \text{ м}$	900	1000	300	500	700	600	1000	900	1100	1200
5	$\alpha, ^\circ$	6	8	40	50	10	8	15	20	90	90
6	$H, \text{ м}$	800	900	600	700	1000	800	1200	1500	1100	1200

Продолжение табл. 4.2

7	$H_0, \text{ м}$	20	21	22	23	24	25	30	35	28	30
8	$\Gamma_{\text{ст}}, \text{ м/}^\circ\text{С}$	30	25	26	27	31	29	32	28	34	27
9	Порода	Бурый уголь	Каменный уголь	Каменный уголь	Каменный уголь	Песчаник	Песчаник	Каменный уголь	Каменный уголь	Глинистый и песчаный сланец	Песчаник
10	$V, \text{ м/с}$	0,5	0,75	1,0	1,5	1,0	2,0	1,5	2,0	1,0	0,5
11	$\tau, \text{ м/с}$	3	2	6	8	5	9	10	7	6	4
12	$t_{\text{н}}, ^\circ\text{С}$	8,5	2,5	3,0	2,5	7,5	8,3	7,9	4,2	8,0	7,5
13	$t_{\text{в}} = t_{\text{пб}}, ^\circ\text{С}$	24	23	20	25	23	25	24	26	24	23
14	$N_{\text{потр}}, \text{ кВт}$	70	60	50	40	100	90	50	50	100	100
15	$N_{\text{л}}, \text{ кВт}$	-	-	50	50	-	-	-	-	-	100

16	$N_{\text{тр}}$, кВт	5	10	-	-	5	5	5	5	10	10
17	$\alpha_{\text{в}}$, Па·с ² /м ²	0,017	0,019	0,018	0,016	0,015	0,014	0,013	0,020	0,049	0,049
18	$n_{\text{л}}$, чел.	7	6	3	3	6	5	6	6	5	8

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте климатические условия в горных выработках глубоких шахт.
2. Как осуществляется теплоотдача тела человека в окружающую среду?
3. Какой микроклимат в выработках глубоких шахт считается допустимым?
4. Перечислите виды (формы) нагрева воздуха, движущегося по горным выработкам.
5. Как выполняется тепловое кондиционирование воздуха в горных выработках?

РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. ЦВЕТА СИГНАЛЬНЫЕ И ЗНАКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Цель работы – привить практические навыки в применении сигнальных цветов и знаков безопасности; изучить назначение, характеристики и порядок применения сигнальных цветов и знаков безопасности.

Теоретические положения.

Для предупреждения многих несчастных случаев на производстве и в быту эффективным средством является цветовое оформление машин, приборов, помещений и рациональное применение сигнальных цветов и знаков безопасности, которые устанавливает ГОСТ Р 12.4.026–01 [1].

Различают прямое психологическое воздействие цвета на человека, вызывающее, например, чувство радости или печали, создающее впечатление легкости или тяжести какого-либо предмета, удаленности или близости его, и вторичное воздействие, связанное с ассоциациями. Например, красный, оранжевый и желтый цвета ассоциируются с огнем, солнцем, т. е. теплом. Такие цвета создают впечатление тепла и называются теплыми цветами. Белый, голубой, зеленый и некоторые другие цвета ассоциируются с холодом и называются холодными цветами.

Сигнальные цвета применяются для окраски поверхностей конструкций, приспособлений и элементов производственного оборудования, которые могут служить источником опасности для работающих.

ГОСТом установлены красный, желтый, зеленый и синий сигнальные цвета. Для усиления контраста сигнальных цветов они применяются на фоне контрастных цветов. Контрастные цвета применяются также для выполнения символов и поясняющих надписей.

Красный сигнальный цвет применяется: для запрещающих знаков; надписей и символов на знаках пожарной безопасности, обозначений от-

ключающих устройств механизмов и машин, в том числе аварийных; внутренних поверхностей открывающихся кожухов и корпусов, ограждающих движущиеся элементы механизмов и машин и их крышек; рукояток кранов аварийного сброса давления; корпусов масляных выключателей, находящихся в рабочем состоянии под напряжением, и обозначения пожарной техники.

Желтый сигнальный цвет используется: для предупреждающих знаков элементов строительных конструкций, которые могут явиться причиной получения травм (низкие балки, выступы и перепады в полости пола, малозаметные ступени, пандусы), мест, в которых существует опасность падения, сужений проездов, колонн, стоянок и опор производственного оборудования (открытые движущиеся части оборудования); кромок штампов, прессов, ограждающих конструкций площадок для работ, проводимых на высоте, и т. п. элементов внутрицехового и межцехового транспорта, подъемно-транспортного оборудования и строительно-дорожных машин, кабин и ограждений кранов, боковых поверхностей электрокаров, погрузчиков, тележек и постоянных и временных ограждений или элементов ограждений, устанавливаемых на границах опасных зон, у проемов, ям, котлованов, выносных площадок, постоянных и временных ограждений лестниц, перекрытий строящихся зданий; балконов и других мест, где возможно падение с высоты, емкостей, содержащих вещества с опасными и вредными свойствами, на которые предупреждающую окраску наносят в виде полосы шириной 50–100 мм в зависимости от размещения емкости; границ подходов к эвакуационным или запасным выходам.

Зеленый сигнальный цвет применяется для предписывающих знаков дверей и светового табло эвакуационных или запасных выходов, сигнальных ламп.

Синий сигнальный цвет используется для указательных знаков. Символ на знаках безопасности – это простое, всем понятное изображение характера опасности, мер предосторожности, инструктивных указаний или информации

по безопасности. Знаки должны быть установлены в местах, пребывание в которых связано с возможной опасностью для работающих, а также на производственном оборудовании, являющемся источником такой опасности. Знаки безопасности, устанавливаемые на воротах и входных дверях помещений, обозначают, что зона их действия – все помещение. При необходимости ограничения зоны действия знака приводятся соответствующие указания с вышеуказанным ГОСТом. Они контрастно выделяются на окружающем их фоне и находятся в поле зрения людей, для которых предназначены. На местах и участках, являющихся временно опасными, устанавливаются переносные знаки и временные ограждения, окрашенные в сигнальный цвет. Всего предусмотрено четыре группы знаков безопасности:

- 1 запрещающий (в виде круга);
- 2 предупреждающий (в виде треугольника);
- 3 предписывающий (в виде квадрата);
- 4 указательный (в виде вертикального прямоугольника).

Для более полного усвоения формы символов на знаках и мест их установки следует дополнительно изучить раздел 3 ГОСТ Р 12.4.026-01 [1]. Для этого ниже дается необходимая выдержка из данного ГОСТа.

Стандарт не распространяется:

- на цвета, применяемые для световой сигнализации всех видов транспорта, транспортных средств и дорожного движения;
- цвета, знаки и маркировочные щитки баллонов, трубопроводов, емкостей для хранения и транспортирования газов и жидкостей;
- дорожные знаки и разметку, путевые и сигнальные знаки железных дорог, знаки для обеспечения безопасности движения всех видов транспорта (кроме знаков безопасности для подъемно-транспортных механизмов, внутризаводского, пассажирского и общественного транспорта);
- знаки и маркировку опасных грузов, грузовых единиц, требующих специальных условий транспортирования и хранения;

- знаки для электротехники.

Назначение сигнальных цветов, знаков безопасности и сигнальной разметки состоит в обеспечении однозначного понимания определенных требований, касающихся безопасности, сохранения жизни и здоровья людей, снижения материального ущерба без применения слов или с их минимальным количеством.

Сигнальные цвета, знаки безопасности и сигнальную разметку следует применять для привлечения внимания людей, находящихся на производственных, общественных объектах и в иных местах, к опасности, опасной ситуации, предостережения в целях избегания опасности, сообщения о возможном исходе в случае пренебрежения опасностью, предписания или требования определенных действий, а также для сообщения необходимой информации.

Применение сигнальных цветов, знаков безопасности и сигнальной разметки на производственных, общественных объектах и в иных местах не заменяет необходимости проведения организационных и технических мероприятий по обеспечению условий безопасности, использования средств индивидуальной и коллективной защиты, обучения и инструктажа по технике безопасности.

Размещение (установку) знаков безопасности на оборудовании, машинах, механизмах должна проводить организация-изготовитель. При необходимости дополнительное размещение (установку) знаков безопасности на оборудовании, машинах, механизмах, находящихся в эксплуатации, проводит эксплуатирующая их организация.

Графические символы и поясняющие надписи на знаках безопасности отраслевого назначения, не предусмотренные настоящим стандартом, необходимо устанавливать в отраслевых стандартах, нормах, правилах с соблюдением требований настоящего стандарта.

Назначение и правила применения сигнальных цветов.

Стандарт устанавливает следующие сигнальные цвета: красный, желтый, зеленый, синий. Для усиления зрительного восприятия цветографических изображений знаков безопасности и сигнальной разметки сигнальные цвета следует применять в сочетании с контрастными цветами – белым или черным. Контрастные цвета необходимо использовать для выполнения графических символов и поясняющих надписей.

Сигнальные цвета необходимо применять:

- для обозначения поверхностей, конструкций (или элементов конструкций), приспособлений, узлов и элементов оборудования, машин, механизмов и т. п., которые могут служить источниками опасности для людей, поверхности ограждений и других защитных устройств, систем блокировок и т. п.;
- обозначения пожарной техники, средств противопожарной защиты, их элементов;
- знаков безопасности, сигнальной разметки, планов эвакуации и других визуальных средств обеспечения безопасности;
- светящихся (световых) средств безопасности (сигнальные лампы, табло и др.);
- обозначения пути эвакуации.

Смысловое значение, область применения сигнальных цветов и соответствующие им контрастные цвета установлены в табл. 5.0.

Красный сигнальный цвет следует применять:

- для обозначения отключающих устройств механизмов и машин, в том числе аварийных;
- внутренних поверхностей крышек (дверец) шкафов с открытыми токоведущими элементами оборудования, машин, механизмов и т. п. (если оборудование, машины, механизмы имеют красный цвет, то внутренние поверхности крышек (дверец) должны быть окрашены лакокрасочными

материалами желтого сигнального цвета);

- рукояток кранов аварийного сброса давления;
- корпусов масляных выключателей, находящихся в рабочем состоянии под напряжением;

- обозначения различных видов пожарной техники, средств противопожарной защиты, их элементов, требующих оперативного опознавания (пожарные машины, наземные части гидрант-колонок, огнетушители, баллоны, устройства ручного пуска систем (установок) пожарной автоматики, средств оповещения, телефоны прямой связи с пожарной охраной, насосы, пожарные стенды, бочки для воды, ящики для песка, а также ведра, лопаты, топоры и т. п.);

- окантовки пожарных щитов белого цвета для крепления пожарного инструмента и огнетушителей. Ширина окантовки – 30–100 мм (допускается выполнять окантовку пожарных щитов в виде чередующихся наклонных под углом 45–60° полос красного сигнального и белого контрастного цветов);

- орнаментовки элементов строительных конструкций (стены, колонны) в виде отрезка горизонтально расположенной полосы для обозначения мест нахождения огнетушителя, установки пожаротушения с ручным пуском, кнопки пожарной сигнализации и т. п. Ширина полос – 150–300 мм. Полосы должны располагаться в верхней части стен и колонн на высоте, удобной для зрительного восприятия с рабочих мест, проходов и т. п. В состав орнаментовки, как правило, следует включать знак пожарной безопасности с соответствующим графическим символом средства противопожарной защиты;

- сигнальных ламп и табло с информацией, извещающей о нарушении технологического процесса или нарушении условий безопасности:

 - «Тревога», «Неисправность» и др.;

- обозначения захватных устройств промышленных установок и промышленных роботов;

Таблица 5.0

**Смысловое значение, область применения сигнальных цветов и
соответствующие им контрастные цвета**

Сигнальный цвет	Смысловое значение	Область применения	Контрастный цвет
Красный	Непосредственная опасность Аварийная или опасная ситуация Пожарная техника, средства противопож. защиты, их элементы	Запрещение опасного поведения или действия. Обозначение непосредственной опасности Сообщение об аварийном отключении или аварийном состоянии оборудования (технологического процесса) Обозначение и определение мест нахождения пожарной техники, средств противопожарной защиты, их элементов	Белый
Желтый	Возможная опасность	Обозначение возможной опасности, опасной ситуации. Предупреждение о возможной опасности	Черный
Зеленый	Безопасность, безопасные условия	Сообщение о нормальной работе оборудования, нормальном состоянии технологического процесса	Белый
	Помощь, спасение	Обозначение пути эвакуации, аптек, кабинетов, средств по оказанию первой медицинской помощи	
Синий	Предписание во избежание опасности	Требование обязательных действий в целях обеспечения безопасности	Белый
	Указание	Разрешение определенных действий	

- обозначения временных ограждений или элементов временных ограждений, устанавливаемых на границах опасных зон, участков, территорий, ям, котлованов, временных ограждений мест химического, бактериологического и радиационного загрязнения, а также ограждений других мест, зон, участков, вход на которые временно запрещен.

Поверхность временных ограждений должна быть целиком окрашена красным сигнальным цветом или иметь чередующиеся наклонные под углом 45–60° полосы красного сигнального и белого контрастного цветов. Ширина полос – 20–300 мм при соотношении ширины полос красного и белого цветов от 1:1 до 1,5:1,0;

- запрещающих знаков безопасности и знаков пожарной безопасности.

Не допускается использовать красный сигнальный цвет:

- для обозначения стационарно устанавливаемых средств противопожарной защиты (их элементов), не требующих оперативного опознавания (пожарные извещатели, пожарные трубопроводы, оросители установок пожаротушения и т. п.);

- на пути эвакуации во избежание путаницы и замешательства (кроме запрещающих знаков безопасности и знаков пожарной безопасности).

Желтый сигнальный цвет следует применять:

- а) для обозначения элементов строительных и иных конструкций, которые могут явиться причиной получения травм работающими: низких балок, выступов и перепадов в плоскости пола, малозаметных ступеней, пандусов, мест, в которых существует опасность падения (кромки погрузочных платформ, грузовых поддонов, неогражденных площадок, люков, проемов и т. д.), сужений проездов, малозаметных распорок, узлов, колонн, стоек и опор в местах интенсивного движения внутризаводского транспорта и т. д.;

- б) обозначения узлов и элементов оборудования, машин и механизмов, неосторожное обращение с которыми представляет опасность для людей:

открытых движущихся узлов, кромок оградительных устройств, не полностью закрывающих движущиеся элементы (шлифовальные круги, фрезы, зубчатые колеса, приводные ремни, цепи и т. п.), ограждающих конструкций площадок для работ, проводимых на высоте, а также постоянно подвешенных к потолку или стенам технологической арматуры и механизмов, выступающих в рабочее пространство;

в) обозначения опасных при эксплуатации элементов транспортных средств, подъемно-транспортного оборудования и строительно-дорожных машин, площадок грузоподъемников, бамперов и боковых поверхностей электрокаров, погрузчиков, тележек, поворотных платформ и боковых поверхностей стрел экскаваторов, захватов и площадок автопогрузчиков, рабочих органов сельскохозяйственных машин, элементов грузоподъемных кранов, обойм грузовых крюков и др.;

г) подвижных монтажных устройств, их элементов и элементов грузозахватных приспособлений, подвижных частей кантователей, траверс, подъемников, подвижных частей монтажных вышек и лестниц;

д) внутренних поверхностей крышек, дверей, кожухов и других ограждений, закрывающих места расположения движущихся узлов и элементов оборудования, машин, механизмов, требующих периодического доступа для контроля, ремонта, регулировки и т. п.

Если указанные узлы и элементы закрыты съёмными ограждениями, то окрашиванию лакокрасочными материалами желтого сигнального цвета подлежат сами движущиеся узлы, элементы и (или) поверхности смежных с ними неподвижных деталей, закрываемые ограждениями;

е) постоянных ограждений или элементов ограждений, устанавливаемых на границах опасных зон, участков, территорий: у проемов, ям, котлованов, выносных площадок, постоянных ограждений лестниц, балконов, перекрытий и других мест, в которых возможно падение с высоты.

Поверхность ограждения должна быть целиком окрашена

лакокрасочными материалами желтого сигнального цвета или иметь чередующиеся наклонные под углом $45-60^\circ$ полосы желтого сигнального и черного контрастного цветов.

Ширина полос – 20–300 мм при соотношении ширины полос желтого и черного цвета от 1:1 до 1,5:1,0;

ж) обозначения емкостей и технологического оборудования, содержащих опасные или вредные вещества.

Поверхность емкости должна быть целиком окрашена лакокрасочными материалами желтого сигнального цвета или иметь чередующиеся наклонные под углом $45-60^\circ$ полосы желтого сигнального и черного контрастного цветов.

Ширина полос – 50–300 мм в зависимости от размера емкости при соотношении ширины полос желтого и черного цвета от 1:1 до 1,5:1,0;

з) обозначения площадей, которые должны быть всегда свободными на случай эвакуации (площадки у эвакуационных выходов и подходы к ним, возле мест подачи пожарной тревоги, возле мест подхода к средствам противопожарной защиты, средствам оповещения, пунктам оказания первой медицинской помощи, пожарным лестницам и др.).

Границы этих площадей должны быть обозначены сплошными линиями желтого сигнального цвета, а сами площади – чередующимися наклонными под углом $45-60^\circ$ полосами желтого сигнального и черного контрастного цветов. Ширина линий и полос – 50 – 100 мм;

и) предупреждающих знаков безопасности.

На поверхность объектов и элементов, перечисленных в а) и в), допускается наносить чередующиеся наклонные под углом $45-60^\circ$ полосы желтого сигнального и черного контрастного цветов. Ширина полос – 50– 300 мм в зависимости от размера объекта и расстояния, с которого должно быть видно предупреждение.

Если оборудование, машины и механизмы окрашены лакокрасочными материалами желтого сигнального цвета, то перечисления б) и д), их узлы и

элементы должны быть обозначены чередующимися наклонными под углом 45–60° полосами желтого сигнального и черного контрастного цветов. Ширина полос – 20–300 мм в зависимости от размера узла (элемента) оборудования при соотношении ширины полос желтого и черного цветов от 1:1 до 1,5:1,0.

Для строительно-дорожных машин и подъемно-транспортного оборудования, которые могут находиться на проезжей части, допускается применять предупреждающую окраску в виде чередующихся красных и белых полос.

Синий сигнальный цвет следует применять:

- для окрашивания светящихся (световых) сигнальных индикаторов и других сигнальных устройств указательного или разрешающего назначения;
- предписывающих и указательных знаков безопасности.

Зеленый сигнальный цвет следует применять:

- для обозначения безопасности (безопасных мест, зон безопасного состояния);
- сигнальных ламп, извещающих о нормальном режиме работы оборудования, нормальном состоянии технологических процессов и т. п.;
- обозначения пути эвакуации;
- эвакуационных знаков безопасности и знаков безопасности медицинского и санитарного назначения.

Характеристики сигнальных и контрастных цветов.

Знаки безопасности следует размещать (устанавливать) в поле зрения людей, для которых они предназначены.

Знаки безопасности должны быть расположены таким образом, чтобы они были хорошо видны, не отвлекали внимания и не создавали неудобств при выполнении людьми своей профессиональной или иной деятельности, не загромождали проход, проезд, не препятствовали перемещению грузов.

Знаки безопасности, размещенные на воротах и на (над) входных(ми) дверях(ми) помещений, означают, что зона действия этих знаков

распространяется на всю территорию и площадь за воротами и дверями.

Размещение знаков безопасности на воротах и дверях следует выполнять таким образом, чтобы зрительное восприятие знака не зависело от положения ворот или дверей (открыто, закрыто). Эвакуационные знаки безопасности Е 22 «Выход» и Е 23 «Запасный выход» должны размещаться только над дверями, ведущими к выходу.

Знаки безопасности, установленные у въезда (входа) на объект (участок), означают, что их действие распространяется на объект (участок) в целом.

При необходимости ограничить зону действия знака безопасности соответствующее указание следует приводить в поясняющей надписи на дополнительном знаке.

Знаки безопасности, изготовленные на основе несветящихся материалов, следует применять в условиях хорошего и достаточного освещения.

Знаки безопасности с внешним или внутренним освещением следует применять в условиях отсутствия или недостаточного освещения.

Световозвращающие знаки безопасности следует размещать (устанавливать) в местах, где отсутствует освещение или имеется низкий уровень фоновое освещение (менее 20 лк по СНиП 23-05-95): при проведении работ с использованием индивидуальных источников света, фонарей (например, в туннелях, шахтах и т. п.), а также для обеспечения безопасности при проведении работ на дорогах, автомобильных трассах, в аэропортах и т. п.

Фотолюминесцентные знаки безопасности следует применять там, где возможно аварийное отключение источников света, а также в качестве элементов фотолюминесцентных эвакуационных систем для обеспечения самостоятельного выхода людей из опасных зон в случае возникновения аварий, пожара или других чрезвычайных ситуаций.

Для возбуждения фотолюминесцентного свечения знаков безопасности необходимо наличие в помещении, где они установлены, искусственного или естественного освещения.

Освещенность поверхности фотолюминесцентных знаков безопасности источниками света должна быть не менее 25 лк.

Основные и дополнительные знаки безопасности.

Основные знаки безопасности необходимо разделять на следующие группы: запрещающие знаки; предупреждающие знаки; знаки пожарной безопасности; предписывающие знаки; эвакуационные знаки и знаки медицинского и санитарного назначения; указательные знаки.

Геометрическая форма, сигнальный цвет, смысловое значение основных знаков безопасности должны соответствовать приведенным в табл. 5.1

Таблица 5.1

Геометрическая форма, сигнальный цвет, смысловое значение основных знаков безопасности

Группа	Геометрическая форма <*>	Сигнальный цвет	Смысловое значение
Запрещающие знаки	Круг с поперечной полосой	Красный	Запрещение опасного поведения или действия
Предупреждающие знаки	Треугольник	Желтый	Предупреждение о возможной опасности. Осторожность. Внимание
Предписывающие знаки	Круг	Синий	Предписание обязательных действий во избежание опасности
Знаки пожарной безопасности <*>	Квадрат или прямоугольник	Красный	Обозначение и указание мест нахождения средств противопожарной защиты, их элементов
Эвакуационные знаки и знаки медицинского и санитарного назначения	Квадрат или прямоугольник	Зеленый	Обозначение направления движения при эвакуации. Спасение, первая помощь при авариях или пожарах. Надпись, информация для обеспечения безопасности
Указательные знаки	Квадрат или прямоугольник	Синий	Разрешение. Указание. Надпись или информация

Примечание: <*> Рисунки не приводятся. <*> К знакам пожарной безопасности относят также:

- запрещающие знаки: Р 01 «Запрещается курить», Р 02 «Запрещается пользоваться открытым огнем», Р 04 «Запрещается тушить водой», Р 12 «Запрещается загромождать проходы (или) складировать» (табл. 5.2);

- предупреждающие знаки: W 01 «Пожароопасно. Легковоспламеняющиеся вещества», W 02 «Взрывоопасно», W 11

Запрещающие знаки

Код знака	Цветовое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Р 01		Запрещается курить	Использовать, когда курение может стать причиной пожара. На дверях и стенах помещений, участках, где имеются горючие и легковоспламеняющиеся вещества, или в помещениях, где курить запрещается
Р 02		Запрещается пользоваться открытым огнем и курить	Использовать, когда открытый огонь и курение могут стать причиной пожара. На входных дверях, стенах помещений, участках, рабочих местах, емкостях, производственной таре
Р 03		Проход запрещен	У входа в опасные зоны, помещения, участки и др.
Р 04		Запрещается тушить водой	В местах расположения электрооборудования, складах и других местах, где нельзя применять воду при тушении горения или пожара
Р 05		Запрещается использовать в качестве питьевой воды	На техническом водопроводе и емкостях с технической водой, непригодной для питья и бытовых нужд
Р 06		Доступ посторонним запрещен	На дверях помещений, у входа на объекты, участки и т. п. для обозначения запрета на вход (проход) в опасные зоны или для обозначения служебного входа (прохода)

Продолжение таблицы 5.2

Код знака	Цветовое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Р 07		Запрещается движение средств напольного транспорта	В местах, где запрещается применять средства напольного транспорта (например, погрузчики или напольные транспортеры)
Р 08		Запрещается прикасаться. Опасно	На оборудовании (узлах оборудования), дверцах, щитах или других поверхностях, прикосновение к которым опасно
Р 09		Запрещается прикасаться. Корпус под напряжением	На поверхности корпусов, щитов и т. п., где есть возможность поражения электрическим током
Р 10		Не включать!	На пультах управления и включения оборудования или механизмов при ремонтных и пусконаладочных работах
Р 11		Запрещается работа (присутствие) людей со стимуляторами сердечной деятельности	В местах и на оборудовании, где запрещено работать или находиться людям с вживленными стимуляторами сердечной деятельности
Р 12		Запрещается загромождать проходы и (или) складировать	На пути эвакуации, у выходов, в местах размещения средств противопожарной защиты, аптек первой медицинской помощи и других местах
Р 13		Запрещается подъем (спуск) людей по шахтному стволу (запрещается транспортировка пассажиров)	На дверях грузовых лифтов и других подъемных механизмов

Продолжение табл. 5.2

Код знака	Цветовое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Р 14		Запрещается вход (проход) с животными	На воротах и дверях зданий, сооружений, помещений, объектов, территорий и т. п., где не должны находиться животные, где запрещен вход (проход) вместе с животными
Р 16		Запрещается работа (присутствие) людей, имеющих металлические имплантаты	На местах, участках и оборудовании, где запрещено работать или находиться людям с вживленными металлическими имплантатами
Р 17		Запрещается разбрызгивать воду	На местах и участках, где запрещено разбрызгивать воду
Р 18		Запрещается пользоваться мобильным (сотовым) телефоном или переносной рацией	На дверях помещений, у входа на объекты, где запрещено пользоваться средствами связи, имеющими собственные радиочастотные электромагнитные поля
Р 21		Запрещение (прочие опасности или опасные действия)	Применять для обозначения опасности, не предусмотренной настоящим стандартом. Знак необходимо использовать вместе с поясняющей надписью или с дополнительным знаком безопасности с поясняющей надписью
Р 27		Запрещается иметь при (на) себе металлические предметы (часы и т. п.)	При входе на объекты, на рабочих местах, оборудовании, приборах и т. п. Область применения знака может быть расширена
Р 30		Запрещается принимать пищу	На местах и участках работ с вредными для здоровья веществами, а также в местах, где прием пищи запрещен. Область применения знака может быть расширена

Код знака	Цветовое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Р 32		Запрещается подходить к элементам оборудования с маховыми движениями большой амплитуды	На оборудовании и рабочих местах по обслуживанию оборудования с элементами, выполняющими маховые движения большой амплитуды
Р 33		Запрещается брать руками. Сыпучая масса (непрочная упаковка)	На производственной таре, в складах и иных местах, где используют сыпучие материалы
Р 34		Запрещается пользоваться лифтом для подъема (спуска) людей	На дверях грузовых лифтов и других подъемных механизмах. Знак входит в состав группового знака безопасности «При пожаре лифтом не пользоваться, выходить по лестнице»

Таблица 5.3

Предупреждающие знаки

Код знака	Цветовое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
W 01		Пожароопасно. Легковоспламеняющиеся вещества	Использовать для привлечения внимания к помещениям с легковоспламеняющимися веществами. На входных дверях, дверцах шкафов, емкостях и т. д.

Продолжение табл.5.3

Код знака	Цветовое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
W 02		Взрывоопасно	Использовать для привлечения внимания к взрыво- опасным веществам, а так- же к помещениям и участ- кам. На входных дверях, стенах помещений, дверцах шкафов и т. д.
W 03		Опасно. Ядовитые ве- щества	В местах хранения, выделения, производства и применения ядовитых веществ
W 04		Опасно. Едкие и корро- зионные вещества	В местах хранения, выде- ления, производства и применения едких и корро- зионных веществ
W 05		Опасно. Радиоактивные вещества или ионизи- рующее излучение	На дверях помещений, дверцах шкафов и в других местах, где находятся и применяются радиоактивные вещества или имеется ионизирующее излучение. Допускается применять знак радиационной опасно- сти по ГОСТ 17925
W 06		Опасно. Возможно падение груза	Вблизи опасных зон, где используется подъемно-транспортное оборудование
W 07		Внимание. Автопогруз- чик	В помещениях и на участках, где проводятся погрузочно-разгрузочные работы

Код знака	Цветовое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
W 08		Опасность поражения электрическим током	На опорах линий электропередачи, электрооборудовании и приборах, дверцах силовых щитков, на электротехнических панелях и шкафах, а также на ограждениях токоведущих частей оборудования, механизмов, приборов
W 09		Внимание. Опасность (прочие опасности)	Применять для привлечения внимания к прочим видам опасности, не обозначенной настоящим стандартом. Знак необходимо использовать вместе с дополнительным знаком безопасности с поясняющей надписью
W 10		Опасно. Лазерное излучение	На дверях помещений, оборудовании, приборах и в других местах, где имеется лазерное излучение
W 11		Пожароопасно. Окислитель	На дверях помещений, дверцах шкафов для привлечения внимания на наличие окислителя

Код знака	Цветовое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
W 12		Внимание. Электромагнитное поле	На дверях помещений, оборудовании, приборах и в других местах, где действуют электромагнитные поля
W 13		Внимание. Магнитное поле	На дверях помещений, оборудовании, приборах и в других местах, где действуют магнитные поля
W 14		Осторожно. Мало- заметное препятствие	В местах, где имеются мало- заметные препятствия, о которые можно споткнуться
W 15		Осторожно. Возможность падения с высоты	Перед входом на опасные участки и в местах, где возможно падение с высоты
W 16		Осторожно. Биологическая опасность (инфекционные вещества)	В местах хранения, производства или применения вредных для здоровья биологических веществ
W 17		Осторожно. Холод	На дверцах холодильников и морозильных камер, компрессорных агрегатах и других холодильных аппаратах
W 18		Осторожно. Вредные для здоровья аллергические (раздражающие) вещества	В местах хранения, произ- водства или применения вредных для здоровья аллергических (раздражающих) веществ

Продолжение табл. 5.3

Код знака	Цветовое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
W 19		Газовый баллон	На газовых баллонах, складах и участках хранения и применения сжатых или сжиженных газов. Цвет баллона черный или белый, выбирается по ГОСТ 19433
W 20		Осторожно. Аккумуляторные батареи	В помещениях и на участках изготовления, хранения и применения аккумуляторных батарей
W 22		Осторожно. Режущие валы	На участках работ и оборудовании, имеющем незащищенные режущие валы
W 23		Внимание. Опасность зажима	На дверцах турникетов и шлагбаумах
W 24		Осторожно. Возможно опрокидывание	На дорогах, рампах, складах, участках, где возможно опрокидывание внутризаводского транспорта
W 25		Внимание. Автоматическое включение (запуск) оборудования	На рабочих местах, оборудовании или отдельных узлах оборудования с автоматическим включением
W 26		Осторожно. Горячая поверхность	На рабочих местах и оборудовании, имеющем нагретые поверхности

Код знака	Цветовое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
W 27		Осторожно. Возможно травмирование рук	На оборудовании, узлах оборудования, крышках и дверцах, где возможно получить травму рук
W 28		Осторожно. Скользко	На территории и участках, где имеются скользкие места
29		Осторожно. Возможно затягивание между вращающимися элементами	На рабочих местах и оборудовании, имеющем вращающиеся элементы, например на валковых мельницах
W 30		Осторожно. Сужение проезда (прохода)	На территориях, участках, в цехах и складах, где имеются сужения прохода (проезда) или присутствуют выступающие конструкции, затрудняющие проход (проезд)

Таблица 5.4

Предписывающие знаки

Код знака	Цветовое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
М 01		Работать в защитных очках	На рабочих местах и участках, где требуется защита органов зрения

Продолжение табл. 5.4

Код знака	Цветовое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
М 02		Работать в защитной каске (шлеме)	На рабочих местах и участках, где требуется защита головы
М 03		Работать в защитных наушниках	На рабочих местах и участках с повышенным уровнем шума
М 04		Работать в средствах индивидуальной защиты органов дыхания	На рабочих местах и участках, где требуется защита органов дыхания
М 05		Работать в защитной обуви	На рабочих местах и участках, где необходимо применять средства индивидуальной защиты
М 06		Работать в защитных перчатках	На рабочих местах и участках работ, где требуется защита рук от воздействия вредных или агрессивных сред, защита от возможного поражения электрическим током
М07		Работать в защитной одежде	На рабочих местах и участках, где необходимо применять средства индивидуальной защиты
М 08		Работать в защитном щитке	На рабочих местах и участках, где необходима защита лица и органов зрения

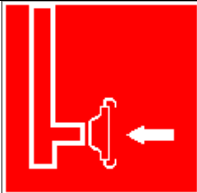
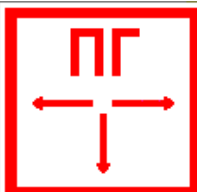
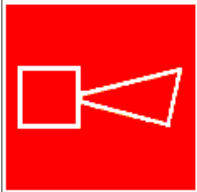
Продолжение табл. 5.4

Код знака	Цветовое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
М 09		Работать в предохранительном (страховочном) поясе	На рабочих местах и участках, где для безопасной работы требуется применение предохранительных (страховочных) поясов
М 10		Проход здесь	На территориях и участках, где разрешается проход
М 11		Общий предписывающий знак (прочие предписания)	Для предписаний, не обозначенных настоящим стандартом. Знак необходимо применять вместе с поясняющей надписью на дополнительном знаке безопасности
М 12		Переходить по надземному переходу	На участках и территориях, где установлены надземные переходы
М 13		Отключить штепсельную вилку	На рабочих местах и оборудовании, где требуется отключение от электросети при наладке или остановке электрооборудования и в других случаях
М 14		Отключить перед работой	На рабочих местах и оборудовании при проведении ремонтных или пусконаладочных работ
М 15		Курить здесь	Используется для обозначения места курения на производственных объектах

Знаки пожарной безопасности

Код знака	Цветовое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
F 01-01		Направляющая стрелка	Использовать только вместе с другими знаками пожарной безопасности для указания направления движения к месту нахождения (размещения) средства противопожарной защиты
F 01-02		Направляющая стрелка под углом 45°	Использовать только вместе с другими знаками пожарной безопасности для указания направления движения к месту нахождения (размещения) средства противопожарной защиты
F 02		Пожарный кран	В местах нахождения комплекта пожарного крана с пожарным рукавом и стволом
F 03		Пожарная лестница	В местах нахождения пожарной лестницы
F 04		Огнетушитель	В местах размещения огнетушителя
F 05		Телефон для использования при пожаре	В местах размещения телефона, по которому можно вызвать пожарную охрану

Продолжение табл. 5.5

Код знака	Цветовое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
F 06		Место размещения нескольких средств противопожарной защиты	В местах одновременного нахождения (размещения) нескольких средств противопожарной защиты
F 07		Пожарный водосточник	В местах нахождения пожарного водоема или пирса для пожарных машин
F 08		Пожарный сухотрубный стояк	В местах нахождения пожарного сухотрубного стояка
F 09		Пожарный гидрант	У мест нахождения подземных пожарных гидрантов. На знаке должны быть цифры, обозначающие расстояние от знака до гидранта в метрах
F 10		Кнопка включения установок (систем) пожарной автоматики	В местах ручного пуска установок пожарной сигнализации, пожаротушения и (или) систем противопожарной защиты. В местах (пунктах) подачи сигнала пожарной тревоги
F 11		Звуковой оповещатель пожарной тревоги	В местах нахождения звукового оповещателя или совместно со знаком F 10 «Кнопка включения установок (систем) пожарной автоматики»

К знакам пожарной безопасности относят также:

- запрещающие знаки: Р 01 «Запрещается курить», Р 02 «Запрещается пользоваться открытым огнем», Р 04 «Запрещается тушить водой», Р 12 «Запрещается загромождать проходы и (или) складировать»;
- предупреждающие знаки: W 01 «Пожароопасно. Легковоспламеняющиеся вещества», W 02 «Взрывоопасно», W 11 «Пожароопасно. Окислитель»;
- эвакуационные знаки;

Таблица 5.6

Эвакуационные знаки

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Е 01-01		Выход здесь (левосторонний)	Над дверями (или на дверях) эвакуационных выходов, открывающихся с левой стороны. На стенах помещений вместе с направляющей стрелкой для указания направления движения к эвакуационному выходу
Е 01-02		Выход здесь (правосторонний)	Над дверями (или на дверях) эвакуационных выходов, открывающихся с правой стороны. На стенах помещений вместе с направляющей стрелкой для указания направления движения к эвакуационному выходу
Е 02-01		Направляющая стрелка	Использовать только вместе с другими эвакуационными знаками для указания направления движения

Продолжение табл.5.6

Код знака	Цветовое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Е 02-02		Направляющая стрелка под углом 45°	Использовать только вместе с другими эвакуационными знаками для указания направления движения
Е 03		Направление к эвакуационному выходу на- право	На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу
Е 04		Направление к эвакуационному выходу налево	На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу
Е 05		Направление к эвакуационному выходу направо вверх	На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу по наклонной плоскости
Е 06		Направление к эвакуационному выходу нале- во вверх	На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу по наклонной плоскости
Е 07		Направление к эвакуационному выходу на- право вниз	На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу по наклонной плоскости
Е 08		Направление к эвакуационному выходу налево вниз	На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу по наклонной плоскости
Е 09		Указатель двери эвакуационного выхода	Над дверями эвакуационных выходов

Продолжение табл. 5.6.

Код знака	Цветовое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Е 10		Указатель двери эвакуационного выхода (левосторонний)	Над дверями эвакуационных выходов
Е 11		Направление к эвакуационному выходу прямо	Над проходами, проемами, в помещениях большой площади. Размещается на верхнем уровне или подвешивается к потолку
Е 12		Направление к эвакуационному выходу прямо	Над проходами, проемами, в помещениях большой площади. Размещается на верхнем уровне или подвешивается к потолку
Е 13		Направление к эвакуационному выходу по лестнице вниз	На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу
Е 14		Направление к эвакуационному выходу по лестнице вниз	На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу
Е 15		Направление к эвакуационному выходу по лестнице вверх	На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу
Е 16		Направление к эвакуационному выходу по лестнице вверх	На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу
Е 17		Для доступа вскрыть здесь	На дверях, стенах помещений и в других местах, где для доступа в помещение или выхода необходимо вскрыть определенную конструкцию, например разбить стеклянную панель

Продолжение табл. 5.6.

Код знака	Цветовое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Е 18		Открывать движением от себя	На дверях помещений для указания направления от- крывания дверей
Е 19		Открывать движением на себя	На дверях помещений для указания направления от- крывания дверей
Е 20		Для открывания сдви- нуть	На дверях помещений для обозначения действий по открыванию сдвижных две- рей
Е 21		Пункт (место) сбора	На дверях, стенах помеще- ний и в других местах для обозначения заранее преду- смотренных пунктов (мест) сбора людей в случае воз- никновения пожара, аварии или другой чрезвычайной ситуации
Е 22		Указатель выхода	Над дверями эвакуацион- ного выхода или в составе комбинированных знаков безопасности для указания направления движения к эвакуационному выходу
Е 23		Указатель запасного выхода	Над дверями запасного выхода

Эвакуационные знаки следует устанавливать в положениях, соответствующих направлению движения к эвакуационному выходу.

Изображение графического символа фигуры человека в дверном проеме на эвакуационных знаках Е 01-01 и Е 01-02 смыслового значения

«Выход здесь» должно совпадать с направлением движения к эвакуационному выходу».

Таблица 5.7

Знаки медицинского и санитарного назначения

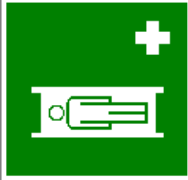
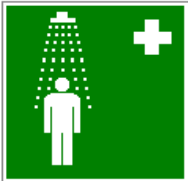
Код знака	Цветовое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
ЕС 01		Аптечка первой медицинской помощи	На стенах, дверях помещений для обозначения мест размещения аптечек первой медицинской помощи
ЕС 02		Средства выноса (эвакуации) пораженных	На дверях и стенах помещений в местах размещения средств выноса (эвакуации) пораженных
ЕС 03		Пункт приема гигиенических процедур (душевые)	На дверях и стенах помещений в местах расположения душевых и т. п.
ЕС 04		Пункт обработки глаз	На дверях и стенах помещений в местах расположения пункта обработки глаз
ЕС 05		Медицинский кабинет	На дверях медицинских кабинетов
ЕС 06		Телефон связи с медицинским пунктом (скорой медицинской помощью)	В местах установки телефонов

Таблица 5.8.

Указательные знаки

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
D 01		Пункт(место) приема пищи	На дверях комнат приема пищи, буфетах, столовых, бытовых помещениях и в других местах, где разрешается прием пищи
D 02		Питьевая вода	На дверях бытовых помещений и в местах расположения кранов с водой, пригодной для питья и бытовых нужд (туалеты, душевые, пункты приема пищи и т. д.)
D 03		Место курения	Используется для обозначения места курения на общественных объектах

Порядок выполнения работы

1. Изучить выдержку из ГОСТ Р 12.4.026–01.

2. Проверить усвоение материала, ответив на контрольные вопросы:

В какой цвет окрашено поле предупреждающего знака?

Какой размер имеет сторона треугольника предупреждающего знака № 4, наносимого на тару и оборудование?

Какой цвет имеет символическое изображение на запрещающем знаке?

Какую форму имеет предписывающий знак?

Какую форму имеет запрещающий знак?

Расстояние от наблюдателя до знака составляет 45 м. Какой размер должен иметь внешний диаметр круга запрещающего знака, мм?

Какой цвет имеют символические изображения или поясняющие надписи, наносимые на указательные знаки?

Расстояние от наблюдателя до знака составляет 60 м. Какие размеры

(стороны прямоугольника) должен иметь указательный знак, мм?

Какой цвет имеет квадрат, помещенный внутри указательного знака?

Какой размер имеет внешний диаметр круга запрещающего знака № 5, наносимого на производственное оборудование и тару?

3. Составить отчет. Отчет должен включать:

- цель практической работы;
- ответы на вопросы задания;
- зарисовку формы знаков (запрещающего, предупреждающего,

предписывающего, указательного) с указанием цвета поля, символов, надписей.

4. Показать отчет преподавателю.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 12.4.026–01. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение, правила применения. Общие технические требования и рекомендации. Методы испытания [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-поисковой системы «Техэксперт».

РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6.

РАССЛЕДОВАНИЕ И УЧЕТ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Цель задания - ознакомиться с понятием и причинами возникновения несчастных случаев, порядком их расследования и учет на производстве, также с методами анализа травматизма.

Порядок выполнения задания:

- а) изучить и законспектировать общие сведения по пункту 1;
- б) изучить методы анализа и рассчитать по вариантам показатели травматизма по пункту 2 (см контр. вопросы к пунктам 1 и 2);
- в) изучить «Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях» и законспектировать ответы на контрольные вопросы к пункту 3.

Общие сведения о несчастных случаях.

Несчастливым случаем на производстве называют случай воздействия на работающего опасного производственного фактора при выполнении работающим трудовых обязанностей или заданий руководителя работы [1].

Повреждение здоровья в результате несчастного случая называют **травмой**. Травма, полученная работающим на производстве, называется **производственной**.

Опасным называют производственный фактор, воздействие которого при определенных условиях на работающего приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья.

Вредным называют производственный фактор, воздействие которого на работающего приводит к заболеваниям или снижению его трудоспособности. В зависимости от уровня и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным.

Опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ) по природе

действия подразделяют на 4 группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

Производственные травмы в зависимости от характера воздействующих факторов подразделяются на:

- а) механические повреждения (ушибы, ранения, вывихи, переломы, сотрясения мозга);
- б) поражение электрическим током (электроудар, электротравма);
- в) термические повреждения (ожоги пламенем, нагретыми частями оборудования, горячей водой и пр.);
- г) химические повреждения (ожоги, острые отравления);
- д) комбинированные повреждения (сочетание нескольких опасных факторов).

Производственные травмы по тяжести подразделяются на 6 категорий:

- микротравма (после оказания помощи можно продолжать работу).
- легкая травма (потеря трудоспособности на 1 или несколько дней).
- травма средней тяжести (многодневная потеря трудоспособности);
- тяжелая травма (когда требуется длительное лечение);
- травма, приводящая к инвалидности (частичная или полная утрата трудоспособности);
- смертельная травма.

Причины возникновения производственных травм:

- организационные (нарушение технологического процесса и требований техники безопасности (ТБ), неправильная организация рабочего места и режима труда);
- технические (техническое несовершенство оборудования, неисправность механизмов, отсутствие или не использование защитных средств);
- санитарно-гигиенические (несоответствие условий труда требованиям КЗоТ, системе стандартов по безопасности труда (ССБТ), санитарным нормам(СН), строительным нормам и правилам (СНиП) и др.

- психофизиологические (неудовлетворительное состояние здоровья, переутомление, стресс, опьянение и др.).

Методы анализа показателей травматизма

Разработке мероприятий по улучшению условий труда предшествует необходимый этап - исследование и анализ причин травматизма. Для анализа состояния производственного травматизма применяют методы: статистический, экономический, монографический и топографический.

Статистический метод позволяет количественно оценить повторяемость несчастных случаев по ряду относительных коэффициентов. В результате сравнения полученных коэффициентов за отчетный период с предшествующим периодом можно оценить эффективность профилактических мер. Обычно при этом методе анализа несчастные случаи группируются по однородным признакам: профессиям, видам работ, возрасту, стажу работ, причинам, вызвавшим травму. Простота и наглядность являются несомненным достоинством этого метода. Однако у него есть и недостаток - он не выявляет опасные производственные факторы. Среди основных показателей травматизма, используемых при статистическом методе анализа, являются:

а) коэффициент частоты травматизма - число пострадавших при несчастных случаях за отчетный период на 1000 работающих, определяется по формуле:

$$K_{\text{ч}} = T_{\text{x}} \cdot \frac{1000}{P_{\text{с}}},$$

где $K_{\text{ч}}$ - коэффициент частоты травматизма; T - число учтенных травм с потерей трудоспособности; $P_{\text{с}}$ - среднесписочное число работающих за отчетный период.

б) коэффициент тяжести травматизма - число человеко-дней нетрудоспособности, которое приходится на один несчастный случай и определяется по формуле:

$$K_{\text{т}} = \frac{Д}{T},$$

где $K_{\text{т}}$ - коэффициент тяжести травматизма; $Д$ - общее количество дней

нетрудоспособности за отчетный период; Т - количество учтенных травм.

в) коэффициент календарной повторяемости несчастных случаев

- показывает через сколько рабочих дней в среднем повторяются несчастные случаи и определяется по формуле:

$$B = 22,5 \cdot \frac{12}{T},$$

где В - календарная повторяемость несчастных случаев; Т - число несчастных случаев за отчетный период.

г) коэффициент средней повторяемости - показывает на сколько человекоднев приходится один несчастный случай, определяется по формуле:

$$B_{\text{ср}} = 22,5 \cdot 12 \cdot \frac{P_{\text{с}}}{T},$$

где В_{ср} - коэффициент средней повторяемости несчастных случаев; Р_с - среднесписочное число работающих за отчетный период; Т - число несчастных случаев за отчетный период.

д) коэффициент опасности работ - характеризуется тяжестью и частотой несчастных случаев, определяется по формуле:

$$O_p = K_T \cdot T_x \cdot \frac{100}{P_{\text{с}} \cdot M \cdot 22,5},$$

где О_р - коэффициент опасности работ; К_т - коэффициент тяжести травматизма ; Т - количество учтенных несчастных случаев; Р_с - среднесписочное число работающих; М - число месяцев в отчетном периоде.

Таблица 5.0

Исходные данные для расчета показателей травматизма

Показатели	Варианты									
										0
Отчетный период, мес. (М)				2				2		

Число несчастных случаев (Т)				0				1		
Число дней нетрудоспособности (Д)	80	00	80	20	00	50	70	20	60	00
Среднесписочное число работающих (Рс)	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

Экономический метод анализа производственного травматизма позволяет оценить эффективность финансовых затрат на профилактику травматизма с расходами на организационные и технические мероприятия. Для более полной и глубокой характеристики травматизма экономический метод часто используют в сочетании с монографическим методом.

Монографический метод анализа травматизма состоит в углубленном и всестороннем изучении отдельного производства, цеха или участка. Он включает описание технологического процесса, оборудования и особенностей технологического регламента, описание опасных зон на рабочих местах, также санитарно-гигиенические условия труда. При этом обращается внимание на наличие защитных приспособлений, ограждений и травмоопасных ситуаций

Монографический метод анализа травматизма характеризуется полнотой, но трудоемок. Этот метод позволяет выявить потенциальную опасность не только в действующих производствах, но и на этапе проектирования, тем самым исключить причины травматизма.

Топографический метод анализа травматизма проводится по месту происшествия. При этом все несчастные случаи условными знаками наносятся на план производственного участка или схему механизма в тех местах, где они произошли. В результате этого выявляются опасные зоны, требующие соответствующих защитных мер и особого внимания.

Контрольные вопросы к пунктам 1 и 2

1. Что такое несчастный случай?

2. Что такое опасный производственный фактор?
3. Что такое вредный производственный фактор?
4. На какие группы подразделяются опасные и вредные производственные факторы?
5. Какие различают разновидности производственных травм?
6. Какие выделяют категории производственных травм?
7. Каковы основные причины возникновения производственных травм?
8. Какие существуют методы анализа производственного травматизма ?
9. В чем заключается статистический метод анализа производственного травматизма?
10. Как определяется коэффициент частоты травматизма?
11. Как определяется коэффициент тяжести травматизма?
12. Как определяется коэффициент календарной повторяемости несчастных случаев?
13. Как определяется коэффициент средней повторяемости несчастных случаев?
14. Как определяется коэффициент опасности работ?
15. В чем заключается экономический метод анализа производственного травматизма?
16. В чем заключается монографический метод анализа производственного травматизма?
17. В чем заключается топографический метод анализа производственного травматизма?

Положение об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях

Расследование и учет несчастных случаев на производстве проводят в соответствии с “Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях”, утвержденного

Постановлением Министерства труда и социального развития Российской Федерации от 24 октября 2002г. №73, а также статьями 227-231 Трудового кодекса РФ (ТК РФ).

Несчастный случай на производстве - это случай, происшедший с работающим вследствие воздействия опасного производственного фактора (для застрахованного – это страховой случай).

Несчастные случаи в зависимости от причин, места и времени происшествия делятся на две группы: несчастные случаи, связанные с работой и несчастные случаи, не связанные с работой (бытовые травмы).

Несчастные случаи, не связанные с производством, но происшедшие на производстве - это несчастные случаи, происшедшие при изготовлении предметов в личных целях, самовольном использовании транспорта предприятия, участии в спортивных мероприятиях на территории предприятия, при хищении имущества предприятия.

Бытовые несчастные случаи - это несчастные случаи, происшедшие в быту (дома) или при нахождении на предприятии вне рабочего времени.

Расследование несчастных случаев на производстве выполняется в соответствии с Трудовым кодексом РФ и «Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях», утверждённым постановлением Минтруда России № 73 от 24 октября 2002 года. Этим же постановлением утверждены формы документов, необходимых для расследования и учёта несчастных случаев на производстве.

Расследование несчастного случая может быть достаточно сложным процессом, поскольку интересы пострадавшего и работодателя часто не совпадают.

Действие нормативных актов по расследованию и учёту несчастных случаев на производстве распространяется на:

- работодателей - физических лиц, вступивших в трудовые отношения с работниками;
- уполномоченных работодателем лиц (представители работодателя);

- физических лиц, осуществляющих руководство организацией (руководители организации);
- физических лиц, состоящих в трудовых отношениях с работодателем;
- других лиц, участвующих с ведома работодателя в его производственной деятельности своим личным трудом, правоотношения которых не предполагают заключения трудовых договоров.

Расследованию подлежат травмы, в том числе причиненные другими лицами, включая:

- тепловой удар, ожог, обморожение;
- утопление; поражение электрическим током или молнией;
- укусы, нанесенные животными и насекомыми;
- повреждения, полученные в результате взрывов, аварий и т.п.

Расследованию и учёту подлежат несчастные случаи происшедшие:

- при исполнении трудовых обязанностей, в том числе во время коман-дировки, при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций;
- на территории организации, в течение рабочего времени, в том числе во время следования на работу и с работы, а также в течение времени, необходимого для приведения в порядок рабочего места;
- при следовании на работу или с работы на транспортном средстве работодателя, а также на личном транспортном средстве при использовании его в производственных целях;
- во время служебных поездок на общественном транспорте, а также при следовании по заданию работодателя к месту выполнения работ и обратно, в том числе пешком;
- при следовании к месту служебной командировки и обратно;
- при следовании на транспортном средстве в качестве сменщика во время междусменного отдыха;
- во время междусменного отдыха при работе вахтовым методом;
- при привлечении к участию в ликвидации последствий

чрезвычайных ситуаций.

Работники организации обязаны незамедлительно извещать руководство о каждом происшедшем несчастном случае, об ухудшении состояния своего здоровья в связи с проявлениями признаков острого заболевания.

О каждом страховом случае работодатель в течение суток обязан сообщить страховщику (фонд социального страхования).

О групповом несчастном случае (пострадало два и более человек), тяжёлом несчастном случае или несчастном случае со смертельным исходом, работодатель в течение суток обязан направить извещение соответственно:

1) о несчастном случае, происшедшем в организации:

- в соответствующую государственную инспекцию труда;
- в прокуратуру по месту происшествия несчастного случая;
- в федеральный орган исполнительной власти по ведомственной принадлежности;
- в орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации;
- в организацию, направившую работника, с которым произошел несчастный случай;
- в территориальные объединения организаций профсоюзов;
- в территориальный орган государственного надзора, если несчастный случай произошел в организации (объекте), подконтрольной этому органу;
- страховщику.

2) о несчастном случае, происшедшем у работодателя - физического лица:

- в соответствующую государственную инспекцию труда;
- в прокуратуру по месту нахождения работодателя - физического лица;
- в орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации;
- в территориальный орган государственного надзора, если

несчастный случай произошел на объекте, подконтрольном этому органу;

- страховщику.

О групповых несчастных случаях, тяжелых несчастных случаях и несчастных случаях со смертельным исходом также информируется Федеральная инспекция труда Минтруда России.

Если указанные несчастные случаи, произошли в организациях, эксплуатирующих опасные производственные объекты, то соответствующим образом информируются специально уполномоченные органы государственного надзора.

Для расследования несчастного случая на производстве в организации работодатель незамедлительно создает комиссию в составе не менее трех человек. Во всех случаях состав комиссии должен состоять из нечетного числа членов.

В состав комиссии включаются специалист по охране труда организации, представители работодателя, представители профсоюзного органа (коллектива), уполномоченный (доверенный) по охране труда. Комиссию возглавляет работодатель или уполномоченный им представитель. Состав комиссии утверждается приказом работодателя. Руководитель, непосредственно отвечающий за безопасность труда на участке, где произошел несчастный случай, в состав комиссии не включается.

В расследовании несчастного случая на производстве у работодателя - физического лица принимают участие указанный работодатель или уполномоченный его представитель, доверенное лицо пострадавшего, специалист по охране труда, который может привлекаться к расследованию несчастного случая и на договорной основе.

Несчастный случай на производстве, происшедший с лицом, направленным для выполнения работ к другому работодателю, расследуется комиссией, образованной работодателем, у которого произошел несчастный случай. В состав данной комиссии входит уполномоченный представитель работодателя, направившего это лицо.

Несчастные случаи, происшедшие на территории организации с работниками сторонних организаций при исполнении ими задания направившего их работодателя, расследуются комиссией, формируемой этим работодателем.

Несчастные случаи, происшедшие с работниками при выполнении работы по совместительству, расследуются комиссией, формируемой работодателем, у которого фактически производилась работа по совместительству.

Расследование несчастных случаев со студентами, проходящими производственную практику (выполняющими работу под руководством работодателя), проводится комиссиями, формируемыми и возглавляемыми этим работодателем. В состав комиссии включаются представители образовательного учреждения.

Для расследования группового несчастного случая, тяжёлого несчастного случая и несчастного случая со смертельным исходом в комиссию дополнительно включаются:

- государственный инспектор труда, представители органа исполнительной власти субъекта РФ или органа местного самоуправления (по согласованию), представитель территориального объединения профсоюзов. Возглавляет комиссию государственный инспектор труда;
- по требованию пострадавшего (или его родственников) в расследовании несчастного случая может принимать участие его доверенное лицо;
- в случае острого отравления или радиационного воздействия, превысившего установленные нормы, в состав комиссии включается также представитель территориального центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора;
- при несчастном случае, происшедшем в организациях на объектах, подконтрольных территориальным органам Федерального горного и промышленного надзора России, состав комиссии утверждается руководителем

соответствующего территориального органа и возглавляет комиссию представитель этого органа;

- при групповом несчастном случае с числом погибших 5 и более человек в состав комиссии включаются также представители Федеральной инспекции труда, федерального органа исполнительной власти по ведомственной принадлежности и общероссийского объединения профсоюзов. Председателем комиссии является главный государственный инспектор труда по субъекту Российской Федерации, а на объектах, подконтрольных территориальному органу Федерального горного и промышленного надзора России, - руководитель этого территориального органа.

При крупных авариях с человеческими жертвами 15 и более человек расследование проводится комиссией, назначаемой Правительством России.

Расследование несчастных случаев (в том числе групповых), в результате которых пострадавшие получили повреждения, отнесенные в соответствии с установленными квалифицирующими признаками к категории легких, проводится в течение трех дней.

Расследование иных несчастных случаев проводится в течение 15 дней. В некоторых случаях председатель комиссии может продлить срок расследования, но не более чем на 15 дней. Несчастные случаи, о которых не было своевременно сообщено работодателю или в результате которых нетрудоспособность наступила не сразу, расследуются по заявлению пострадавшего в течение месяца.

Тяжелые несчастные случаи и несчастные случаи со смертельным исходом, происшедшие с лицами, выполнявшими работу на основе договора гражданско-правового характера, расследуются в установленном порядке государственными инспекторами труда на основании заявления пострадавшего (доверенного лица, членов его семьи).

В ходе расследования несчастного случая комиссия производит осмотр места происшествия, выявляет и опрашивает очевидцев несчастного случая и должностных лиц, знакомится с действующими в организации нормативными и

распорядительными документами, по возможности получает объяснения от пострадавшего.

Расследуются в установленном порядке и по решению комиссии могут квалифицироваться как не связанные с производством:

- смерть вследствие общего заболевания или самоубийства;
- смерть или иное повреждение здоровья, единственной причиной которых явилось алкогольное, наркотическое или иное токсическое опьянение (отравление) работника;
- несчастный случай, происшедший при совершении пострадавшим действий, квалифицированных правоохрнительными органами как уголовное правонарушение.

При поступлении жалобы пострадавшего, выявлении сокрытого несчастного случая, установления нарушений порядка расследования и в некоторых иных случаях, государственный инспектор труда, независимо от срока давности несчастного случая, проводит дополнительное расследование.

Несчастные случаи, квалифицированные, как несчастные случаи на производстве, подлежат оформлению актом о несчастном случае на производстве по форме Н-1*.

Акт формы Н-1 составляется комиссией в двух экземплярах. При несчастном случае на производстве с застрахованным работником составляется дополнительный экземпляр акта формы Н-1.

При групповом несчастном случае на производстве акты формы Н-1 составляются на каждого пострадавшего отдельно.

В случае установления факта грубой неосторожности застрахованного работника, содействовавшей возникновению или увеличению размера вреда, причиненного его здоровью, в акте расследования указывается степень его вины в процентах, с учетом заключения профсоюзного или иного уполномоченного застрахованным представительного органа данной организации (не более 25%).

По результатам расследования каждого группового несчастного случая,

тяжелого несчастного случая или несчастного случая со смертельным исходом составляется соответствующий акт в двух экземплярах.

Работодатель в трехдневный срок после завершения расследования несчастного случая на производстве обязан выдать пострадавшему один экземпляр утвержденного им и заверенного печатью акта формы Н-1. Вторые экземпляры акта с копиями материалов расследования хранятся в течение 45 лет работодателем.

При страховых случаях третий экземпляр утвержденного и заверенного печатью акта формы Н-1 работодатель направляет страховщику.

Каждый оформленный в установленном порядке несчастный случай на производстве регистрируются работодателем в журнале регистрации несчастных случаев на производстве и включаются в годовую форму федерального государственного статистического наблюдения за травматизмом на производстве.

В случае ликвидации организации или прекращения работодателем - физическим лицом предпринимательской деятельности оригиналы актов о расследовании несчастных случаев на производстве подлежат передаче на хранение правопреемнику, а при его отсутствии - соответствующему государственному органу.

Государственный надзор и контроль за соблюдением установленного порядка расследования, оформления и учета несчастных случаев на производстве осуществляется органами Федеральной инспекции труда.

Контрольные вопросы к пункту 3

1. Какие несчастные случаи считаются связанными с производством и подлежат расследованию и учету?
2. На кого распространяется действие Положения о порядке расследования и учета несчастных случаев?
3. Как должен действовать работодатель при возникновении несчастного случая на предприятии?
4. Что необходимо сделать сразу же после свершения несчастного

случая на производстве?

5. Куда должен сообщить работодатель и в какие сроки о групповом несчастном случае или несчастном случае со смертельным исходом?

6. Кто несет ответственность за организацию и своевременное расследование и учет несчастных случаев?

7. Кто входит в комиссию по расследованию несчастных случаев, каковы ее обязанности?

8. В какие сроки должно быть проведено расследование несчастного случая?

9. Какие несчастные случаи квалифицируются как не связанные с производством?

10. Что делают при установлении грубой неосторожности пострадавшего?

11. В какие сроки и комиссией какого состава расследуются групповые несчастные случаи или со смертельным исходом?

12. Какие условия должен обеспечить работодатель для работы комиссии, проводящей расследование несчастного случая?

13. Каким документом оформляются несчастные случаи на производстве?

14. Какой организацией учитывается акт о несчастном случае?

15. В какие сроки и куда должны быть отправлены материалы расследования групповых несчастных случаев?

16. Какие организации и должностные лица разбирают разногласия при оформлении актов по форме Н - 1 ?

17. Каковы полномочия государственного инспектора по охране труда в случае нарушения порядка расследования несчастного случая?

форма Н-1

Один экземпляр направляется
пострадавшему или его
доверенному лицу

УТВЕРЖДАЮ

(подпись, фамилия, инициалы
работодателя
(его представителя))
"___" _____ 200__ г.

Печать

АКТ N _____
О НЕСЧАСТНОМ СЛУЧАЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

1. Дата и время несчастного случая _____

(число, месяц, год и время происшествия
несчастного случая,

количество полных часов от начала работы)
2. Организация (работодатель), работником которой является
(являлся) пострадавший _____

(наименование, место нахождения,
юридический адрес, ведомственная
и отраслевая

принадлежность (ОКОНХ основного вида деятельности);
фамилия, инициалы работодателя -

физического лица)
Наименование структурного подразделения _____
3. Организация, направившая работника _____

(наименование, место нахождения, юридический адрес,
отраслевая принадлежность)
4. Лица, проводившие расследование несчастного случая:

(фамилия, инициалы, должности и место работы)
5. Сведения о пострадавшем:
фамилия, имя, отчество _____
пол (мужской, женский) _____
дата рождения _____
профессиональный статус _____
профессия (должность) _____
стаж работы, при выполнении которой произошел несчастный случай
_____,
(число полных лет и месяцев)
в том числе в данной организации _____
(число полных лет и месяцев)
6. Сведения о проведении инструктажей и обучения по охране труда
Вводный инструктаж _____
(число, месяц, год)
Инструктаж на рабочем месте (первичный, повторный, внеплановый,

(нужное подчеркнуть)

целевой)

по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай _____

(число, месяц, год)

Стажировка: с "___" _____ 200_ г. по "___" _____ 200_ г.

(если не проводилась - указать)

Обучение по охране труда по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай: с "___" _____ 200_ г. по "___" _____ 200_ г.

(если не проводилось - указать)

Проверка знаний по охране труда по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай _____

(число, месяц, год, N протокола)

7. Краткая характеристика места (объекта), где произошел несчастный случай

(краткое описание места происшествия с указанием опасных и (или) вредных производственных факторов со ссылкой на сведения, содержащиеся в протоколе осмотра места несчастного случая)

Оборудование, использование которого привело к несчастному случаю

(наименование, тип, марка, год выпуска, организация - изготовитель)

8. Обстоятельства несчастного случая

(краткое изложение обстоятельств, предшествовавших несчастному случаю, описание событий и действий пострадавшего и других лиц, связанных с несчастным случаем, и другие сведения, установленные в ходе расследования)

8.1. Вид происшествия _____

8.2. Характер полученных повреждений и орган, подвергшийся повреждению, медицинское заключение о тяжести повреждения здоровья _____

8.3. Нахождение пострадавшего в состоянии алкогольного или наркотического опьянения _____

(нет, да - указать состояние и степень опьянения в соответствии с заключением по результатам освидетельствования, проведенного в установленном порядке)

8.4. Очевидцы несчастного случая _____

(фамилия, инициалы, постоянное место жительства,

домашний телефон) _____

9. Причины несчастного случая _____
(указать основную
и сопутствующие причины)

несчастного случая со ссылками на нарушенные требования
законодательных и иных

нормативных правовых актов, локальных нормативных актов)

10. Лица, допустившие нарушение требований охраны труда:

(фамилия, инициалы, должность (профессия) с указанием
требований законодательных,

иных нормативных правовых и локальных нормативных актов,
предусматривающих их

ответственность за нарушения, явившиеся причинами
несчастного случая, указанными в п. 9

настоящего акта; при установлении факта грубой
неосторожности пострадавшего указать

степень его вины в процентах)

Организация (работодатель), работниками которой являются данные
лица

(наименование, адрес)

11. Мероприятия по устранению причин несчастного случая, сроки

Подписи лиц, проводивших
расследование несчастного случая _____
(фамилии, инициалы, дата)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.0.002 - 80. Термины и определения.
2. Положение об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях
3. И.М.Чижевский, Г.Б.Куликов, Ю.А.Сидорин. Охран труда в полиграфии. М., 1988.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

Цель работы – ознакомиться со средствами защиты органов дыхания и получить практические навыки их использования.

Теоретические положения

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) предназначены для защиты человека от попадания внутрь организма, на кожные покровы и повседневную одежду радиоактивных веществ (РВ), отравляющих веществ (ОВ) и бактериальных средств (БС).

По принципу применения средства индивидуальной защиты делятся:

- на средства защиты повседневного применения (промышленные СИЗ);
- средства защиты эпизодического применения (СИЗ для аварийных работ и пострадавших в очагах ЧС).

По объектам защиты средства индивидуальной защиты делятся:

- на средства защиты органов дыхания;
- средства защиты кожи.

По принципу действия средства индивидуальной защиты делятся:

- на фильтрующие (принцип фильтрации состоит в том, что воздух, необходимый для поддержания жизнедеятельности организма человека, очищается от вредных примесей при прохождении через средство защиты);
- изолирующие (средства защиты изолирующего типа полностью изолируют организм человека от окружающей среды с помощью материалов, непроницаемых для воздуха и вредных примесей).

По способу подачи воздуха различают средства индивидуальной

защиты делятся:

- с принудительной подачей воздуха;
- самовсасывающие.

По кратности использования средства индивидуальной защиты

- на СИЗ многократного использования;
- СИЗ однократного использования.

По способу изготовления средства индивидуальной защиты делятся:

- на средства, изготовленные промышленностью;
- простейшие средства, изготовленные из подручных материалов.

Кроме средств индивидуальной защиты существуют медицинские средства защиты [1].

Средства защиты органов дыхания.

Фильтрующий противогаз.

Фильтрующий противогаз предназначен для защиты органов дыхания, глаз, кожи лица от воздействия ОВ, РВ, БС, (АХОВ), а также различных вредных примесей, присутствующих в воздухе.

В настоящее время имеются фильтрующие гражданские противогазы различной модификации и промышленные противогазы.

Для защиты населения наибольшее распространение получили фильтрующие противогазы: для взрослого населения – ГП-5 (ГП-5М), ГП-7 (ГП-7В); для детей – ПДФ-Ш, ПДФ-Д, ПДФ-2Ш, ПДФ-2Д, КЗД.

Гражданский противогаз (ГП-5). В состав комплекта входят два основных элемента: фильтрующе-поглощающая коробка ГП-5 и лицевая часть ШМ-62у. Шлем-маска имеет 5 ростов (0, 1, 2, 3, 4). Кроме того, противогаз комплектуется сумкой, наружными утеплительными манжетами (НМУ-1) и коробкой с незапотевающими пленками (рис. 9.1) [2]. У него нет соединительной трубки.

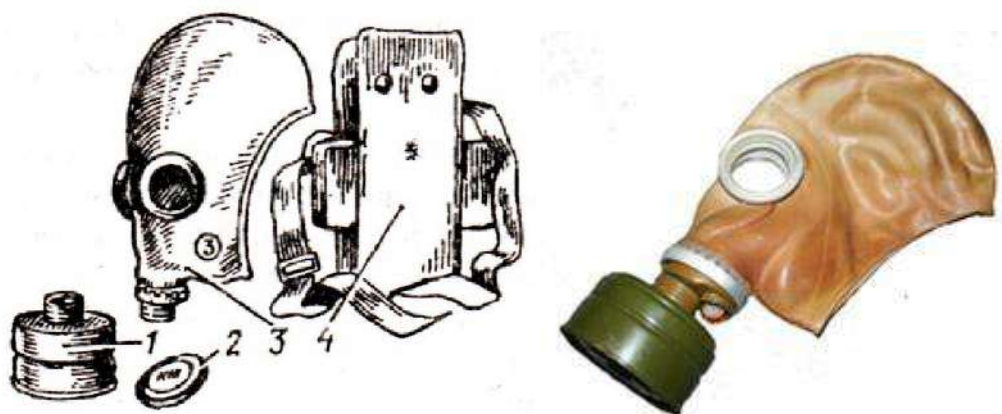


Рис. 7.1 Гражданский фильтрующий противогаз (ГП-5):

1 – фильтрующе-поглощающая коробка ГП-5; 2 - коробка с незапотевающими пленками; 3 – лицевая часть ШМ-62у; 4 – сумка

Внутри фильтрующе-поглощающей коробки ГП-5 расположены противоаэрозольный фильтр и шихта. Лицевая часть ШМ-62у представляет собой шлем-маску, изготовленную на основе резины из натурального или синтетического каучука. В шлем-маску вмонтированы очковый узел и клапанная коробка. Клапанная коробка имеет один вдыхательный и два выдыхательных клапана и служит для распределения потоков воздуха. Незапотевающие пленки изготавливаются из целлюлозы и бывают односторонние (НП) и двусторонние (НПН). Они устанавливаются с внутренней стороны стекол противогаза желатиновым покрытием к глазам и фиксируются прижимными кольцами. Желатин равномерно впитывает конденсированную влагу, тем самым сохраняя прозрачность пленки.

Комплект из 6 пленок упакован в металлическую коробку. Утеплительные манжеты используются только зимой при температуре ниже – 10 °С. Манжета надевается на ободок очков с внешней стороны. Пространство между стеклами манжет и очков предохраняет очки шлем- маски от замерзания.

Гражданский противогаз (ГП-5М). В комплект противогаза входит шлем-маска (ШМ-66Му) с мембранной коробкой для переговорного устройства. В лицевой части сделаны сквозные вырезы для ушных раковин, что обеспечивает нормальную слышимость.

Подгонка противогаза начинается с определения требуемого роста лицевой части. Рост лицевой части типа ШМ-62у, ШМ-66Му определяется по величине вертикального обхвата головы путем ее измерения по замкнутой линии, проходящей через макушку, щеки и подбородок. Измерения округляют до 0,5 см. До 63 см берут нулевой рост, от 63,5 до 65,5 см – первый, от 66 до 68 см – второй, от 68,5 до 70,5 см – третий, от 71 см и более – четвертый.

Перед применением противогаз следует проверить на исправность и герметичность. Осматривая лицевую часть, следует определить ее целостность, обратив внимание на стекла очкового узла. После этого нужно проверить клапанную коробку, состояние клапанов. Они не должны быть покороблены, засорены или порваны. На фильтрующе-поглощающей коробке не должно быть вмятин, проколов, в горловине – повреждений. Обращается внимание на то, чтобы в коробке не пересыпались зерна поглотителя.

Наиболее совершенными в настоящее время являются противогазы ГП-7 и ГП-7В. Их основными отличиями являются: более совершенная конструкция и форма шлем-маски, обеспечивающая возможность безопасного приема воды, жидких лекарств, других жидкостей в зараженной зоне без снятия маски. Наличие в комплекте фильтрующе-поглощающих коробок обеспечивает защиту от конкретных видов твердых химических веществ (ТХВ), а также увеличенные сроки работоспособности. Ростовка лицевой части предусматривает три размера. Как и другие типы противогазов, они состоят из фильтрующе-поглощающей коробки и лицевой части.

Гражданский противогаз (ГП-7). В комплект противогаза входят фильтрующе-поглощающая коробка ГП-7к, лицевая часть в виде маски МГП, сумка, защитный трикотажный чехол, коробка с незапотевающими пленками, утеплительные манжеты. Его масса в комплекте без сумки – около 900 г (фильтрующе-поглощающая коробка – 250 г, лицевая часть – 600 г).

Фильтрующе-поглощающая коробка ГП-7к по конструкции аналогична коробке ГП-5, но с улучшенными характеристиками, уменьшено ее сопротивление, что облегчает дыхание. Лицевая часть МГП представляет собой маску объемного типа с «независимым» обтюратором, с наголовником (предназначен для закрепления лицевой части) в виде резиновой пластины с пятью лямками (лобная, две височные, две щечные), с очковым узлом, переговорным устройством (мембраной), узлами клапана вдоха и выдоха, прижимными кольцами для закрепления незапотевающих пленок (рис. 9.2) [2]. «Независимый» обтюратор представляет собой полосу тонкой резины и служит для создания надежной герметизации лицевой части на голове. При этом механическое воздействие лицевой части на голову очень незначительно. На каждой лямке с интервалом в 1 см нанесены упоры ступенчатого типа, которые предназначены для надежного закрепления их в пряжках. У каждого упора имеется цифра, указывающая его порядковый номер. Это позволяет точно фиксировать нужное положение лямок при подгонке маски. Нумерация цифр идет от свободного конца лямки к затылочной пластине. Гидрофобный трикотажный чехол надевается на фильтрующе-поглощающую коробку и предохраняет ее от заражения, снега, пыли и влаги.

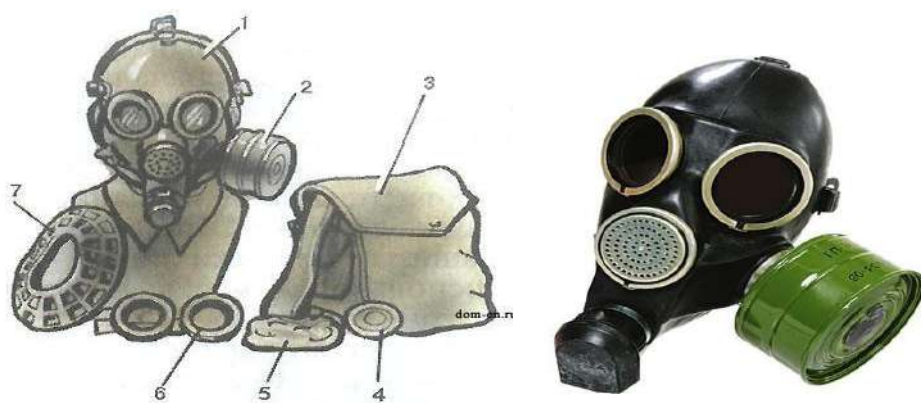


Рис. 7.2. Противогаз ГП-7:

1 – лицевая часть; 2 – фильтрующе-поглощающая коробка; 3 – сумка; 4 – коробка с незапотевающими пленками; 5 – трикотажный чехол; 6 – утеплительные манжеты

Гражданский фильтрующий противогаз (ГП-7, ГП-7В, ГП-7ВМ) – это одна из самых последних и совершенных моделей противогазов для населения. В реальных условиях они обеспечивают высокую защиту от паров отравляющих веществ нервнопаралитического действия (типа зарин, зоман и др.), общедовитого действия (хлорциан, синильная кислота и др.), радиоактивных веществ (радионуклидов йода и его органических соединений (типа йодистый метил и др.)); от капель отравляющих веществ кожно-нарывного действия (иприт и др.), бактериальных, аварийных химически опасных веществ (АХОВ). ГП-7 имеет малое сопротивление дыханию, обеспечивает надежную герметизацию и небольшое давление лицевой части на голову. Благодаря этому им могут пользоваться люди старше 60 лет и больные с легочными и сердечно-сосудистыми заболеваниями. Подбор лицевой части необходимого типоразмера ГП-7 осуществляется на основании результатов измерения мягкой сантиметровой лентой горизонтального и вертикального обхвата головы.

Правила определения размера противогаза.

Для определения размера противогаза нужно знать горизонтальный и вертикальный обхват головы. Горизонтальный обхват измеряется по замкнутой линии, которая проходит спереди по надбровным дугам, сбоку чуть выше (на 2–3 см) ушной раковины и сзади по наиболее выступающей части головы. А вертикальный обхват можно определить посредством измерения длины вертикальной линии, проходящей через подбородок, щеки и макушку. Полученные измерения следует округлить так, чтобы последняя цифра была 0 или 5. Затем нужно сложить оба результата и посмотреть, какой размер противогаза вам нужен [3]:

- менее 1190 мм – первый размер;
- от 1195 до 1210 мм – второй размер;
- от 1215 до 1235 мм – третий размер;
- от 1240 до 1260 мм – четвертый размер;
- от 1265 до 1285 мм – пятый размер;

- от 1290 до 1310 мм – шестой размер.

Надевается противогаз после сигнала «Химическая тревога» по команде «Газы», либо по своей инициативе. Вынув противогаз из специальной сумки, следует взять шлем-маску за его нижнюю часть так, чтобы большие пальцы рук находились снаружи, а остальные были внутри. Далее нужно приложить нижнюю часть шлема-маски под подбородок и натянуть его на голову резким движением рук вверх.

Учитывая то, что операции, которые описаны выше, придется проводить вслепую, нужно достаточно долго тренироваться. Хотя все зависит от человека и степени его обучаемости. Хорошо попрактиковавшись, можно приблизиться к армейским нормативам на надевание противогаза – около 7–10 с. Наличие у противогаза переговорного устройства (мембрана) обеспечивает четкое понимание передаваемой речи, значительно облегчает пользование средствами связи (телефон, радио).

Гражданские противогазы ГП-7В, ГП-7ВМ, УЗС-ВК, КЗД-6, фильтр ДОТ, фильтр ВК, ДПГ-3 (рис. 7.3). ГП-7В отличается от ГП-7 тем, что в нем лицевая часть МПП-В имеет устройство для приема воды, представляющее собой резиновую трубку с мундштуком и ниппелем.

ГП-7ВМ отличается от ГП-7В тем, что маска М-80 имеет очковый узел в виде трапециевидных изогнутых стекол, обеспечивающих возможность работы с оптическими приборами.

Гражданский фильтрующий противогаз ГП-7 обеспечивает защиту органов дыхания, глаз и кожи лица человека от вредных веществ и примесей, находящихся в воздухе. Это проверенная временем и надежная модель противогаза для гражданского населения.





Рис. 7.3. Гражданские противогазы:

a – ГП-7(В, ВМ); *б* – УЗС-ВК; *в* – ПДФ-2; *г* – КЗД-6; *д* – фильтр ДОТ; *е* – фильтр ВК; *ж* – ДПГ-3;

Подбор лицевой части необходимого типоразмера ГП-7 осуществляется на основании результатов измерения мягкой сантиметровой лентой горизонтального и вертикального обхвата головы. Горизонтальный обхват определяется измерением головы по замкнутой линии, проходящей спереди по надбровным дугам, сбоку на 2–3 см выше края ушной раковины и сзади через наиболее выступающую точку головы. Вертикальный обхват определяется измерением головы по замкнутой линии, проходящей через макушку, щеки и подбородок. Измерения округляются с точностью до 5 мм. По сумме двух измерений устанавливают нужный типоразмер (табл. 7.0). [4].

Правильно подобранная шлем-маска (маска) должна плотно прилегать к лицу и исключать возможность проникновения наружного воздуха в органы дыхания, минуя фильтрующе-поглощающую коробку.

Таблица 7.0

Типоразмеры противогазов

Рост лицевой части		1		2		3		
Положение упоров лямок	ГП-7, ГП-7В	4-8-8	3-7-8	3-7-8	3-6-7	3-6-7	3-5-6	3-4-5
	ГП-7ВМ	4-8-6	3-7-6	3-7-6	3-6-5	3-6-5	3-5-4	3-4-3
Сумма горизонтального и вертикального обхвата головы		До 1185	1190–1210	121–1235	1240–1260	1265–1285	1290–1310	1310 и более

Примечание. Положение лямок наголовника устанавливают при подгонке противогаза.

Противогаз УЗС-ВК – аварийно-спасательное средство многоразового действия, применяется для защиты органов дыхания человека от вредных веществ, может использоваться во всех климатических зонах.

Противогаз ПДФ-2 предназначен для защиты органов дыхания, зрения и лица детей (старше 1,5 года) от отравляющих веществ (ОВ), опасных биологических веществ (ОБВ), радиоактивной пыли (РП).

Камера защитная детская (КЗД-6) предназначена для защиты детей в возрасте до 1,5 года от отравляющих веществ, радиоактивной пыли и бактериальных средств. Детская защитная камера похожа на обычную сумку, поэтому переносить ребенка в ней очень удобно.

Дополнительный патрон (ДПГ-3) предназначен для использования в комплекте с ГП-7, ГП-7В и детскими противогазами, для защиты органов дыхания, кожи лица и глаз человека от сильнодействующих ядовитых веществ: аммиака, диметиламина, нитробензола.

Фильтр ДОТ соответствует новым ГОСТам, гармонизированным с европейскими стандартами EN141, EN143. Он значительно эффективнее по сравнению с противогазовыми коробками, выпускаемыми по старым ГОСТа, за счет уникальных поглотителей от отравляющих веществ, опасных биологических веществ, радиоактивной пыли, сильнодействующих ядовитых веществ.

Фильтр ВК предназначен для очистки вдыхаемого воздуха от органических газов и паров с температурой кипения выше 65 °С (циклогексан, бензол, ксилол, толуол, бензин, керосин, галоидоорганические соединения (хлорпикрин, хлорацетофенон и т. п.), нитросоединения бензола).

Промышленные противогазы. Существует несколько марок промышленных фильтрующих противогазов, которые являются индивидуальным средством защиты органов дыхания и зрения рабочих различных отраслей промышленности, сельского хозяйства от воздействия

вредных веществ (газы, пары, пыль, дым и туман), присутствующих в воздухе.

Запрещается применять промышленные противогазы при недостатке кислорода в воздухе (менее 18 %), например при работах в емкостях, цистернах, колодцах и других изолированных помещениях.

Не допускается применение промышленных противогазов для защиты от низкокипящих жидкостей, плохо сорбирующихся органических веществ, например метана, этилена, ацетилен. Не рекомендуется работать в таких противогазах, если состав газов и паров вредных веществ неизвестен (Рис. 7.4).



ППФМ-92

ПФМГ-96

ПФСГ-98

ППФ-95

Рис. 7.4. Промышленные противогазы

Противогазы ППФМ-92, ПФМГ-96, ПФСГ-98 предназначены для защиты органов дыхания, глаз и лица человека от вредных газо- и паровых веществ и аэрозолей, присутствующих в воздухе рабочей зоны. ППФ-95 предназначены для защиты органов дыхания, зрения и лица рабочих различных отраслей промышленности и сельского хозяйства от воздействия вредных газов, паров, пыли, дыма и тумана, присутствующих в воздухе. Фильтрующие противогазы надежны в атмосфере, содержащей не менее 18 % кислорода.

Промышленный противогаз состоит из снаряженной коробки, лицевой части (шлем-маски) с соединительной трубкой и сумки. Фильтрующая коробка служит для очистки воздуха, вдыхаемого человеком, от ядовитых веществ и вредных примесей. В зависимости от состава этих примесей она может содержать один или несколько специальных поглотителей или сочетание поглотителя с аэрозольным фильтром. При этом коробки строго специализированы по составу поглотителей, а поэтому отличаются друг от

друга окраской и маркировкой. Шлем-маски промышленных противогазов изготавливаются пяти ростов – 0, 1, 2, 3, 4. Чтобы подобрать шлем-маску, надо мягкой сантиметровой линейкой произвести два измерения головы. Вначале определить длину круговой линии, проходящей по подбородку, щекам и через высшую точку головы (макушку). Затем измерить длину полуокружности, проходящей от отверстия одного уха к отверстию другого по лбу через надбровные дуги. Результаты двух обмеров суммируют и находят требуемый рост шлем-маски.

При сумме до 93 см размер нулевой, от 93 до 95 см – первый, от 95 до 99 см – второй, от 99 до 103 см – третий, от 103 и выше – четвертый [4].

Противогазы комплектуют коробками двух размеров (большая и малая) и трех типов: без аэрозольного фильтра, с аэрозольным фильтром (на коробке белая вертикальная полоса), без аэрозольного фильтра с уменьшенным сопротивлением дыханию (имеет индекс 8 в маркировке). В зависимости от вида вредного вещества выпускают коробки следующих марок: А, В, Г, Е, КД, СО, М (табл. 9.2) [5].

Коробки марок А, В, Г, Е, КД изготавливаются как с аэрозольными фильтрами, так и без них; коробка БКФ – только с аэрозольными фильтрами; коробки СО и М – без аэрозольных фильтров. Белая вертикальная полоса на коробке означает, что она оснащена аэрозольным фильтром.

Таблица 7.1

Характеристика промышленных противогазов

Марка противогаза	Маркировка и окраска	Соединения, от которых защищают ПП
А	Коричневая	Пары органических соединений (бензин, керосин, ацетон, бензол, толуол, ксилол, сероуглерод, спирты, эфиры, галоидоорганические соединения, нитросоединения бензола и его гомологи, тетроэтилсвинец, фосфор- и хлорорганические ядохимикаты)

Продолжение табл. 7.1

Марка противогаза	Маркировка и окраска	Соединения, от которых защищают ПП
В	Желтая	Кислые газы и пары (диоксида серы, гидрид серы, хлор, циан гидрида, окислы азота, хлориды водорода, фосген), фосфор- и хлорорганические ядохимикаты
Г	Черн о- желта я	Пары ртути и ртутьорганические ядохимикаты на основе этилмеркурхлорида
Е	Черная	Гидрид мышьяка и гидрид фосфора
К	Зеленая	Аммиак, а также пыль, дым, туман
КД	Серая, с бе- лой поло- сой	Аммиак и сероводород
БКФ	Защитная, с белой полосой	Кислые газы и пары, пары органических веществ, гидрид мышьяка, гидрид фосфора, пыль, дым, туман
СО	Белая	Оксид углерода
М	Красная	Оксид углерода в присутствии паров органических ве- ществ, кислые газы, аммиак, гидрид мышьяка, гидрид фосфора, пары органических соединений (бензин, киро- син, ацетон, бензол, ксилол, сероуглерод, толуол, спирты, эфиры, анилин, соединения бензола и его гомологи)
П-2У	Красная с белой поло- сой	Пары карбониллов никеля и железа, оксид углерода и со- путствующие аэрозоли
Б	Синяя	Бороводороды: диборан, пентаборан, этилентаборан, ди- этилдекаборан и их аэрозоли
УМ	Защитная	Пары и аэрозоли гептила, амил, самин, нитромеланж, амидол
ГФ	Голубая	Газообразный гексафторид урана, фтор, фтористый водо- род, радиоактивные аэрозоли

Пользование противогазом. Подобрав шлем-маску, ее обязательно примеряют. Новую лицевую часть предварительно необходимо протереть снаружи и внутри чистой тряпочкой или тампоном ваты, смоченным в воде, а клапаны выдоха продуть. Шлем-маску, бывшую в употреблении, следует отсоединить от коробки, протереть двухпроцентным раствором формалина или промыть водой с мылом и просушить.

При сборке противогаза шлем-маску берут в левую руку за клапанную коробку, а правой рукой ввинчивают до отказа фильтрующе-поглощающую коробку навинтованной горловиной в патрубок клапанной коробки шлем-маски.

При переводе противогаза в «боевое» положение необходимо:

- снять головной убор и зажать его между коленями или положить рядом;
- убрать волосы со лба и висков, женщинам следует гладко
- зачесать волосы назад, заколки и украшения снять (их попадание под обтюратор приведет к нарушению герметичности);
- вынуть шлем-маску из сумки, взять ее обеими руками за утолщенные края у нижней части так, чтобы большие пальцы рук были с наружной стороны, а остальные – внутри. Подвести шлем-маску к подбородку и резким движением рук вверх и назад натянуть ее на голову так, чтобы не было складок, а очки прились против глаз (ГП-5, ГП-5М);
- для правильного надевания ГП-7 надо взять лицевую часть обеими руками за щечные лямки так, чтобы большие пальцы захватывали их изнутри. Задержать дыхание, закрыть глаза. Затем зафиксировать подбородок в нижнем углублении обтюратора и движением рук вверх и назад натянуть наголовник на голову и подтянуть до упора щечные лямки;
- сделать полный выдох (для удаления зараженного воздуха из-под шлем-маски, если он туда попал в момент надевания), открыть глаза и возобновить дыхание;
- надеть головной убор, застегнуть сумку и закрепить ее на туловище.

Дополнительные патроны

В результате развития химической и нефтехимической промышленности в производстве увеличено применение химических веществ. Многие из них по своим свойствам вредны для здоровья людей. Их называют сильнодействующими ядовитыми веществами (СДЯВ).

С целью расширения возможностей гражданских противогазов по защите от СДЯВ для них введены дополнительные патроны (ДПГ-1 и ДПГ-3).

ДПГ-1 в комплекте с противогазом защищает от двуокиси азота, метила хлористого, окиси углерода и окиси этилена. ДПГ-3 в комплекте с противогазом защищает от аммиака, хлора, диметиламина, нитробензола, сероводорода, сероуглерода, синильной кислоты, тетраэтилсвинца, фенола, фурфурола, хлористого водорода.

Внутри патрона ДПГ-1 два слоя шихты – специальный поглотитель и гопкалит. В ДПГ-3 только один слой поглотителя. Чтобы защитить шихту от увлажнения при хранении, горловины должны быть постоянно закрытыми: наружная – с навинченным колпачком с прокладкой, внутренняя – с ввернутой заглушкой [6].

Изолирующие противогазы. Изолирующие противогазы (ИП) являются специальными средствами защиты органов дыхания, глаз и кожи лица от любых вредных примесей, находящихся в воздухе независимо от их свойств и концентраций. Они используются также в тех случаях, когда невозможно применение фильтрующих противогазов, например при наличии в воздухе очень высоких концентраций отравляющих веществ или любой вредной примеси, кислорода менее 16 %, а также при работе под водой на небольшой глубине. Виды противогазов представлены на Рис. 7.5.



Рис. 9.5. Изолирующие противогазы

Изолирующие противогазы используют в случае, когда фильтрующие противогазы не обеспечивают должной степени защиты, или когда в воздухе недостаточно кислорода. Источником кислорода в таком противогазе служит патрон, снаряженный специальным веществом. Для нужд населения выпускают ИП-4М, ИП-4МК, ИП-5, ИП-6, ИП-7, ПДА- 3М.

Действие изолирующих противогазов основано на использовании химически связанного кислорода. Они имеют замкнутую маятниковую схему дыхания: выдыхаемый воздух попадает в регенеративный патрон, вещество которое содержится в нем поглощает углекислый газ и влагу, а взамен выделяет необходимый для дыхания кислород. Затем дыхательная смесь попадает в дыхательный мешок. При вдохе газовая смесь из дыхательного мешка снова проходит через регенеративный патрон, дополнительно очищается и поступает для дыхания. Материалы, из которых изготовлены противогазы, не оказывают отрицательного воздействия на организм. Применение незапотевающих пленок, а при отрицательных температурах и утеплительных манжет сохраняет прозрачность стекол в течение всего времени работы в противогазе при любой физической нагрузке. Гарантируется высокая эксплуатационная безопасность.

ИП-4М, ИП-4МК используют при авариях, стихийных бедствиях. ИП-5, ИП-6 предназначены для защиты органов дыхания, кожи лица и глаз человека в непригодной для дыхания атмосфере независимо от состава и концентрации вредных веществ в воздухе, а также при недостатке или отсутствии кислорода. Портативный дыхательный аппарат (ПДА-3М) предназначен для экстренной защиты органов дыхания, зрения и кожи лица человека в непригодной для дыхания атмосфере при эвакуации из опасной зоны, выполнении аварийных работ, а также в ожидании помощи [5].

По принципу действия изолирующие противогазы делятся на две группы: ИП-5); КИП-8).

- противогазы на основе химически связанного кислорода (ИП-4,

- противогазы на основе сжатого кислорода или воздуха (КИП-7, Исходя из принципа защитного действия, основанного на полной изоляции органов дыхания от окружающей среды, время пребывания в изолирующем противогазе зависит не от физико-химических свойств ОВ,РВ, БС и их концентраций, а от запаса кислорода и характера выполняемой работы.

Противогазы шланговые изолирующие презназначены для защиты органов дыхания, глаз и кожи человека от любых вредных примесей в воздухе независимо от их концентрации, а также для работы в условиях недостатка кислорода в воздухе рабочей зоны. Комплекуются возду- хоподводящим шлангом длиной 10 или 20 м на барабане или в сумке.

Респираторы.

Респираторы представляют собой облегченное средство защиты органов дыхания от вредных газов, паров, аэрозолей и пыли (рис. 7.6).

Респираторы делятся на два типа. Первый – это респираторы, у которых полумаска и фильтрующий элемент одновременно служат и лицевой частью. Второй – это респираторы, которые очищают вдыхаемый воздух в фильтрующих патронах, присоединяемых к полумаске.



Рис. 7.6. Респираторы:

а – «Кама»; б – «Снежок»; в – У-2к; г – РП-КМ; д – Ф-62Ш; е – «Ас-тра 2»;
ж – РПГ-67; з – РУ-6 Ом

Респираторы по назначению делят на следующие виды [5]:

противоаэрозольные – для защиты органов дыхания от пыли, дыма, тумана, содержащих токсичные, бактериальные и другие опасные элементы, за счет пропускания вдыхаемого воздуха через фильтр из специального материала (респираторы «Лепесток», «Кама», «Снежок-П», У-2к, «Астра-2», Ф-62ш, РПА-1 и др.). Для фильтров в таких респираторах используют материалы типа ФП (фильтр Петрянова), обладающие высокой эластичностью, механической прочностью, большой пылеемкостью, стойкостью к химическим агрессивным веществам и прекрасными фильтрующими свойствами;

противогазовые – для защиты от паров и газов за счет фильтрования вдыхаемого воздуха через фильтры-патроны различных марок, различающихся составом адсорбирующего материала. При этом фильтр-патрон каждой марки защищает от газов только определенного вида (РПГ-67);

универсальные – одновременно защищают от аэрозолей и отдельных видов газов и паров. Респираторы имеют противоаэрозольный фильтр и сменные противогазовые патроны разных марок (РУ-60м) или противогазовые фильтры из ионообменного волокнистого материала («Снежок-ГП», «Лепесток-Г»).

По конструктивному оформлению различают респираторы двух типов:

фильтрующие маски – их фильтрующий элемент одновременно служит лицевой частью;

патронные – самостоятельно выполненные лицевая часть и фильтрующий элемент.

По характеру вентилирования подмасочного пространства респираторы делят на бесклапанные (вдыхаемый и выдыхаемый воздух проходит через фильтрующий элемент) и клапанные (вдыхаемый и выдыхаемый воздух движется по различным каналам благодаря системе клапанов вдоха и выдоха).

В зависимости от срока службы различают респираторы одноразового (типа «Лепесток», «Кама», У-2к и т. п.) и многоразового пользования, в которых предусмотрена возможность замены фильтров или их многократная регенерация (Ф-62ш, «Астра-2», РУ-60м и др.).

Респираторы ШБ-1, «Лепесток-5», «Лепесток-40» и «Лепесток-200» одинаковы и представляют собой сплошную легкую полумаску-фильтр из материала ФПП (фильтрующее полотно Петрянова). В нерабочем состоянии респиратор имеет вид круга. Каркасность его в рабочем состоянии обеспечивают пластмассовая распорка и алюминиевая пластина. Плотное прилегание респиратора к лицу достигается при помощи резинового шнура, вшитого в периметр круга, а также благодаря электростатическому заряду материала ФПП, который образует полосу обтюрации. На голове респиратор крепят четырьмя шнурами.

Противоаэрозольные респираторы. В качестве фильтров в респираторах используют тонковолокнистые фильтровальные материалы. Наибольшее распространение получили полимерные фильтровальные материалы типа ФП (фильтр Петрянова) благодаря их хорошей эластичности, большой пылеемкости, а главное, высоким фильтрующим свойствам. Важной отличительной особенностью материалов ФП, изготовленных из перхлорвинила и других полимеров, обладающих изоляционными свойствами, является то, что они несут электростатические заряды, которые резко повышают эффективность улавливания аэрозолей и пыли.

Респиратор противопылевой У-2К (в гражданской обороне Р-2) обеспечивает защиту органов дыхания от силикатной, металлургической, горнорудной, угольной, радиоактивной и другой пыли, от некоторых бактериальных средств, дустов и порошкообразных удобрений, не выделяющих токсичные газы и пары. Использовать респиратор целесообразно при кратковременных работах небольшой интенсивности и запыленности воздуха. Не рекомендуется применять, когда в атмосфере сильная влага.

Респиратор представляет собой фильтрующую полумаску, наружный фильтр которой изготовлен из полиуретанового поропласта зеленого цвета, а внутренняя его часть – из тонкой воздухонепроницаемой полиэтиленовой пленки, в которую вмонтированы два клапана вдоха (рис. 9.7). Клапан выдоха размещен в передней части полумаски и защищен экраном. Между поропластом и полиэтиленовой пленкой расположен второй фильтрующий слой из материала ФП. Для плотного прилегания респиратора к лицу в области переносицы имеется носовой зажим – фигурная алюминиевая пластина. Респиратор крепится при помощи регулируемого оголовья.



Рис. 7.7. Респираторы У-2К (Р-2)

Респираторы У-2К изготавливаются трех ростов, которые обозначаются на внутренней подбородочной части полумаски. Определение роста производится путем измерения высоты лица человека, т. е. расстояния между точкой наибольшего углубления переносицы и самой нижней точкой подбородка. При величине измерения от 99 до 109 мм берут первый рост, от 109 до 119 мм – второй, от 119 и выше – третий.

Принцип действия респиратора основан на том, что при вдохе воздух последовательно проходит через фильтрующий полиуретановый слой маски, где очищается от грубодисперсной пыли, а затем через фильтрующий полимерный материал (ФП), в котором происходит очистка воздуха от тонкодисперсной пыли. После очистки вдыхаемый воздух через клапаны вдоха попадает в подмасочное пространство и в органы дыхания.

При выдохе воздух из подмасочного пространства выходит через клапан выдоха наружу.

Чтобы подогнать респиратор У-2К (Р-2), нужно:

- вынуть его из полиэтиленового мешочка и проверить его исправность, надеть полумаску на лицо так, чтобы подбородок и нос разместились внутри нее, одна нерастягивающаяся тесьма оголовья располагалась бы на теменной части головы, а другая – на затылочной;
- с помощью пряжек, имеющих на тесемках, отрегулировать их длину (для чего следует снять полумаску) таким образом, чтобы надетая полумаска плотно прилегала к лицу;
- на подогнанной надетой полумаске прижать концы носового зажима к носу.

Для проверки плотности прилегания респиратора к лицу необходимо плотно закрыть отверстия предохранительного экрана клапана выдоха ладонью и сделать легкий выдох. Если при этом по линии прилегания полумаски к лицу воздух не выходит, а лишь несколько раздувает респиратор, значит, он надет герметично. Если воздух проходит в области носа, то надо плотнее прижать концы носового зажима.

После снятия респиратора необходимо удалить пыль с наружной части полумаски с помощью щетки или вытряхиванием. Внутреннюю поверхность необходимо протереть и просушить, после чего респиратор необходимо вложить в полиэтиленовый пакет, который закрывается кольцом. Противоаэрозольный респиратор Ф-62Ш (однопатронный) – это средство индивидуальной защиты органов дыхания человека от различных видов промышленных пылей, он не защищает от газов, паров вредных веществ, аэрозолей органических соединений. Предназначен для защиты от силикатной, металлургической, горнорудной, угольной, табачной пыли, пыли порошкообразных удобрений и интоксикантов, а также других видов пыли, не выделяющих токсичных газов. Широко применяется шахтерами. Респиратор противоаэрозольный ФА-2002

предназначен для защиты лица, глаз, органов дыхания от аэрозолей различной природы (пыль, дым, туман) при их суммарной концентрации не более 15 ПДК и при концентрации кислорода не менее 17 % (Рис. 7.8).



Рис. 7.8. Респираторы противоаэрозольные Ф-62Ш и ФА-2002

Универсальные респираторы

Газопылезащитные респираторы занимают как бы промежуточное положение между респираторами противопылевыми и противогазами. Они легче, проще и удобнее в использовании, чем противогаз. Однако защищают только органы дыхания при концентрации вредных веществ не более 10–15 ПДК. Глаза, лицо остаются открытыми. Вместе с тем такие респираторы во многих случаях довольно надежно предохраняют человека в газовой и пылегазовой среде.

Респиратор газопылезащитный РУ-60М (рис. 7.9) защищает органы дыхания от воздействия вредных веществ, присутствующих в воздухе одновременно в виде паров, газов и аэрозолей (пыли, дыма, тумана).



Рис. 7.9. Респиратор газопылезащитный (РУ-60М)

Запрещается применять эти респираторы для защиты от высокотоксичных веществ типа синильной кислоты, мышьяковистого, фосфористого, цианистого

водорода, тетраэтилсвинца, низкомолекулярных углеводородов (метан, этан), а также от веществ, которые в парогазообразном состоянии могут проникнуть в организм через неповрежденную

кожу. Респиратор РУ-60М состоит из резиновой полумаски, обтюратора, поглощающих патронов (марки А, В, КД, Г), пластмассовых манжет с клапанами вдоха, клапана выдоха с предохранительным экраном и оголовья. С этими респираторами разрешается работать в средах, где концентрация пыли не более 100 мг/м^3 .

Противогазовые респираторы. Респиратор противогазовый (РПГ-

67) – это средство индивидуальной защиты, применяется на предприятиях химической, металлургической и в других отраслях производства при концентрациях вредных веществ, не превышающих 10–15 ПДК.

Газодымозащитный комплект. Статистика показывает, что пожары с большим количеством человеческих жертв чаще всего встречаются в гостиницах, театрах, универсамах, ресторанах, вечерних клубах, учебных заведениях, на предприятиях, использующих легковоспламеняющиеся материалы.

Помещения быстро заполняются окисью углерода и другими токсическими газами. Люди гибнут от отравлений. Чтобы защитить органы дыхания и глаза от ядовитых газов, а голову человека от огня при выходе из горящего помещения, создан специальный газодымозащитный комплект (Рис. 9.10).



Рис. 9.10 Газодымозащитный комплект

Газодымозащитный комплект (ГДЗК) состоит из огнестойкого капюшона с прозрачной смотровой пленкой. В нижней части расположена эластичная манжета.

Внутри капюшона находится резиновая полумаска, в которой закреплен фильтрующе-сорбирующий патрон с клапаном вдоха. ГДЗК имеет регулируемое оголовье. При надевании следует широко растянуть эластичную манжету и накинуть капюшон на голову так, чтобы

манжета плотно облегла шею, при этом длинные волосы заправляются под капюшон. Очки можно не снимать. ГДЗК обеспечивает защиту от окиси углерода и цианистого водорода не менее 15 мин. Сопротивление при вдохе при 30 л/мин – не более 149 Па (15 мм вод. ст). Масса 800 г. Комплект хранится в картонной коробке в пакете из трехслойной полиэтиленовой пленки.

Капюшон «Феникс» предназначен для самостоятельной эвакуации из мест возможного отравления химически опасными и вредными веществами. Защищает от продуктов горения, аэрозолей, паров и газов, опасных химических веществ, образующихся при аварийных ситуациях (Рис. 9.11).

Самоспасатели СИП-1, СПИ-20, СПФ, «Экстремал ПРО» (Рис. 9.11) предназначены для индивидуальной защиты органов дыхания и зрения человека от вредного воздействия непригодной для дыхания, токсичной и задымленной газовой среды. Применяются при экстренной эвакуации людей в случае террористических актов, а также с мест пожара в общественных зданиях, на транспорте, из жилых домов и т. п.



а – СИП-1; б – СПИ-20; в – СПФ; г – капюшон «Феникс»; д – «Экстремал ПРО».

Самоспасатель противопожарный СИП-1 предназначен для защиты органов дыхания, зрения и головы при самостоятельной эвакуации из помещений (гостиниц, высотных зданий, вагонов) во время пожара или при других аварийных ситуациях, от любых вредных веществ независимо от их концентрации и при недостатке кислорода в воздухе.

Порядок выполнения работы

1. Записать название и цель работы.
2. Законспектировать виды и назначение противогазов в виде табл. 7.3.

Таблица 7.3

Виды и назначение противогазов

Наименование и марка	Назначение, вид веществ, от которых защищает	Комплектация	Примечание*
Фильтрующие противогазы			
Гражданские			
ГП-5			
...			
... Т. Д.			

*В примечании указать, для каких возрастных групп предназначен, особенности марки и т. п.

3. Указать правила пользования противогазами.
4. Измерить при помощи гибкого сантиметра лицевую часть головы и подобрать для себя размер противогаза ГП-5 (ГП-7) по росту.

5. Измерить при помощи гибкого сантиметра высоту своего лица и подобрать размер респиратора У-2К.
6. Показать отчет преподавателю.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасность жизнедеятельности : учеб. для вузов / С. В. Белов [и др.] ; под общ. ред. С. В. Белова. – М.: Высш. шк., 2009. – 616 с.
2. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера : учеб. пособие для вузов / В. А. Акимов [и др.]. – М. : Высш. шк., 2008. – 592 с.
3. Безопасность жизнедеятельности. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях : учеб. пособие для вузов / Я. Д. Вишняков [и др.]. – М. : Академия, 2008. – 304 с.
4. Емельянов В. М., Коханов В. Н., Некрасов П. А. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях : учеб. пособие для вузов. – М. : Академический проект : Трикста, 2005. – 480 с.
5. Вознесенский В. В. Средства защиты органов дыхания и кожи. Противогазы, респираторы и защитная одежда, основы их эксплуатации : учеб. пособие. – М. : Воен. знания, 2010. – 80 с.
6. Семенов С. Н., Лысенко В. П. Проведение занятий по гражданской обороне : метод. пособие. – М. : Высш. шк., 1990. – 96 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8. ИНЖЕНЕРНАЯ И ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ЗАЩИТА. ВИДЫ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ В НИХ

Наименование работы: Действия населения при ЧС военного характера.

Цель: изучить действия населения при ЧС военного характера при угрозе применения радиационного, химического или биологического оружия, определить применяемые средства индивидуальной защиты, обосновать выбор защитных сооружений.

Время: 4 часа

Материально-техническое обеспечение: инструкционная карта, ручка, противогаз, респиратор, ватно-марлевая повязка

Методика выполнения

Задание:

1. Изучить индивидуальные средства защиты населения.
2. Изучить виды укрытий и правила поведения в убежищах и укрытиях.
3. Изучить применение СИЗ при угрозе применения химического и биологического оружия.
4. Отчет о работе оформить в виде плана-конспекта.
5. Заполнить таблицу.

№	ЧС	Опасность	Поражающие факторы	Основные средства защиты
---	----	-----------	--------------------	--------------------------

Ядерное оружие – самое страшное оружие современности. Поражение людей при его применении зависит от того, где они находились в момент ядерного взрыва. Наиболее эффективным средством защиты от всех поражающих факторов ядерного оружия являются убежища (укрытия). Находясь в убежищах (укрытиях), необходимо постоянно держать в готовности к немедленному использованию средства индивидуальной защиты. Средства индивидуальной защиты подразделяют на средства индивидуальной защиты

органов дыхания (СИЗОД), средства индивидуальной защиты глаз (СИЗГ), средства индивидуальной защиты кожи (СИЗК). К средствам защиты органов дыхания человека относятся противогазы (фильтрующие (рис.8.1.) и изолирующие (рис.2.)) и респираторы (рис.3.), а также простейшие средства защиты – противопыльные тканевые маски (ПТМ-1) (рис.4.) и ватно-марлевые повязки (рис.5.), изготавливаемые обычно силами самого населения.

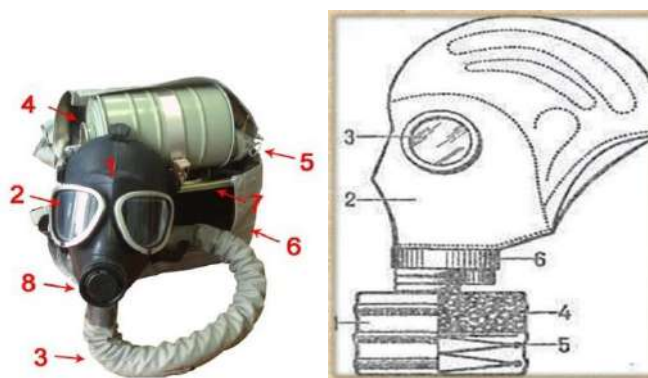


Рис. 8.1 Фильтрующий противогаз

1-фильтрующе-поглощающая коробка; 2-лицевая часть противогаза; 3-очковой узел; 4-шихга (обеспечивает поглощение паров и газов, и токсичных в-в); 5-ПАФ (противоаэрозольный фильтр); 6-клапанная коробка.



Рис.8.2. Изолирующий противогаз

1-лицевая часть, 2-очковый узел, 3-соединительная трубка, 4-регенераторный патрон, 5-пусковое устройство патрона, 6-дыхательный мешок, 7-каркас, 8-устройство для переговоров.

Порядок надевания противогаза:

1. По команде «Газы!» задержите дыхание, не вдыхая воздух.
2. Закрыть глаза.
3. Достать противогаз из противогазной сумки, левой рукой доставая противогаз, а правой держа сумку снизу.
4. Вынуть пробку-заглушку из противогазной коробки.

5. Перед надеванием противогаза расположить большие пальцы рук снаружи, а остальные внутри.

6. Приложить нижнюю часть шлем-маски на подбородок.

7. Резко натянуть противогаз на голову снизу-вверх.

8. Выдохнуть.

9. Необходимо, чтобы после не образовалось складок, очковый узел должен быть расположен на уровне глаз.

10. Перевести сумку на бок.

Снятие:

1. По команде «Отбой!» брать за фильтровальную коробку и, потянув сверху-вниз, снять его.

2. Убрать противогаз в противогазную сумку.

3. Застегнуть пуговицы.

Таблица 8.0

Подбор размера противогаза

Обхват головы	Размер противогаза
До 63	0
63,5-65,5	1
66-68	2
68,5-70,5	3
71 и более	4

В качестве защиты органов дыхания от радиоактивной пыли и различных вредных аэрозолей могут быть использованы респираторы. Они просты в применении, малогабаритны и рассчитаны на массовое применение. Широко используются при выполнении работ, связанных с пылеобразованием.

Респиратор представляет собой фильтрующую полумаску, снабженную двумя клапанами вдоха, клапаном выхода (с предохранительным экраном), оголовьем, состоящим из эластичных растягивающихся (и не растягивающихся) тесемок, и носовым зажимом. Работать в нем можно до 12 ч

Респираторы Р-2 изготавливаются трех ростов -1,2 и 3-го, которые обозначаются внутренней подбородочной части полумаски.

Простейшими средствами защиты органов дыхания человека от радиоактивной пыли и биологических средств (при действиях во вторичном облаке) являются противопыльная тканевая маска ПТМ-1 (рис.8.3).

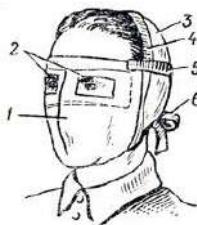


Рис.8.3. Противопыльная тканевая маска

1-корпус маски, 2-смотровые отверстия, 3-крепления, 4-резиновая тесьма, 5-поперечная резинка, 6-завязки.

И ватно-марлевая повязка (рис.8.4.) От ОВ (отравляющих веществ) они не защищают. Их изготавливает преимущественно само население. Маска состоит из корпуса и крепления. Корпус шьется из двух одинаковых по форме тканевых фильтрующих половинок, собранных на 4-5 слоев. На нем имеются смотровые отверстия со вставленными стеклами. Крепится маска на голове при помощи вставленной резинки и двух завязок.

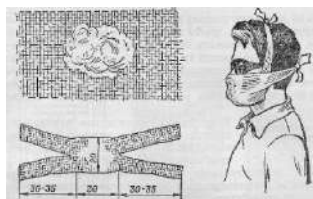


Рис.8.4. Ватно-марлевая повязка

Ватно-марлевая повязка изготавливается из куска марли размером 100 x50 см и ваты. На марлю накладывают слой ваты толщиной 2-3 см, длиной 30 см, шириной 20 см. Марлю с обеих сторон загибают и накладывают на вату. Концы марли разрезают на 30-35 см с каждой стороны, чтобы образовались две пары завязок. Марлевые повязки делают из 10-12 слоев марли. Они шьются также в виде маски, закрывающей лицо или только подбородок, нос и рот. Для защиты глаз используются противопыльные очки.



Рис.8.5.Защитные очки

К средствам индивидуальной защиты глаз (СИЗГ), в первую очередь, относятся защитные очки, предохраняющие от пыли, твердых частиц, химически неагрессивных жидкостей и газов, от слепящего яркого света, ультрафиолетового, инфракрасного излучения и от сочетания излучений указанных видов с воздействия летящих твердых частиц, а так же очки защищающие от лазерного излучения и других опасных факторов.

К средствам индивидуальной защиты кожи (СИЗК) относят защитную одежду фильтрующего и изолирующего типа. К изолирующим средствам защиты кожи относятся общевойсковой комплексный защитный костюм (ОКЗК), общевойсковой защитный комплекс (ОЗК) (рис.8.6.), легкий защитный костюм (Л-1) , защитный комбинезон или костюм.



Рис. 8.6 Защитный костюм

Общевойсковой комплексный защитный костюм (ОЗК) предназначен для комплексной защиты от светового излучения и радиоактивной пыли, паров и аэрозолей ОВ и биологических аэрозолей. Он состоит из пропитанных специальным составом куртки, брюк, защитного белья, головного убора, подшлемника.

Простейшие средства защиты кожи применяются при отсутствии табельных средств. Может быть использована прежде всего производственная одежда (спецовка) – куртка и брюки, комбинезоны, халаты с капюшоном, сшитые из брезента, огнезащитной или прорезиненной ткани, грубого сукна. Они способны не только защищать от попадания на кожу людей радиоактивных веществ и биологических средств, но и не пропускать в течение некоторого времени капельножидких отравляющих веществ.

Обычная одежда, обработанная специальной пропиткой, может защищать и от паров отравляющих веществ. В качестве пропитки используют моющие средства или мыльно-масляную эмульсию. Основные представители неионогенных моющих средств – ОП-7 и ОП-10 (ОП-7иОП-10 - вспомогательные вещества, представляющие собой продукты обработки смеси моно- и диалкилфенолов окисью этилена. Вспомогательные вещества ОП-7 и ОП-10 относятся к неионогенным поверхностно-активным веществам. Применяются в качестве смачивающих, эмульгирующих, стабилизирующих поверхностно-активных веществ. Хорошо растворимы в воде). Синтетические моющие средства в чистом виде используются редко и служат исходным материалом для приготовления моющих средств, которые состоят из моющего вещества, активных добавок (соли фосфорной кислоты, сульфат натрия, метасиликат натрия и др.) и веществ, предохраняющих кожу (карбоксиметилцеллюлоза, дермоланы – высокомолекулярные циклические соединения, содержащие группы SO_2, NH_4 , далгоны – конденсированные фосфаты).

Придать повседневной одежде защитные от отравляющих веществ свойства можно, пропитав ее раствором, который может быть приготовлен в домашних условиях. 2,5-3 л раствора, необходимого для пропитки одного комплекта одежды, можно получить если растворить 250-300 г измельченного хозяйственного мыла в 2-3 л горячей воды (60-70 ° C), добавить в раствор 0,5 л минерального (машинного) и другого масла и, подогревая, перемешивать раствор до получения однородной мыльно-масляной эмульсии. Одежду помещают в большую емкость (бак, ведро) и заливают раствором. Пропитанная одежда отжимается и просушивается (утюжке не подлежит).

В летнюю жаркую погоду необходимо соблюдать установленные сроки работы в защитной одежде. Зимой для предупреждения обмороживания следует надевать ее на ватник, использовать подшлемник, теплые портянки, в резиновые сапоги подкладывать теплые стельки, защитные перчатки одевать поверх обычных шерстяных или фланелевых. Обычно длительность пребывания людей в убежищах зависит от степени радиоактивного заражения местности. Если убежище находится в зоне заражения с уровнями радиации от 8 до 80 Р/ч через один час после ядерного взрыва, то время пребывания в нем укрываемых людей составит от нескольких часов до одних суток (рис.8.7) .



Рис.8. 7. Ватно-марлевая повязка

В зоне заражения с уровнями радиации от 80 до 240 Р/ч нахождение людей в защитном сооружении увеличивается до 3 сут. В зоне заражения с уровнем радиации 240 Р/ч и выше это время составит 3 сут. и более. По истечении указанных сроков из убежищ (укрытий) можно перейти в жилые помещения. В течение последующих 1-4 сут. (в зависимости от уровней радиации в зонах

заражения) из таких помещений можно периодически выходить наружу, но не более чем на 3-4 ч в сутки.

В условиях сухой и ветреной погоды, когда возможно пылеобразование, при выходе из помещений следует использовать СИЗОД. Чтобы благополучно пережить указанные сроки пребывания в убежищах, необходимо иметь запасы продуктов питания (не менее чем на 4 сут. (крупы, сахар и соль, галеты, сухари, консервы, макаронные изделия, мука, сухофрукты, шоколад, подсолнечное масло, мед, варенье, уксус, вода)), питьевой воды (из расчета 3 л на человека в сутки), а также предметы первой необходимости и медикаменты.

Если в результате ядерного взрыва убежище (укрытие) окажется поврежденным, принимают меры к быстрому выходу из него, надев СИЗОД. Если основным и ли запасным выходом воспользоваться невозможно, приступают к расчистке одного из заваленных выходов или к проделыванию выхода. После выхода из очага ядерного поражения (зоны радиоактивного заражения) необходимо провести частичную дезактивацию и санитарную обработку, т.е. удалить радиоактивную пыль. При частичной дезактивации следует осторожно снять одежду, ни в коем случае не снимая СИЗОД. Встав спиной к ветру, вытряхнуть ее, развесить одежду на перекладине или веревке и обмести с нее пыль сверху вниз с помощью щетки или веника. Одежду можно выколачивать и палкой.

После этого следует продезактивировать обувь: протереть тряпками и ветошью, смоченными водой, очистить веником или щеткой. Резиновую обувь можно мыть. Противогаз дезактивируют в особой последовательности. Фильтрующе-поглощающую коробку вынимают из сумки, сумку тщательно вытряхивают. Затем тампоном, смоченным мыльной воде, моющим раствором или жидкостью из противохимического пакета обрабатывают фильтрующе-поглощающую коробку, соединительную трубку и наружную поверхность шлема-маски (маски). Лишь после этого противогаз снимают.

Противопыльные тканевые маски при дезактивации тщательно вытряхивают, чистят щетками, при возможности полощут или стирают в воде. Зараженные ватно-марлевые повязки сжигают. При частичной санитарной обработке открытые участки тела: руки, лицо, шею, глаза обмывают незараженной водой. Нос, рот и горло полощут. Важно, чтобы при обмывке лица зараженная вода не попала в глаза, рот и нос. При недостатке воды обработку проводят путем многократного протирания участков тела тампонами из марли (ваты, пакли, ветоши), смоченными незараженной водой. Протирание следует проводить сверху вниз. каждый раз переворачивая тампон чистой стороной. Зимой может использоваться незараженный снег.

Летом санитарную обработку можно организовать в реке или другом проточном водоеме. Частичная дезактивация и санитарная обработка, проводимые в одноразовом порядке, не всегда гарантируют полное удаление радиоактивной пыли. Потому после их проведения обязательно проводится дозиметрический контроль. Если заражение одежды и тела окажется выше допустимой нормы, частичные дезактивацию и санитарную обработку повторяют. В необходимых случаях проводится полная санитарная обработка. Своевременно проведенные частичные дезактивация и санитарная обработка могут полностью предотвратить или сильно снизить степень поражения людей радиоактивными веществами.

Если люди во время ядерного взрыва находятся вне убежища укрытия, следует использовать естественные ближайшие укрытия (рис.10). Если таких укрытий нет, надо повернуться к взрыву спиной, лечь на землю лицом вниз, руки спрятать под себя. Через 15-20 с. после взрыва, когда пройдет ударная волна, следует встать и немедленно надеть противогаз, респиратор или какое-либо другое СИЗОД. В случае отсутствия специальных средств следует закрыть рот и нос платком, шарфом или плотным материалом.

Задача состоит в том, чтобы исключить попадание внутрь организма радиоактивных веществ. Их поражающее действие бывает значительным в

течение длительного времени, поскольку выведение их из организма происходит медленно. Далее необходимо стряхнуть осевшую на одежду и обувь пыль, надеть имеющиеся средства защиты кожи.

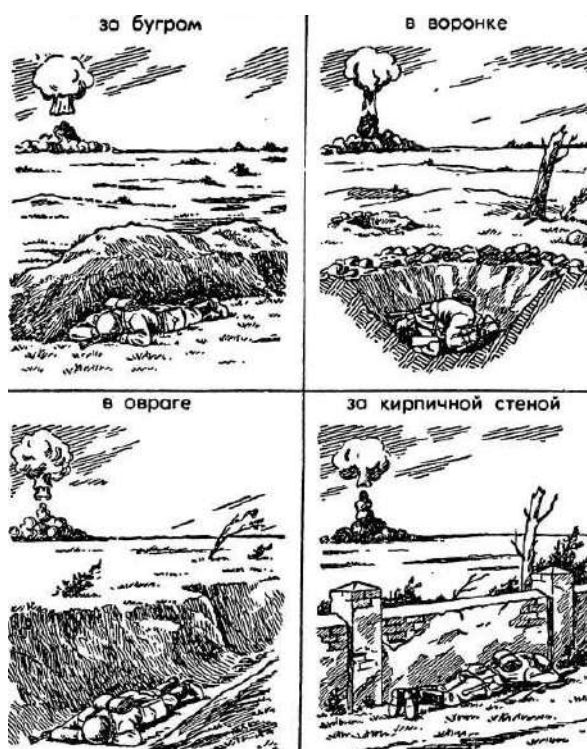


Рис 8.8 Естественные укрытия при внезапном ядерном взрыве

Для этого можно использовать имеющиеся одежду и обувь. Затем следует побыстрее покинуть очаг поражения или укрыться в ближайшем защитном сооружении.

Оставаться на зараженной радиоактивными веществами местности вне убежищ (укрытий), несмотря на использование средств индивидуальной защиты, опасно. Это сопряжено с возможностью облучения и, как следствие, развития лучевой болезни. В целях уменьшения возможности поражения радиоактивными веществами в зонах заражения запрещается принимать пищу, пить и курить. Приготовление пищи должно вестись на незараженной местности или, в крайнем случае, на местности, где уровень радиации не превышает 1 Р/ч. При выходе из очага поражения необходимо учитывать, что в результате ядерных взрывов разрушаются здания, сети коммунального хозяйства. При этом отдельные элементы зданий могут обрушиться через

некоторое время после взрыва. Продвигаться надо посередине улицы, стараясь возможно быстрее попасть в безопасное место. Нельзя трогать электропровода. Направление движения из очага поражения следует выбирать, ориентируясь на знаки ограждения, расставленные разведкой гражданской обороны. Они ведут в сторону снижения уровней радиации. Двигаясь по зараженной территории, надо стараться не поднимать пыли, обходить лужи, не создавать брызг.

В результате применения химического оружия возникают очаги химического поражения-территории, в пределах которой в результате воздействия химического оружия произошли массовые поражения людей и сельскохозяйственных животных. Размеры очага зависят от масштаба и способа применения БТХВ (боевые токсичные химические вещества - это химические соединения, которые способны поражать людей и животных на больших площадях, проникать в различные сооружения, заражать местность и водоемы), его типа метеорологических условий, рельефа местности. Особенно опасны стойкие БТХВ нервнопаралитического действия. Их пары распространяются по ветру на довольно большое расстояние (15-25 км и более). Поэтому люди и животные могут быть поражены ими не только в районе применения химических боеприпасов, но и далеко за его пределами. Длительность поражающего действия БТХВ тем меньше, чем сильнее ветер и восходящие потоки воздуха. В лесах, парках, оврагах, на узких улицах они сохраняются дольше, чем на открытой местности. Современные отравляющие вещества обладают чрезвычайно высокой токсичностью.

При обнаружении признаков применения противником отравляющих веществ, далее ОВ (по сигналу «Химическая тревога») надо срочно надеть противогаз, а в случае необходимости - средства защиты кожи. Если поблизости имеется убежище, нужно укрыться в нем. Перед тем как войти в убежище, следует снять использованные средства защиты кожи и верхнюю одежду и оставить их в тамбуре убежища. Эта мера предосторожности исключает занос ОВ в убежище. Противогаз снимают после входа в убежище.

При пользовании укрытием, например, подвалом, не следует забывать, что оно может служить защитой лишь от попадания на кожные покровы и одежду капельножидких ОВ. Однако оно не защищает от паров или аэрозолей отравляющих веществ, находящихся в воздухе. Находясь в таких укрытиях, при наружном заражении обязательно надо воспользоваться противогазом. Находиться в убежище (укрытии) следует до получения распоряжения на выход из него. Когда такое распоряжение поступит, необходимо надеть требуемые средства индивидуальной защиты - противогазы и средства защиты кожи и выйти за пределы очага поражения по направлениям, обозначенным специальными указателями. Если нет ни указателей, ни постов, то двигаться следует перпендикулярно направлению ветра.

На зараженной ОВ территории надо двигаться быстро, но не пыль (брызги). Нельзя прислоняться к зданиям и прикасаться к окружающим предметам. Не следует наступать на видимые капли и мазки ОВ. На зараженной территории запрещается снимать противогазы и другие средства защиты. Особо осторожно нужно двигаться через парки, сады, огороды и поля. На листьях и ветках растений могут находиться осевшие капли ОВ, при прикосновении к ним можно заразить одежду и обувь, что может привести к поражению.

По возможности следует избегать движения оврагами и лощинами, через луга и болота, в этих местах возможен длительный застой паров ОВ. В городах пары ОВ могут застаиваться в замкнутых кварталах, парках, а также в подъездах и на чердаках домов. Зараженное облако в городе распространяется на наибольшие расстояния по улицам, тоннелям, трубопроводам.

ОВ на кожных покровах, одежде, обуви или средствах индивидуальной защиты необходимо немедленно снять их тампонами из марли или ваты; если таких тампонов нет, капли ОВ можно снять тампонами из бумаги или ветоши. Пораженные места следует обработать раствором из противохимического пакета или тщательно промыть теплой водой с мылом. После выхода из очага

химического поражения немедленно проводится полная санитарная обработка. Если это невозможно, проводятся частичные дегазация и санитарная обработка.

Очагом биологического поражения считаются территории, подвергшиеся непосредственному воздействию бактериальных (биологических) средств, создающих источник распространения инфекционных заболеваний. Заражение людей и животных происходит в результате вдыхания зараженного воздуха, попадания микробов или токсинов на слизистую оболочку и поврежденную кожу, употребления в пищу зараженных продуктов питания и воды.

Причиной заражения могут быть укусы зараженных насекомых и клещей, соприкосновения с зараженными предметами, ранения осколками боеприпасов, снаряженных БС (биологические средства поражения - общее название болезнетворных микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности, предназначенных для использования в системах биологического оружия с целью поражения людей, животных и растений). Заражение возможно также в результате непосредственного общения с больными людьми (животными). Ряд заболеваний быстро передается от больных людей к здоровым и вызывает эпидемии (чума, холера, тиф, грипп и др.). К основным средствам защиты населения от биологического оружия относятся вакциносыывороточные препараты, антибиотики, сульфамидные и другие лекарственные вещества, используемые для специальной и экстренной профилактики инфекционных болезней.

Употребимы такие средства индивидуальной и коллективной защиты. Своевременное и правильное применение средств индивидуальной защиты и защитных сооружений предохранит от попадания БС в органы дыхания, на кожные покровы и одежду. Необходимо строгое соблюдение правил личной гигиены и санитарно-гигиенических требований к питанию и водоснабжению населения. Приготовление и прием пищи должны исключать возможность ее заражения бактериальными средствами. Посуду необходимо мыть дезинфицирующими растворами или обрабатывать кипячением. В случае

применения противником биологического оружия возможно возникновение значительного количества инфекционных заболеваний.

Основными формами борьбы с эпидемиями являются обсервация и карантин. Делается это в тех случаях, когда примененные возбудители болезней относятся к особо опасным (чума, холера и др.). Карантинный режим предусматривает полную изоляцию очага поражения от окружающего населения. Это наиболее эффективный способ противодействия распространению инфекционных заболеваний. На внешних границах зоны карантина устанавливается вооруженная охрана, выход людей, вывод животных и вывоз имущества запрещаются. Транзитный проезд транспорта через очаги поражения запрещается. Объекты экономики переходят на особый режим работы со строгим выполнением противоэпидемических требований. Рабочие смены разбиваются на отдельные группы как можно более малочисленные по составу. Контакт между ними сокращается до минимума. Питание и отдых рабочих и служащих организуются по группам в специально отведенных для этого помещениях. Работа учебных заведений, зрелищных учреждений, рынков и т.д. прекращается. Людям не разрешается без крайней необходимости выходить из своих квартир. Продукты питания, вода и предметы первой необходимости доставляются им специальными командами.

При выполнении срочных работ вне зданий люди должны быть обязательно в средствах индивидуальной защиты. Если установленный вид возбудителя не относится к группе особо опасных, вместо карантина применяется обсервация. Она предусматривает медицинское наблюдение за очагом поражения и проведение необходимых лечебно-профилактических мероприятий. Изоляционно-ограничительные меры при обсервации менее строгие: организуются дезинфекция, дезинсекция и дератизация.

Дезинфекция имеет целью обеззараживание объектов внешней среды, которые необходимы для нормальной деятельности и безопасного нахождения людей. Для дезинфекции применяются растворы хлорной извести и хлорамина,

лизол, формалин, могут использоваться горячая вода (с мылом или содой) и пар.

Дезинсекция и дератизация-это мероприятия, связанные соответственно с уничтожением насекомых и истреблением грызунов, которые являются переносчиками инфекционных заболеваний. Для уничтожения насекомых применяют физические (кипячение, проглаживание накаливаем утюгом и др.), химические (применение дезинсектирующих средств) и комбинированные способы.

Истребление грызунов в большинстве случаев проводят с помощью механических приспособлений (ловушек различных типов) и химических препаратов. После проведения дезинфекции, дезинсекции и дератизации проводится полная санитарная обработка лиц, принимавших участие в осуществлении названных мероприятий. При необходимости организуется санитарная обработка и остального населения.

Контрольные вопросы

1. Перечислите СИЗОД.
2. Перечислите СИЗ кожи.
3. Назовите порядок изготовления ВМП.
4. При каких опасностях используются индивидуальные средства защиты?
5. Что является основным средством защиты при угрозе применения ядерного оружия?
6. Что относится к основным средствам защиты населения от биологического оружия?
7. Какие индивидуальные средства защиты применяются при химической угрозе?
8. Какие действия предполагает санитарная обработка?
9. В чем отличие дезинфекции от дезинсекции?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косолапова Н.В. Основы безопасности жизнедеятельности: учебник / Н.В. Косолапова, Н.А. Прокопенко. – 3-е изд., стереот., - М.: Академия, 2013. – 320 с.: ил.
2. Безопасности жизнедеятельности: учебник / Е.А. Арустамов. – 9-е изд., стереот., - М.: Академия, 2013 с.: ис.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

 УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой,
Д.Ф. Шулиманов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

по дисциплине
ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Екатеринбург
2020

Содержание

Цели и задачи дисциплины	3
Место дисциплины в структуре основной образовательной программы	3
Требования к оформлению контрольной работы	3
Содержание контрольной работы.....	3
Выполнение работы над ошибками.....	9
Критерии оценивания контрольной работы	9
Образец титульного листа	10

1. Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности.

Задачи:

- формирование осознания социальной значимости физической культуры и её роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности;
- изучение научно-биологических, педагогических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое совершенствование и самовоспитание привычки к регулярным занятиям физическими упражнениями и спортом;

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Физическая культура и спорт» относится к разделу «Блок 1. Базовая часть».

3. Требования к оформлению контрольной работы

Контрольные задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, номер контрольной работы и фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Контрольные задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в контрольной работе.

Выполненную контрольную работу необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если контрольная работа выполнена без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «физическая культура и спорт» представлен 1 вариант контрольной работы.

Содержание контрольной работы

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
1	Физическая культура представляет собой:	А) учебный предмет в школе Б) выполнение физических упражнений В) процесс совершенствования возможностей человека Г) часть общей культуры общества
2	Физическая подготовленность, приобретаемая в процессе физической подготовки к трудовой или иной деятельности, характеризуется:	А) высокой устойчивостью к стрессовым ситуациям, воздействию неблагоприятных условий внешней среды и различным заболеваниям Б) уровнем работоспособности и запасом двигательных умений и навыков В) хорошим развитием систем дыхания, кровообращения, достаточным запасом надежности, эффективности и экономичности Г) высокими результатами в учебной, трудовой и спортивной деятельности
3	Под физическим развитием понимается:	А) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни Б) размеры мускулатуры, формы тела, функциональные возможности дыхания и кровообращения, физическая работоспособность

		В) процесс совершенствования физических качеств при выполнении физических упражнений Г) уровень, обусловленный наследственностью и регулярностью занятий физической культурой и спортом
4	Физическая культура ориентирована на совершенствование	А) физических и психических качеств людей Б) техники двигательных действий В) работоспособности человека Г) природных физических свойств человека
5	Отличительным признаком физической культуры является:	А) развитие физических качеств и обучение двигательным действиям Б) физическое совершенство В) выполнение физических упражнений Г) занятия в форме уроков
6	В иерархии принципов в системе физического воспитания принцип всестороннего развития личности следует отнести к:	А) общим социальным принципам воспитательной стратегии общества Б) общим принципам образования и воспитания В) принципам, регламентирующим процесс физического воспитания Г) принципам обучения
7	Физическими упражнениями называются:	А) двигательные действия, с помощью которых развивают физические качества и укрепляют здоровье Б) двигательные действия, дозируемые по величине нагрузки и продолжительности выполнения В) движения, выполняемые на уроках физической культуры и во время утренней гимнастики Г) формы двигательных действий, способствующие решению задач физического воспитания
8	Нагрузка физических упражнений характеризуется:	А) подготовленностью занимающихся в соответствии с их возрастом, состоянием здоровья, самочувствием во время занятия Б) величиной их воздействия на организм В) временем и количеством повторений двигательных действий Г) напряжением отдельных мышечных групп
9	Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:	А) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий Б) степенью преодолеваемых при их выполнении трудностей В) утомлением, возникающим при их выполнении Г) частотой сердечных сокращений
10	Если ЧСС после выполнения упражнения восстанавливается за 60 сек до уровня, который был в начале урока, то это свидетельствует о том, что нагрузка	А) мала и ее следует увеличить Б) переносится организмом относительно легко В) достаточно большая и ее можно повторить Г) чрезмерная и ее нужно уменьшить
11	Интенсивность выполнения упражнений можно определить по ЧСС. Укажите, какую частоту пульса вызывает большая интенсивность упражнений	А) 120-130 уд/мин Б) 130-140 уд/мин В) 140-150 уд/мин Г) свыше 150 уд/мин
12	Регулярные занятия физическими упражнениями способствуют повышению работоспособности, потому что:	А) во время занятий выполняются двигательные действия, содействующие развитию силы и выносливости Б) достигаемое при этом утомление активизирует процессы восстановления и адаптации В) в результате повышается эффективность и экономичность дыхания и кровообращения.

		Г) человек, занимающийся физическими упражнениями, способен выполнить большой объем физической работы за отведенный отрезок времени.
13	Что понимают под закаливанием:	А) купание в холодной воде и хождение босиком Б) приспособление организма к воздействию внешней среды В) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми Г) укрепление здоровья
14	Во время индивидуальных занятий закаливающими процедурами следует соблюдать ряд правил. Укажите, какой из перечисленных ниже рекомендаций придерживаться не стоит:	А) чем ниже температура воздуха, тем интенсивней надо выполнять упражнение, т.к. нельзя допускать переохлаждения Б) чем выше температура воздуха, тем короче должны быть занятия, т.к. нельзя допускать перегревания организма В) не рекомендуется тренироваться при активном солнечном излучении Г) после занятия надо принять холодный душ
15	Правильное дыхание характеризуется:	А) более продолжительным выдохом Б) более продолжительным вдохом В) вдохом через нос и выдохом через рот Г) равной продолжительностью вдоха и выдоха
16	При выполнении упражнений вдох не следует делать во время:	А) вращений и поворотов тела Б) наклонах туловища назад В) возвращение в исходное положение после наклона Г) дыхание во время упражнений должно быть свободным, рекомендации относительно времени вдоха и выдоха не нужны
17	Что называется осанкой?	А) качество позвоночника, обеспечивающее хорошее самочувствие и настроение Б) пружинные характеристики позвоночника и стоп В) привычная поза человека в вертикальном положении Г) силуэт человека
18	Правильной осанкой можно считать, если вы, стоя у стены, касаетесь ее:	А) затылком, ягодицами, пятками Б) лопатками, ягодицами, пятками В) затылком, спиной, пятками Г) затылком, лопатками, ягодицами, пятками
19	Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому, что:	А) он обеспечивает ритмичность работы организма Б) он позволяет правильно планировать дела в течение дня В) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня Г) он позволяет избегать неоправданных физических напряжений
20	Замена одних видов деятельности другими, регулируема режимом дня, позволяет поддержать работоспособность в течение дня, потому что:	А) это положительно сказывается на физическом и психическом состоянии человека Б) снимает утомление нервных клеток организма В) ритмическое чередование работы с отдыхом предупреждает возникновение перенапряжения Г) притупляется чувство общей усталости и повышает тонус организма

21	Систематические и грамотно организованные занятия физическими упражнениями укрепляют здоровье, так как	А) хорошая циркуляция крови во время упражнений обеспечивает поступление питательных веществ к органам и системам организма Б) повышается возможность дыхательной системы, благодаря чему в организм поступает большее количество кислорода, необходимого для образования энергии В) занятия способствуют повышению резервных возможностей организма Г) при достаточном энергообеспечении организм легче противостоит простудным и инфекционным заболеваниям
22	Почему на уроках физической культуры выделяют подготовительную, основную и заключительную части?	А) так учителю удобнее распределять различные по характеру упражнения Б) это обусловлено необходимостью управлять динамикой работоспособности занимающихся. В) выделение частей в уроке требует Министерство образования России Г) потому, что перед уроком, как правило, ставятся задачи, и каждая часть урока предназначена для решения одной из них
23	Укажите, в какой последовательности должны выполняться в комплексе утренней гимнастикой перечисленные упражнения: 1. Дыхательные. 2. На укрепление мышц и повышение гибкости. 3. Потягивания. 4 бег с переходом на ходьбу. 5. Ходьба с постепенным повышением частоты шагов. 6. Прыжки. 7. Поочередное напряжение и расслабление мышц. 8. Бег в спокойном темпе.	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 Б) 7, 5, 8, 6, 2, 3, 2, 1, 4 В) 3, 7, 5, 8, 1, 2, 6, 4 Г) 3, 1, 2, 4, 7, 6, 8, 4
24	Под силой как физическим качеством понимается:	А) способность поднимать тяжелые предметы Б) свойство человека противодействовать внешним силам за счет мышечных напряжений В) свойство человека воздействовать на внешние силы за счет внешних сопротивлений Г) комплекс свойств организма, позволяющих преодолевать внешнее сопротивление либо противодействовать ему.
25	Выберите правильное распределение перечисленных ниже упражнений в занятии по общей физической подготовке. 1. Ходьба или спокойный бег в чередовании с дыхательными упражнениями. 2. Упражнения, постепенно включающие в работу все большее количество мышечных групп. 3. Упражнения на развитие выносливости. 4. Упражнения на развитие быстроты и гибкости. 5. упражнения на развитие силы. 6. Дыхательные упражнения.	А) 1, 2, 5, 4, 3, 6 Б) 6, 2, 3, 1, 4, 5 В) 2, 6, 4, 5, 3, 1 Г) 2, 1, 3, 4, 5, 6
26	Основная часть урока по общей физической подготовке отводится развитию физических качеств. Укажите, какая последовательность воздействий на физические качества наиболее эффективна. 1. Выносливость. 2. Гибкость. 3. быстрота. 4. Сила.	А) 1, 2, 3, 4 Б) 2, 3, 1, 4 В) 3, 2, 4, 1 Г) 4, 2, 3, 1
27	Какие упражнения неэффективны при формировании телосложения	А) упражнения, способствующие увеличению мышечной массы

		Б) упражнения, способствующие снижению массы тела В) упражнения, объединенные в форме круговой тренировки Г) упражнения, способствующие повышению быстроты движений
28	И для увеличения мышечной массы, и для снижения веса тела можно применять упражнения с отягощением. Но при составлении комплексов упражнений для увеличения мышечной массы рекомендуется:	А) полностью проработать одну группу мышц и только затем переходит к упражнениям, нагружающим другую группу мышц Б) чередовать серии упражнений, включающие в работу разные мышечные группы В) использовать упражнения с относительно небольшим отягощением и большим количеством повторений Г) планировать большое количество подходов и ограничивать количество повторений в одном подходе
29	Под быстротой как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, позволяющих передвигаться с большой скоростью Б) комплекс свойств, позволяющий выполнять работу в минимальный отрезок времени В) способность быстро набирать скорость Г) комплекс свойств, позволяющий быстро реагировать на сигналы и выполнять движения с большой частотой
30	Для развития быстроты используют:	А) подвижные и спортивные игры Б) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции В) упражнения на быстроту реакции и частоту движений Г) двигательные действия, выполняемые с максимальной скоростью
31	Лучшие условия для развития быстроты реакции создаются во время:	А) подвижных и спортивных игр Б) челночного бега В) прыжков в высоту Г) метаний
32	Под гибкостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс морфофункциональных свойств опорно-двигательного аппарата, определяющий глубину наклона Б) способность выполнять упражнения с большой амплитудой за счет мышечных сокращений. В) комплекс свойств двигательного аппарата, определяющих подвижность его звеньев Г) эластичность мышц и связок
33	Как дозируются упражнения на развитие гибкости, т.е. сколько движений следует делать в одной серии:	А) Упражнение выполняется до тех пор, пока не начнет уменьшаться амплитуда движений Б) выполняются 12-16 циклов движения В) упражнения выполняются до появления пота Г) упражнения выполняются до появления болевых ощущений
34	Для повышения скорости бега в самостоятельном занятии после разминки рекомендуется выполнять перечисленные ниже упражнения. Укажите их целесообразную последовательность: 1. Дыхательные упражнения. 2. Легкий продолжительный бег. 3. Прыжковые	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Б) 7, 5, 4, 3, 2, 6, 1 В) 2, 1, 3, 7, 4, 5, 6 Г) 3, 6, 2, 7, 5, 4, 1

	упражнения с отягощением и без них. 4. дыхательные упражнения в интервалах отдыха. 5. Повторный бег на короткие дистанции. 6. Ходьба. 7. Упражнения на частоту движений.	
35	При развитии гибкости следует стремиться	А) гармоничному увеличению подвижности в основных суставах Б) достижению максимальной амплитуды движений в основных суставах В) оптимальной амплитуде движений в плечевом, тазобедренном, коленном суставах Г) восстановлению нормальной амплитуды движений суставов
36	Под выносливостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, обуславливающий возможность выполнять разнообразные физические нагрузки Б) комплекс свойств, определяющих способность противостоять утомлению В) способность длительно совершать физическую работу, практически не утомляясь Г) способность сохранять заданные параметры работы
37	Выносливость человека не зависит от:	А) функциональных возможностей систем энергообеспечения Б) скорости двигательной реакции В) настойчивости, выдержки, мужественности, умения терпеть Г) силы мышц
38	При развитии выносливости не применяются упражнения, характерными признаками которых являются:	А) максимальная активность систем энергообеспечения Б) умеренная интенсивность В) максимальная интенсивность Г) активная работа большинства звеньев опорно-двигательного аппарата
39	Техникой физических упражнений принято называть	А) способ целесообразного решения двигательной задачи Б) способ организации движений при выполнении упражнений В) состав и последовательность движений при выполнении упражнений Г) рациональную организацию двигательных действий
40	При анализе техники принято выделять основу, ведущее звено и детали техники. Что понимают под основой (ведущим звеном и деталями техники).	А) набор элементов, характеризующий индивидуальные особенности выполнения целостного двигательного действия Б) состав и последовательность элементов, входящих в двигательное действие В) совокупность элементов, необходимых для решения двигательной задачи Г) наиболее важная часть определенного способа решения двигательной задачи
41	В процессе обучения двигательным действиям используют методы целостного или расчлененного упражнения. Выбор метода зависит от	А) возможности расчленения двигательного действия на относительно самостоятельные элементы Б) сложности основы техники В) количества элементов, составляющих двигательное действие Г) предпочтения учителя

42	Процесс обучения двигательному действию рекомендуется начинать с освоения	А) основы техники Б) ведущего звена техники В) подводящих упражнений Г) исходного положения
43	Физкультминутку, как одну из форм занятий физическими упражнениями следует отнести к:	А) урочным формам занятий физическими упражнениями Б) «малым» неурочным формам В) «крупным» неурочным формам Г) соревновательным формам
44	Какой раздел комплексной программы по физическому воспитанию для общеобразовательных школ не является типовым?	А) уроки физической культуры Б) внеклассная работа В) физкультурно-массовые и спортивные мероприятия Г) содержание и организация педагогической практики
45	Измерение ЧСС сразу после пробегания отрезка дистанции следует отнести к одному из видов контроля:	А) оперативному Б) текущему В) предварительному Г) итоговому

Проблемные и сложные вопросы, возникающие в процессе изучения курса и выполнения контрольной работы, необходимо решать с преподавателем на консультациях.

Выполнению контрольной работы должно предшествовать самостоятельное изучение студентом рекомендованной литературы.

Студент получает проверенную контрольную работу с исправлениями в тексте и замечаниями. В конце работы выставляется оценка «зачтено», «не зачтено». Работа с оценкой «не зачтено» должна быть доработана и представлена на повторную проверку.

Выполнение работы над ошибками

При получении проверенной контрольной работы необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данной контрольной работы. Контрольные работы являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

Критерии оценивания контрольной работы

Оценка за контрольную работу определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 2 балл. Максимум 90 баллов.

Результат контрольной работы

Контрольная работа оценивается на «зачтено», «не зачтено»:

46-90 балла (50-100%) - оценка «зачтено»;

0-44 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»;

Образец оформления титульного листа



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

Кафедра физической культуры

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

**по дисциплине
ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ**

Выполнил: Иванов Иван Иванович
Группа _____

Преподаватель: Петров Петр Петрович

**Екатеринбург
2018**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому

комитет

С.А. Упоров



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Одобрена на заседании кафедры

Физической культуры

(название кафедры)

Зав.кафедрой

(подпись)

Шулиманов Д.Ф.

(Фамилия И.О.)

Екатеринбург
2019

Содержание

Цели и задачи дисциплины	3
Место дисциплины в структуре основной образовательной программы	3
Требования к оформлению теста	3
Содержание теста.....	3
Содержание опроса.....	9
Выполнение работы над ошибками.....	11

Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности.

Задачи:

- формирование осознания социальной значимости физической культуры и её роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности;
- изучение научно-биологических, педагогических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое совершенствование и самовоспитание привычки к регулярным занятиям физическими упражнениями и спортом;

Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Физическая культура и спорт» относится к разделу «Блок 1. Базовая часть».

Требования к оформлению теста

Задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в тесте.

Выполненный тест необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если тест выполнен без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «физическая культура и спорт» представлен, тест, вопросы для проведения опроса.

Содержание теста

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
1	Физическая культура представляет собой:	А) учебный предмет в школе Б) выполнение физических упражнений В) процесс совершенствования возможностей человека Г) часть общей культуры общества
2	Физическая подготовленность, приобретаемая в процессе физической подготовки к трудовой или иной деятельности, характеризуется:	А) высокой устойчивостью к стрессовым ситуациям, воздействию неблагоприятных условий внешней среды и различным заболеваниям Б) уровнем работоспособности и запасом двигательных умений и навыков В) хорошим развитием систем дыхания, кровообращения, достаточным запасом надежности, эффективности и экономичности Г) высокими результатами в учебной, трудовой и спортивной деятельности
3	Под физическим развитием понимается:	А) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни Б) размеры мускулатуры, формы тела, функциональные возможности дыхания и кровообращения, физическая работоспособность В) процесс совершенствования физических качеств при выполнении физических упражнений

		Г) уровень, обусловленный наследственностью и регулярностью занятий физической культурой и спортом
4	Физическая культура ориентирована на совершенствование	А) физических и психических качеств людей Б) техники двигательных действий В) работоспособности человека Г) природных физических свойств человека
5	Отличительным признаком физической культуры является:	А) развитие физических качеств и обучение двигательным действиям Б) физическое совершенство В) выполнение физических упражнений Г) занятия в форме уроков
6	В иерархии принципов в системе физического воспитания принцип всестороннего развития личности следует отнести к:	А) общим социальным принципам воспитательной стратегии общества Б) общим принципам образования и воспитания В) принципам, регламентирующим процесс физического воспитания Г) принципам обучения
7	Физическими упражнениями называются:	А) двигательные действия, с помощью которых развивают физические качества и укрепляют здоровье Б) двигательные действия, дозируемые по величине нагрузки и продолжительности выполнения В) движения, выполняемые на уроках физической культуры и во время утренней гимнастики Г) формы двигательных действий, способствующие решению задач физического воспитания
8	Нагрузка физических упражнений характеризуется:	А) подготовленностью занимающихся в соответствии с их возрастом, состоянием здоровья, самочувствием во время занятия Б) величиной их воздействия на организм В) временем и количеством повторений двигательных действий Г) напряжением отдельных мышечных групп
9	Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:	А) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий Б) степенью преодолеваемых при их выполнении трудностей В) утомлением, возникающим при их выполнении Г) частотой сердечных сокращений
10	Если ЧСС после выполнения упражнения восстанавливается за 60 сек до уровня, который был в начале урока, то это свидетельствует о том, что нагрузка	А) мала и ее следует увеличить Б) переносится организмом относительно легко В) достаточно большая и ее можно повторить Г) чрезмерная и ее нужно уменьшить
11	Интенсивность выполнения упражнений можно определить по ЧСС. Укажите, какую частоту пульса вызывает большая интенсивность упражнений	А) 120-130 уд/мин Б) 130-140 уд/мин В) 140-150 уд/мин Г) свыше 150 уд/мин
12	Регулярные занятия физическими упражнениями способствуют повышению работоспособности, потому что:	А) во время занятий выполняются двигательные действия, содействующие развитию силы и выносливости Б) достигаемое при этом утомление активизирует процессы восстановления и адаптации В) в результате повышается эффективность и экономичность дыхания и кровообращения.

		Г) человек, занимающийся физическими упражнениями, способен выполнить большой объем физической работы за отведенный отрезок времени.
13	Что понимают под закаливанием:	А) купание в холодной воде и хождение босиком Б) приспособление организма к воздействию внешней среды В) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми Г) укрепление здоровья
14	Во время индивидуальных занятий закаливающими процедурами следует соблюдать ряд правил. Укажите, какой из перечисленных ниже рекомендаций придерживаться не стоит:	А) чем ниже температура воздуха, тем интенсивней надо выполнять упражнение, т.к. нельзя допускать переохлаждения Б) чем выше температура воздуха, тем короче должны быть занятия, т.к. нельзя допускать перегревания организма В) не рекомендуется тренироваться при активном солнечном излучении Г) после занятия надо принять холодный душ
15	Правильное дыхание характеризуется:	А) более продолжительным выдохом Б) более продолжительным вдохом В) вдохом через нос и выдохом через рот Г) равной продолжительностью вдоха и выдоха
16	При выполнении упражнений вдох не следует делать во время:	А) вращений и поворотов тела Б) наклонах туловища назад В) возвращение в исходное положение после наклона Г) дыхание во время упражнений должно быть свободным, рекомендации относительно времени вдоха и выдоха не нужны
17	Что называется осанкой?	А) качество позвоночника, обеспечивающее хорошее самочувствие и настроение Б) пружинные характеристики позвоночника и стоп В) привычная поза человека в вертикальном положении Г) силуэт человека
18	Правильной осанкой можно считать, если вы, стоя у стены, касаетесь ее:	А) затылком, ягодицами, пятками Б) лопатками, ягодицами, пятками В) затылком, спиной, пятками Г) затылком, лопатками, ягодицами, пятками
19	Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому, что:	А) он обеспечивает ритмичность работы организма Б) он позволяет правильно планировать дела в течение дня В) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня Г) он позволяет избегать неоправданных физических напряжений
20	Замена одних видов деятельности другими, регулируема режимом дня, позволяет поддерживать работоспособность в течение дня, потому что:	А) это положительно сказывается на физическом и психическом состоянии человека Б) снимает утомление нервных клеток организма В) ритмическое чередование работы с отдыхом предупреждает возникновение перенапряжения Г) притупляется чувство общей усталости и повышает тонус организма

21	Систематические и грамотно организованные занятия физическими упражнениями укрепляют здоровье, так как	А) хорошая циркуляция крови во время упражнений обеспечивает поступление питательных веществ к органам и системам организма Б) повышается возможность дыхательной системы, благодаря чему в организм поступает большее количество кислорода, необходимого для образования энергии В) занятия способствуют повышению резервных возможностей организма Г) при достаточном энергообеспечении организм легче противостоит простудным и инфекционным заболеваниям
22	Почему на уроках физической культуры выделяют подготовительную, основную и заключительную части?	А) так учителю удобнее распределять различные по характеру упражнения Б) это обусловлено необходимостью управлять динамикой работоспособности занимающихся. В) выделение частей в уроке требует Министерства образования России Г) потому, что перед уроком, как правило, ставятся задачи, и каждая часть урока предназначена для решения одной из них
23	Укажите, в какой последовательности должны выполняться в комплексе утренней гимнастикой перечисленные упражнения: 1. Дыхательные. 2. На укрепление мышц и повышение гибкости. 3. Потягивания. 4 бег с переходом на ходьбу. 5. Ходьба с постепенным повышением частоты шагов. 6. Прыжки. 7. Поочередное напряжение и расслабление мышц. 8. Бег в спокойном темпе.	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 Б) 7, 5, 8, 6, 2, 3, 2, 1, 4 В) 3, 7, 5, 8, 1, 2, 6, 4 Г) 3, 1, 2, 4, 7, 6, 8, 4
24	Под силой как физическим качеством понимается:	А) способность поднимать тяжелые предметы Б) свойство человека противодействовать внешним силам за счет мышечных напряжений В) свойство человека воздействовать на внешние силы за счет внешних сопротивлений Г) комплекс свойств организма, позволяющих преодолевать внешнее сопротивление либо противодействовать ему.
25	Выберите правильное распределение перечисленных ниже упражнений в занятии по общей физической подготовке. 1. Ходьба или спокойный бег в чередовании с дыхательными упражнениями. 2. Упражнения, постепенно включающие в работу все большее количество мышечных групп. 3. Упражнения на развитие выносливости. 4. Упражнения на развитие быстроты и гибкости. 5. упражнения на развитие силы. 6. Дыхательные упражнения.	А) 1, 2, 5, 4, 3, 6 Б) 6, 2, 3, 1, 4, 5 В) 2, 6, 4, 5, 3, 1 Г) 2, 1, 3, 4, 5, 6
26	Основная часть урока по общей физической подготовке отводится развитию физических качеств. Укажите, какая последовательность воздействий на физические качества наиболее эффективна. 1. Выносливость. 2. Гибкость. 3. быстрота. 4. Сила.	А) 1, 2, 3, 4 Б) 2, 3, 1, 4 В) 3, 2, 4, 1 Г) 4, 2, 3, 1
27	Какие упражнения неэффективны при формировании телосложения	А) упражнения, способствующие увеличению мышечной массы

		Б) упражнения, способствующие снижению массы тела В) упражнения, объединенные в форме круговой тренировки Г) упражнения, способствующие повышению быстроты движений
28	И для увеличения мышечной массы, и для снижения веса тела можно применять упражнения с отягощением. Но при составлении комплексов упражнений для увеличения мышечной массы рекомендуется:	А) полностью проработать одну группу мышц и только затем переходить к упражнениям, нагружающим другую группу мышц Б) чередовать серии упражнений, включающие в работу разные мышечные группы В) использовать упражнения с относительно небольшим отягощением и большим количеством повторений Г) планировать большое количество подходов и ограничивать количество повторений в одном подходе
29	Под быстротой как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, позволяющих передвигаться с большой скоростью Б) комплекс свойств, позволяющий выполнять работу в минимальный отрезок времени В) способность быстро набирать скорость Г) комплекс свойств, позволяющий быстро реагировать на сигналы и выполнять движения с большой частотой
30	Для развития быстроты используют:	А) подвижные и спортивные игры Б) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции В) упражнения на быстроту реакции и частоту движений Г) двигательные действия, выполняемые с максимальной скоростью
31	Лучшие условия для развития быстроты реакции создаются во время:	А) подвижных и спортивных игр Б) челночного бега В) прыжков в высоту Г) метаний
32	Под гибкостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс морфофункциональных свойств опорно-двигательного аппарата, определяющий глубину наклона Б) способность выполнять упражнения с большой амплитудой за счет мышечных сокращений. В) комплекс свойств двигательного аппарата, определяющих подвижность его звеньев Г) эластичность мышц и связок
33	Как дозируются упражнения на развитие гибкости, т.е. сколько движений следует делать в одной серии:	А) Упражнение выполняется до тех пор, пока не начнет уменьшаться амплитуда движений Б) выполняются 12-16 циклов движения В) упражнения выполняются до появления пота Г) упражнения выполняются до появления болевых ощущений
34	Для повышения скорости бега в самостоятельном занятии после разминки рекомендуется выполнять перечисленные ниже упражнения. Укажите их целесообразную последовательность: 1. Дыхательные упражнения. 2. Легкий продолжительный бег. 3. Прыжковые	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Б) 7, 5, 4, 3, 2, 6, 1 В) 2, 1, 3, 7, 4, 5, 6 Г) 3, 6, 2, 7, 5, 4, 1

	упражнения с отягощением и без них. 4. дыхательные упражнения в интервалах отдыха. 5. Повторный бег на короткие дистанции. 6. Ходьба. 7. Упражнения на частоту движений.	
35	При развитии гибкости следует стремиться	А) гармоничному увеличению подвижности в основных суставах Б) достижению максимальной амплитуды движений в основных суставах В) оптимальной амплитуде движений в плечевом, тазобедренном, коленном суставах Г) восстановлению нормальной амплитуды движений суставов
36	Под выносливостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, обуславливающий возможность выполнять разнообразные физические нагрузки Б) комплекс свойств, определяющих способность противостоять утомлению В) способность длительно совершать физическую работу, практически не утомляясь Г) способность сохранять заданные параметры работы
37	Выносливость человека не зависит от:	А) функциональных возможностей систем энергообеспечения Б) скорости двигательной реакции В) настойчивости, выдержки, мужественности, умения терпеть Г) силы мышц
38	При развитии выносливости не применяются упражнения, характерными признаками которых являются:	А) максимальная активность систем энергообеспечения Б) умеренная интенсивность В) максимальная интенсивность Г) активная работа большинства звеньев опорно-двигательного аппарата
39	Техникой физических упражнений принято называть	А) способ целесообразного решения двигательной задачи Б) способ организации движений при выполнении упражнений В) состав и последовательность движений при выполнении упражнений Г) рациональную организацию двигательных действий
40	При анализе техники принято выделять основу, ведущее звено и детали техники. Что понимают под основой (ведущим звеном и деталями техники).	А) набор элементов, характеризующий индивидуальные особенности выполнения целостного двигательного действия Б) состав и последовательность элементов, входящих в двигательное действие В) совокупность элементов, необходимых для решения двигательной задачи Г) наиболее важная часть определенного способа решения двигательной задачи
41	В процессе обучения двигательным действиям используют методы целостного или расчлененного упражнения. Выбор метода зависит от	А) возможности расчленения двигательного действия на относительно самостоятельные элементы Б) сложности основы техники В) количества элементов, составляющих двигательное действие Г) предпочтения учителя

42	Процесс обучения двигательному действию рекомендуется начинать с освоения	А) основы техники Б) ведущего звена техники В) подводящих упражнений Г) исходного положения
43	Физкультминутку, как одну из форм занятий физическими упражнениями следует отнести к:	А) урочным формам занятий физическими упражнениями Б) «малым» неурочным формам В) «крупным» неурочным формам Г) соревновательным формам
44	Какой раздел комплексной программы по физическому воспитанию для общеобразовательных школ не является типовым?	А) уроки физической культуры Б) внеклассная работа В) физкультурно-массовые и спортивные мероприятия Г) содержание и организация педагогической практики
45	Измерение ЧСС сразу после пробегания отрезка дистанции следует отнести к одному из видов контроля:	А) оперативному Б) текущему В) предварительному Г) итоговому

Критерии оценивания теста

Оценка за тест определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 2 балл. Максимум 90 баллов.

Результат теста

Тест оценивается на «зачтено», «не зачтено»:

46-90 балла (50-100%) - оценка «зачтено»;

0-44 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»;

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПРОСА

1. Определение понятий в области физической культуры
2. Понятие «здоровье» и основные его компоненты
3. Факторы, определяющие здоровье человека.
4. Образ жизни и его составляющие.
5. Разумное чередование труда и отдыха, как компонент ЗОЖ.
6. Рациональное питание и ЗОЖ.
7. Отказ от вредных привычек и соблюдение правил личной и общественной гигиены.
8. Двигательная активность — как компонент ЗОЖ.
9. Выполнение мероприятий по закаливанию организма.
10. Физическое самовоспитание и самосовершенствование как необходимое условие реализации мероприятий ЗОЖ.
11. Врачебный контроль как обязательная процедура для занимающихся физической культурой.
12. Самоконтроль — необходимая форма контроля человека за физическим состоянием.
13. Методика самоконтроля физического развития.
14. Самостоятельное измерение артериального давления и частоты сердечных сокращений.
15. Проведение функциональных проб для оценки деятельности сердечно-сосудистой системы.
16. Проведение функциональных проб для оценки деятельности дыхательной системы.
17. Самоконтроль уровня развития физических качеств: быстроты, гибкости, ловкости, силы и выносливости
18. Ведение дневника самоконтроля.
19. Цель и задачи физического воспитания в вузе.
20. Специфические функции физической культуры.
21. Социальная роль и значение спорта.
22. Этапы становления физической культуры личности студента.
23. Понятия физическая культура, физическое воспитание, физическое развитие, физическое совершенство.

24. Реабилитационная физическая культура, виды, краткая характеристика.
25. Разделы учебной программы дисциплины «Физическая культура».
26. Комплектование учебных отделений студентов для организации и проведения занятий по физическому воспитанию.
27. Преимущества спортивно-ориентированной программы дисциплины «Физическая культура» для студентов.
28. Особенности комплектования студентов с различным характером заболеваний в специальном учебном отделении.
29. Зачетные требования по учебной дисциплине «Физическая культура».
30. Формирование двигательного навыка.
31. Устойчивость организма к воздействию неблагоприятных факторов.
32. Мотивация и направленность самостоятельных занятий.
33. Утренняя гигиеническая гимнастика.
34. Мотивация выбора видов спорта или систем физических упражнений.
35. Самостоятельные занятия оздоровительным бегом.
36. Самостоятельные занятия атлетической гимнастикой.
37. Особенности самостоятельных занятий женщин.
38. Мотивация и направленность самостоятельных занятий. Утренняя гигиеническая гимнастика.
39. Физические упражнения в течение учебного дня: физкультминутки, физкультпаузы.
40. Самостоятельные тренировочные занятия: структура, требования к организации и проведению.
41. Мотивация выбора видов спорта или систем физических упражнений.
42. Самостоятельные занятия оздоровительным бегом.
43. Самостоятельные занятия атлетической гимнастикой.
44. Особенности самостоятельных занятий женщин.
45. Роль физической культуры в профессиональной деятельности бакалавра и специалиста.
46. Производственная физическая культура, ее цели и задачи.
47. Методические основы производственной физической культуры.
48. Производственная физическая культура в рабочее время.
49. Физическая культура и спорт в свободное время.
50. Профилактика профессиональных заболеваний и травматизма средствами физической культуры.
51. Понятие ППФП, её цель, задачи. Прикладные знания, умения и навыки.
52. Прикладные психические качества.
53. Прикладные специальные качества.
54. Факторы, определяющие содержание ППФП: формы труда, условия труда.
55. Факторы, определяющие содержание ППФП: характер труда, режим труда и отдыха.
56. Дополнительные факторы, определяющие содержание ППФП.
57. Средства ППФП.
58. Организация и формы ППФП в вузе.
59. Понятия общей и специальной физической подготовки.
60. Отличия понятий спортивная подготовка и спортивная тренировка.
61. Стороны подготовки спортсмена.
62. Средства спортивной подготовки.
63. Структура отдельного тренировочного занятия.
64. Роль подготовительной части занятия в тренировочном процессе.
65. Понятие «физическая нагрузка», эффект ее воздействия на организм.
66. Внешние признаки утомления.
67. Виды и параметры физических нагрузок.
68. Интенсивность физических нагрузок.
69. Психофизиологическая характеристика умственной деятельности.
70. Работоспособность: понятие, факторы, периоды
71. Физические упражнения в течение учебного дня для поддержания работоспособности.
72. Бег как самое эффективное средство восстановления и повышения работоспособности.
73. Плавание и работоспособность.
74. Методические принципы физического воспитания, сущность и значение.
75. Принципы сознательности и активности, наглядности в процессе физического воспитания.
76. Принципы доступности и индивидуализации, систематичности и динамичности.
77. Средства физической культуры.
78. Общепедагогические методы физического воспитания.
79. Методы обучения технике двигательного действия.
80. Этапы обучения двигательного действия.
81. Методы развития физических качеств: равномерный, повторный, интервальный.
82. Метод круговой тренировки, игровой и соревновательный методы.
83. Сила как физическое качество, общая характеристика силовых упражнений.
84. Методы развития силы.
85. Выносливость — виды выносливости, особенности развития выносливости.

- 86. Развитие физических качеств: быстроты, гибкости, ловкости.
- 87. Понятие «спорт». Его принципиальное отличие от других видов занятий физическими упражнениями.
- 88. Массовый спорт: понятие, цель, задачи.
- 89. Спорт высших достижений: понятие, цель, задачи.
- 90. Студенческий спорт, его организационные особенности.
- 91. Студенческие спортивные соревнования.
- 92. Студенческие спортивные организации.
- 93. Всероссийский физкультурно-спортивный комплекс «ГТО» (Готов к труду и обороне).

Выполнение работы над ошибками

При получении проверенного теста необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данного теста. Тесты, тесты являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

Екатеринбург
2020

Содержание

Цели и задачи дисциплины	3
Место дисциплины в структуре основной образовательной программы	3
Требования к оформлению контрольной работы	3
Содержание контрольной работы.....	3
Выполнение работы над ошибками.....	10
Критерии оценивания контрольной работы	10
Образец титульного листа	11

1. Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности.

Задачи:

- формирование осознания социальной значимости физической культуры и её роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности;
- изучение научно-биологических, педагогических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое совершенствование и самовоспитание привычки к регулярным занятиям физическими упражнениями и спортом;

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Элективные курсы по физической культуре и спорту» относится к разделу «Блок 1. Базовая часть».

3. Требования к оформлению контрольной работы

Контрольные задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, номер контрольной работы и фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Контрольные задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в контрольной работе.

Выполненную контрольную работу необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если контрольная работа выполнена без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «элективные курсы по физической культуре и спорту» представлено 2 варианта контрольной работы.

Содержание контрольной работы

Вопросы для групповой дискуссии

1. Что можно отнести к средствам физического воспитания?
2. Влияние климатогеографического фактора на здоровье и работоспособность человека
3. Чем отличается спорт от физической культуры?
4. Что мы относим к материальным ценностям физической культуры, а что – к духовным?
5. В чем состоит взаимосвязь физической и умственной деятельности человека?
6. Причины возникновения таких явлений как гипокинезия и гиподинамия
7. Для чего нужна адаптивная физическая культура?
8. При выборе вида спорта на какие аспекты и характеристики необходимо обратить основное внимание.

Контрольная работа №1

Вариант 1

ДЕ-1: Физическая культура в общекультурной и профессиональной подготовке обучающихся.

1. Часть общечеловеческой культуры, специфический процесс и результат человеческой деятельности, средство и способ физического совершенствования личности – это:
а) физическая культура; б) спорт; в) туризм; г) физическое развитие.
2. Физическое воспитание – это:
а) педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;
б) приобщение человека к физической культуре;
в) биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;

г) процесс формирования определенных физических и психических качеств.

3. Чем спорт отличается от физической культуры:

а) наличием специального оборудования; б) присутствием зрителей; в) наличием соревновательного момента; г) большой физической нагрузкой.

4. Какой из ниже перечисленных принципов не относится к основным принципам физического воспитания:

а) сознательности и активности; б) наглядности; в) последовательности; г) систематичности;

5. Под физическим развитием понимается:

а) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни;
б) размеры мускулатуры, форма тела, функциональные возможности дыхания и кровообращения, физическая работоспособность;
в) процесс совершенствования физических качеств, при выполнении физических упражнений;
г) уровень, обусловленный наследственностью и регулярностью занятий физической культурой и спортом.

ДЕ-2: Основы здорового образа жизни обучающегося.

1. Определение понятия «Здоровье» Всемирной организации здравоохранения. Здоровье это:

а) естественное состояние организма без болезней и недугов;
б) состояние полного физического, умственного и социального благополучия;
в) состояние отсутствия каких-либо заболеваний;
г) все перечисленное.

2. Состояние здоровья обусловлено:

а) резервными возможностями организма; б) образом жизни;
в) уровнем здравоохранения; г) отсутствием болезней.

3. Что не относится к внешним факторам, влияющим на человека:

а) природные факторы; б) факторы социальной среды; в) генетические факторы;
г) биологические факторы.

4. Сколько времени необходимо нормальному человеку для ночного сна:

а) 5 – 6 часов; б) 6 – 7 часов; в) 7 – 8 часов; г) 8 – 9 часов.

5. К активному отдыху относится:

а) сон; б) отдых сидя; в) занятия двигательной деятельностью; г) умственная деятельность.

ДЕ-3: Средства и методы физической культуры.

1. Физическими упражнениями называются:

а) двигательные действия, используемые для формирования техники движений;
б) двигательные действия, используемые для развития физических качеств и укрепления здоровья;
в) двигательные действия, выполняемые на занятиях по физической культуре и самостоятельно;
г) двигательные действия, направленные на реализацию задач физического воспитания.

2. Занятия физическими упражнениями отличаются от трудовых действий:

а) интенсивностью; б) задачами; в) местом проведения; г) все ответы верны.

3. Физические упражнения являются:

а) принципом физического воспитания; б) методом физического воспитания;
в) средством физического воспитания; г) функцией физического воспитания.

4. Что не относится к методам физического воспитания:

а) игровой; б) регламентированного упражнения; в) словесный и сенсорный;
г) самостоятельный.

5. Метод в физической культуре – это

а) основное положение, определяющее содержание учебного процесса по физической культуре;
б) руководящее положение, раскрывающее принципы физической культуры;
в) конкретная причина, заставляющая человека выполнять физические упражнения;
г) способ применения физических упражнений.

ДЕ-4: Общая физическая и специальная подготовка в системе физического воспитания.

1. Физическая подготовка – это:

а) педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;
б) приобщение человека к физической культуре, в процессе которой он овладевает системой знаний, ценностей, позволяющих ему осознанно и творчески развивать физические способности;
в) биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;
г) процесс формирования определенных физических и психических качеств, умений и навыков человека посредством направленных занятий с применением средств физической культуры.

2. К основным физическим качествам относятся:

- а) рост, вес, объем бицепсов, становая сила; б) бег, прыжки, метания, лазания;
- в) сила, выносливость, быстрота, ловкость, гибкость; г) взрывная сила, прыгучесть, меткость.

3. Различают гибкость:

- а) абсолютную и относительную; б) общую и специальную; в) активную и пассивную;
- г) простую и сложную.

4. Какие виды спорта развивают преимущественно выносливость:

- а) спортивные единоборства; б) циклические; в) спортивные игры; г) ациклические.

5. Скоростно-силовые качества преимущественно развиваются:

- а) в тяжелой атлетике; б) в акробатике; в) в конькобежном спорте; г) в лыжном спорте.

Вариант 2

ДЕ-1: Физическая культура в общекультурной и профессиональной подготовке обучающихся.

1. На что преимущественно влияют занятия по физической культуре:

- а) на интеллектуальные способности;
- б) на удовлетворение социальных потребностей;
- в) на воспитание лидерских качеств;
- г) на полноценное физическое развитие.

2. Физическая культура – это:

- а) часть общечеловеческой культуры, специфический процесс и результат человеческой деятельности, средство и способ физического совершенствования личности;
- б) часть науки о природе двигательной деятельности человека
- в) вид воспитательного процесса, специфика которого заключена в обучении двигательным актам и управлением развитием и совершенствованием физических качеств человека;
- г) процесс физического образования и воспитания, выражающий высокую степень развития индивидуальных физических способностей.

3. Что не относится к компонентам физической культуры:

- а) физическое развитие; б) спорт высших достижений; в) оздоровительно-реабилитационная физическая культура;
- г) гигиеническая физическая культура.

4. Выбрать правильное определение термина «Физическое развитие»:

- а) физическое развитие – это педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;
- б) физическое развитие – это приобщение человека к физической культуре, в процессе которой он овладевает системой знаний, ценностей, позволяющих ему осознанно и творчески развивать физические способности;
- в) физическое развитие – это биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;
- г) физическое развитие – это процесс формирования определенных физических и психических качеств, умений и навыков человека посредством направленных занятий с применением средств физической культуры.

5. Теоретический материал учебного предмета «Физическая культура и спорт» в высших учебных заведениях включает в себя:

- а) фундаментальные знания общетеоретического характера;
- б) инструктивно-методические знания;
- в) знания о правилах выполнения двигательных действий;
- г) все вышеперечисленное.

ДЕ-2: Основы здорового образа жизни обучающегося.

1. Что понимается под закаливанием:

- а) купание в холодной воде и хождение босиком;
- б) приспособление организма к воздействиям внешней среды;
- в) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми;
- г) укрепление здоровья.

2. Определение понятия «Здоровье» Всемирной организации здравоохранения. Здоровье это:

- а) естественное состояние организма без болезней и недугов;
- б) состояние полного физического, умственного и социального благополучия;
- в) состояние отсутствия каких-либо заболеваний;
- г) все перечисленное.

3. Какое понятие не относится к двигательной активности человека:

- а) гипоксия; б) гиподинамия; в) гипокинезия; г) гипердинамия.

4. Какая из перечисленных функций не относится к функции кожи:

- а) защита внутренней среды организма; б) терморегуляция; в) выделение из организма продуктов обмена веществ;
- г) звукоизоляция.

5. Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому что:

- а) обеспечивает ритмичность работы организма;

- б) позволяет правильно планировать дела в течение дня;
- в) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня;
- г) позволяет избегать неоправданных физических напряжений.

ДЕ-3: Средства и методы физической культуры.

1. Физическое упражнение - это:

- а) двигательные действия, используемые для формирования техники движений;
- б) двигательные действия, используемые для развития физических качеств и укрепления здоровья;
- в) двигательные действия, выполняемые на занятиях по физической культуре и самостоятельно;
- г) двигательные действия, направленные на реализацию задач физического воспитания.

2. Положительное влияние физических упражнений на развитие функциональных возможностей организма будет зависеть:

- а) от технической и физической подготовленности занимающихся;
- б) от особенностей реакций систем организма в ответ на выполняемые упражнения;
- г) от состояния здоровья и самочувствия занимающихся во время выполнения упражнений;
- г) от величины физической нагрузки и степени напряжения в работе определенных мышечных групп.

3. Что не относится к средствам физического воспитания:

- а) физические упражнения;
- б) подвижные игры;
- в) соревнования;
- в) спортивные игры.

4. Что относится к методическим принципам физического воспитания:

- а) сознательность и активность;
- б) наглядность и доступность;
- в) систематичность и динамичность;
- г) все вышеперечисленное.

5. Регулярные занятия физическими упражнениями способствует повышению работоспособности, потому что:

- а) во время занятий выполняются двигательные действия, содействующие развитию силы и выносливости;
- б) достигаемое при этом утомление активизирует процессы восстановления и адаптации;
- в) в результате повышается эффективность и экономичность дыхания и кровообращения;
- г) человек, занимающийся физическими упражнениями, способен выполнять больший объем физической работы за отведенный отрезок времени.

ДЕ-4: Общая физическая и специальная подготовка в системе физического воспитания.

1. Степень владения техникой действий, при которой повышена концентрация внимания на составные операции (части), наблюдается нестабильное решение двигательной задачи – это

- а) двигательное умение; в) массовый спорт; в) двигательный навык;
- г) спорт высших достижений.

2. Для воспитания быстроты используются:

- а) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции;
- б) подвижные и спортивные игры;
- в) упражнения на быстроту реакции и частоту движений;
- г) двигательные упражнения, выполняемые с максимальной скоростью.

3. Различают два вида выносливости:

- а) абсолютная и относительная; б) общая и специальная; в) активная и пассивная;
- г) динамическую и статическую.

4. Процесс воспитания физических качеств, обеспечивающих преимущественное развитие тех двигательных способностей, которые необходимы для конкретной спортивной дисциплины - это

- а) общая физическая подготовка; б) двигательное умение; в) специальная физическая подготовка; г) двигательный навык.

5. Различают силу:

- а) абсолютную и относительную; б) общую и специальную; в) активную и пассивную;
- г) статическую и динамическую.

Контрольная работа №2

Вариант 1

ДЕ-1: Основы методики самостоятельных занятий физическими упражнениями.

1. В комплекс утренней гимнастики следует включать:

- а) упражнения с отягощением; б) упражнения статического характера;
- в) упражнения на гибкость и дыхательные упражнения; г) упражнения на выносливость.
- 2. К объективным показателям самоконтроля относится:
 - а) частота сердечных сокращений; б) самочувствие; в) аппетит; г) сон.
- 3. При нагрузке интенсивности выше средней частота пульса достигает:
 - а) 100 – 130 уд/мин; б) 130 – 150 уд/мин; в) 150 – 170 уд/мин; г) более 170 уд/мин.
- 4. Самостоятельные тренировочные занятия рекомендуется выполнять:
 - а) после приема пищи; б) после сна натошак; в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда; г) перед сном.

ДЕ-2: Спорт. Индивидуальный выбор видов спорта или систем физических упражнений.

1. Регулярные занятия доступным видом спорта, участия в соревнованиях с целью укрепления здоровья, коррекции физического развития и телосложения, активного отдыха, достижение физического совершенствования – это:
 - а) спорт высших достижений;
 - б) лечебная физическая культура;
 - в) профессионально-прикладная физическая культура;
 - г) массовый спорт.
2. Какой вид спорта наиболее эффективно развивает гибкость и ловкость:
 - а) фехтование;
 - б) баскетбол;
 - в) фигурное катание;
 - г) художественная гимнастика.
3. Количество игровых одной команды в волейболе на площадке:
 - а) 7; б) 6; в) 5; г) 8.
4. Как осуществляется контроль за влиянием физических нагрузок на организм во время занятий физическими упражнениями:
 - а) по частоте дыхания;
 - б) по частоте сердечно-сосудистых сокращений;
 - в) по объему выполненной работы.

ДЕ-3: Особенности занятий избранным видом спорта или системой физических упражнений.

1. Степень владения техникой действия, при которой управление движением происходит автоматически, и действия отличаются надежностью – это:
 - а) двигательное умение;
 - б) массовый спорт;
 - в) двигательный навык;
 - г) спорт высших достижений.
2. Как дозируются упражнения на гибкость:
 - а) до появления пота;
 - б) до снижения амплитуды движений;
 - в) по 12-16 циклов движений;
 - г) до появления болевых ощущений.
3. При воспитании силы применяются специальные упражнения с отягощениями. Их отличительная особенность заключается в том, что:
 - а) в качестве отягощения используется собственный вес человека;
 - б) они выполняются до утомления;
 - в) они вызывают значительное напряжение мышц;
 - г) они выполняются медленно.
4. В каком из перечисленных видов спорта преимущественно развивается выносливость:
 - а) в фигурном катании;
 - б) в пауэрлифтинге;
 - в) в художественной гимнастике;
 - г) в лыжном спорте.

ДЕ-4: Самоконтроль занимающихся физическими упражнениями и спортом.

1. Регулярные занятия физическими упражнениями способствуют повышению работоспособности, потому что:
 - а) обеспечивают усиленную работу мышц;
 - б) обеспечивают выполнение большого объема мышечной работы с разной интенсивностью;
 - в) обеспечивают усиленную работу систем дыхания и кровообращения;
 - г) обеспечивают усиленную работу системы энергообеспечения.
2. Меры профилактики переутомления:

- а) посидеть 3-4 минуты;
- б) сменить вид деятельности;
- в) прекратить выполнение действий, пройти обследование у врачей, выполнить их рекомендации;
- г) достаточно 2 дней полноценного отдыха для восстановления.

3. При нагрузке средней интенсивности частота пульса достигает:

- а) 100 – 130 уд/мин;
- б) 130 – 150 уд/мин;
- в) 150 – 170 уд/мин;
- г) более 170 уд/мин

4. Что называется «разминкой», проводимой в подготовительной части занятия:

- а) чередование легких и трудных общеразвивающих упражнений;
- б) чередование беговых и общеразвивающих упражнений;
- в) подготовка организма к предстоящей работе;
- г) чередование беговых упражнений и ходьбы.

ДЕ-5: Профессионально-прикладная физическая подготовка (ППФП) обучающихся.

Специально направленное и избирательное использование средств физической культуры и спорта для подготовки человека к определенной профессиональной деятельности – это:

- а) спорт высших достижений;
- б) лечебная физическая культура;
- в) производственная физическая культура;
- г) массовый спорт.

1. ППФП строится на основе и в единстве с:

- а) физической подготовкой; б) технической подготовкой; в) тактической подготовкой;
- г) психологической подготовкой.

3. Какая из нижеперечисленных задач не является задачей ППФП:

- а) развитие физических способностей, специфических для данной профессии;
- б) формирование профессионально-прикладных сенсорных умений и навыков;
- в) сообщение специальных знаний для успешного освоения практических навыков трудовой деятельности;
- г) повышение функциональной устойчивости организма к неблагоприятному воздействию факторов окружающей среды.

4. Что не является формой занятий по ППФП:

- а) спортивно-прикладные соревнования; б) учебные занятия; в) занятия в период учебной практики; г) рекреационные занятия.

Вариант 2

ДЕ-1: Основы методики самостоятельных занятий физическими упражнениями.

1. Определение повседневных изменений в подготовке занимающихся – это:

- а) педагогический поэтапный контроль;
- б) педагогический текущий контроль;
- в) педагогический оперативный контроль;
- г) педагогический двигательный контроль.

1. В комплекс утренней гимнастики не рекомендуется включать:

- а) упражнения на гибкость;
- б) дыхательные упражнения;
- в) упражнения с отягощением;
- г) упражнения для всех групп мышц.

2. Самостоятельные тренировочные занятия не рекомендуется выполнять:

- а) за час до приема пищи;
- б) после сна натошак;
- в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда;
- г) за 3 часа до отхода ко сну.

4. Дневник самоконтроля нужен для:

- а) коррекции содержания и методики занятий физическими упражнениями;
- б) контроля родителей;
- в) лично спортсмену;
- г) лично тренеру.

ДЕ-2: Спорт. Индивидуальный выбор видов спорта или систем физических упражнений.

1. К циклическим видам спорта не относится:

- а) волейбол;
- б) стайерский бег;
- в) плавание;

г) спортивная ходьба.

2. Какой из перечисленных видов спорта преимущественно развивает координацию движений:

а) спортивная гимнастика;

б) лыжный спорт;

в) триатлон;

г) атлетическая гимнастика.

3. Систематическая плановая многолетняя подготовка и участие в соревнованиях в избранном виде спорта с целью достижения максимальных спортивных результатов – это:

а) спорт высших достижений;

б) лечебная физическая культура;

в) профессионально-прикладная физическая культура;

г) массовый спорт.

4. Какие упражнения включаются в разминку почти во всех видах спорта:

а) упражнения на развитие выносливости;

б) упражнения на развитие гибкости и координации движений;

в) бег и общеразвивающие упражнения.

ДЕ-3: Особенности занятий избранным видом спорта или системой физических упражнений.

1. Какая из представленных способностей не относится к группе координационных:

а) способность сохранять равновесие;

б) способность точно дозировать величину мышечных усилий;

в) способность быстро реагировать на стартовый сигнал;

г) способность точно воспроизводить движения в пространстве.

2. Почему на занятиях по «физической культуре» выделяют подготовительную, основную и заключительную части:

а) так удобнее распределять различные по характеру упражнения;

б) выделение частей занятий связано с необходимостью управлять динамикой работоспособности занимающихся;

в) выделение частей в занятии требует Министерства науки и образования;

г) перед занятием, как правило, ставятся 3 задачи, и каждая часть предназначена для них.

3. Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:

а) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий;

б) степенью преодолеваемых при их выполнении трудностей;

в) утомлением, возникающим в результате их выполнения;

г) частотой сердечных сокращений.

4. Назовите количество игроков на волейбольной площадке:

а) 4; б) 5; в) 6; г) 7.

ДЕ-4: Самоконтроль занимающихся физическими упражнениями и спортом.

1. К объективным показателям самоконтроля относится:

а) частота сердечных сокращений; б) самочувствие; в) аппетит; г) сон.

2. При нагрузке интенсивности выше средней частота пульса достигает:

а) 100 – 130 уд/мин; б) 130 – 150 уд/мин; в) 150 – 170 уд/мин; г) более 170 уд/мин.

3. Самостоятельные тренировочные занятия рекомендуется выполнять:

а) после приема пищи; б) после сна натошак; в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда; г) перед сном.

4. Меры профилактики переутомления:

а) посидеть 3-4 минуты;

б) сменить вид деятельности;

в) прекратить выполнение действий, пройти обследование у врачей, выполнить их рекомендации;

г) достаточно 2 дней полноценного отдыха для восстановления.

ДЕ-5: Профессионально-прикладная физическая подготовка (ППФП) обучающихся.

1. Система методически обоснованных физических упражнений, физкультурно-оздоровительных и спортивных мероприятий, направленных на повышение и сохранение устойчивой и профессиональной дееспособности – это:

а) физкультурная пауза;

б) производственная физическая культура;

в) спорт высших достижений;

г) массовый спорт.

2. Профессионально-прикладная физическая подготовка – это

а) специализированный вид физического воспитания, осуществляемый в соответствии с особенностями и требованиями данной профессии;

б) система профессиональных мероприятий, осуществляемая в соответствии с особенностями данной профессии;

- в) процесс формирования специализированных знаний, умений и навыков;
г) целенаправленное воздействие на развитие физических качеств человека посредством нормированных нагрузок.
3. Какой вид спорта наиболее эффективно развивает координационные способности монтажников-высотников:
а) фехтование; б) баскетбол; в) мото-спорт; г) гимнастика.
4. Что не является формой занятий по ППФП:
а) спортивно-прикладные соревнования; б) учебные занятия; в) занятия в период учебной практики; г) рекреационные занятия.

Проблемные и сложные вопросы, возникающие в процессе изучения курса и выполнения контрольной работы, необходимо решать с преподавателем на консультациях.

Выполнению контрольной работы должно предшествовать самостоятельное изучение студентом рекомендованной литературы.

Студент получает проверенную контрольную работу с исправлениями в тексте и замечаниями. В конце работы выставляется оценка «зачтено», «не зачтено». Работа с оценкой «не зачтено» должна быть доработана и представлена на повторную проверку.

Выполнение работы над ошибками

При получении проверенной контрольной работы необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данной контрольной работы. Контрольные работы являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

Критерии оценивания контрольной работы

Оценка за контрольную работу определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 2 балл. Максимум 40 баллов.

Результат контрольной работы

Контрольная работа оценивается на «зачтено», «не зачтено»:

20-40 балла (50-100%) - оценка «зачтено»;

0-19 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»;



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

Кафедра физической культуры

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

**по дисциплине
ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ**

Выполнил: Иванов Иван Иванович
Группа _____

Преподаватель: Петров Петр Петрович

**Екатеринбург
2018**

УТВЕРЖДАЮ
Методическому
комитету
С.А. Угоров

[Handwritten signature]

Екатеринбург
2020

Самостоятельная работа обучающегося в 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.

Самостоятельная работа – форма организации образовательного процесса, стимулирующая активность, самостоятельность, познавательный интерес студентов.

Основные виды аудиторных занятий по дисциплине «Русский язык и культура речи» – лекция и практическое занятие.

Формы контроля самостоятельной работы студентов – опрос, дискуссия, проверка на практическом занятии, разноуровневые задания, зачет.

Обоснование затрат времени на самостоятельную работу обучающихся (СРО)

Суммарный объем часов на СРО очной формы обучения составляет 76 часов.

<i>№ п/п</i>	<i>Виды самостоятельной работы</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>Норма времени, час</i>	<i>Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.</i>	<i>Принятая трудоемкость СРО, час.</i>
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям					55
1	Повторение материала лекций	1 час	0,1-4,0	1,0 x 16	16
2	Самостоятельное изучение тем курса	1 тема	1,0-8,0	2,0 x 3	6
3	Ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля)	1 тема	0,5-1,0	1,0 x 13	13
4	Подготовка к практическим (семинарским) занятиям	1 занятие	0,3-2,0	2,0 x 8	16
5	Подготовка к дискуссии	1 занятие	1,0-4,0	4,0 x 1	4
Другие виды самостоятельной работы					21
6	Выполнение самостоятельного письменного домашнего задания (разноуровневые задания)	1 задание	1,0-25,0	1,0 x 21	21
Итого:					76

Суммарный объем часов на СРО заочной формы обучения составляет 100 часов.

<i>№ п/п</i>	<i>Виды самостоятельной работы</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>Норма времени, час</i>	<i>Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.</i>	<i>Принятая трудоемкость СРО, час.</i>
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям					80
1	Повторение материала лекций	1 час	0,1-4,0	1,0 x 4	4
2	Самостоятельное изучение тем курса	1 тема	1,0-8,0	3,0 x 12	36
3	Ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля)	1 тема	1,0-5,0	3,0 x 12	36
4	Подготовка к практическим занятиям	1 занятие	0,3-2,0	2,0 x 2	4
Другие виды самостоятельной работы					20
5	Выполнение самостоятельного письменного домашнего задания (разноуровневые задания)	1 задание	1,0-25,0	2,0 x 8	16

6	Подготовка к зачету	1 зачет	1,0-25,0	4,0 x 1	4
	Итого:				100

Подготовка к лекции и опросу

Необходимость самостоятельной работы по подготовке к лекции или опросу определяется тем, что изучение любой дисциплины строится по определенной логике освоения ее разделов, представленных в РУП данной дисциплины.

Перечень примерных вопросов для самоконтроля.

Раздел 1. Культура речи и деловое общение

1. Каковы основные отличия общения в официальной и неофициальной обстановке?
2. Какие функции общения реализуются в ситуации занятия? Каких функций необходимо избегать?
3. Какие основные требования предъявляются к деловому общению?
4. По каким аспектам мы оцениваем культуру речи каждого человека?
5. Почему наши тексты должны соответствовать коммуникативным качествам речи?

Раздел 2. Современный русский язык. Типология языковых норм

1. Как соотносятся понятия «язык» и «речь»?
2. Как можно охарактеризовать современный русский язык?
3. Какие разновидности выделяются в национальном русском языке?
4. Что такое литературный язык? Как это понятие соотносится с литературно-художественным стилем?
5. Перечислите типы языковых норм. Что такое императивная и диспозитивная норма?

Раздел 3. Стилистика русского языка. Официально-деловой стиль

1. Перечислите функциональные стили, которые выделяются в современном русском языке. Дайте им краткую характеристику.
2. Каковы основные стилевые и языковые особенности официально-делового стиля?
3. Какие требования предъявляются к оформлению документов?

Часть тем дается на самостоятельное изучение с опорой на список предложенной литературы. Перечень и тем их количество определяется формой обучения.

Очная форма

1. Общая характеристика функциональных стилей
2. Научный стиль русского языка
3. Силевая, языковая и жанровая специфика научного стиля

Заочная форма

1. Общая характеристика общения и делового общения
2. Язык как знаковая система
3. Вербальные и невербальные средства общения
4. Разновидности национального русского языка и их характеристика
5. Литературный язык и его признаки
6. Система функциональных стилей русского языка

7. Общая характеристика функциональных стилей
8. Научный стиль русского языка
9. Стилистая, языковая и жанровая специфика научного стиля
10. Официально-деловой стиль русского языка
11. Стилистые и языковые особенности официально-делового стиля
12. Классификация документов и правила их оформления

Подготовка к практическому занятию

Подготовка к практическому занятию нередко требует подбора материала, с которым предстоит работа на занятии, или отработку навыков, проверка которых состоится непосредственно в аудитории (например, выполнение аналогичных, однотипных заданий). Здесь же можно отметить еще один вид СРО – это **выполнение самостоятельного письменного домашнего задания**.

К первому практическому занятию студенты самостоятельно готовят задания, посвященные лексикографии:

Меленкова Е. С. Культура речи и стилистика русского языка: учебное пособие для студентов специальностей 21.05.02 – «Прикладная геология», 21.05.03 – «Технология геологической разведки», 21.05.04 – «Горное дело». – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – С. 4-10.

Особое внимание при подготовке уделяется заданию 4, которое выполняется письменно.

К Разделу 2 по указанному выше пособию необходимо сделать следующие упражнения самостоятельно в качестве тренировки и отработки навыков владения нормами литературного русского языка:

Зад. 5-12 стр. 10-19 (орфографические и пунктуационные нормы)

Зад. 13-15 стр. 19-20 (акцентологические нормы)

Зад. 16-20 стр. 20-23 (орфоэпические нормы)

Зад. 21 стр. 23 (словообразовательные нормы)

Зад. 22-29 стр. 23-26 (лексические нормы)

Зад. 30-40 стр. 27-31 (морфологические нормы)

Зад. 41-44 стр. 31-34 (синтаксические нормы)

При выполнении заданий рекомендуется обращаться к словарям и справочникам. В указанном учебном пособии есть отсылки к необходимой литературе.

Часть этих упражнений преподаватель на свое усмотрение предлагает в качестве самостоятельного письменного домашнего задания.

К Разделу 3 по указанному пособию необходимо сделать следующую работу самостоятельно:

Стр. 35-37 – конспект

Зад. 45 стр. 38-40, зад. 47 стр. 41-47 (в качестве подготовки к тестированию)

Стр. 47-50 – конспект

Зад. 48 стр. 50-56 (по вариантам в сильных группах)

Стр. 77-82 – конспект

Зад. 53 стр. 82-83, зад. 54 стр. 83-84 (в качестве подготовки к разноуровневым заданиям).

Подготовка к дискуссии

Дискуссия – это целенаправленное обсуждение конкретного вопроса, сопровождающееся обменом мнениями, идеями между двумя и более лицами. Задача дискуссии – обнаружить различия в понимании вопроса и в споре попытаться установить истину. Обсуждение проблемы (нравственной, политической, научной, профессиональной и другой, которая не имеет общепринятого, однозначного решения) происходит в аудитории коллективно. Дискуссия позволяет включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса в рамках актуальной проблематики, оценить их умение формулировать и аргументировать собственную точку зрения.

При подготовке к дискуссии необходимо выбрать актуальную тему, разбиться на три группы 1) те, кто будет отстаивать точку зрения «ЗА», 2) те, кто будет приводить контраргументы и отстаивать позицию «ПРОТИВ», и 3) сторонние наблюдатели, которые будут оценивать происходящее и объяснять, почему они склоняются в итоге к мнению первой или второй команды. Первые две группы готовят тексты своих выступлений заранее. Также заранее можно сформулировать вопросы, которые будут корректироваться по ходу дискуссии.

Подготовка к зачету

Зачет является традиционной формой проверки знаний, умений и навыков, сформированных у студентов в процессе освоения всего содержания изучаемой дисциплины.

Самостоятельная подготовка к зачету должна осуществляться в течение всего семестра. Подготовка включает следующие действия: прежде всего нужно перечитать все лекции, конспекты, а также просмотреть материалы, которые самостоятельно готовились к лекциям или практическим занятиям. Поскольку зачет проходит в форме теста, можно предварительно потренироваться выполнять тестовые задания по дисциплине «Русский язык и культура речи».

Для подготовки к тесту рекомендуется использовать учебное пособие:

Меленкова Е. С. Культура речи и деловое общение: Тестовые задания для студентов всех специальностей очной и заочной формы обучения. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011.

Тестовые задания позволяют обобщить полученные теоретические знания (часть заданий нацелена на проверку знания теории курса) и практические навыки (часть тестовых заданий составлена с опорой на упражнения, которые студенты выполняют при подготовке к занятиям).

ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Голуб И. Б. Русский язык и культура речи [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. Б. Голуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Логос, 2014. – 432 с. – 978-5-98704-534-3. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/39711.html	Электронный ресурс
2	Культура устной и письменной речи делового человека: Справочник. Практикум. М.: Флинта: Наука, 2012 (и другие издания).	166
3	Меленкова Е. С. Культура речи и деловое общение: тестовые задания для студентов всех специальностей. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 78 с.	98
4	Меленкова Е. С. Русский язык делового общения: учебное пособие для студентов всех специальностей и направлений подготовки. Екатеринбург: УГГУ, 2018. 80 с.	101

2. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1.	Введенская Л. А., Павлова Л. Г., Кашаева Е. Ю. Русский язык и культура речи: учебное пособие для вузов. Ростов-на-Дону: Феникс, 2004. – 544 с. (и другие стереотипные издания)	216
2.	Введенская Л. А., Павлова Л. Г., Кашаева Е. Ю. Русский язык и культура речи для инженеров: учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. 384 с.	19
3.	Веселкова Т. В. Культура устной и письменной коммуникации [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т. В. Веселкова, И. С. Выходцева, Н. В. Любезнова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Вузовское образование, 2016. – 268 с. – 2227-8397. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/54473.html	Электронный ресурс
4.	Карякина М. В. Русский язык и культура речи. Подготовка к контрольному тестированию. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 71 с.	40
5.	Лапынина Н. Н. Русский язык и культура речи [Электронный ресурс]: курс лекций / Н. Н. Лапынина. — Электрон. текстовые данные. – Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. – 161 с. – 978-5-89040-431-2. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/22667.html	Электронный ресурс
6.	Лыткина О. И. Теоретический курс культуры речи [Электронный ресурс]: учебное пособие / О. И. Лыткина. – Электрон. текстовые данные. – М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2009. – 105 с. – 2227-8397. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/46332.html	Электронный ресурс
7.	Меленкова Е. С. Русский язык и культура речи: учебное пособие с упражнениями и контрольными работами для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 80 с.	38
8.	Меленкова Е. С. Стилистика русского языка: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 86 с.	27
9.	Миняева В. И. Репетитор по русскому языку. Орфография. Пунктуация. Культура речи: учебное пособие. 5-е изд., испр. и доп. Екатеринбург: УГГУ, 2007. 239 с.	20
10.	Петрова Ю. А. Культура и стиль делового общения [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. А. Петрова. – Электрон. текстовые данные. – М.: ГроссМедиа, 2007. – 190 с. – 5-476-003-476. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/1129.html	Электронный ресурс
11.	Скворцов Л. И. Большой толковый словарь правильной русской речи [Электронный ресурс]/ Скворцов Л. И. – Электрон. текстовые данные. – М.: Мир и Образование, Оникс, 2009. – 1104 с. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/14555.html . – ЭБС «IPRbooks».	Электронный ресурс
12.	Усанова О. Г. Культура профессионального речевого общения [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / О. Г. Усанова. – Электрон. текстовые	Электронный ресурс

	данные. – Челябинск: Челябинский государственный институт культуры, 2008. – 93 с. – 5-94839-062-4. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/56426.html	
13.	<i>Федосюк М. Ю., Ладыженская Т. А., Михайлова О. А., Николина Н. А.</i> Русский язык для студентов-нефилологов: учебное пособие. М.:Флинта: Наука, 2014 (и другие стереотипные издания)	169

ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. *ГОСТ 6.30-2003.* «Унифицированные системы документации. Унифицированная система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов» (электронная публикация <http://docs.cntd.ru/document/1200031361>).
2. *Грамота (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gramota.ru>.
3. *Культура письменной речи (сайт)* [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gramma.ru>.
4. *Русский язык: энциклопедия русского языка (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://russkiyyazik.ru>.
5. *Стилистический энциклопедический словарь русского языка (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://stylistics.academic.ru>.

Автор-составитель: Меленкова Е. С., кандидат филологических наук, доцент

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий	5
2	Методические рекомендации к опросу	9
3	Методические рекомендации по подготовке деловых и ролевых игр	11
4	Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям	13
5	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	15
6	Заключение	18
	Список использованных источников	19

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;
- развития исследовательских 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 /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.

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.

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 алгоритмизации¹. Формально можно выделить следующие этапы:

- ознакомление студентов с 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, 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.

¹ Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://evolkov.net/case/case.study.html/>

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 эффективна, 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 избежать 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, имеющих 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 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

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 для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется ознакомиться 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 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)³.

² Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

³ 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. 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 деловых и ролевых игр

Основной целью проведения студенческих деловых игр во внеаудиторное время является привитие студентам навыков решения конкретных управленческих вопросов и накопление ими практического опыта в решении процедурных вопросов на основе создания конкретных деловых ситуаций, максимально приближенных к реальным жизненным условиям.

Деловая игра – это воспроизведение деятельности хозяйственных руководителей и кадров управления, игровое моделирование систем управления.

Деловые игры в отличие от других методов обучения позволяют наиболее полно воспроизводить деятельность руководителей и специалистов, выявить проблемы и причины появления, разрабатывать и оценивать варианты решения проблем, принимать решение и определять механизм его реализации. Это дает возможность рассматривать проблему не вообще, а как конкретную, вытекающую из хозяйственной деятельности конкретного предприятия (организации).

Одним из видов деловой игры является ролевые игры.

Ролевая игра – это метод, при котором участники игры с помощью проигрывания определенных ролей в свободной от риска ситуации обнаруживают свои значимые черты поведения в профессиональной ситуации, а также самостоятельно критически анализируют их, формируют и развивают. Роли, могут быть: директор, руководитель проекта, отдела, специалист и т.д.

Типичными техниками ролевых игр являются:

- самостоятельное (в пределах темы) конструирование ситуации;
- определение участниками общего количества ратей и их персональное распределение;
- обмен ролями в ходе игры;
- использование дублирования при отработке ролей;

Методические рекомендации

На первом этапе следует ознакомиться с целью игры и необходимой исходной информацией. Студенты самостоятельно выбирают определенную проблему или конкретную ситуацию и по желанию формируют команды таким образом, чтобы это была творческая группа.

Второй этап – самостоятельная работа студентов в командах. Здесь активно используется практический опыт каждого участника, уточняются позиции и вырабатываются обобщающие выводы или решения. При коллективном обсуждении в командах необходимо, чтобы свою точку зрения имел возможность высказать каждый участник. Коллективное обсуждение проблемы позволяет выявить разные подходы к решению одной и той же проблемы или задачи. Очень важно использование принципа консенсуса, т.е. единогласное принятие общих решений, но не путем голосования, а на основе предварительного согласия. Однако это не означает, что кто-либо из участников и в этом случае не может выйти на коллективное обсуждение в общей группе со своей точкой зрения.

Третий этап – дискуссия в группе. Каждая команда докладывает свой вариант разрешения рассматриваемой проблемы. Участники других команд выступают в качестве оппонентов, задают вопросы, выступают с критическими замечаниями или в поддержку предоставленного проекта.

Возможны случаи, когда участники не формируются в команды, а распределяются по определенным ролям. В этих играх для решения проблемы прежде всего определяется состав действующих лиц и устанавливаются их задачи. Дискуссия идет с учетом определенных ролей.

Для преодоления скованности участников, облегчения их вживания в роль и естественности их поведения желательна минимизация вмешательства руководителя в процесс игры. Функции руководителя сводятся главным образом к ознакомлению участников с условиями, целями и техниками игры, обеспечению ее нормального протекания, общему контролю за ее процессом и оказанию в случае необходимости методической помощи в достижении игровых целей, а также к

общему подведению итогов, включающему, если это целесообразно, индивидуальные советы и рекомендации ее участникам.

Ход проведения ролевых и деловых игр практически не отличается от рассмотренных ранее. Разница в том, что в первом случае выступают представитель команды, а во втором участник деловой игры действует в рамках ролевой должности.

На практических занятиях, проходящих в форме деловой игры, ее участники должны приобрести необходимые знания и практические навыки:

- по постановке стратегических и оперативных целей работы организации;
- выработке экономических решений и оценки влияния факторов внешней и внутренней среды на реализацию этих решений;
- освоению и отработке навыков коллективного генерирования идей, делового общения при выработке групповых решений;
- выявление различных точек зрения на экономическую проблему

На предприятиях ролевые игры наиболее часто используются для обучения руководителей правильному ведению собеседования, распределению заданий, обеспечению поддержки сотрудниками коллективного задания, руководству командой и т.д. С их помощью сотрудники повышают свои знания и умения в области принятия самостоятельных решений, своевременного просчитывания их последствий, развития делового общения и т.п. Ролевые игры особенно эффективны при карьерном обучении, когда сотрудник проигрывает комплекс функций, вытекающих из его будущих должностных обязанностей.

Базирование ролевых игр на повседневных, личностно значимых ситуациях обеспечивает высокую ангажированность, вовлеченность их участников. Это в свою очередь облегчает личностное принятие вырабатываемых образцов поведения, идентификацию решений и рекомендаций, перенос отработанных в игре образцов поведения в повседневные практические отношения.

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 мелом 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 непонятым, 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 неувоенной, 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 неусттомительный 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 в 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 нормальный 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. 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.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368 с.
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 (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

**«Уральский государственный горный
университет»**

О. В. Садырева, И. Г. Коршунов

Ф И З И К А

***МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ*
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ
ВСЕХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ**

Екатеринбург

2020

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Учебно-методическим советом УГГУ

Председатель совета

 Упоров С.А.

ФИЗИКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
СТУДЕНТОВ ВСЕХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

Екатеринбург, 2019

Методические указания составлены в соответствии с программами по курсу физики для студентов всех направлений подготовки в УГГУ. Они содержат условия задач для самостоятельной работы, при выполнении контрольных работ студентами по следующим темам курса физики: механика; молекулярная физика и термодинамика; электричество и магнетизм; механические и электромагнитные колебания и волны; волновая и квантовая оптика; квантовая физика и физика атома; элементы ядерной физики. Также в них содержатся методические указания к решению задач, их оформлению, список рекомендуемой литературы и справочные данные, необходимые для решения задач.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ И ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНИХ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

1. Номера задач, которые студент должен включить в свою контрольную работу, определяются преподавателем в начале соответствующего семестра.
2. Контрольные работы нужно выполнять чернилами в школьной тетради, на обложке указывается фамилия и инициалы студента, номер группы.
3. Условия задач в контрольной работе необходимо переписать полностью без сокращений. Для замечаний преподавателя на страницах тетради нужно оставлять поля.
4. Если контрольная работа при рецензировании не зачтена, студент обязан представить ее на повторную рецензию, включив в нее те задачи, при решении которых допущены ошибки.
5. При решении задач необходимо пользоваться следующей схемой:
 - Внимательно прочитать условие задачи.
 - Выписать столбиком все величины, входящие в условие, и выразить их в одних единицах (преимущественно в Международной системе единиц СИ).
 - Если это возможно, представить условие задачи в виде четкого рисунка. Правильно сделанный рисунок – это наполовину решенная задача.
 - Уяснить физическую сущность задачи, установить основные законы и формулы, на которых базируется условие задачи.
 - Если при решении задачи применяется формула, полученная для частного случая, не выражающая какой-нибудь физический закон или не являющаяся определением какой-нибудь физической величины, то ее следует вывести.
 - Если равенства векторные, то их необходимо спроектировать по оси координат и записать в скалярной форме.
 - Решить задачу сначала в общем виде, то есть, в буквенных обозначениях, заданных в условии задачи. При таком способе решения не производятся вычисления промежуточных величин.
 - После получения расчетной формулы для проверки ее правильности следует подставить в правую часть формулы вместо символов величин их размерности, произвести с ними необходимые действия и убедиться в том, что полученная при этом единица соответствует искомой величине. Если такого соответствия нет, то это означает, что задача решена неверно.
 - Подставить в конечную формулу числовые значения, выраженные в единицах СИ. В виде исключения допускается выражать в любых, но одинаковых единицах числовые значения однородных величин, стоящих в числителе и знаменателе дроби и имеющих одинаковые степени.

- При подстановке в расчетную формулу, а также при записи ответа числовые значения величин следует записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти. Например, вместо 3520 надо записать $3,52 \cdot 10^3$, вместо 0,00129 записать $1,29 \cdot 10^{-3}$ и т. п.
- Вычисления по расчетной формуле надо проводить с соблюдением правил приближенных вычислений. Как правило, окончательный ответ следует записывать с тремя значащими цифрами. Это относится и к случаю, когда результат получен с применением калькулятора.
- Решение задачи должно сопровождаться краткими, но исчерпывающими пояснениями и комментариями.

1. МЕХАНИКА

1. Расстояние между двумя станциями метрополитена 1,5 км. Первую половину этого расстояния поезд проходит равноускоренно, вторую - равнозамедленно с тем же по модулю ускорением. Максимальная скорость поезда 50 км/ч. Найти ускорение и время движения поезда между станциями.
2. Шахтная клеть поднимается со скоростью 12 м/с. После выключения двигателя, двигаясь с отрицательным ускорением $1,2 \text{ м/с}^2$, останавливается у верхней приемной площадки. На каком расстоянии от нее находилась клеть в момент выключения двигателя и сколько времени двигалась до остановки?
3. С башни высотой 30 м в горизонтальном направлении брошено тело с начальной скоростью 10 м/с. Определить уравнение траектории тела, скорость тела в момент падения.
4. Для добывания руды открытым способом произвели взрыв породы. Подъем кусков породы, выброшенных вертикально вверх, длился 5 с. Определить их начальную скорость и высоту подъема.
5. При взрыве серии скважин камень, находящийся на уступе высотой 45 м, получил скорость 100 м/с в горизонтальном направлении. Какова дальность полета камня, сколько времени он будет падать, с какой скоростью упадет на землю?
6. Рассчитать скорость движения и полное ускорение шахтного электровоза в момент времени 5 с, если он движется по криволинейному участку радиусом 15 м. Закон движения электровоза выражается формулой $S = 800 + 8t - 0,5 t^2$, м.

7. Во сколько раз тангенциальное ускорение точки, лежащей на ободе вращающегося колеса, больше ее нормального ускорения для того момента времени, когда вектор полного ускорения этой точки составляет угол 30° с вектором ее линейной скорости?
8. Под действием постоянной силы 118 Н вагонетка приобрела скорость 2 м/с, пройдя путь 10 м. Определить силу трения и коэффициент трения, если масса вагонетки 400 кг.
9. В шахте опускается равноускоренно лифт массой 280 кг, в первые 10 с он проходит 35 м. Найти натяжение каната, на котором висит лифт.
10. На горизонтальной платформе шахтной клетки находится груз 60 кг. Определить силу давления груза на платформу: при равномерном подъеме и спуске, при подъеме и спуске с ускорением 3 м/с^2 , при спуске с ускорением $9,8 \text{ м/с}^2$.
11. Тело скользит по наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол 45° . Пройдя путь 36,4 см, тело приобретает скорость 2 м/с. Найти коэффициент трения тела о плоскость.
12. Найти закон движения (зависимость пройденного расстояния от времени) куска антрацита при скольжении его с нулевой начальной скоростью по стальному желобу с углом наклона 30° . Коэффициент трения 0,3.
13. Рудничный поезд массой 450 т движется со скоростью 30 км/ч, развивая мощность 150 л. с. (1 л. с. = 736 Вт). Определить коэффициент трения.
14. Определить силу тяги, которую развивает лебедка при подъеме вагонетки массой 2 т с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$, если коэффициент трения 0,03, а угол наклона железнодорожного полотна 30° .
15. Вагонетка скатывается по наклонной горке длиной 5 м. Определить путь, проходимый вагонеткой по горизонтали до остановки, и наибольшую скорость движения, если коэффициент сопротивления 0,0095. Угол наклона 5° .
16. Маховик, приведенный в равноускоренное вращение, сделав 40 полных оборотов, стал вращаться с частотой 480 мин^{-1} . Определить угловое ускорение маховика и продолжительность равноускоренного вращения.
17. Ротор шахтного электродвигателя совершает 960 об/мин. После выключения он останавливается через 10 с. Считая вращение равнозамедленным, найти угловое ускорение ротора. Сколько оборотов сделал ротор до остановки?

18. Крутящий момент двигателя электрической лебедки $1,2 \text{ кН}\cdot\text{м}$. Для остановки двигателя служат тормозные деревянные колодки, прижимающиеся с двух сторон к тормозному чугунному диску радиусом $0,6 \text{ м}$, жестко связанному с ротором двигателя. Найти силу давления, необходимую для остановки ротора, если коэффициент трения равен $0,5$.

19. Двигатель мощностью 3 кВт за 12 с разогнал маховик до 10 об/с . Найти момент инерции маховика.

20. Была произведена работа в 1 кДж , чтобы из состояния покоя привести маховик во вращение с частотой 8 с^{-1} . Какой момент импульса (количества движения) приобрел маховик?

21. Шар и цилиндр имеют одинаковую массу 5 кг и катятся со скоростью 10 м/с по горизонтальной плоскости. Найти кинетическую энергию этих тел.

22. Какую работу надо произвести, чтобы раскрутить маховик массой 80 кг до 180 об/мин ? Массу маховика считать равномерно распределенной по ободу с диаметром 1 м .

23. Ротор шахтного электродвигателя совершает 960 об/мин . После выключения он останавливается через 10 с . Считая вращение равнозамедленным, найти угловое ускорение ротора. Сколько оборотов сделал ротор до остановки?

24. Шар и сплошной цилиндр катятся по горизонтальной плоскости. Какую часть энергии поступательного движения каждого тела составляет от общей кинетической энергии?

25. Маховик, выполненный в виде диска радиусом $0,4 \text{ м}$ и имеющий массу 100 кг , был раскручен до 480 оборотов в минуту и предоставлен самому себе. Под действием трения вала о подшипники маховик остановился через 80 с . Определить момент сил трения.

2.МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

26. Какой объем занимает 1 кг водорода при давлении 10^6 Па и температуре 20°C ? Молярная масса водорода $2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.

27. Для автогенной сварки привезли баллон кислорода вместимостью 100 л . Найти массу кислорода, если его давление 12 МПа и температура 16°C . Молярная масса кислорода $32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.

28. Определить среднюю плотность сжатого воздуха в рудничной воздухопроводной сети, если давление воздуха в компрессоре составляет $7 \cdot 10^5$ Па, а давление у воздухоприемников $6 \cdot 10^5$ Па. Температура воздуха в начале и конце сети равна 27°C и 7°C . Молярная масса воздуха равна 0,029 кг/моль.

29. Стальной баллон емкостью 25 л наполнен ацетиленом C_2H_2 при температуре 27°C до давления 20 МПа. Часть ацетилена использовали для автогенной сварки подкрановых путей в шахте. Какая масса ацетилена израсходована, если давление в баллоне при температуре 23°C стало равным 14 МПа? Молярная масса ацетилена 0,026 кг/моль.

30. Сжатый воздух в баллоне имеет температуру 15°C . Во время пожара температура воздуха в баллоне поднялась до 450°C . Взорвется ли баллон, если известно, что при этой температуре он может выдержать давление не более 9,8 МПа? Начальное давление в баллоне 4,8 МПа.

31. Температура взрыва гремучей смеси, то есть температура, до которой нагреты в первый момент газообразные продукты взрыва, достигает в среднем 2600°C , если взрыв происходит внутри замкнутого пространства. Во сколько раз давление при взрыве гремучего газа превосходит давление смеси до взрыва, если последнее равно 10^5 Па, а начальная температура 17°C ?

32. Компрессор, обеспечивающий работу отбойных молотков в забое, засасывает из атмосферы 100 л воздуха в секунду при давлении 1 атм. Сколько отбойных молотков может работать от этого компрессора, если для каждого молотка необходимо 100 см^3 воздуха в секунду при давлении 50 атм?

33. В двигателе Дизеля сжимается адиабатически воздух, в результате чего его температура поднимается, достигая температуры воспламенения нефти 800°C . До какого давления сжимается при этом воздух и во сколько раз уменьшается его объем, если начальное давление 1 атм, начальная температура 80°C , $\gamma=1,4$?

34. Современные вакуумные насосы позволяют понижать давление до 10^{-15} мм рт. ст. Сколько молекул газа содержится в объеме 1 см^3 при указанном давлении и температуре 27°C ?

35. Определить средние квадратичные скорости молекул метана CH_4 до взрыва и после него, если температура до взрыва равна 20°C , а после него 2600°C . Молярная масса 0,016 кг/моль.

36. Найти среднюю кинетическую энергию вращательного движения одной молекулы кислорода при температуре 350 К, а также кинетическую энергию вращательного движения всех молекул, содержащихся в 4 г кислорода.

37. Вычислить удельные теплоемкости при постоянном объеме и при постоянном давлении окиси углерода CO , принимая этот газ за идеальный.

38. На сжатие азота при постоянном давлении была затрачена работа 12 кДж. Найти изменение внутренней энергии и затраченное количество теплоты.

39. Какое количество теплоты для нагревания от 50°C до 100°C надо сообщить азоту массой 28 г, который находится в цилиндре с подвижным поршнем? Чему равна при этом процессе работа расширения?

40. При адиабатическом процессе расширения внутренняя энергия кислорода уменьшилась на 8,38 кДж. Вычислить массу кислорода, если начальная температура его 47°C , а объем увеличился в 10 раз.

41. В двигателе внутреннего сгорания температура газообразных продуктов сгорания поднимается от 600°C до 2000°C . Найти количество теплоты, подведенное к 1 кг газа при постоянном давлении, изменение его внутренней энергии и совершенную работу, если удельные теплоемкости при постоянных давлении и объеме соответственно равны $1,25 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ и $0,96 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$.

42. Определить мощность на валу компрессора производительностью 25 м^3 в минуту, работающего на подземную воздушную сеть, если первоначальное давление 1 атм, а давление, развиваемое компрессором в конце изотермического сжатия, составляет 7 атм.

43. Тепловая машина работает по обратимому циклу Карно. Температура нагревателя 227°C . Определить термический коэффициент полезного действия цикла и температуру охладителя, если за счет каждого килоджоуля теплоты, полученной от нагревателя, машина совершает работу 350 Дж.

44. От идеальной теплосиловой установки, работающей по циклу Карно, отводится еже часно 270 МДж теплоты с помощью холодильника при 9°C . Определить полезную мощность установки, если количество подводимой в час теплоты равно 900 МДж. При какой температуре подводится теплота?

45. Газ совершает цикл Карно. Абсолютная температура нагревателя в три раза выше, чем температура холодильника. Нагреватель передал газу 42 кДж теплоты. Какую работу совершил газ?

46. При прямом цикле Карно тепловая машина совершает работу, равную 200 Дж. Температура нагревателя 375 К, холодильника 300 К. Найти количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

47. Вследствие трения о шкив ремень заряжается, причем каждый квадратный метр ремня содержит $0,02 \text{ Кл}$ заряда. Ширина ремня $0,3 \text{ м}$, скорость его движения 20 м/с . Какой заряд проходит каждую секунду через любую неподвижную плоскость, перпендикулярную ремню?
48. Определить заряд, емкость и потенциал Земли, считая ее шаром радиусом $6 \cdot 10^3 \text{ км}$ и зная, что напряженность поля около поверхности равна 100 В/м .
49. Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора 6 кВ , заряд каждой пластины 10 нКл . Найти энергию конденсатора и силу взаимного притяжения пластин, если расстояние между ними 2 см .
50. Какое количество теплоты выделится при разрядке плоского конденсатора, если разность потенциалов между пластинами 15 кВ , расстояние 1 мм , диэлектрик слюда ($\epsilon = 6$), площадь каждой пластины 300 см^2 ?
51. Какую работу надо совершить, чтобы увеличить расстояние между пластинами воздушного конденсатора от $0,03 \text{ м}$ до $0,1 \text{ м}$? Площадь пластин 100 см^2 . Конденсатор подключен к источнику напряжения 220 В .
52. Камнедробилка должна работать под напряжением 100 В , потребляя ток в 40 А . Напряжение на электростанции 120 В , а расстояние до нее 1 км . Определить сечение медных соединительных проводов ($\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом м}$).
53. Какой длины надо взять нихромовый проводник диаметром $1,5 \text{ мм}$ для изготовления спирали вулканизатора, применяемого при сращивании кабелей, если сопротивление спирали $5,5 \text{ Ом}$, а удельное сопротивление нихрома $1,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом м}$?
54. Цена деления прибора $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ А /дел}$. Шкала прибора имеет 200 делений, его внутреннее сопротивление 100 Ом . Какие сопротивления нужно подключить к этому прибору и каким образом, чтобы можно было измерять напряжение до 200 В или ток до 4 А ?
55. Определить сопротивление медных магистральных проводов при температуре 30° С . Расстояние от места расположения проводов до взрывной станции 400 м . Площадь сечения проводов $0,8 \text{ мм}^2$, $\rho = 0,017 (\text{Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м})$, $\alpha = 0,0044 \text{ град}^{-1}$.
56. ЭДС батареи 12 В , ток короткого замыкания 5 А . Какую наибольшую мощность может дать батарея во внешней цепи?
57. Найти ток короткого замыкания для аккумуляторной батареи, если при токе 5 А она дает во внешнюю цепь мощность $9,5 \text{ Вт}$, а при токе 8 А мощность $14,4 \text{ Вт}$.

58. Ток в проводнике сопротивлением $100\ \text{Ом}$ равномерно нарастает от 0 до $10\ \text{А}$ в течение $30\ \text{с}$. Чему равно количество теплоты, выделившееся за это время в проводнике?

59. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток $50\ \text{А}$. Найти магнитную индукцию в точке, удаленной на расстояние $5\ \text{см}$ от проводника.

60. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи $50\ \text{А}$ и $100\ \text{А}$ в противоположных направлениях. Расстояние между проводами $20\ \text{см}$. Определить магнитную индукцию в точке, удаленной на $25\ \text{см}$ от первого и на $40\ \text{см}$ от второго провода.

61. Найти число витков в катушке диаметром $10\ \text{см}$, если магнитная стрелка, помещенная в ее центре, отклонилась от плоскости магнитного меридиана на 38° при токе $0,2\ \text{А}$. Горизонтальная составляющая земного магнитного поля $12,8\ \text{А/м}$. Плоскость катушки совпадает с плоскостью магнитного меридиана.

62. Определить горизонтальную составляющую напряженности магнитного поля Земли, если обмотка тангенс-буссоли имеет 10 витков радиусом $25\ \text{см}$. При токе $0,64\ \text{А}$ стрелка отклоняется на угол 45° .

63. Плоский контур площадью $20\ \text{см}^2$ находится в однородном магнитном поле с индукцией $0,03\ \text{Тл}$. Найти магнитный поток, пронизывающий контур, если его плоскость составляет угол 60° с линиями индукции.

64. Электромагнит изготовлен в виде тороида со средним диаметром $51\ \text{см}$ и вакуумным зазором $2\ \text{мм}$. Обмотка тороида равномерно распределена по всей его длине. Во сколько раз уменьшится напряженность магнитного поля в зазоре, если при неизменном токе в обмотке зазор увеличить в три раза? Магнитная проницаемость сердечника тороида 800 .

65. Найти напряженность магнитного поля между полюсами электромагнита, если проводник массой $10\ \text{г}$ и длиной $1\ \text{м}$ при токе в нем $19,6\ \text{А}$ висит в поле, не падая.

66. В однородном магнитном поле с индукцией $0,1\ \text{Тл}$ движется проводник длиной $10\ \text{см}$ со скоростью $15\ \text{м/с}$, направленной перпендикулярно к магнитному полю. Найти ЭДС, индуцированную в проводнике.

67. Обмотка электромагнита содержит 800 витков. Площадь сечения сердечника $15\ \text{см}^2$, Индукция магнитного поля в сердечнике $1,4\ \text{Тл}$. Вычислить величину средней ЭДС, возникающей в обмотке при размыкании тока, если ток уменьшается до нуля в течение $0,001\ \text{с}$.

68. На железное кольцо намотано в один слой 200 витков провода. Чему равна энергия Магнитного поля, если при токе 2,5 А магнитный поток в железе 0,5 мВб?

69. Замкнутый соленоид намотан на немагнитный каркас и содержит 20 витков на каждый сантиметр длины. Найти объемную плотность энергии поля при токе 1 А.

70. С какой скоростью должен нарастать ток в катушке с числом витков 800, площадью поперечного сечения 10 см^2 , длиной 30 см, чтобы величина ЭДС самоиндукции, возникшей в ней, была равна 25 мВ?

4. МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

71. Маятник для гравиметрической съемки за сутки совершил 57600 колебаний. Найти ускорение свободного падения, если длина маятника 0,56 м.

72. Днище вибролюка, применяемого для погрузки руды в бункер поезда из очистной камеры, совершает гармоническое колебательное движение с амплитудой 5 мм и частотой 1500 мин^{-1} . Написать уравнение колебаний, если начальная фаза равна нулю.

73. Стол питателя, предназначенного для погрузки руды в вагонетки, колеблется с частотой 45 мин^{-1} . Определить максимальные скорость и ускорение стола, полную энергию колебаний, если масса питателя 1000 кг, амплитуда колебаний 72 мм.

74. Решето рудообогатительного грохота совершает вертикальное колебательное движение с амплитудой 5 см. Найти наименьшую частоту колебаний, при которой куски руды, лежащие на решете, будут отделяться от него и подбрасываться вверх.

75. Для погружения обсадных труб в глинистые отложения применяется вибровозбудитель ВО-10, амплитуда колебаний которого 0,13 см, частота вращения дебалансов 1200 мин^{-1} . Определить максимальные скорость и ускорение, написать уравнение колебаний, если начальная фаза равна нулю.

76. Определить полную энергию колебаний и максимальную силу взаимодействия между подъемным сосудом массой 90 тонн и армировкой ствола шахты, если амплитуда горизонтальных колебаний сосуда 3 см, а циклическая частота 7 с^{-1} .

77. Точка одновременно совершает два гармонических колебания, происходящих по взаимно перпендикулярным направлениям и выражаемых уравнениями: $x = 0,5 \sin t$, $y = 2 \cos t$. Найти уравнение траектории точки, построить график ее движения.

78. Два одинаково направленных гармонических колебания одного периода с амплитудами 10 см и 6 см складываются в одно колебание с амплитудой 14 см. Определить разность фаз складываемых колебаний.

79. Груз, подвешенный к пружине, гармонически колеблется по вертикали с периодом 0,5 с. Коэффициент упругости пружины 4 Н/м. Определить массу груза.

80. Амплитуда затухающих колебаний маятника за 5 мин уменьшилась в два раза. За какое время, считая от начального момента, амплитуда уменьшится в восемь раз?

81. Источник незатухающих гармонических колебаний подчиняется закону $x = 5\sin 3140t$ (м). Определить смещение, скорость и ускорение точки, находящейся на расстоянии 340 м от источника, через 1 с от начала колебаний, если скорость волны 340 м/с.

82. Уравнение незатухающих колебаний $y = 0,1\sin 0,5\pi t$ (м). Скорость волны 300 м/с. Написать уравнение колебаний для точек волны в момент времени 4 с после начала колебаний. Найти разность фаз для источника и точки на расстоянии 200 м от него.

83. Звуковые колебания с частотой 500 Гц и амплитудой 0,25 мм, распространяются в воздухе. Длина волны 70 см. Определить скорость распространения волны и наибольшую скорость колебаний частиц воздуха.

84. Определить коэффициент сжатия горной породы - величину, обратную модулю Юнга, если скорость распространения звуковых волн в горной породе равна 4500 м/с, а плотность породы составляет $2,3 \cdot 10^3$ кг/м³.

85. К одному из концов длинного стержня прикреплен вибратор, колеблющийся по закону $y = 10^{-6}\sin 10^4\pi t$ (м). Найти скорость точек в сечении стержня, отстоящем от вибратора на расстоянии 25 см, в момент времени 10^{-4} с. Скорость волны $5 \cdot 10^3$ м/с.

86. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 2 мГн и конденсатора емкостью 888 пФ. На какую длину волны настроен контур?

87. Найти частоту собственных колебаний в контуре, состоящем из катушки индуктивности и плоского конденсатора. Площадь каждой пластины конденсатора 30 см² и расстояние между ними 0,1 см. Число витков катушки 1000, длина ее 30 см, сечение 1 см².

88. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 1,02 Гн и конденсатора емкостью 0,025 мкФ. Заряд на конденсаторе равен $2,5 \cdot 10^{-6}$ Кл. Какова зависимость разности потенциалов на конденсаторе от времени?

89. Катушка (без сердечника) длиной 50 см и площадью поперечного сечения 3 см² имеет 1000 витков и соединена параллельно с конденсатором. Он состоит из двух

пластин площадью 75 см^2 каждая, расстояние между пластинами 5 мм , диэлектрик - воздух. Найти период колебаний контура и длину волны, на которую он настроен.

90. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $1,02 \text{ Гн}$ и конденсатора емкостью 25 нФ . На обкладках конденсатора сосредоточен заряд $2,5 \text{ мкКл}$. Написать уравнение изменения тока в цепи в зависимости от времени.

91. Разность потенциалов на конденсаторе в контуре за 1 мс уменьшается в три раза. Найти коэффициент затухания.

92. Электромагнитные волны распространяются в некоторой однородной среде со скоростью $2,5 \cdot 10^8 \text{ м/с}$. Какую длину волны имеют электромагнитные колебания в данной среде, если частота колебаний 1 МГц ?

93. Катушка с индуктивностью 30 мГн присоединена к плоскому конденсатору с площадью пластин $0,01 \text{ м}^2$ и расстоянием между ними $0,1 \text{ мм}$. Найти диэлектрическую проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами, если контур настроен на длину волны 750 м .

94. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 80 пФ и катушки индуктивностью $0,5 \text{ мГн}$. Найти максимальный ток в контуре, если максимальная разность потенциалов на обкладках конденсатора 300 В . На какую длину волны резонирует данный контур?

95. Закон изменения разности потенциалов на обкладках конденсатора в контуре задан уравнением $U = 50 \cos 10^4 \pi t (\text{В})$. Емкость конденсатора равна $0,1 \text{ мкФ}$. Найти период колебаний, индуктивность, длину волны. Написать закон изменения тока в контуре.

96. Колебательный контур состоит из конденсатора переменной емкости от 12 пФ до 80 пФ и катушки с индуктивностью $1,2 \text{ мГн}$. Найти диапазон длин электромагнитных волн, которые могут вызывать резонанс в этом контуре.

97. Индуктивность колебательного контура $0,5 \text{ мГн}$. Какова должна быть емкость контура, чтобы он резонировал на длину волны 300 м ?

98. Катушка (без сердечника) длиной 50 см и площадью поперечного сечения 3 см^2 имеет 1000 витков и соединена параллельно с конденсатором. Он состоит из двух пластин площадью 75 см^2 каждая, расстояние между пластинами 5 мм , диэлектрик - воздух. Найти период колебаний контура и длину волны, на которую он настроен.

99. Какую индуктивность надо включить в колебательный контур, чтобы при емкости 2 мкФ получить частоту 1000 Гц ?

100. Индуктивность катушки в колебательном контуре 20 мкГн. Требуется настроить этот контур на частоту 5 МГц. Какую емкость следует выбрать?

101. Колебательный контур, состоящий из воздушного конденсатора с двумя пластинами по 100 см^2 каждая и катушки с индуктивностью 1 мкГн резонирует на волну длиной 10 м. Найти расстояние между пластинами конденсатора.

5. ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА

102. Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга 1 мм, расстояние от щелей до экрана 3 м, расстояние между соседними интерференционными максимумами на экране 1,5 мм. Найти длину волны источника монохроматического света.

103. Оранжевые лучи с длиной волны 650 нм от двух когерентных источников, расстояние между которыми 120 мкм, падают на экран. Расстояние от источников до экрана 3,6 м. Найти расстояние между центрами соседних темных полос на экране.

104. Какую наименьшую толщину должна иметь пластинка, сделанная из материала с показателем преломления 1,54, чтобы при освещении ее лучами с длиной волны 750 нм, перпендикулярными к пластинке, она в отраженном свете казалась красной?

105. Между двумя плоскопараллельными пластинками лежит проволочка, отчего образовался воздушный клин. Пластины освещаются светом с длиной волны 500 нм. Угол падения лучей 0° , длина пластинки 10 см. Расстояние между интерференционными полосами в отраженном свете 1,8 мм. Найти толщину проволочки.

106. Плосковыпуклая линза ($n=1,5$) с оптической силой 0,5 диоптрий выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Найти радиус пятого темного кольца Ньютона в проходящем свете ($\lambda=600 \text{ нм}$).

107. Радиус кривизны плосковыпуклой линзы 4 м. Чему равна длина волны падающего света, если радиус 5-го светлого кольца Ньютона в отраженном свете равен 3,6 мм?

108. На щель шириной 0,2 мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны 640 нм. Определить угол отклонения лучей, соответствующих первой светлой дифракционной полосе.

109. На пластинку со щелью падает нормально монохроматический свет. Угол отклонения лучей, соответствующих второму дифракционному минимуму, равен 1° . Сколько длин волн падающего света составляет ширина щели?

110. На щель шириной 0,05 мм падает нормально монохроматический свет ($\lambda=0,6$ мкм). Найти угол между первоначальным направлением пучка света и направлением на четвертую темную дифракционную полосу.

111. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной гелием. На какую линию в спектре третьего порядка накладывается красная линия гелия с длиной волны 670 нм спектра второго порядка?

112. При освещении дифракционной решетки белым светом спектры второго и третьего порядка накладываются друг на друга. На какую длину волны в спектре второго порядка накладывается фиолетовая граница (400 нм) спектра третьего порядка?

113. На дифракционную решетку, имеющую 800 штрихов на 1 мм, падает параллельный пучок белого света. Какова разность углов отклонения конца первого и начала второго спектров? Принять длину волны красного света 760 нм, фиолетового 400 нм.

114. На дифракционную решетку, содержащую 50 штрихов на миллиметр, падает в направлении нормали к ее поверхности белый свет. Спектр проектируется на экран с помощью линзы, помещенной вблизи решетки. Определить длину спектра первого порядка на экране, если расстояние от линзы до экрана 3 м. Границы видимого спектра 400 нм и 760 нм.

115. Угол преломления луча света в жидкости равен 35° . Определить показатель преломления этой жидкости, если отраженный луч максимально поляризован.

116. Под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы его лучи, отраженные от поверхности озера, были бы наиболее полно поляризованы.

117. Предельный угол полного внутреннего отражения луча на границе жидкости с воздухом равен 43° . Каков должен быть угол падения луча из воздуха на поверхность жидкости, чтобы отраженный луч был максимально поляризован?

118. Угол максимальной поляризации при отражении света от кристалла каменной соли равен 57° . Определить скорость распространения света в этом кристалле.

119. Угол между плоскостями поляризации двух призм Николя равен 45° . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, прошедшего через николи, если этот угол увеличить до 60° ?

120. Температура «голубой» звезды $3 \cdot 10^4 \text{ K}$. Определить интегральную интенсивность излучения и длину волны, соответствующую максимуму излучательной способности.

121. Приняв температуру поверхности Солнца равной 6000 K , определить энергию, излучаемую с одного квадратного метра за секунду и длину волны, соответствующую максимуму излучательной способности.

122. Поток энергии, излучаемой из смотрового окошка печи за секунду, равен 34 Вт . Найти температуру печи, если площадь отверстия 6 см^2 .

123. Средняя величина энергии, теряемой вследствие излучения с одного квадратного сантиметра поверхности Земли за минуту, равна $0,55 \text{ Дж}$. Какую температуру должно иметь абсолютно черное тело, излучающее такое же количество энергии?

124. Печь при температуре 1100 K посылает на измерительный прибор некоторое тепловое излучение. Какова должна быть температура печи, чтобы получаемое прибором излучение увеличилось в два, четыре и шестнадцать раз?

125. Максимальная лучеиспускательная способность абсолютность черного тела приходится на длину волны 800 нм . Какая мощность должна быть подведена к этому телу, поверхность которого 100 см^2 , чтобы поддерживать его при постоянной температуре.

126. Вследствие изменения температуры абсолютно черного тела, максимум испускательной способности сместился с 500 нм на 750 нм . Во сколько раз уменьшилась суммарная мощность излучения?

127. Какая доля энергии фотона израсходована на работу вырывания фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта равна 307 нм и кинетическая энергия фотоэлектрона 1 эВ ?

128. Калий (работа выхода 2 эВ) освещается монохроматическим светом с длиной волны 509 нм . Определить максимально возможную кинетическую энергию фотоэлектронов.

129. Определить работу выхода электрона из цезия и серебра, если красная граница фотоэффекта у этих металлов составляет соответственно 660 нм и 260 нм .

130. Определить энергию, импульс и массу фотона, длина волны которого соответствует видимой части спектра с длиной волны 500 нм .

131. Определить давление света на стенки электрической стоваттной лампы. Колба лампы представляет собой сферический сосуд радиусом 5 см . Стенки лампы

отражают 10 % падающего на них света. Считать, что вся потребляемая мощность идет на излучение.

132. На поверхность площадью 100 см^2 ежеминутно падает 63 Дж световой энергии. Найти величину светового давления, если поверхность полностью отражает все лучи и если полностью поглощает все лучи.

133. Давление света с длиной волны 600 нм на черную поверхность равно $2,2 \cdot 10^{-7} \text{ Н/м}^2$. Сколько фотонов падает на 1 см^2 за одну секунду?

6. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА И ФИЗИКА АТОМА

134. Определить длину волны, соответствующую границе серии Бальмера для водорода. Выделить эту спектральную линию на схеме энергетических уровней атома водорода. Постоянная Ридберга равна $1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$.

135. Найти наибольшую и наименьшую длины волн в первой инфракрасной серии спектра водорода (серии Пашена). Начертить схему энергетических уровней атома водорода.

136. Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны 121,5 нм. Определить радиус электронной орбиты возбужденного атома водорода.

137. Вычислить энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на первый.

138. Определить длины волн де Бройля для электрона и протона, движущихся со скоростью 1000 км/с. Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, масса протона $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.

139. Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,10 нм ?

140. Определить длину волны де Бройля для электрона, движущегося по круговой орбите атома водорода, находящегося в основном состоянии.

141. Электрон, движущийся со скоростью $6 \cdot 10^6 \text{ м/с}$, попадает в продольное ускоряющее однородное электрическое поле напряженностью 5 В/см. Какое расстояние должен пройти электрон в таком поле, чтобы его длина волны стала равной 0,10 нм?

142. Рассчитать дебройлевскую длину волны для протона с кинетической энергией, равной энергии покоя электрона 0,51 МэВ.

143. Найти коротковолновую границу непрерывного рентгеновского спектра, если известно, что уменьшение приложенного к рентгеновской трубке напряжения на 23 кВ увеличивает искомую длину волны в два раза.

144. Найти длину волны коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра, если скорость электронов, подлетающих к антикатоде трубки, составляет 0,85 скорости света.

145. Для определения постоянной Планка к рентгеновской трубке приложили напряжение 16 кВ и определили минимальную длину волны сплошного рентгеновского излучения ($\lambda_{\min} = 77,6$ пм). Вычислить по этим данным постоянную Планка.

146. Частица в потенциальной яме шириной l находится в возбужденном состоянии ($n=2$).

Вычислить вероятность нахождения частицы в крайней четверти ямы.

46. Частица в потенциальной яме находится в основном состоянии. Какова вероятность обнаружить частицу в крайней трети ямы?

147. В одномерной потенциальной яме шириной l находится электрон. Найти вероятность нахождения электрона на первом энергетическом уровне в интервале $l/4$, равноудаленном от стенок ямы.

148. Вычислить величину момента импульса L орбитального движения электрона, находящегося в атоме водорода в s-состоянии и в p-состоянии.

149. Частица в потенциальной яме шириной l находится в низшем возбужденном состоянии. Определить вероятность нахождения частицы в интервале $l/4$, равноудаленном от стенок ямы.

150. Определить возможные значения проекции момента импульса L_z орбитального движения электрона в атоме водорода на направление внешнего магнитного поля. Электрон находится в d-состоянии.

151. Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной l

с бесконечно высокими стенками. Определить вероятность обнаружения электрона в средней трети ямы, если электрон находится в возбужденном состоянии ($n=3$).

7. ЭЛЕМЕНТЫ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

152. Активность препарата пропорциональна числу ядер, распадающихся за секунду. Во сколько раз уменьшится активность препарата стронция ${}_{38}\text{Sr}^{90}$ через 100 лет? Период полураспада равен 28 лет.

153. Сколько β -частиц испускает в течение одного часа 1 мкг изотопа ${}_{11}\text{Na}^{24}$, период полураспада которого составляет 15 часов?

154. Препарат ${}_{92}\text{U}^{238}$ массой 1 г излучает $1,24 \cdot 10^4$ α -частиц в секунду. Найти период полураспада этого изотопа урана и активность препарата.

155. Найти число распадов за одну секунду в 1 г радия, период полураспада которого 1590 лет. Молярная масса радия 0,226 кг/моль.

156. Активность препарата пропорциональна числу ядер, распадающихся за одну секунду. Во сколько раз уменьшится активность иода ${}_{53}\text{I}^{124}$ спустя 12 суток? Период полураспада равен четырем суткам.

157. Сколько β -частиц испускается в течение суток при распаде изотопа фосфора ${}_{15}\text{P}^{32}$ массой 1 мкг? Период полураспада 14,3 суток.

158. Активность препарата уменьшилась в 256 раз. Сколько периодов полураспада составляет промежуток времени, за который произошло такое уменьшение активности?

159. За один год начальное количество радиоактивного вещества уменьшилось в три раза. Во сколько раз оно уменьшится за два года?

60. Какая доля начального количества радиоактивного вещества останется нераспавшейся через промежуток времени, равный двум периодам полураспада?

160. Дефект массы ядра ${}_{7}\text{N}^{15}$ равен 0,12396 а.е.м. Определить массу атома. ($m_{{}_1\text{H}}^1 = 1,00783$ а.е.м.; $m_{{}_0\text{n}}^1 = 1,00867$ а.е.м.).

161. Найти удельную энергию связи ядра ${}_{6}\text{C}^{12}$, если известно, что $m_{{}_1\text{H}}^1 = 1,00783$ а.е.м.; $m_{{}_0\text{n}}^1 = 1,00867$ а.е.м.; $m_{{}_{12}\text{C}}^6 = 12,00000$ а.е.м.

162. Рассчитать массу нейтрального атома, если ядро его состоит из трех протонов и двух нейтронов, а энергия связи ядра равна 26,3 Мэв. ($m_{{}_1\text{H}}^1 = 1,00783$ а.е.м.; $m_{{}_0\text{n}}^1 = 1,00867$ а.е.м.).

163. Определить энергию связи ядра изотопа кислорода ${}_{8}\text{O}^{16}$, если $m_{{}_1\text{H}}^1 = 1,00783$ а.е.м.; $m_{{}_0\text{n}}^1 = 1,00867$ а.е.м.; $m_{{}_8\text{O}}^{16} = 15,99491$ а.е.м.

164. Определить энергию связи, приходящуюся на один нуклон ядра атома ${}_{11}\text{Na}^{23}$, если $m_{{}_{11}\text{Na}}^{23} = 22,98977$ а.е.м.; $m_{{}_1\text{H}}^1 = 1,00783$ а.е.м.; $m_{{}_0\text{n}}^1 = 1,00867$ а.е.м.

165. Найти дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи ядра ${}_{3}\text{Li}^7$, если известно, что $m_{{}_3\text{Li}}^7 = 7,01601$ а.е.м.; $m_{{}_1\text{H}}^1 = 1,00783$ а.е.м.; $m_{{}_0\text{n}}^1 = 1,00867$ а.е.м.

166. Энергия связи электрона с ядром невозбужденного атома водорода ${}_1\text{H}^1$ равна 13,6 эВ. Определить, насколько масса атома водорода меньше суммы масс свободных протона и электрона.

167. Вычислить дефект массы и энергию связи ядра ${}_5\text{B}^{11}$, если известны следующие массы: $m_{{}_5\text{B}^{11}} = 11,00931$ а.е.м.; $m_{{}_1\text{H}^1} = 1,00783$ а.е.м.; $m_{{}_0\text{n}^1} = 1,00867$ а.е.м.

168. Найти энергию, которую нужно затратить для отрыва нейтрона от ядра ${}_{11}\text{Na}^{23}$, если известны следующие массы: $m_{{}_0\text{n}^1} = 1,00867$ а.е.м.; $m_{{}_{11}\text{Na}^{23}} = 22,98977$ а.е.м.; $m_{{}_{11}\text{Na}^{22}} = 21,99444$ а.е.м.

169. Найти энергию отрыва нейтрона от ядра ${}_2\text{He}^4$, если известны массы: $m_{{}_0\text{n}^1} = 1,00867$ а.е.м.; $m_{{}_2\text{He}^4} = 4,00260$ а.е.м.; $m_{{}_2\text{He}^3} = 3,01603$ а.е.м.

170. Найти энергию, необходимую для удаления одного протона из ядра ${}_8\text{O}^{16}$ (${}_8\text{O}^{16} \rightarrow {}_7\text{N}^{15} + {}_1\text{H}^1$). $m_{{}_1\text{H}^1} = 1,00783$ а.е.м.; $m_{{}_8\text{O}^{16}} = 15,99491$ а.е.м.; $m_{{}_7\text{N}^{15}} = 15,00011$ а.е.м.

171. Найти изменение массы при следующей ядерной реакции:
 ${}_{13}\text{Al}^{27} + {}_2\text{He}^4 \rightarrow {}_{15}\text{P}^{30} + {}_0\text{n}^1$, если $m_{{}_{13}\text{Al}^{27}} = 26,98154$ а.е.м.; $m_{{}_2\text{He}^4} = 4,00260$ а.е.м.; $m_{{}_{15}\text{P}^{30}} = 29,97263$ а.е.м.; $m_{{}_0\text{n}^1} = 1,00867$ а.е.м.

172. Вычислить энергетический эффект ядерной реакции: ${}_1\text{H}^2 + {}_1\text{H}^3 \rightarrow {}_2\text{He}^4 + {}_0\text{n}^1$, если $m_{{}_1\text{H}^2} = 2,01410$ а.е.м.; $m_{{}_1\text{H}^3} = 3,01605$ а.е.м.; $m_{{}_0\text{n}^1} = 1,00867$ а.е.м.; $m_{{}_2\text{He}^4} = 4,00260$ а.е.м.

173. В термоядерном реакторе с дейтериевым горючим может происходить вторичная термоядерная реакция ${}_2\text{He}^3 + {}_1\text{H}^2 \rightarrow {}_2\text{He}^4 + {}_1\text{H}^1$. Вычислить энергию этой реакции. ($m_{{}_2\text{He}^3} = 3,01603$ а.е.м.; $m_{{}_1\text{H}^2} = 2,01410$ а.е.м.; $m_{{}_2\text{He}^4} = 4,00260$ а.е.м.; $m_{{}_1\text{H}^1} = 1,00783$ а.е.м.).

174. Вычислить энергию ядерной реакции ${}_7\text{N}^{14} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_6\text{C}^{14} + {}_1\text{H}^1$. ($m_{{}_7\text{N}^{14}} = 14,00307$ а.е.м.; $m_{{}_0\text{n}^1} = 1,00867$ а.е.м.; $m_{{}_6\text{C}^{14}} = 14,00324$ а.е.м.; $m_{{}_1\text{H}^1} = 1,00783$ а.е.м.).

175. Определить энергию ядерной реакции ${}_3\text{Li}^6 + {}_1\text{H}^2 \rightarrow {}_2\text{He}^4 + {}_2\text{He}^4$. ($m_{{}_3\text{Li}^6} = 6,01513$ а.е.м.; $m_{{}_1\text{H}^2} = 2,01410$ а.е.м.; $m_{{}_2\text{He}^4} = 4,00260$ а.е.м.).

176. Какую минимальную энергию должен иметь квант для вырывания нейтрона из ядра ${}_6\text{C}^{14}$? Известны массы: $m_{{}_6\text{C}^{14}} = 14,00324$ а.е.м.; $m_{{}_0\text{n}^1} = 1,00867$ а.е.м.; $m_{{}_6\text{C}^{13}} = 13,00335$ а.е.м.

177. Какую минимальную энергию необходимо затратить, чтобы разделить ${}_6\text{C}^{12}$ на три равные части. ($m_{{}_6\text{C}^{12}} = 12,00000$ а.е.м.; $m_{{}_2\text{He}^4} = 4,00260$ а.е.м.).

178. Определить энергию ядерной реакции ${}_{20}\text{Ca}^{44} + {}_1\text{H}^1 \rightarrow {}_{19}\text{K}^{41} + 2\text{He}^4$. ($m_{{}_{20}\text{Ca}^{44}} = 43,95549$ а.е.м.; $m_{{}_1\text{H}^1} = 1,00783$ а.е.м.; $m_{{}_2\text{He}^4} = 4,00260$ а.е.м.; $m_{{}_{19}\text{K}^{41}} = 40,96184$ а.е.м.)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

8.1 Основная литература

1.	И.Г. Коршунов. Физика. – Екатеринбург: Ид-во УГГУ, 2014. – 341 с.
2.	В.И. Горбатов, В.Ф. Полев. Физика. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ (Ч.1, 2012.-105 с.; Ч.2, 2013.-115 с.; Ч.3.- 2014.-147 с.)
3.	Михайлов В.К. Физика: учебное пособие/ Михайлов В.К.— Электрон. текстовые данные.- М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.-120 с.-Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/23753.html - ЭБС «IPRbooks».
4.	Михайлов В.К. Волны. Оптика. Атомная физика. Молекулярная физика: учебное пособие/ Михайлов В.К., Панфилова М.И.-Электрон. текстовые данные.-М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2016.-144 с.-Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/62614.html -ЭБС «IPRbooks».
5.	Трофимова Т.М. Курс физики. Академия, 2010.- 560 с.

Дополнительная литература

1. И.Г. Коршунов. Основы физики.- Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. - 312 с.
2. Ветрова В.Т. Физика. Сборник задач: учебное пособие/ Ветрова В.Т.- Электрон. текстовые данные.- Минск: Вышэйшая школа, 2015.-446 с.- Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/48021.html> -ЭБС «IPRbooks».
3. Чакак А.А. Физика. Краткий курс: учебное пособие для студентов очно-заочной формы обучения вузов, слушателей курсов повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов, для студентов факультета дистанционных образовательных технологий/ Чакак А.А., Летута С.Н. Электрон. текстовые данные. Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2011.-541 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30092.html> - ЭБС «IPRbooks».
4. Сарина М.П. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. Часть 1. Механика: учебное пособие/ Сарина М.П.- Электрон. текстовые данные.- Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014.- 187 с.- Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45392.html> - ЭБС «IPRbooks».

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Некоторые физические постоянные

Физическая постоянная	Обозначение	Значение
Скорость света в вакууме	c	$3.00 \cdot 10^8$ м/с
Гравитационная постоянная	G	$6.67 \cdot 10^{-11}$ м ³ /(кг·с ²)
Число Авогадро	N_A	$6.02 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Молярная газовая постоянная	R	8.31 Дж/(моль·К)
Постоянная Больцмана	k	$1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Атомная единица массы	$1a.e.m.$	$1.660 \cdot 10^{-27}$ кг
Элементарный заряд	e	$1.60 \cdot 10^{-19}$ Кл
Масса покоя электрона	m_e	$9.11 \cdot 10^{-31}$ кг
Масса покоя протона	m_p	$1.67 \cdot 10^{-27}$ кг
Электрическая постоянная	ε_0	$8.85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м
Постоянная Планка	h	$6.63 \cdot 10^{-34}$ Дж/с
	$\hbar$	$1.05 \cdot 10^{-34}$ Дж/с

Приложение 2

Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования

Приставка			Мно жи- тель	Приставка			Мно жи- тель
Наименование	Обозначение			Наименование	Обозначение		
	русское	международное			русское	международное	
экса	Э	E	10^{18}	деци	д	d	10^{-1}
пэта	П	P	10^{15}	санти	с	c	10^{-2}
тера	Т	T	10^{12}	милли	м	m	10^{-3}
гига	Г	G	10^9	микро	мк	μ	10^{-6}
мега	М	M	10^6	нано	н	n	10^{-9}
кило	к	k	10^3	пико	п	p	10^{-12}
Гекто	г	h	10^2	фемто	ф	f	10^{-15}
Дека	да	da	10^1	атто	а	a	10^{-18}

Примечание: Приставки гекто, дека, деци и санти допускается применять только в наименованиях кратных и дольных единиц, уже получивших широкое распространение (гектар, декалитр, дециметр, сантиметр и др.)

Единицы физических величин, имеющие собственные наименования

Величина	Единица	
	Наименование	Обозначение
Длина	метр	м
Масса	килограмм	кг
Время	секунда	с
Плоский угол	радиан	рад
Телесный угол	стерадиан	ср
Сила, вес	ньютон	Н
Давление	паскаль	Па
Напряжение (механическое)	паскаль	Па
Модуль упругости	паскаль	Па
Работа, энергия	джоуль	Дж
Мощность	ватт	Вт
Частота колебаний	герц	Гц
Термодинамическая температура	кельвин	К
Разность температур	кельвин	К
Теплота, количество теплоты	джоуль	Дж
Количество вещества	моль	моль
Электрический заряд	кулон	Кл
Сила тока	ампер	А
Потенциал электрического поля, электрическое напряжение	вольт	В
Электрическая емкость	фарад	Ф
Электрическое сопротивление	ом	Ом
Электрическая проводимость	сименс	См
Магнитная индукция	тесла	Тл
Магнитный поток	вебер	Вб
Индуктивность	генри	Гн
Сила света	кандела	кд
Световой поток	люмен	лм
Освещенность	люкс	лк
Поток излучения	ватт	Вт
Поглощенная доза излучения (доза излучения)	грэй	Гр
Активность изотопа	беккерель	Бк

Внесистемные единицы

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	3600 с
	сутки	сут	86400 с
Плоский угол	градус	...°	$1.74 \cdot 10^{-2}$ рад
	минута	...'	$2.91 \cdot 10^{-4}$ рад
	секунда	...''	$4.85 \cdot 10^{-6}$ рад
	град	град	($\pi/200$) рад
Объем, вместимость	литр	Л	10^{-3} м ³
Длина	астрономическая единица	а.е.	$1.50 \cdot 10^{11}$ м
	световой год	св. год	$9.46 \cdot 10^{15}$ м
	парсек	пк	$3.08 \cdot 10^{16}$ м
Оптическая сила	диоптрия	Дптр	1 м ⁻¹
Площадь	гектар	Га	10^4 м ²
Энергия	электрон-вольт	эВ	$1.60 \cdot 10^{-19}$ Дж
Полная мощность	вольт-ампер	В·А	
<i>Примечание:</i> Единицы времени (минуту, час, сутки), плоского угла (градус, минуту, секунду), астрономическую единицу, световой год, диоптрию и атомную единицу массы не допускается применять с приставками.			

Плотность некоторых твердых тел

Твердое тело	Плотность, г/см ³	Твердое тело	Плотность, г/см ³
Алюминий	2.70	Цезий	1.90
Барий	3.50	Каменная соль	2,2
Ванадий	6.02	Латунь	8,55
Висмут	9.80	Марганец	7,40
Железо (чугун, сталь)	7.88	Платина	21,4
Литий	0.53	Золото	19,3
Медь	8.93	Висмут	9,80
Никель	8.90	Уран	18,7
Свинец	11.3	Цинк	7,15
Серебро	10.5	Вольфрам	19,3

Приложение 6

Плотность некоторых жидкостей и газов

Жидкость (при 15° С)	Плотность, г./см ³	Газ (при нормальных условиях)	Плотность, кг/м ³
Вода (дистиллированная при 4°С)	1.00	Водород	0.09
Глицерин	1.26	Воздух	1.29
Керосин	0.8	Гелий	0.18
Ртуть	13.6	Аргон	1,78
Масло (оливковое, смазочное)	0.9	Азот	1,25
Масло касторовое	0.96	Кислород	1.43
Сероуглерод	1.26		
Эфир	0.7		
Спирт	0.80		

Приложение 7

Удельное сопротивление ρ некоторых материалов

Материал	Удельное сопротивление, Ом·м	Материал	Удельное сопротивление, Ом·м
Алюминий	$2,53 \cdot 10^{-8}$	Ртуть	$9,6 \cdot 10^{-7}$
Алюминий провод	$2,87 \cdot 10^{-8}$	Свинец	$2,08 \cdot 10^{-7}$
Бумага	10^{15}	Серебро	$1,6 \cdot 10^{-8}$
Вода	10^4	Сталь литая	$1,3 \cdot 10^{-7}$
дистиллированная			
Вода морская	0,3	Сталь чистая	$1,01 \cdot 10^{-7}$
Вольфрам	$5,5 \cdot 10^{-8}$	Стекло	10^{11}
Графит	$3,9 \cdot 10^{-6}$	Стекло кварцевое	10^{16}
Железо чистое	$9,8 \cdot 10^{-8}$	Угольные щётки	$4 \cdot 10^{-5}$
Железо	$8,7 \cdot 10^{-8}$	Цинк	$5,9 \cdot 10^{-8}$
Золото	$2,2 \cdot 10^{-8}$	Чугун серый	$1 \cdot 10^{-6}$
Константан	$5 \cdot 10^{-7}$	Никель	$8,7 \cdot 10^{-8}$
Масло парафиновое	10^{14}	Нихром	$1,12 \cdot 10^{-6}$
Магний	$4,4 \cdot 10^{-8}$	Олово	$1,2 \cdot 10^{-7}$
Манганин	$4,3 \cdot 10^{-7}$	Платина	$1,07 \cdot 10^{-7}$
Медь	$1,72 \cdot 10^{-8}$	Медь провод	$1,78 \cdot 10^{-8}$

Приложение 8

Диэлектрическая проницаемость некоторых веществ

Вещество	Проницаемость	Вещество	Проницаемость
Ацетон	21,4	Парафин	2,0
Вакуум	1,0	Парафинированная бумага	2,0
Воздух	1,000594	Полиэтилен	2,2
Вода	81	Слюда	7,0
Вода дистиллированная	31	Спирт этиловый	25,1
Воск	7,8	Спирт метиловый	33,5
Керосин	2,0	Стекло	7,0
Масло	5,0	Фарфор	5,0
Масло трансформаторное	2,2	Эбонит	2,6

Приложение 9

Греческий алфавит

Обозначения букв	Название букв	Обозначения букв	Название букв
Α, α	Альфа	Ν, ν	ню
Β, β	Бета	Ξ, ξ	кси
Γ, γ	Гамма	Ο, ο	омикрон
Δ, δ	Дэльта	Π, π	пи
Ε, ε	Эпсилон	Ρ, ρ	ро
Ζ, ζ	Дзета	Σ, σ	сигма
Η, η	Эта	Τ, τ	тау
Θ, θ	Тэта	Υ, υ	ипсилон
Ι, ι	Иота	Φ, φ	фи
Κ, κ	Каппа	Χ, χ	хи
Λ, λ	Ламбда	Ψ, ψ	пси
Μ, μ	Ми	Ω, ω	омега

СОДЕРЖАНИЕ

Общие методические указания к решению задач и выполнению домашних контрольных работ	3
1. Механика	4
2. Молекулярная физика и термодинамика	7
3. Электричество и магнетизм	10
4. Механические и электромагнитные колебания и волны	12
5. Волновая и квантовая оптика	15
6. Квантовая физика и физика атома	18
7. Элементы ядерной физики	19
Список литературы	23
Приложения	24



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный
университет»

Н. А. Зайцева

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

***Учебно-методическое пособие
для выполнения лабораторных и контрольных
работ курсов «Химия» и «Неорганическая химия»
для студентов всех специальностей***

**Екатеринбург
2020**

Рецензент: Т. И. Красненко, д-р химических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории оксидных систем ИХТТ УрО РАН

Зайцева Н. А.

317 КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ: учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных и контрольных работ курсов «Химия» и «Неорганическая химия» для студентов всех специальностей / Н. А. Зайцева. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. – 35 с.

В учебно-методическом пособии изложены краткие сведения о качественных реакциях в неорганической химии. Пособие содержит необходимые сведения для выполнения лабораторных работ по качественному анализу катионов и решения задач.

Пособие предназначено для студентов всех специальностей.

© Зайцева Н. А., 2017

© Уральский государственный
горный университет, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Качественная реакция – химическая реакция, с помощью которой можно определить наличие в растворе того или иного вещества или его фрагмента (катиона, аниона, функциональной группы). Качественная реакция на ионы позволяет обнаружить («открыть») в растворе присутствие соответствующих ионов. При обнаружении открываемого иона обычно фиксируют появление аналитического сигнала — образование осадка, изменение окраски раствора, появление запаха и т. д.

Требования к качественным реакциям

1. Экспрессность (реакция должна протекать быстро).
2. Высокая чувствительность.
3. Селективность или специфичность.
4. Необратимость.

Чувствительность реакции определяется наименьшим количеством искомого вещества, которое может быть обнаружено данным реактивом в капле раствора.

Существенной характеристикой анализа является селективность (избирательность).

По избирательности реагенты можно разделить на три группы:

1. *Специфические реагенты* – реактивы, с помощью которых в данных условиях можно обнаружить только одно вещество (ион),

например: крахмал для обнаружения I_2 (синяя окраска); щёлочь для обнаружения NH_4^+ (запах аммиака).

Специфические реакции – реакции, которые дают возможность открывать одни ионы в присутствии различных других ионов.

2. *Селективные реагенты* – реактивы, с помощью которых в данных условиях можно обнаружить небольшое число веществ. Например, диметилглиоксим в аммиачном буферном растворе реагирует с Fe (II), Co (II), Ni (II), Zr (IV), Th (IV).

3. *Групповые реагенты* – используются в систематическом анализе смеси катионов и взаимодействуют со всеми катионами одной аналитической группы.

Реакции, позволяющие обнаружить искомые ионы в отдельных порциях сложной смеси при условии устранения влияния других ионов, называют **дробными реакциями**, а метод анализа, основанный на применении дробных реакций, называют **дробным анализом**. При этом порядок обнаружения катионов и анионов не имеет особого значения. При **систематическом анализе**, в отличие от дробного, соблюдается определенный порядок разделения и последующего открытия ионов. К обнаружению ионов приступают лишь после удаления из раствора всех других ионов, мешающих открытию. Систематический (групповой) анализ применяют при невозможности использования дробного анализа. На основе растворимости их солей или других соединений ионы делят на аналитические группы, на основании различных классификаций катионов разработаны разные методы систематического анализа катионов.

Методы систематического анализа

1. Сероводородный – основан на разной растворимости сульфидов и хлоридов в зависимости от pH -среды.
2. Аммиачно-фосфатный – основан на разной растворимости фосфатов.
3. Кислотно-основной – основан на разной растворимости в кислотах и основаниях гидроксидов и солей (табл. 1).

Таблица 1

Классификация катионов по кислотно-основному методу

Группа	Катионы	Групповой реактив	Характеристика группы
I	$\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{NH}_4^+$	—	Хлориды, сульфаты и гидроксиды растворимы в воде
II	$\text{Ag}^+, \text{Pb}^{2+}, \text{Hg}_2^{2+}$	2M HCl	Хлориды нерастворимы в воде и разбавленных кислотах
III	$\text{Ca}^{2+}, \text{Sr}^{2+}, \text{Ba}^{2+}$	2M H_2SO_4	Сульфаты нерастворимы в воде, кислотах и щелочах
IV	$\text{Al}^{3+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Zn}^{2+},$ * As^{3+} , * As^{5+} , Sn^{2+} , Sn^{4+}	4M NaOH (избыток)	Гидроксиды амфотерны, растворимы в избытке щелочи
V	$\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mn}^{2+},$ $\text{Mg}^{2+}, \text{Bi}^{3+}, \text{Sb}^{3+}, \text{Sb}^{5+}$	2M NaOH (25 % NH_4OH)	Гидроксиды нерастворимы в избытке щелочи и аммиаке
VI	$\text{Cu}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Ni}^{2+},$ $\text{Hg}^{2+}, \text{Cd}^{2+}$	25% NH_4OH (избыток)	Гидроксиды растворимы в избытке аммиака с образованием аммиакатов

* As^{3+} и As^{5+} гидроксидов не образуют.

Лабораторная работа № 1

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА КАТИОНЫ ЖЕЛЕЗА

Цель работы: познакомиться с качественными реакциями на катионы железа, определить наиболее подходящие реактивы для открытия Fe^{3+} и Fe^{2+} .

Для получения аналитического сигнала в качественном анализе используют химические реакции разных типов: реакции ионного обмена (осаждение, нейтрализация), окислительно-восстановительные, комплексообразование. Для обнаружения ионов железа возможно использование всех типов реакций.

Реакции ионного обмена в качественном анализе

Опыт 1. Действие щелочей на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

В две пробирки налейте по 1 мл растворов FeCl_3 и FeSO_4 , добавьте по 1 мл раствора щёлочи в каждую пробирку. Сравните полученные осадки $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{Fe}(\text{OH})_2$, составьте уравнения обеих реакций. Растворимы ли полученные гидроксиды железа в избытке щёлочи?

Опыт 2. Действие раствора аммиака на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей железа (III) и железа (II), добавьте по 1 мл разбавленного раствора гидроксида аммония в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с

осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций. Проверьте действие избытка концентрированного гидроксида аммония на оба осадка: образуют ли ионы железа аммиачные комплексы?

Реакции окисления-восстановления

Опыт 3. Действие окислителей на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

а) В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей Fe^{2+} и Fe^{3+} , добавьте по 2 мл раствора серной кислоты. В обе пробирки прилейте раствор перманганата калия, в какой из них наблюдается обесцвечивание KMnO_4 ? Запишите уравнение реакции, учитывая, что в кислой среде перманганат-ионы восстанавливаются до ионов Mn^{2+} , уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

б) В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей Fe^{2+} и Fe^{3+} , добавьте по 2 мл раствора серной кислоты. В обе пробирки прилейте раствор бихромата калия, в какой из них наблюдается изменение окраски раствора? Запишите уравнение реакции, учитывая, что бихромат-ионы $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ восстанавливаются до ионов Cr^{3+} , уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

Опыт 4. Действие восстановителей на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей Fe^{2+} и Fe^{3+} , добавьте по 1 мл раствора йодида калия. Какая из солей железа проявила окислительные свойства? Запишите уравнение реакции, расставьте коэффициенты методом электронно-ионного баланса.

Реакции с участием комплексных ионов

Опыт 5. Реакция ионов железа с роданидом аммония

В две пробирки налейте по 1 мл раствора FeCl_3 и FeSO_4 , добавьте по 1 мл раствора роданида аммония NH_4SCN в каждую пробирку. В какой из пробирок наблюдается образование роданида железа красного цвета? Составьте уравнение реакции.

Опыт 6. Реакция ионов железа с реактивом Чугаева

В две пробирки налейте по 1 мл раствора соли железа (III) и железа (II), добавьте по 1 мл раствора аммиака и по 1 капле раствора диметилглиоксима ($\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2$). Для какого иона железа наблюдается образование окрашенного внутрикомплексного соединения с реактивом Чугаева? Составьте уравнение реакции образования диметилглиоксимата железа $[\text{Fe}(\text{C}_4\text{H}_7\text{O}_2\text{N}_2)_2]$.

Опыт 7. Берлинская лазурь и турнбуллева синь

На растворы FeCl_3 и FeSO_4 подействуйте каплей раствора жёлтой кровяной соли (гексацианоферрата (II) калия). В каком случае наблюдается выпадение синего осадка? Запишите уравнение реакции, предполагая, что выпавший осадок берлинской лазури имеет состав $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$.

На растворы FeCl_3 и FeSO_4 подействуйте каплей раствора красной кровяной соли (гексацианоферрата (III) калия). В каком случае наблюдается выпадение синего осадка? Запишите уравнение реакции, предполагая, что выпавший осадок турнбуллевой сини

имеет состав $\text{Fe}_3 [\text{Fe} (\text{CN})_6]_3$. Сделайте вывод, какой кровяной солью можно открыть ион Fe^{2+} , и с помощью какой обнаруживается ион Fe^{3+} .

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что произойдет с зеленоватым осадком $\text{Fe} (\text{OH})_2$ при добавлении к нему раствора перекиси водорода H_2O_2 ? Запишите уравнение реакции, уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

2. Выпадет ли осадок при смешивании равных объемов растворов FeCl_3 и NaOH , если $\text{ПР} (\text{Fe} (\text{OH})_3) = 3,8 \cdot 10^{-38}$, а концентрации растворов 0,001 моль/л? Выпадет ли осадок при смешивании равных объемов растворов FeSO_4 и NaOH , если $\text{ПР} (\text{Fe} (\text{OH})_2) = 4,8 \cdot 10^{-16}$, а концентрации обоих растворов 0,001 моль/л?

3. Какой объём соляной кислоты с концентрацией 0,01 моль/л требуется для полного растворения осадка $\text{Fe} (\text{OH})_3$ массой 0,5 г?

4. Реакция образования окрашенного роданида железа (опыт 3) является обратимой. Запишите выражение для константы равновесия этой реакции. Какими способами, согласно принципу Ле-Шателье, можно сместить равновесие в сторону образования окрашенного продукта?

5. Запишите уравнения реакций первичной и вторичной диссоциации красной и жёлтой кровяных солей. Почему чаще всего именно цианид-ионы используются для маскирования ионов железа в растворах?

6. Подвергаются ли соли железа гидролизу? Запишите уравнения взаимодействия с водой для FeCl_3 и FeSO_4 , определите тип гидролиза и кислотность среды раствора. Какую окраску приобретёт лакмус в этих растворах?

Лабораторная работа № 2

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ Co^{2+} , Ni^{2+} и Cu^{2+}

Цель работы: познакомиться с качественными реакциями на ионы Co^{2+} , Ni^{2+} и Cu^{2+} , выполняемыми пробирно, капельно, и с использованием экстракции, определить наиболее подходящие реакции для открытия каждого иона.

Предел обнаружения — минимальная концентрация или минимальное количество вещества, которое может быть обнаружено данным методом допустимой погрешностью. Предел обнаружения в значительной степени зависит от условий протекания реакции. Обычно для обнаружения ионов применяют реакции с пределом обнаружения 10^{-7} г (0,1 мкг) в 1 мл раствора.

Приемы для обеспечения низкого предела обнаружения

1. *Капельный анализ* — метод микрохимического анализа, в котором качественную реакцию проводят с использованием капли раствора. Реакции выполняют на стеклянной или фарфоровой пластинке, фильтровальной бумаге (иногда предварительно пропитанной раствором реагента и высушенной). Пределы обнаружения веществ 0,1–0,001 мкг в капле объемом 50 мм³. Минимальные пределы обнаружения достигаются при выполнении анализа на фильтровальной бумаге.

2. *Микрористаллоскопический анализ* — метод анализа, основанный на реакциях образования кристаллических осадков с

характерной формой кристаллов, для рассмотрения которых используется микроскоп.

3. *Экстракция* – процесс перевода вещества из водной фазы в органическую, используется для разделения и концентрирования веществ.

4. *Флотация* – процесс разделения мелких твёрдых частиц в водной суспензии или растворе, основанный на их избирательной адсорбции на границах раздела фаз в соответствии с их смачиваемостью, используется для разделения и концентрирования.

5. *Метод «умножающихся реакций»* – ряд последовательных реакций, в результате которых получается новое вещество в количестве, во много раз превышающем первоначальное количество обнаруживаемого вещества.

6. *Каталитические реакции.*

Реакции в пробирке (в растворе)

Опыт 1. Действие щелочей на катионы Co^{2+} , Ni^{2+} и Cu^{2+}

В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей Co^{2+} , Ni^{2+} и Cu^{2+} , добавьте по 1 мл разбавленного раствора щёлочи в каждую пробирку. Составьте уравнения реакций образования синего $\text{Co}(\text{OH})_2$, голубого $\text{Cu}(\text{OH})_2$ и зелёного $\text{Ni}(\text{OH})_2$. Подействуйте на каждый полученный осадок избытком концентрированной щёлочи, составьте уравнения реакций образования гидроксидов кобальта (II), никеля (II) и меди (II).

Опыт 2. Действие раствора аммиака на Co^{2+} , Ni^{2+} и Cu^{2+}

В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей Co^{2+} , Ni^{2+} и Cu^{2+} , добавьте по 1 мл разбавленного раствора аммиака в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций.

Проверьте действие избытка концентрированного гидроксида аммония на полученные осадки, запишите уравнения реакций, учитывая, что в аммиачных комплексах кобальта и никеля координационное число комплексообразователя равно шести, а медь удерживает только четыре лиганда.

Разрушаются ли полученные аммиакаты раствором кислоты?

Опыт 3. Реакции с желтой кровяной солью

В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей Co^{2+} , Ni^{2+} и Cu^{2+} , добавьте по 1 мл разбавленного раствора гексацианоферрата (II) калия в каждую пробирку. Что наблюдается? Составьте уравнения реакций, учитывая, что все осадки получены в результате полного ионного обмена.

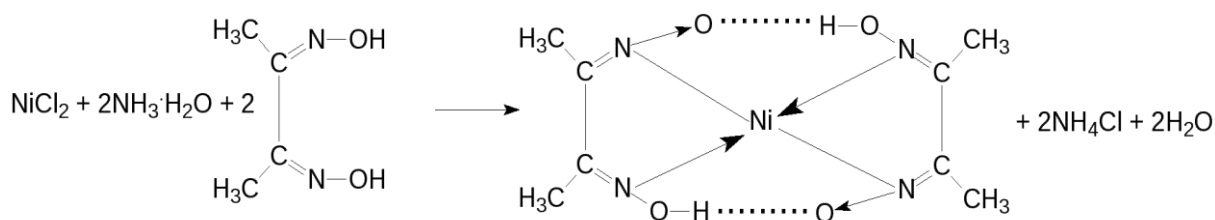
Капельные реакции на фильтровальной бумаге

Опыт 4. Реакция катионов Ni^{2+} с реактивом Чугаева

На сухую фильтровальную бумагу поместите несколько капель раствора соли никеля (II), добавьте каплю раствора аммиака и каплю раствора диметилглиоксима $\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2$ (реактив Чугаева). Сравните наблюдаемый аналитический сигнал с реакцией образования

диметилглиоксимата железа (II), выполненной в предыдущей работе.

Запишите уравнение реакции



Проведите аналогичную реакцию с растворами меди (II) и кобальта (II). Какой из этих ионов может мешать определению ионов никеля и почему?

Опыт 5. Капельная реакция ионов Co^{2+} с роданидом аммония

Поместите на сухую фильтровальную бумагу несколько капель раствора хлорида кобальта (II), добавьте кристаллы сухой соли NH_4SCN , при необходимости добавьте ещё одну каплю раствора. Как изменилась окраска кристаллов? Составьте уравнение реакции образования комплексного соединения $(\text{NH}_4)_2[\text{Co}(\text{SCN})_4]$.

Обнаружение катионов с использованием экстракции

Опыт 6. Реакция ионов Co^{2+} с роданидом аммония

Поместите в пробирку несколько капель раствора хлорида кобальта (II), добавьте кристаллы сухой соли тиоцианата (роданида) аммония. Как изменилась окраска раствора?

Чувствительность этой реакции можно повысить с помощью экстракции окрашенного комплекса $(\text{NH}_4)_2[\text{Co}(\text{SCN})_4]$ органическим растворителем. Добавьте к полученному раствору несколько капель изоамилового спирта, взболтайте. Дождитесь разделения в пробирке водной и спиртовой фаз. Что при этом наблюдается?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Составьте уравнения реакций первичной и вторичной диссоциаций гексаамминкобальта (II), гексаамминникеля (II), тетраамминмеди (II). Запишите формулы для константы нестойкости.

2. Для открытия ионов Ni^{2+} с помощью диметилглиоксима при реакции на капельной пластинке предел обнаружения Ni^{2+} – 0,16 мкг; в пробирке можно обнаружить 1,4 мкг Ni^{2+} в 1 мл. Предел обнаружения можно уменьшить до 0,015 мкг, если каплю анализируемого раствора нанести на фильтровальную бумагу, пропитанную диметилглиоксимом. Если осадок диметилглиоксимата никеля (II) флотируется на границе раздела фаз «вода – изоамиловый спирт», то предел обнаружения ионов Ni^{2+} понижается до 0,002 мкг. Определите минимальную молярную концентрацию ионов Ni^{2+} , открываемых каждым из способов.

3. Окисление тиосульфат-ионов ионами железа (III) ускоряется в присутствии ионов меди (каталитическая реакция). Время обесцвечивания тиоцианата железа (III) тиосульфатом натрия в отсутствие меди около двух минут. В присутствии ионов Cu^{2+} раствор тиоцианата железа (III) обесцвечивается мгновенно. Предел обнаружения меди – 0,02 мкг в 1 мл. Определите минимальную молярную концентрацию ионов Cu^{2+} , соответствующую этому пределу обнаружения.

Лабораторная работа № 3

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ Al^{3+} , Cr^{3+} , Zn^{2+}

Цель работы: познакомиться с качественными реакциями на ионы Al^{3+} , Cr^{3+} и Zn^{2+} , научиться использовать амфотерность их гидроксидов в химическом анализе, определить наиболее подходящие реакции для открытия каждого иона.

Для проведения каждой качественной реакции необходимо соблюдать определенные условия, основные из которых: pH -среды; температура; концентрации реагентов; присутствие определенных веществ; отсутствие мешающих ионов или веществ. Для протекания многих реакций необходима среда с определенным значением pH водного раствора. Значение pH можно контролировать с помощью индикаторов или прибора pH -метра. Для поддержания нужного значения pH при необходимости используют соответствующие буферные растворы.

Буферные растворы — это растворы, способные сохранять постоянное значение pH при разбавлении водой или добавлении к ним определенного количества сильных кислот или оснований. В состав буферной смеси входят в определенном количественном соотношении слабые кислоты и их соли с сильными основаниями или слабые основания и их соли с сильными кислотами.

Амфотерность гидроксидов алюминия, цинка и хрома (III) позволяет отделять их от остальных катионов действием растворов щелочей различной концентрации.

Опыт 1. Действие щелочей на катионы Al^{3+} , Cr^{3+} , Zn^{2+}

В три пробирки налейте по 1 мл растворов хлоридов алюминия, хрома и цинка, добавьте по несколько капель очень разбавленного раствора щёлочи в каждую пробирку до образования нерастворимых гидроксидов. Составьте уравнения реакций. Подействуйте на каждый полученный осадок избытком щёлочи до полного растворения, составьте уравнения реакций образования тетрагидроксоалюмината, тетрагидроксоцинката и гексагидроксохромата натрия.

Опыт 2. Действие раствора аммиака на ионы Al^{3+} , Cr^{3+} , Zn^{2+}

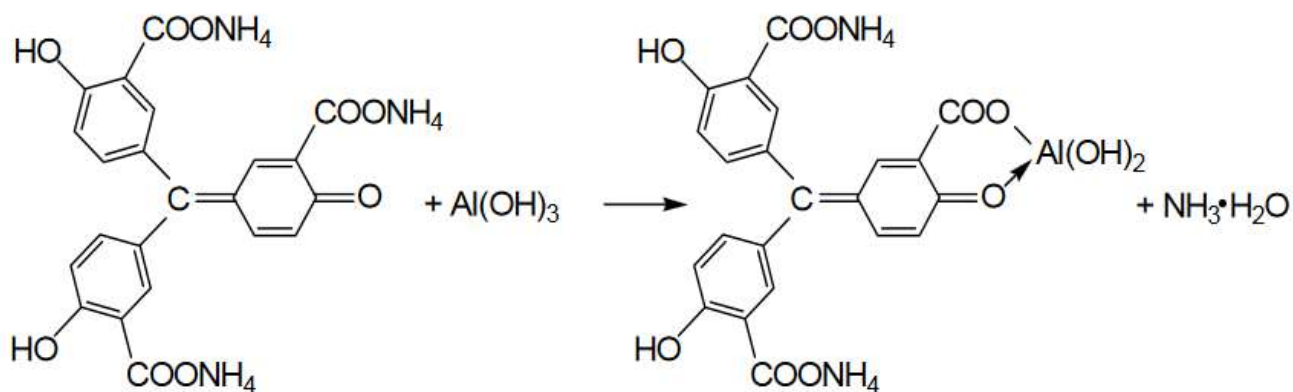
В три пробирки налейте по 1 мл растворов хлоридов алюминия, хрома и цинка, добавьте по 1 мл разбавленного раствора аммиака в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций образования соответствующих гидроксидов.

Проверьте действие избытка концентрированного гидроксида аммония на полученные осадки. Какие гидроксиды растворяются частично или полностью? Составьте реакцию комплексообразования, учитывая, что в образующихся аммиакатных комплексах координационное число каждого комплексообразователя вдвое больше, чем модуль его степени окисления.

Опыт 3. Реакция ионов алюминия с алюминоном

В пробирку поместите 3–4 капли раствора соли алюминия, при необходимости 2–3 капли раствора уксусной кислоты и 3–5 капель 0,01 % раствора алюминона ($C_{21}H_{11}O_9(NH_4)_3$). Смесь нагрейте на

водяной бане, добавьте несколько капель раствора аммиака до щелочной реакции и выпадения красного хлопьевидного осадка алюминиевого лака.



Опыт 4. Реакция ионов цинка с желтой кровяной солью

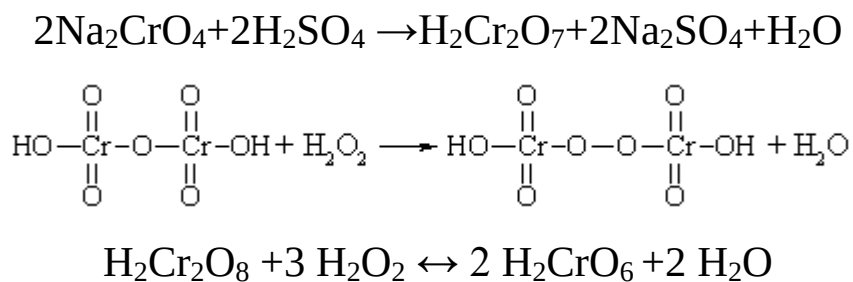
В пробирке к 1 мл раствора ZnCl_2 добавьте 1 мл раствора гексацианоферрата (II) калия. Наблюдайте выпадение белого осадка $\text{K}_2\text{Zn}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$. Составьте уравнение этой реакции ионного обмена.

Опыт 5. Восстановительные свойства ионов хрома (III)

В пробирку поместите 2–3 капли раствора соли хрома(III), прибавьте 4–5 капель 2 моль/л раствора щёлочи NaOH до растворения осадка, и 2–3 капли 3 % раствора перекиси водорода H_2O_2 . Нагревайте до изменения зеленой окраски раствора на желтую (цвет хромат-ионов CrO_4^{2-}). Составьте уравнение окислительно-восстановительной реакции, расставьте коэффициенты методом электронно-ионного баланса.

Опыт 6. Образование надхромовой кислоты

К жёлтому раствору хромата натрия, полученному в предыдущем опыте, прибавьте 5 капель пероксида водорода H_2O_2 , ~0,5 мл изоамилового спирта, тщательно перемешайте и прибавьте по каплям раствор серной кислоты (1 моль/л). Верхний органический слой окрашивается в интенсивно синий цвет за счёт экстракции образовавшейся надхромовой кислоты H_2CrO_6 . Запишите уравнение реакции, протекающее через образование дихромовой кислоты и её последующее окисление перекисью водорода:



Составьте электронно-ионный баланс для этой реакции.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Составьте уравнения первичной и вторичной диссоциации солей, полученных в первом опыте: тетрагидроксоалюмината, тетрагидроксоцинката и гексагидроскохромата натрия.
2. Напишите выражение константы нестойкости для комплексных ионов тетраамминцинка и гексаамминхрома, полученных во втором опыте.
3. Напишите уравнения диссоциаций хромовой, дихромовой и надхромовой кислот.

Лабораторная работа № 4

РАЗДЕЛЕНИЕ И ОБНАРУЖЕНИЕ КАТИОНОВ Ag^+ , Pb^{2+} , Hg^{2+} МЕТОДОМ ОСАДОЧНОЙ БУМАЖНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Цель работы: познакомиться с разделением и идентификацией катионов методом бумажной хроматографии

Хроматография – физико–химический метод разделения веществ, основанный на использовании сорбционных процессов в динамических условиях.

Анализируемые компоненты распределяются между подвижной и неподвижной фазами. Неподвижной фазой служит твердое вещество – сорбент. Подвижной фазой является жидкость или газ, протекающий через неподвижную фазу – элюент. Элюент в процессе хроматографирования перемещается вдоль сорбента, так что частицы анализируемых веществ могут многократно переходить из подвижной фазы в неподвижную и наоборот. Разделение веществ с помощью хроматографии основано на различном сродстве разделяемых компонентов к подвижной и неподвижной фазам.

Бумажная хроматография – вид хроматографии, в котором носителем неподвижного растворителя служит очищенная от примесей фильтровальная бумага. Подвижная фаза продвигается вдоль листа бумаги, главным образом за счет капиллярных сил. Бумажная хроматография отличается простотой, экспрессностью, наглядностью разделения, высокой чувствительностью (можно определить 10–20 мкг вещества с точностью 5–7 %).

Опыт 1. Подготовка фильтровальной бумаги

Два фильтра «синяя лента» диаметром 45 мм смочите 5 %-м раствором йодида калия, опуская фильтры в раствор пинцетом. Высушите фильтры на воздухе в чашке Петри.

Опыт 2. Получение первичной осадочной хроматограммы

В центр каждого высушенного фильтра нанесите пипеткой каплю анализируемой смеси катионов Ag^+ , Hg^{2+} и Pb^{2+} , после её полного впитывания нанесите еще одну, дайте ей впитаться. Катионы анализируемой смеси вступают в реакцию с KI, которым пропитан фильтр, образуя осадочную хроматограмму, зоны которой имеют цвета осадков AgI (жёлтый), HgI_2 (оранжевый), PbI_2 (ярко-желтый).

Полученные хроматограммы необходимо промыть дистиллированной водой. Для промывания хроматограмм нанесите на фильтры 2–3 капли дистиллированной воды, внося каждую последующую каплю после впитывания предыдущей до увеличения размера зон в два–три раза. Высушите обе осадочные хроматограммы, заполните табл. 1, составьте уравнения реакций образования осадков.

Таблица 1

Первичная хроматограмма смеси катионов Ag^+ , Hg^{2+} , Pb^{2+}

Зона адсорбции	Цвет зоны	Ион
1. Первая – хорошая адсорбция (в центре фильтра)		
2. Вторая – средняя адсорбция		
3. Третья – плохая адсорбция (края фильтра)		

Опыт 3. Получение проявленной осадочной хроматограммы

Анализируя первичную хроматограмму, легко определить катионы Hg^{2+} (оранжевая зона в центре) и Pb^{2+} (ярко-желтая зона по периферии). Бледно-желтая окраска AgJ либо видна плохо (из-за маскировки оранжевым HgJ_2 и ярко-желтым PbJ_2), либо не видна совсем. Для того, чтобы явно видеть зону серебра, первичную хроматограмму на одном из фильтров необходимо проявить.

Для проявления хроматограммы внесите в центр фильтра каплю раствора NaOH . При этом йодид свинца растворится в NaOH с образованием бесцветного плюмбита натрия Na_2PbO_2 , йодид ртути останется неизменным, бледно-жёлтое пятно йодида серебра постепенно почернеет вследствие превращения гидроксида серебра (I) в оксид серебра (I), который затем разложится до свободного серебра.

Заполните табл. 2, составьте уравнения всех протекающих при проявке первичной хроматограммы реакций.

Таблица 2

Вторичная хроматограмма смеси катионов Ag^+ , Hg^{2+} , Pb^{2+}

Зона адсорбции	Цвет зоны	Ион
1. Первая – хорошая адсорбция (в центре фильтра)		
2. Вторая – средняя адсорбция		
3. Третья – плохая адсорбция (край фильтра)		

По результатам работы сделайте вывод об эффективности метода бумажной хроматографии для дробного открытия катионов Ag^+ , Hg^{2+} , Pb^{2+} при их совместном присутствии.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какие процессы лежат в основе хроматографического анализа?
2. Вычислите ПР йодида свинца (II), если известно, что растворимость его равна 0,03 г на 0,1 кг воды.
3. Выпадет ли осадок при взаимодействии равных объемов растворов AgNO_3 и KI , если концентрации обоих растворов 0,001 моль/л, а произведение растворимости йодида серебра $\text{ПР}(\text{AgI}) = 8,3 \cdot 10^{-17}$.
4. В избытке йодида калия осадок йодида ртути (II) растворяется без изменения степеней окисления элементов с образованием комплексного соединения тетрайодомеркурата калия. Составьте уравнение этой реакции, а также уравнения первичной и вторичной диссоциаций полученного соединения, запишите выражение для константы нестойкости комплексного иона.
5. Оксид серебра (I) неустойчив на воздухе, поэтому он используется не в чистом виде, а в аммиачном растворе (реактив Толленса). При взаимодействии гидроксида аммония и оксида серебра (I) образуется гидроксид диамминсеребра (I). Составьте уравнение этой реакции, а также уравнения первичной и вторичной диссоциаций полученного соединения, запишите выражение для константы нестойкости комплексного иона.
6. Дайте определения терминам «элюент», «сорбент», «элюат», «подвижная фаза», «неподвижная фаза», «сорбция», «десорбция».

Лабораторная работа № 5

ДРОБНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КАТИОНОВ

Цель работы: с помощью качественных реакций определить, какая соль находится в каждой пробирке.

Ход работы

В двенадцати пронумерованных пробирках находятся следующие растворы соли:

Раствор бесцветный	Раствор может быть окрашенным
Хлорид аммония	Сульфат меди (II)
Хлорид кальция	Хлорид кобальта (II)
Сульфат марганца (II)	Хлорид никеля (II)
Сульфат железа (II)	Хлорид хрома (III)
Хлорид цинка	Хлорид железа (III)
Хлорид алюминия	
Нитрат свинца (II)	

После получения у преподавателя нескольких пробирок (по вариантам 3–6 шт.,) составьте в тетради таблицу для записи результатов анализа:

Качественный анализ растворов, номер (№) (запишите номера пробирок)

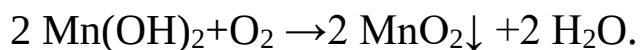
Испытуемый раствор	Добавленный реагент	Наблюдение	Предполагаемый состав	Вывод
Опыт № 1 «Открытие окрашенных ионов»				
№ 13	отсутствует	Раствор розовый	Ионы Co^{2+}	
№ 13	NaOH	Выпал синий осадок, при добавлении избытка щёлочи стал розовым	CoOHCl Co(OH)_2	В пробирке был CoCl_2
Опыт № 2 «Действие щелочей»				
№ 14				

Опыт 1. Открытие окрашенных ионов

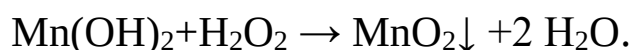
Опишите внешний вид растворов, сделайте предположения, какие растворы могут быть в каждой из пробирок, занесите их в таблицу. Наиболее вероятные предположения (для окрашенных растворов) проверьте с помощью соответствующих качественных реакций, взяв для анализа небольшую порцию испытуемого раствора. Составьте уравнения реакций, сделайте выводы.

Опыт 2. Действие щелочей на испытуемые растворы

Взяв пробы оставшихся исследуемых растворов (по 0,5 мл), подействуйте на них разбавленным раствором щёлочи, добавляя его по каплям. Занесите в таблицу аналитический сигнал: выделился запах аммиака, выпал неизменяющийся осадок, выпал осадок, растворимый в избытке щёлочи или темнеющий на воздухе. Обратите внимание, что гидроксид свинца $\text{Pb}(\text{OH})_2$ проявляет амфотерные свойства, растворяясь в избытке щелочи с образованием плюмбита Na_2PbO_2 , а светло-бежевый гидроксид марганца $\text{Mn}(\text{OH})_2$ постепенно окисляется кислородом воздуха, что выглядит как потемнение раствора на границе с воздухом:

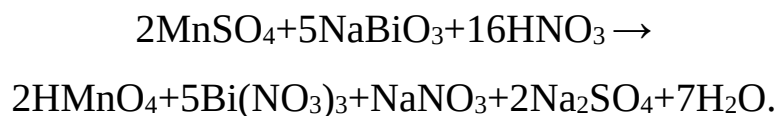


Эту реакцию можно сделать более наглядной, ускорив процесс окисления с помощью перекиси водорода:



Сделайте предположения о том, какие катионы находятся в пробирках. Проверьте предположения с помощью качественных реакций, для ионов Mn^{2+} кроме реакции с H_2O_2 можно использовать

ОВР с окислением марганца до розовых перманганат-ионов висмутатом натрия в сильноокислой среде:



Сделайте выводы, запишите уравнения выполненных реакций.

Опыт 3. Действие раствора аммиака на испытуемые пробы

Взяв пробы оставшихся исследуемых растворов (по 0,5 мл), подействуйте на них разбавленным раствором аммиака. Занесите в таблицу аналитический сигнал. Сделайте предположения о том, какие катионы находятся в пробирках. Проверьте предположения с помощью качественных реакций. Сделайте выводы, запишите уравнения выполненных реакций.

Опыт 4. Открытие неокрашенных ионов

Взяв пробы оставшихся исследуемых растворов (по 0,5 мл), проведите качественный анализ на катионы, которые остались не открытыми. Сделайте выводы, запишите уравнения выполненных реакций.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ»

1. Две соли окрашивают пламя в фиолетовый цвет. Одна из них бесцветна, и при лёгком нагревании её с концентрированной серной кислотой отгоняется жидкость, в которой растворяется медь; последнее превращение сопровождается выделением бурого газа. При добавлении к раствору второй соли раствора серной кислоты жёлтая окраска раствора изменяется на оранжевую, а при нейтрализации полученного раствора щёлочью восстанавливается первоначальный цвет. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

2. В двух сосудах находятся растворы неизвестных веществ. При добавлении к раствору первого вещества хлорида бария выпадает осадок белого цвета, нерастворимый в воде и кислотах. Осадок белого цвета выпадает также и при добавлении раствора нитрата серебра к пробе, отобранной из второго сосуда. При нагревании пробы первого раствора с гидроксидом натрия выделяется газ с резким запахом. При взаимодействии второго раствора с хроматом натрия выпадает осадок жёлтого цвета. Напишите уравнения описанных реакций.

3. Действием концентрированной серной кислоты на белые кристаллы при нагревании получен газ. При пропускании этого газа через раствор нитрата серебра выпал белый творожистый осадок. Кристаллы окрашивают пламя спиртовки в жёлтый цвет. Какая соль была взята для реакции? Приведите её формулу и название. Запишите уравнения реакций, описанных в тексте.

4. Порошкообразное вещество белого цвета окрашивает пламя горелки в оранжево-красный цвет. При действии соляной кислоты «вскипает» с выделением тяжёлого газа без цвета и запаха. Это вещество способно растворяться в воде при одновременном пропускании избытка углекислого газа. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

5. Некоторое кристаллическое вещество, окрашивающее пламя в жёлтый цвет, хорошо растворяется в воде. При добавлении к этому раствору нитрата серебра выпадает жёлтый осадок, не растворимый в разбавленной азотной кислоте. При действии на исходный раствор бромной воды образуется коричневое окрашивание. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

6. Для определения качественного состава белый, нерастворимый в воде порошок с зеленоватым оттенком подвергли

термическому разложению, в результате которого образовалось два оксида. Один из них — порошок чёрного цвета, при добавлении к которому раствора серной кислоты и последующем нагревании образовался раствор голубого цвета. Про другой известно, что это газ тяжелее воздуха, без цвета и запаха, играющий важную роль в процессе фотосинтеза. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

7. Для проведения исследования бесцветные кристаллы соли, которые при непродолжительном нахождении на воздухе приобрели голубой цвет, нагрели до выделения бурого газа и образования чёрного порошка. При пропускании над нагретым полученным порошком водорода наблюдалось появление красного налёта простого вещества — металла. Известно, что металл, образующий катион, входит в состав многих сплавов, например бронзы. Запишите химическую формулу и название исследованной соли. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования его свойств.

8. Для изучения состава соли был взят раствор, который разделили на две части. К первой части этого раствора добавили хлорид натрия, в результате чего выпал белый осадок. При добавлении ко второй части раствора цинковой стружки образовались серые хлопья металла, катионы которого обладают дезинфицирующим свойством. Известно, что выданная соль

используется для изготовления зеркал и в фотографии, а её анион является составной частью многих минеральных удобрений. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

9. Для изучения состава соли были взяты белые кристаллы хорошо растворимого в воде вещества, которое используется в хлебопечении и кондитерской промышленности в качестве разрыхлителя теста. В результате процесса термического разложения выданной соли образовались три вещества, два из которых при обычных условиях являются газами. При нагревании соли с гидроксидом натрия образуется газ, водный раствор которого используется в медицине под названием нашатырный спирт. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

10. Для установления качественного состава была изучена соль тяжёлого металла, оксид которого используется в производстве хрустального стекла. При термическом разложении соли образуется оксид этого металла и два газообразных вещества: одно из них — газ бурого цвета, а другое — важнейший компонент воздуха. При приливании к раствору выданной соли раствора йодида калия выпадает осадок ярко-жёлтого цвета. Запишите

химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

11. Для определения качественного состава неизвестной соли азотной кислоты исследовали белое кристаллическое вещество. Это вещество при нагревании полностью разлагается без образования сухого остатка. При действии горячего раствора гидроксида натрия выделяется бесцветный газ с резким запахом, вызывающий посинение лакмусовой бумаги. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

12. В химической лаборатории хранится склянка с кристаллическим веществом белого цвета. При действии на него гидроксида натрия выделяется лёгкий, бесцветный газ с резким запахом, вызывающий посинение лакмусовой бумаги. При действии на него сильной кислоты выделяется бесцветный газ без запаха, вызывающий покраснение раствора лакмуса. При приливании к раствору этого вещества раствора гидроксида кальция выделяется нерастворимый в воде осадок. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

13. Кристаллическое вещество оранжевого цвета при нагревании значительно увеличивается в объёме за счёт выделения бесцветного газа и образует твёрдое вещество тёмно-зелёного

цвета. Выделившийся газ взаимодействует с литием даже при комнатной температуре. Продукт этой реакции гидролизуется водой с образованием газа с резким запахом, способного восстановить медь из её оксида. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

14. Для исследования свойств неизвестного вещества его концентрированный раствор разделили на две части. В пробирку с одной частью раствора поместили медную проволоку. При этом наблюдалось выделение бурого газа и растворение меди. При добавлении к другой части раствора силиката натрия наблюдалось образование бесцветного студенистого осадка. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

15. Для определения качественного состава неизвестной соли исследовали раствор голубого цвета. При добавлении горячего раствора сильной кислоты выделился газ с резким запахом жжёной резины, окрашивающий лакмус в красный цвет. При добавлении раствора аммиака сначала выпал голубой осадок, который затем растворился в избытке аммиака с образованием фиолетового раствора. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

16. Для определения качественного состава неизвестной соли исследовали её раствор желтоватого цвета. При добавлении раствора сильной кислоты появился резкий запах уксуса. При добавлении роданида аммония раствор приобрёл кроваво-красную окраску. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

17. Для определения качественного состава неизвестной соли исследовали её бесцветный раствор. При добавлении раствора разбавленной серной кислоты выделился газ с запахом тухлых яиц и выпал белый осадок, не растворимый в кислотах. При взаимодействии порции исходного раствора с хроматом натрия выпадает осадок жёлтого цвета. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

18. Для определения качественного состава было выдано кристаллическое вещество — средняя соль многоосновной кислоты, катион которой не является ионом металла. При взаимодействии данного вещества с гидроксидом натрия выделяется газ с резким раздражающим запахом, а при приливании к раствору выданного вещества раствора нитрата серебра выпадает осадок жёлтого цвета. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

19. Для определения качественного состава студентам было выдано бесцветное кристаллическое вещество — соль. К одной части раствора исследуемой соли прилили раствор нитрата серебра, в результате чего выпал осадок жёлтого цвета. А при добавлении к другой части раствора карбоната натрия выпал белый осадок. Известно, что катион этой соли образован щёлочно-земельным металлом, входящим в состав костной ткани человека. Анион этой соли состоит из атомов химического элемента, образующего простое вещество, спиртовой раствор которого используется в качестве дезинфицирующего средства. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

20. При определении качественного состава неизвестного кристаллического вещества белого цвета было установлено, что его раствор взаимодействует с раствором гидроксида калия с образованием осадка. А при добавлении к раствору исследуемого вещества раствора нитрата бария выпадает осадок белого цвета, не растворимый в кислотах. Известно, что катион металла, входящий в состав данного соединения, входит в состав хлорофилла. Этот металл ранее применялся также в фотографии для получения вспышки. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев В. Н. Качественный химический полумикроанализ. М.: Химия. 1973. 584 с.

Глинка Н. Л. Общая химия: учебник / под ред. В. А. Попкова, А. В. Бабкова. 18-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во «Юрайт»; ИД «Юрайт», 2011. 886 с.

Гринвуд Н., Эршино А. Химия элементов (в 2 томах): учебник. Изд-во «Бином. Лаборатория знаний», 2015. 1280 с.

Карпетьянц М. Х., Дракин С. И. Общая и неорганическая химия: учебник. 5-е изд. Изд-во Книжный дом «Либроком» 2015. 592 с.

Крешков А. П. Основы аналитической химии. Ч. 1. Теоретические основы. Качественный анализ. М.: Химия. 1970. 460 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Лабораторная работа № 1. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА КАТИОНЫ ЖЕЛЕЗА.....	6
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ.....	9
Лабораторная работа № 2. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ Co^{2+} , Ni^{2+} И Cu^{2+}	10
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ.....	14
Лабораторная работа № 3. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ Al^{3+} , Cr^{3+} , Zn^{2+}	15
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ.....	18
Лабораторная работа № 4. РАЗДЕЛЕНИЕ И ОБНАРУЖЕНИЕ КАТИОНОВ Ag^+ , Pb^{2+} , Hg^{2+} МЕТОДОМ ОСАДОЧНОЙ БУМАЖНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ.....	19
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ.....	22
Лабораторная работа № 5. ДРОБНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КАТИОНОВ.....	23
ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ».....	26
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	34

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому
комплексу
С.А. Угоров



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ ПО КУРСУ «ХИМИЯ»
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВСЕХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ
ЧАСТЬ 1**

Составили: Н.Б. Смирнова, доц., канд. хим.наук
В.М. Сахарова, доц., канд. техн. наук

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Общие правила работы в химической лаборатории	7
Правила техники безопасности при работе с химическими реактивами	7
Оказание первой медицинской помощи	8
Оформление лабораторного журнала	8
1. Периодичность изменения свойств оксидов и гидроксидов	9
1.1. Экспериментальная часть	11
1.2. Контрольные вопросы и задания	12
2. Химическая кинетика	14
2.1. Экспериментальная часть	16
2.2. Контрольные вопросы и задания	18
3. Химическое равновесие	19
3.1. Экспериментальная часть	20
3.2. Контрольные вопросы и задания	21
4. Ионные равновесия в растворах электролитов	23
4.1. Экспериментальная часть	25
4.2. Контрольные вопросы и задания	26
5. Реакции ионного обмена	27
5.1. Экспериментальная часть	29
5.2. Контрольные вопросы и задания	31
6. Гидролиз солей	32
6.1. Экспериментальная часть	34
6.2. Контрольные вопросы и задания	35
Список литературы	37

ВВЕДЕНИЕ

Горные инженеры, геологи и геофизики сталкиваются с самыми разнообразными явлениями природы, химическими по своей сущности: быстрой выветриваемостью, окисляемостью, различной смачиваемостью горных пород, с особенностями воздушной среды под землей, с обводненностью горных выработок, агрессивностью рудничных вод. Поэтому им требуются более глубокие знания по химии, чем любому другому специалисту. Инженеры горнодобывающей отрасли способны справиться с современными задачами горно-металлургической и горно-химической промышленности только зная весь путь от разведки полезного ископаемого до его переработки. Физико-химическая некомпетентность горных инженеров и геологов является причиной недостатков в развитии горной науки, техники и технологии, бедственного экологического положения горных предприятий.

Роль химии в подготовке инженеров непрерывно возрастает в связи с необходимостью решения задач по снижению уровня потерь полезных компонентов и увеличению комплексности использования руд, рациональному применению вскрышных пород, очистке и использованию шахтных вод и сточных вод обогатительных фабрик, защите от коррозии бурового и горнодобывающего оборудования, заблаговременной дегазации угольных месторождений, применению физико-химических методов упрочнения грунтов, геотехнологическим методам добычи полезных ископаемых.

В горном деле широко применяются химические материалы: химические растворы при бурении и тампонаже скважин, взрывчатые вещества при отбойке угля, руды и породы, химические добавки, препятствующие распылению угля и налипанию льда на конвейерную ленту, материалы для покрытия из пены, предохраняющей от промерзания участка разработки, компоненты для отвердевания закладочных смесей, огнетушащие составы, синтетические смолы для укрепления горных пород, реагенты для флотации и обогащения руд и большой ассортимент таких обычных химикатов как горючие и смазочные материалы, цемент, стекло, керамика, гидро-, термо- и электроизоляционные материалы, лаки, краски, пластмассы, резина.

Еще благодаря усилиям Д.И. Менделеева, химию, как одну из фундаментальных дисциплин, стали преподавать во всех высших школах России. Химия вместе с физикой и математикой составляет основу профессиональной подготовки специалистов высокой квалификации.

Будущие специалисты должны получить такой комплекс знаний по химии, который составит базу для успешного освоения последующих дисциплин и правильного использования материалов, применяемых в технике.

Теоретические разделы химии, такие как строение электронных оболочек атомов, основные виды химических связей, химическая кинетика и равновесие, окислительно-восстановительные потенциалы, водородный показатель, произведение растворимости, свойства комплексных соединений, позволяет правильно ориентироваться в вопросах, связанных непосредственно со свойствами и превращениями минералов и горных пород.

Горные породы и руды состоят из минералов. К минералам относят природные химические соединения. Неорганические минералы подразделяются на минеральные типы, названия которым присваиваются согласно классификации неорганических веществ и их номенклатуре. По химическому составу минералы подразделяют на:

- а) простые вещества (металлы, неметаллы),
- б) карбиды, нитриды, фосфиды, сульфиды, арсениды, селениды, оксиды, гидроксиды, галогениды и др.,
- в) соли кислородсодержащих кислот (силикаты, фосфаты, арсенаты, ванадаты, бораты, карбонаты, сульфаты, нитраты, вольфраматы, молибдаты, хроматы, иодаты и др.).

Основа химической номенклатуры - русские названия химических элементов, приведенные в периодической системе Д.И. Менделеева, которые не всегда совпадают с латинскими названиями, например, гидрогениум - водород, оксигениум - кислород.

К неметаллам относят:

He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, F, Cl, Br, I, At, O, S, Se, Te, N, P, As, C, Si, B, H, остальные элементы - металлы.

Названия простых веществ состоят из одного слова - наименования химического элемента с числовой приставкой, например: O₃ - трикислород, P₄ - тетрафосфор, S₈ - октасера.

Используют также числовые приставки:

1 - моно	7 - гепта
2 - ди	8 - окта
3 - три	9 - нона
4 - тетра	10 - дека
5 - пента	11 - ундека
6 - гекса	12 - додека

В химических формулах сложных веществ на первом месте (слева) всегда записывают формульные обозначения электроположительных составляющих, а за ними указывают формульные обозначения электроотрицательных составляющих. Например, PCl_3 .

Названия сложных веществ составляются по их химическим формулам справа налево. Они складываются из двух слов - названий электроотрицательных составляющих (условных или реальных катионов) в именительном падеже и электроположительных составляющих (условных или реальных катионов) в родительном падеже, например: PCl_3 - трихлорид фосфора, CO - монооксид углерода.

Названия одноэлементных анионов оканчиваются на -ид, а названия многоэлементных анионов - на -ат.

Для построения названий сложных веществ используются корни (иногда усеченные) русских названий элементов, например, бериллий - бериллат, молибден - молибдат, фосфор - фосфид и фосфат. Традиционно применяются корни латинских названий для элементов: серебро, мышьяк, золото, углерод, медь, железо, ртуть, марганец, азот, никель, свинец, сера, сурьма, кремний, олово:

Ag - аргентат	N - нитрид, нитрат
As - арсид, арсенат	Ni - никелат
Au - аурат	Pb - плюмбат
C - карбид, карбонат	S - сульфид, сульфат
Cu - купрат	Sb - стибид (антимонид), стибат
Fe - феррат	Si - силицид, силикат
Hg - меркурат	Sn - станнат
Mn - манганат	

В названиях сложных веществ употребляются как числовые приставки, так и степени окисления катиона (обычно металлического) при точно известном заряде аниона, например, P_4O_{10} - декаоксид тетрафосфора, V_2O_5 - оксид ванадия (V), $\text{Bi}(\text{OH})_3$ - гидроксид висмута (III).

Названия кислот и кислотных остатков приводятся в учебном пособии [1]. Названия кислотных остатков используют при построении названий солей. Соли - продукты реакций нейтрализации. Соли, содержащие кислотные остатки с незамещенными атомами водорода, - к и с л ы е соли. Соли, содержащие гидроксид-ионы, называют о с н о в н ы м и солями.

$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ - дигидрофосфат кальция

KHSO_4 - гидросульфат калия

$\text{FeOH}(\text{NO}_3)_2$ - гидроксонитрат железа (III)
 $(\text{CaOH})_2\text{SO}_4$ - гидроксосульфат кобальта (II)
 $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ - дигидроксид-карбонат димеди

Если соли содержат два разных катиона, то их называют
д в о й н ы м и.

$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ - сульфат алюминия-калия
 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ - карбонат магния-кальция

ОБЩИЕ ПРАВИЛА РАБОТЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Прежде чем приступить к работе по данной теме, следует изучить ее по описанию, уяснить цель задания и план его выполнения.

Не загромождайте рабочее место портфелями, свертками, сумками, перчатками и т.п. Для них отведены специальные этажерки. На рабочем столе должны находиться только необходимые приборы и лабораторный журнал.

Работайте тщательно, аккуратно, без лишней торопливости, соблюдайте в лаборатории тишину.

Внимательно наблюдайте за ходом опыта, отмечая и записывая каждую его особенность.

Категорически запрещается в лаборатории принимать пищу, пробовать химические вещества на вкус.

Без указания преподавателя не проводите никаких дополнительных опытов.

После окончания работы вымойте использованную посуду, выключите воду, электрические приборы и приведите в порядок рабочее место.

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ХИМИЧЕСКИМИ РЕАКТИВАМИ

Для выполнения работ в лаборатории имеется определенный набор химических реактивов, часть которых размещается на лабораторных столах (водные растворы солей), а остальные - концентрированные и разбавленные кислоты и щелочи, сухие соли, дурно пахнущие вещества - в вытяжных шкафах.

При использовании реактивов следует соблюдать следующие правила:

1. Не разрешается уносить реактивы из вытяжного шкафа на рабочее

место.

2. Сухие реактивы набирают чистым шпателем или ложечкой.
3. Для проведения опыта в пробирке брать сухое вещество в количестве, закрывающем дно пробирки, а раствора - не более $1/6$ ее объема.
4. Избыток реактива нельзя высыпать (выливать) обратно в те склянки, из которых они были взяты.
5. Не следует путать пробирки от разных склянок. Крышки и пробирки кладут на стол поверхностью, не соприкасающейся с реактивом.
6. При нагревании растворов в пробирке держать ее таким образом, чтобы отверстие пробирки было направлено в сторону от работающего и его соседей по рабочему месту.
7. При разбавлении концентрированных кислот вливать кислоту в воду, а не наоборот.
8. Остатки растворов, содержащих кусочки металлов, собирают в специальные склянки, находящиеся в вытяжных шкафах.

ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

При порезах стеклом удаляют осколки из раны, смазывают края раны раствором йода и перевязывают бинтом.

При ожоге горячей жидкостью или горячим предметом обожженное место обрабатывают раствором перманганата калия, накладывают мазь от ожога.

При ожогах кислотами сразу промывают обожженное место большим количеством воды, а затем 3%-ным раствором гидрокарбоната натрия.

При ожогах едкими щелочами хорошо и обильно промыть обожженное место проточной водой, затем разбавленным раствором уксусной кислоты и опять водой.

При попадании кислоты или щелочи в глаза немедленно промыть глаза в течение трех минут большим количеством воды, а затем раствором гидрокарбоната натрия или борной кислоты.

ОФОРМЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО ЖУРНАЛА

Каждый студент должен иметь лабораторный журнал - отдельную тетрадь для записей.

В лабораторном журнале студент выполняет отчеты по лаборатор-

ным работам, домашние задания, решает задачи, отвечает на контрольные вопросы.

Все наблюдения и выводы по экспериментальной работе студент заносит в лабораторный журнал непосредственно после выполнения опыта.

Отчеты по выполненным лабораторным работам должны содержать:

- 1) название лабораторной работы,
- 2) названия всех проделанных опытов,
- 3) после названия опыта записывается уравнение проделанной реакции, в котором указываются осадки ($\downarrow$) и их окраска, газы ($\uparrow$), изменения окраски растворов,
- 4) задания, указанные в методическом руководстве,
- 5) выводы по каждому опыту и общий вывод по работе.

1. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ОКСИДОВ И ГИДРОКСИДОВ

Цель работы - изучение изменения кислотно-основных свойств гидроксидов в периодах и группах периодической системы Д.И. Менделеева.

Периодическая система Д.И. Менделеева - естественная система химических элементов, созданная на основе периодического закона.

Положение элемента в периодической системе определяет физико-химические свойства соответствующих им простых веществ и химических соединений.

Периодичность свойств химических соединений удобно проследить на примере оксидов и гидроксидов. Оксиды и гидроксиды относятся к основным пороодообразующим минералам, они широко распространены и составляют 17% от массы земной коры.

В табл.1.1. приведены наиболее часто встречающиеся реакции взаимодействия оксидов и гидроксидов с водой.

Кислотно-основные свойства соединений можно объяснить на основе электростатических представлений. Ослабление основных и усиление кислотных свойств гидроксидов связано с изменением поляризующего действия элемента, образующего гидроксид, на группу OH^- . Поляризующее действие катиона сильно зависит от его строения и может быть охарактеризовано следующими закономерностями:

- 1) Поляризующее действие иона очень быстро возрастает с увеличением его заряда;

Таблица 1.1

Кислотно-основные реакции оксидов и гидроксидов

Тип оксида (гидроксида)	Типичная реакция
Сильно - кислый	$\text{SO}_3(\text{г}) + \text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^{2-}(\text{р}) + 2\text{H}^+(\text{р})$
Слабо - кислый	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-(\text{р}) + \text{H}^+(\text{р})$
Амфотерный	$\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{к}) \Rightarrow \begin{cases} \xrightarrow{\text{H}^+(\text{р})} \text{Zn}^{2+}(\text{р}) + \text{H}_2\text{O} \\ \xrightarrow{\text{OH}^-(\text{р})} [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}(\text{р}) \end{cases}$
Слабо - основной	$\text{Fe}(\text{OH})_2(\text{к}) \rightleftharpoons \text{FeOH}^+(\text{р}) + \text{OH}^-(\text{р})$
Сильно - основной	$\text{Li}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{Li}^+(\text{р}) + 2\text{OH}^-(\text{р})$

2) большое значение имеет строение внешней электронной оболочки, по этому признаку катионы разделяются на ионы с незаконченным внешним слоем, переходным от 8-электронного и 18-электронному (Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+}) и ионы с 18-электронным внешним слоем (Zn^{2+} , Ag^+);

3) при сходном строении внешней электронной оболочки и равном заряде поляризующее действие иона возрастает по мере уменьшения его радиуса.

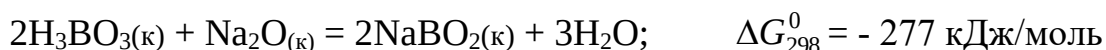
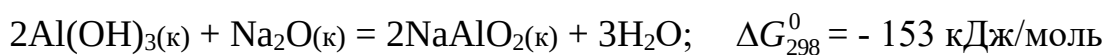
Итак, ослабление основных и усиление кислотных свойств гидроокисей связано с увеличением поляризующего действия катиона, т.е. с убыванием его радиуса и возрастанием положительной степени окисления, а также с увеличением числа внешних электронов. Например, если катион имеет малый заряд сравнительно большой радиус, его электростатическое притяжение к группе OH^- невелико и OH^- выступает в гидроксиде как единое целое. Поэтому типичными основаниями являются гидроксиды элементов, находящихся в главных подгруппах I и II групп периодической системы (KOH , NaOH), а также NH_4OH .

По мере увеличения поляризующего действия катиона возрастает ковалентность связей элемент-кислород и усиливается ионный характер связей $\text{O} - \text{H}$. Основные свойства гидроксидов ослабляются и появляются кислотные свойства. Из элементов II группы бериллий и цинк дают амфо-

дают атмосферные гидроксиды, в (III) группе амфотерны гидроксиды алюминия, галлия, индия. Амфотерность характерна для большинства элементов четвертой группы периодической системы.

Когда катион имеет большой положительный заряд и малый радиус (что типично для неметаллов), усиление его поляризующего действия приводит к тому, что водород становится подвижным и преобладает диссоциация по кислотному типу. Среди элементов третьей группы гидроксид бора - типичная кислота. В четвертой группе кислотами являются гидроксиды углерода и кремния, однако, эти кислоты еще очень слабые. Гидроксиды многих элементов с максимальной степенью окисления пятой, шестой, седьмой групп - сильные кислоты.

Способность веществ к взаимодействию определяется изменением изобарно-изотермического потенциала (ΔG) химической реакции. Чем меньше алгебраическая величина энергии Гиббса химического процесса, тем больше вероятность ее протекания в данном направлении.



Увеличение отрицательного значения ΔG_{298}^0 свидетельствует об усилении кислотных свойств гидроксида бора H_3BO_3 .

1.1. Экспериментальная часть

ОПЫТ 1. Гидроксиды магния и кальция

Поместите в пробирку небольшое количество оксида магния или кальция и прибавьте 5 мл воды. Взболтайте содержимое пробирки и испытайте реакцию среды 1-2 каплями фенолфталеина. Составьте уравнение реакции взаимодействия оксида с водой. Сделайте вывод о характере гидроксида.

ОПЫТ 2. Получение и свойства гидроксида алюминия

В пробирку налейте 2 мл раствора соли алюминия и прибавьте примерно такой же объем раствора гидроксида аммония. Содержимое пробирки распределите в две пробирки. В одну из пробирок при взбалтывании прилейте по каплям разбавленный раствор серной кислоты до полного рас-

творения осадка. Во вторую пробирку прилейте разбавленный раствор гидроксида натрия также до полного растворения осадка. Составить уравнение реакций. Сделайте вывод о характере гидроксида алюминия.

ОПЫТ 3. Двуокись углерода

Налейте в пробирку несколько мл воды и прибавьте 1-2 капли индикатора. Пропустите из аппарата Киппа в воду двуокись углерода до изменения окраски индикатора. Составьте уравнение реакции. Сделайте вывод о характере гидроксида.

ОПЫТ 4. Гидроксид кремния

В пробирку поместите раствор силиката натрия и пропустите через него углекислый газ из аппарата Киппа, при этом наблюдайте образование осадка гидроксида кремния. Напишите уравнение реакции. Сделайте вывод о кислотно-основном характере гидроксида кремния.

ОПЫТ 5. Оксид фосфора (V)

В пробирку поместите немного фосфорного ангидрида и добавьте несколько мл воды. Наблюдайте растворение, встряхивая пробирку. Испытайте реакцию среды индикаторами. Составьте уравнение реакции. Сделайте вывод о характере гидроксида.

ОПЫТ 6. Гидроксиды олова (II) и свинца (II)

а) Налейте в пробирку 2 мл раствора хлорида олова. Добавьте по каплям разбавленный раствор щелочи до образования осадка. Содержимое пробирки разделите на две части. Подействовать на одну концентрированным раствором щелочи, а на другую - соляной кислотой. Составьте уравнения реакций. Сделайте вывод о характере гидроксида олова.

б) Такой же опыт проделать с раствором соли азотнокислого свинца. На полученный гидроксид свинца подействовать азотной кислотой и щелочью. Почему для растворения гидроокиси свинца нельзя воспользоваться соляной или серной кислотами? Составьте уравнения реакций. Сделайте вывод о характере гидроксида свинца.

1.2. Контрольные вопросы и задания

1. Сравнив результаты опытов, сделайте вывод, как изменяется характер гидроксидов элементов: Mg, Al, Si, P в третьем периоде слева

направо. Чем объясняется это изменение характера гидроксидов? Как оно связано с изменением металлических свойств элементов?

2. По результатам опытов сделайте вывод об изменении кислотно-основных свойств гидроксидов элементов: C, Si, Sn, Pb в главных подгруппах сверху вниз. Как увязать такое изменение характера гидроксидов с возрастанием порядкового номера элемента и изменением металлических свойств элементов?

3. Запишите кислородные соединения марганца со степенями окисления II, IV, VI, VII и покажите, как с увеличением степени окисления изменяется характер оксидов и соответствующих им гидроксидов.

4. Укажите, какая из сравниваемых двух кислот H_2SO_3 или H_2SO_4 является более сильной и как объяснить такое явление.

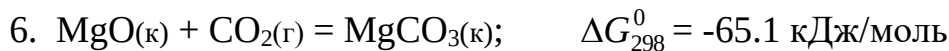
5. Какой из галогенов имеет наибольшее сродство к натрию, если энергия Гиббса для галогенидов натрия имеет следующую величину (кДж/моль):

$$\Delta G_{298}^0 \text{NaJ} = -237.2,$$

$$\Delta G_{298}^0 \text{NaBr} = -347.7,$$

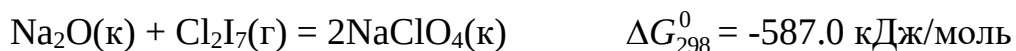
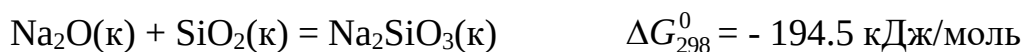
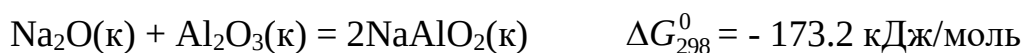
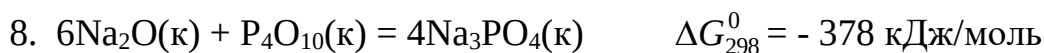
$$\Delta G_{298}^0 \text{NaCl} = -384.0,$$

$$\Delta G_{298}^0 \text{NaF} = -541.0.$$



Как изменяются кислотно-основные свойства оксидов (расположите их в ряд) и как это согласуется со значением ΔG_{298}^0 образования рассматриваемых карбонатов из оксидов?

7. Как изменяется сила кислот в ряду $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{SeO}_4 - \text{H}_2\text{TeO}_4$?



Как изменяются кислотно-основные свойства оксидов (расположите их в ряд) и как это согласуется со значениями ΔG_{298}^0 образования рассматриваемых солей из оксидов?

9. Укажите, какое из рассматриваемых двух соединений является более сильным основанием: а) гидроксид натрия или гидроксид цезия; б) гидроксид бария или гидроксид кальция? Объясните это изменение характера гидроксидов, исходя из расположения элементов в таблице Д.И. Менделеева.

2. ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА

Ц е л ь р а б о т ы - изучение скорости химической реакции и ее зависимости от концентрации и температуры.

Раздел химии, изучающей скорость химических реакций, называется химической кинетикой.

Скорость химической реакции - это изменение концентрации реагирующих веществ в единицу времени. Зависимость скорости химической реакции выражается законом действующих масс: при постоянной температуре скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ, взятых в степенях, равных стехиометрическим коэффициентам в уравнении реакции.

Для реакции $aA + bB = cC + dD$ скорость выразится уравнением:

$$v = k \cdot [A]^a \cdot [B]^b \quad (\text{для гомогенной системы}),$$

где v - скорость реакции;

$[A]$, $[B]$ - молярные концентрации реагирующих веществ;

k - константа скорости реакции

(при $[A] = [B] = 1$ моль/л, k численно равна v).

Для реакции $2NO_{(г)} + O_{2(г)} = 2NO_{2(г)}$ выражение скорости имеет следующий вид:

$$v = k \cdot [NO]^2 \cdot [O_2].$$

Гомогенная система состоит из одной фазы - между реагентами нет поверхности раздела. Гетерогенная система состоит из двух и более фаз. Реакция в гетерогенной системе осуществляется на поверхности раздела фаз. Скорость гетерогенной реакции не зависит от площади поверхности раздела фаз, так же как скорость гомогенной реакции не зависит от объема системы.

Концентрация твердого вещества принимается за единицу.

Зависимость скорости химической реакции от температуры описывается экспериментально найденным уравнением Вант-Гоффа:

$$v_{t_2} = v_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}},$$

где v_{t_1} , v_{t_2} - скорость реакции при температурах соответственно t_1 и t_2 ;

γ - температурный коэффициент скорости реакции,
равный обычно 2-4.

Эта зависимость может быть выражена в виде следующего правила: при увеличении температуры на каждые 10° скорость химической реакции увеличивается в 2-4 раза.

Зависимость скорости реакции от температуры более точно может быть выражена уравнением Аррениуса:

$$k = c \cdot e^{-\frac{E_{\text{акт}}}{RT}},$$

где k - константа скорости реакции;

c - постоянная;

$E_{\text{акт}}$ - энергия активации;

R - универсальная газовая постоянная (8.31 Дж/моль · К);

T - абсолютная температура.

Из уравнения Аррениуса следует, что скорость реакции с повышением температуры увеличивается по закону экспоненты, однако интенсивность теплоотвода в конкретных условиях реакции может возрасти только линейно. В этом случае возможен скачкообразный переход от стационарного режима к нестационарному, быстрое ускорение - самовоспламенение, или цепной взрыв. По такому механизму происходят взрывы метана и угольной пыли в шахтах. Например, при повышении концентрации метана на несколько процентов достигается нижний предел взрываемости метана в воздухе, в тысячи раз ускоряется реакция окисления метана кислородом воздуха $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + Q$. Концентрационные пределы взрываемости метана в воздухе от 5 до 15% по объему.

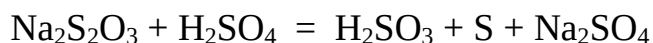
Одним из направлений в решении проблемы предупреждения взры-

вов метана и угольной пыли в шахтах, опасных по газу и пыли, является применение способов взрывозащиты, основанных на использовании распыленной воды или специальных химических соединений, которые играют роль отрицательных катализаторов (ингибиторов), теплопоглотителей в реакциях окисления углеводородов. Такие вещества носят общее название флегматизаторов горения. Этим свойством обладают гидрокарбонаты натрия и калия, гидрофосфаты аммония, бура и др.

2.1. Экспериментальная часть.

ОПЫТ 1. Зависимость скорости химической реакции от концентрации реагирующих веществ.

Соли тиосерной кислоты устойчивы в твердом состоянии и в растворе. Тиосерная кислота неустойчива и при получении распадается самопроизвольно по реакции



с образованием сернистой кислоты и свободной серы.

Постановка опыта основывается на следующем: в результате реакции между серной кислотой и тиосульфатом натрия образуется сера, выделяющаяся в виде белой мути. Время от начала реакции до момента появления мути зависит от скорости этой реакции.

В три пробирки налить по 6 мл раствора серной кислоты.

В первую пробирку влить 6 мл раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, быстро перемешать ее содержимое и одновременно включить секундомер. Отсчитать время (τ) до начала появления белой мути - коллоидной серы.

Во вторую пробирку влить смесь 4 мл раствора тиосульфата натрия и 2 мл воды. Наблюдать, через сколько секунд растворы сделаются мутными.

Результаты наблюдений записать по следующей форме, выразив значения скоростей реакций в условных единицах (десятичных дробях!) в виде $v = 1/\tau$, где τ - время в секундах.

Относительная концентрация раствора тиосульфата натрия записана в условных единицах $C_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = v_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} / V_{\text{раствора}}$, где $V_{\text{раствора}}$ - общий объем раствора 12 мл. Тогда для первого случая $C_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$ 50%, для второго - 33% и третьего - 17%, что соответствует значениям 3а, 2в, а.

№ опы-та	Объем в мл			Относит. концентр. $C_{Na_2S_2O_3}$	Время до появления мути, τ	$v = \frac{1}{\tau}$
	раствора H_2SO_4	раствора $Na_2S_2O_3$	H_2O			
1	6	6	0	3a		
2	6	4	2	2a		
3	6	2	4	a		

Результаты измерений необходимо представить в виде графика. На ось абсцисс наносят значения относительных концентраций в виде трех точек, отстоящих от начала координат на a , $2a$, $3a$, где a - произвольно выбранный отрезок. Из каждой точки восстанавливается перпендикуляр, длина которого соответствует значениям скоростей реакции в условных единицах. Далее следует обдумать, каким образом, пользуясь верхними концами этих перпендикуляров, провести линию, характеризующую зависимость скорости реакции от концентрации. Подсказкой будет служить математическое выражение для скорости изучаемой реакции, которое нужно записать согласно закону действия масс.

Сделать вывод о зависимости скорости реакции от концентрации реагирующих веществ.

ОПЫТ 2. Зависимость скорости реакции от температуры опыта

Налить в одну пробирку 5 мл раствора $Na_2S_2O_3$, а другую - 5 мл раствора H_2SO_4 . Обе пробирки поместить в стакан с водопроводной водой. Спустя 5-7 минут измерить температуру воды и слить вместе содержимое обеих пробирок. Измерить время появления помутнения.

В две другие пробирки налить по 5 мл тех же растворов. Поместить пробирки в стакан с водой, нагретой на 10° выше, чем в предыдущем опыте. Через 5-7 минут слить содержимое пробирок. Измерить время до появления мути.

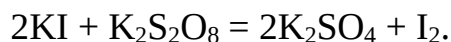
Повторить опыт, повысив температуру еще на 10° .

Результаты наблюдений выразить в виде графика, откладывая по оси абсцисс температуру опыта, по оси ординат - относительную скорость реакции.

Сделать вывод о зависимости скорости реакции от температуры.

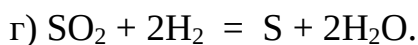
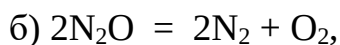
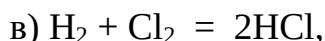
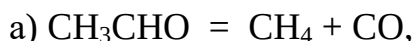
2.2. Контрольные вопросы и задания.

1. Реакция в водном растворе выражается уравнением:



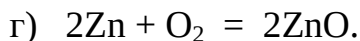
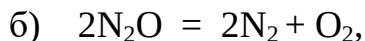
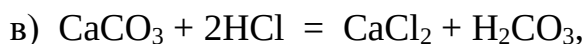
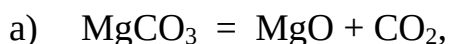
Как изменится скорость этой реакции при разбавлении реагирующей смеси в 2 раза?

2. Записать математические выражения для скорости следующих газовых реакций



Предсказать изменение скорости этих реакций при увеличении концентрации каждого из реагирующих веществ в 2 раза.

3. Записать выражения для скорости реакций



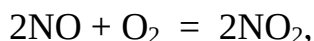
Как изменится скорость вышеуказанных реакций, если:

а) увеличить концентрацию исходных веществ в 2 раза;

б) увеличить давление в 2 раза.

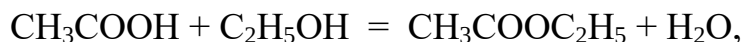
4. Срок хранения флотационного реагента, поступившего на обогательную фабрику, согласно техническим условиям составляет при температуре 20°C 2 месяца. Воспользовавшись правилом Вант-Гоффа, рассчитать срок годности этого флотореагента, если на складе фабрики поддерживается 0°C, а температурный коэффициент скорости разложения равен 2.

5. Во сколько раз изменится скорость реакции



если концентрация оксида азота уменьшится в 2 раза, а концентрация кислорода увеличивается в 2 раза?

6. Реакция протекает по уравнению



концентрацию CH_3COOH увеличили от 0.3 до 0.45 моль/л, а концентрацию $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ увеличили от 0.4 до 0.8 моль/л. Во сколько раз возросла скорость прямой реакции?

7. Кальцинированная сода (безводная Na_2CO_3) используется в виде раствора в качестве регулятора щелочности флотационного процесса. При температуре 55°C сода растворяется в 6 раз быстрее, чем при 15° . Рассчитать температурный коэффициент скорости растворения соды.

8. Для приготовления раствора силиката натрия требуемой плотности, используемого в качестве подавителя пустой породы, твердые прозрачные куски силикат-глыбы Na_2SiO_3 загружают в воду: нагревают до 95° и ведут перемешивание в течение четырех часов. Какой срок потребуется для получения раствора необходимой концентрации, если поддерживать температуру 90° ($\gamma = 2$)?

3. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

Ц е л ь р а б о т ы - Изучение влияния концентрации на сдвиг химического равновесия.

Многие реакции идут не до исчезновения исходных веществ, а до состояния, не изменяющегося во времени, когда в реакционной смеси можно обнаружить как исходные вещества, так и продукты реакции. Такое состояние системы называется химическим равновесием.

С термодинамической точки зрения состояние равновесия характеризуется тем, что система достигает минимального значения энергии Гиббса (при заданных температуре, давлении и общем составе).

С кинетической точки зрения при равновесии скорости процессов образования продуктов реакции из исходных веществ и исходных веществ из продуктов выравниваются. Скорость достижения равновесия в зависимости от природы процесса, условий, а также наличия подходящих катализаторов может варьировать от малых долей секунды до веков и тысячелетий.

Если равновесие достигнуто, то для реакции



называемая константой равновесия, принимает определенное значение. Константа равновесия зависит от температуры, но не зависит от конкретных количеств реагентов и порядка их взаимодействия.

Изменение равновесных концентраций при внешнем воздействии называется **с м е щ е н и е м х и м и ч е с к о г о р а в н о в е с и я**.

Основным законом, управляющим смещением равновесия, служит принцип Ле-Шателье: «Если на систему, находящуюся в равновесии, оказывается внешнее воздействие, то равновесие смещается в сторону, указываемую воздействием, до тех пор, пока нарастающее в системе противодействие не станет равно оказанному воздействию».

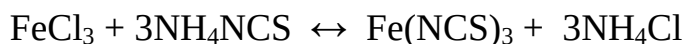
Внешним воздействием, смещающим равновесие, может быть изменение температуры, давления, концентрации одного или нескольких веществ, участвующих в реакции. «Смещение равновесия в сторону, указанную воздействием» означает, что при повышении давления преимущество получает процесс, ведущий к уменьшению объема, т.е. к тому же результату, что и само воздействие. Нагревание ведет к увеличению роли эндотермического процесса, т.е. процесса, увеличивающего запас энергии в системе (эндотермические реакции идут с поглощением тепла, а экзотермические - с его выделением).

Увеличение концентрации одного из веществ приводит к смещению равновесия в сторону расходования этого вещества.

3.1. Экспериментальная часть

ОПЫТ 1. Влияние концентрации веществ на смещение химического равновесия.

Реакция между хлоридом железа и тиоцианатом аммония протекает по уравнению:



Красная окраска образовавшегося раствора обусловлена содержанием в нем тиоцианата (роданида) железа. По изменению интенсивности этой окраски можно судить о направлении смещения равновесия при изменении концентрации какого-либо реагирующего вещества.

В одной пробирке приготовить смесь (по 4 мл) разбавленных растворов FeCl_3 и NH_4NCS . Полученный окрашенный раствор разлить поровну в 4 пробирки.

В первую пробирку добавить 2 капли насыщенного раствора FeCl_3 . Во вторую пробирку добавить несколько кристалликов NH_4NCS (или KNCS). В третью пробирку всыпать немного твердой соли NH_4Cl (или KCl). Четвертую пробирку оставить для сравнения.

Записать уравнение химической реакции и выражение для константы

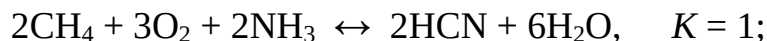
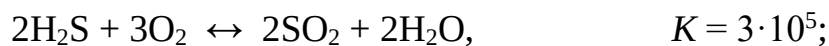
равновесия. Сделать выводы о влиянии концентрации веществ на смещение химического равновесия с использованием принципа Ле-Шателье.

Форма записи

Что добавлено	Изменение интенсивности окраски	Смещение равновесия
1. FeCl ₃	более интенсивная	вправо
2. NH ₄ NCS		
3. NH ₄ Cl		

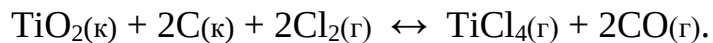
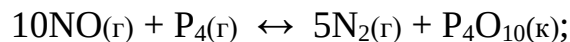
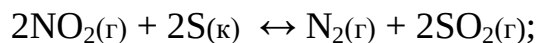
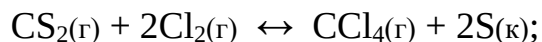
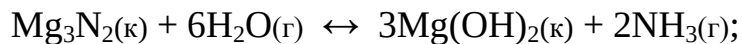
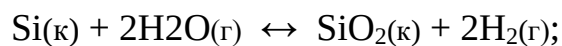
3.2. Контрольные вопросы и задания

1. К гомогенных химических системах при постоянных давлении и температуре установилось состояние равновесия:



По данным значениям констант равновесия укажите, реагенты или продукты будут преобладать в равновесной смеси веществ. На основании закона действующих масс составьте выражения для констант равновесия.

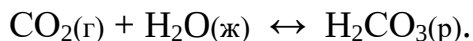
2. В гетерогенных химических системах установилось состояние равновесия:



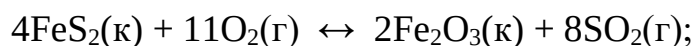
На основании закона действующих масс составьте выражения для

констант равновесия.

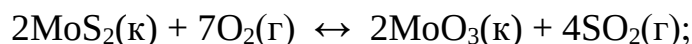
3. За последние 100 лет количество углекислого газа, поступающее за счет сжигания ископаемого топлива, возросло в 50 раз, а парциальное давление CO_2 в атмосфере за это же время увеличилось в 1.2 раза. Объясните это соотношение, допустив, что CO_2 поглощается океаном:



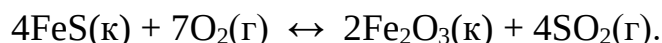
4. Рассчитать равновесный выход диоксида серы в реакциях окислительного обжига сульфидных минералов - пирита, молебденита, пирротина, если в состоянии равновесия количество SO_2 равно 0.4 моль, а начальный объем O_2 составлял 33.6 л (н.у.):



пирит



молибденит



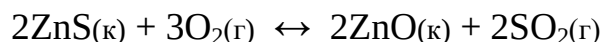
пирротин

5. Равновесный процесс, протекающий в подземных пещерах при образовании сталактитов и сталагмитов, можно описать уравнением



Напишите выражение для константы равновесия этого процесса. Укажите, в какую сторону сдвигается равновесие а) при улетучивании CO_2 , б) испарении воды, в) увлажнении атмосферы в пещерах.

6. Состояние равновесия реакции окисления сфалерита



установилось при равновесной концентрации диоксида серы, равной 0.25 моль/л. Рассчитать исходную концентрацию кислорода.

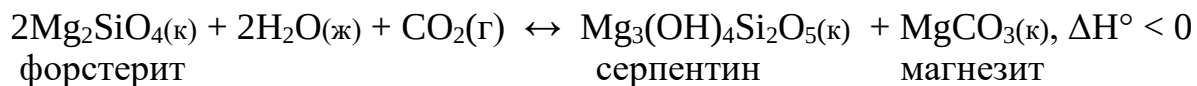
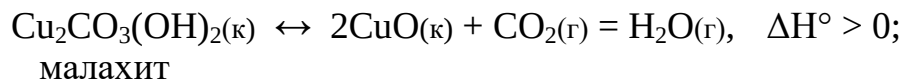
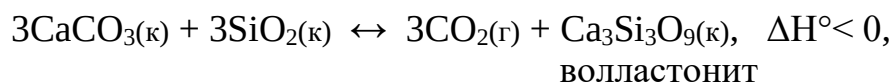
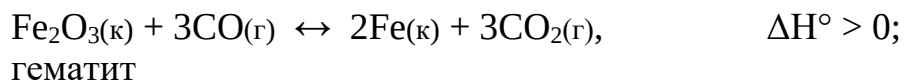
7. В герметически закрытом сосуде объемом 0.25 л проводят реакцию восстановления антимонита



Равновесная концентрация каждого газообразного вещества равна 0.3 моль/л. Для смещения равновесия добавляют 0.1 моль CO . Определить новые равновесные концентрации CO и COS .

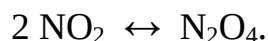
8. Определить, влево или вправо сместится положение равновесия

реакций



при следующих воздействиях: а) введение избытка диоксида углерода, б) нагревание, в) увеличение давления.

9. На некоторых предприятиях систематически из труб в атмосферу выбрасываются оксиды азота, что можно наблюдать как газ красно-желтого цвета (лисий хвост). Объяснить причину различной интенсивности окраски этого газа в зависимости от времени года (лето, зима), если известно, что NO_2 - бурый газ при -11°C превращается в димер N_2O_4 - бесцветные кристаллы, а при обычных условиях существует смесь NO_2 и N_2O_4



Укажите знак при ΔH в этом уравнении.

4. ИОННЫЕ РАВНОВЕСИЯ В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Ц е л ь р а б о т ы - Изучение смещения ионного равновесия в водных растворах.

Электрoлитaми нaзывают вeщeствa, диссоциирующие в рaствoрaх (или рaсплaвaх) нa иoны и спoсoбные прoвoдить элeктричeский тoк. Рaспaд вeщeствa нa иoны нaзывается элeктрoлитичeской диссоциaциeй. Пeрeнoс тoкa в рaствoрaх (и рaсплaвaх) элeктрoлитoв oсущeствляется пoлoжитeльными и oтрицaтeльными иoнaми, кoтoрые нaзываются кaтиoнaми и aниoнaми. К элeктрoлитaм oтнoсятся соли, кислoты и oснoвaния.

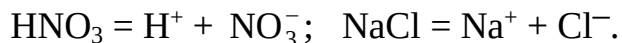
Для количественной характеристики электролитической диссоциации используется степень диссоциации α - доля моля электролита, существующая в растворе в виде ионов:

$$\alpha = C/C_0,$$

где C - концентрация молекул, распавшихся на ионы, моль/л;

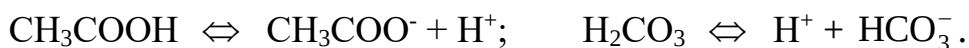
C_0 - исходная концентрация раствора, моль/л.

По величине степени диссоциации все электролиты делятся на сильные и слабые. К сильным относятся те электролиты, α - степень диссоциации которых равна единице, т.е. $C = C_0$. Распад на ионы сильных электролитов протекает необратимо. В растворе сильного электролита не может быть недиссоциированных молекул.



К сильным электролитам относятся практически все соли, гидроксиды щелочных и щелочно-земельных металлов и некоторые кислоты (например, HCl , HNO_3 , H_2SO_4 , HBr , HI , HClO_4)

Степень диссоциации слабых электролитов меньше единицы ($C < C_0$). Их ионизация протекает обратимо:



Константу равновесия электролитической диссоциации слабого электролита называют константой диссоциации. Например, при 298 К

$$K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{C_{\text{CH}_3\text{COO}^-} \cdot C_{\text{H}^+}}{C_{\text{CH}_3\text{COOH}}} = 1.8 \cdot 10^{-5}.$$

$$K_{\text{H}_2\text{CO}_3} = \frac{C_{\text{H}^+} \cdot C_{\text{HCO}_3^-}}{C_{\text{H}_2\text{CO}_3}} = 4.4 \cdot 10^{-7}.$$

Из величин констант видно, что угольная кислота по первой ступени электролит более слабый, чем уксусная кислота.

Степень и константа ионизации слабого электролита связаны зависимостью (закон Оствальда):

$$K = \frac{\alpha^2 \cdot C_0}{1 - \alpha}.$$

Если степень ионизации электролита значительно меньше единицы, то уравнение можно записать $K = \alpha^2 \cdot C_0$, откуда следует, что α возрастает с разведением раствора.

В чистой воде кроме молекул H_2O содержатся протоны и гидроксид-ионы, при этом

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л (25}^\circ \text{C)}.$$

Содержание протонов и гидроксид-ионов выражают также через водород-

ный показатель $pH = 1g [H^+]$. При $pH = 7$ среду водного раствора называют нейтральной, при $pH < 7$ - кислотной и при $pH > 7$ - щелочной.

Каковы пределы значений pH в природе? Рудничные воды выветривающихся колчеданных месторождений, содержащие свободную серную кислоту, имеют pH около 2, а воды окисляющихся месторождений самородной серы в песчаниках - еще ниже. Воды кратерных озер имеют pH 1-3, торфяных болот около 4, буроугольных месторождений около 5, pH дождевой воды примерно 5.5. Обычные грунтовые воды имеют pH 6.5 - 8.5, морская вода (в зависимости от времени года, ее температуры, количества растворенной в ней углекислоты, органических кислот, привнесенных реками) колеблется от 8.2 до 8.5. В содовых озерах pH достигает 9-10.

4.1. Экспериментальная часть

ОПЫТ 1. Сравнение относительной силы кислот

В одну пробирку наливают 1-2 мл 2М раствора уксусной кислоты, в другую - столько же раствора соляной кислоты той же концентрации. В обе пробирки добавляют небольшое количество мелко измельченного известняка. Взбалтывая пробирки с содержимым, наблюдать, одинаково ли быстро растворяется $CaCO_3$ во взятых кислотах.



Интенсивность выделения CO_2 при этой реакции служит относительным индикатором концентрации водородных ионов. Рассчитайте, во сколько раз концентрация протонов в растворе HCl больше, чем в растворе CH_3COOH , если $K_{CH_3COOH} = 1.8 \cdot 10^{-5}$.

Напишите уравнения диссоциации обеих кислот.

ОПЫТ 2. Влияние концентрации одноименных ионов на ионизацию слабой кислоты.

К 1-2 мл 2М раствора уксусной кислоты в двух пробирках прибавьте 2 капли метилоранжа. Отметьте окраску индикатора. Добавьте при перемешивании в одну пробирку несколько кристалликов ацетата аммония до изменения цвета раствора. Как изменился pH раствора? Объясните изменение pH , применяя правило Ле Шателье и используя выражение константы диссоциации CH_3COOH

ОПЫТ 3. Влияние концентрации одноименных ионов на ионизацию слабого основания.

В две пробирки наливают по 1-2 мл 2М раствора гидроксида аммония и по 2 капли фенолфталеина. В одну из пробирок добавляют при перемешивании несколько кристалликов ацетата аммония до изменения цвета раствора. Объясните причину наблюдаемого изменения окраски на основании уравнения диссоциации NH_4OH , принципа Ле Шателье и константы диссоциации NH_4OH .

ОПЫТ 4. Определение характера диссоциации гидроксидов

В три пробирки наливают по 2-3 мл растворов: в 1-ю - силиката натрия, во 2-ю - сульфата никеля, в 3-ю - сульфата цинка. До начала выпадения осадков гидроксидов добавляют по каплям в 1-ю - раствор серной кислоты, а во 2-ю - раствор гидроксида натрия.

Содержимое каждой пробирки взбалтывают и разливают каждый осадок гидроксидов на две пробирки. В одну пробирку добавляют разбавленной кислоты, а в другую концентрированной щелочи. На основании наблюдений за растворением осадков кремниевой кислоты, гидроксида никеля и гидроксида цинка в кислоте и щелочи сделайте вывод о кислотно-основном характере электролитической диссоциации этих гидроксидов.

Напишите уравнения диссоциации гидроксидов.

4.2. Контрольные вопросы и задания

1. Присутствие каких ионов можно ожидать в водном растворе сернистой кислоты H_2SO_3 ? Запишите выражения для констант диссоциаций этой кислоты.
2. Почему константа электролитической диссоциации служит более удобной характеристикой, чем степень диссоциации?
3. Объясните, почему соли являются сильными электролитами. На примере NaHCO_3 укажите характер химических связей, по которым электролитическая диссоциация протекает в водном растворе: а) практически полностью; б) частично; в) отсутствует.
4. Укажите, корректно ли сопоставлять такие свойства, как растворимость вещества и способность его к электролитической диссоциации.
5. В практике флотации используются процессы с низкими и высо-

кими значениями pH флотационной пульпы. Можно ли приготовить растворы с pH 0, -1, -2, 14, 15, 16?

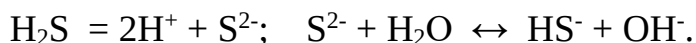
6. Вычислите концентрацию ионов водорода в 1М (9.45 %-ном) растворе серной кислоты, pH которого - 0.005. Объясните полученный результат.

7. В Первоуральске выпал кислотный дождь, водородный показатель которого равен 2.5. Во сколько раз превышена концентрация иона водорода, если обычная дождевая вода имеет pH = 5.5?

8. Шахтные воды Кизеловского бассейна содержат 0.01 г/л ионов водорода. Рассчитайте водородный показатель этих вод, концентрацию OH^- ионов. Укажите, кислотный или щелочной характер имеют эти воды.

9. Во сколько раз уменьшится концентрация ионов водорода, если к 1 литру раствора уксусной кислоты с концентрацией 0.005 моль/л прибавить 0.05 моль ацетата натрия, считая, что концентрация недиссоциированных молекул уксусной кислоты, как и объем раствора остаются практически постоянными? $K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1.8 \cdot 10^{-5}$.

10. Для оценки pH раствора сероводорода студент записал следующие уравнения:



Таким образом, студент сделал вывод, что среда щелочная. Найдите ошибки в его рассуждениях.

5. РЕАКЦИИ ИОННОГО ОБМЕНА

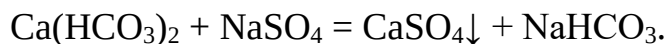
Ц е л ь р а б о т ы - выявление закономерностей протекания реакций ионного обмена в растворах электролитов.

Минералы и горные породы в условиях земной поверхности стремятся перейти в более устойчивые соединения. Известняки медленно растворяются в водах, содержащих уголекислоту, образуя гидрокарбонат кальция. Грунтовые воды, содержащие $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, реагируют с сульфатно-хлоридно-магниевыми (морскими) водами. При этом осаждаются гипс и доломит:

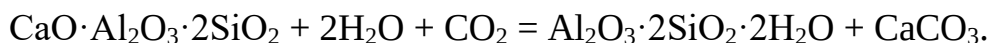


Так озера морского типа превращаются в озера континентального типа. Сульфатно-натриевые воды - результат выщелачивания горных по-

род, могут образовывать содовые озера.



Изверженные горные породы выветриваются, в полевых шпатах содержание алюминия увеличивается от ранних пород к поздним. При этом из них выносятся катионы щелочноземельных металлов. Например, из анорита образуется каолинит



В результате воздействия растворов, содержащих в повышенных концентрациях ионы Mg^{2+} и SO_4^{2-} , происходит доломитизация известняков



Если химическая реакция протекает, то она отличается следующими признаками:

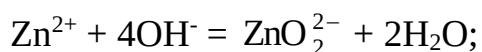
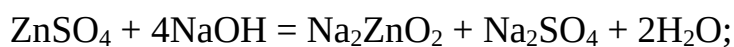
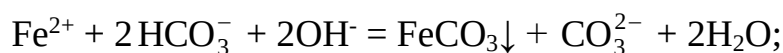
происходит образование осадка, или растворение осадка, или изменяется цвет осадка или раствора, или появляются пузырьки газа.

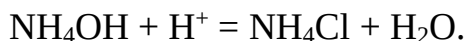
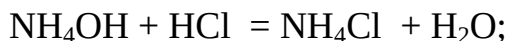
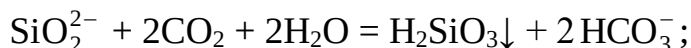
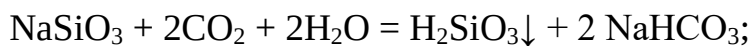
Сущность ионных реакций обмена сводится к соединению ионов в молекулы новых веществ. Равновесия ионных реакций в растворах смещаются в сторону образования слабых электролитов (слабых кислот, слабых оснований, воды) и сильных электролитов (осадков, летучих веществ).

Все кислые соли в воде растворяются, основные соли, как правило, нерастворимы.

В ионных уравнениях сильные, хорошо растворимые электролиты записываются в форме ионов, а слабые электролиты, газы и осадки - в виде молекул.

Рассмотрим следующие примеры реакций. Запишем их сначала в молекулярной форме, а затем в виде кратких ионных уравнений.





5.1. Экспериментальная часть

ОПЫТ 1. Образование осадков

а) В две пробирки наливают по 2 мл раствора хлорида бария и добавляют в одну пробирку сульфата натрия, а в другую - нитрата калия. Написать молекулярное и ионное уравнения и сделать вывод, в каком случае соль реагирует с другой солью;

б) В две пробирки наливают по 2 мл раствора сульфата меди. В одну пробирку добавляют 1 мл очень разбавленный (1%-ный) раствор гидроксида натрия, а в другую - столько же разбавленного раствора той же щелочи. Написать молекулярные и ионные уравнения, указав окраску образующихся осадков и учитывая, что в первом случае образуется основной сульфат меди $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$. Сделайте вывод об условиях образования основной соли и гидроксида. Осадки сохранить для выполнения опыта 2б;

в) В две пробирки наливают по 2 мл раствора хлорида кобальта. В одну пробирку добавляют разбавленного раствора щелочи до образования синего осадка основной соли. Во вторую пробирку приливают еще столько же щелочи и нагревают с целью получения гидроксида кобальта розового цвета. Содержимое пробирок оставляют для проведения опыта 2в. Написать молекулярное и ионные уравнения, указав цвет осадков.

ОПЫТ 2. Растворение осадков.

а) Наливают в пробирку известковую воду $\text{Ca}(\text{OH})_2$, через этот раствор пропускают углекислый газ из аппарата Киппа. Наблюдают образование белого осадка средней соли, продолжают пропускать пузырьки CO_2 до растворения белого осадка и получения бесцветного прозрачного раствора кислой соли $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Написать молекулярные и ионные уравнения образования карбоната кальция и растворения его. Сделайте вывод об условии получения кислой соли.

б) В обе пробирки опыта 1б добавляют серной кислоты до растворения осадков. Написать молекулярные и ионные уравнения реакции растворения. Объяснить причину сдвига ионного равновесия;

в) Берут пробирки с осадками опыта 1в. В пробирку с синим осадком добавляют хлороводородной кислоты, в пробирку с розовым осадком - разбавленной щелочи. Напишите молекулярные и ионные уравнения. Наблюдать растворение одного из осадков. Дать объяснения наблюдениям.

О П Ы Т 3. Образование газообразного вещества

Все сульфиты, растворимые и нерастворимые в воде, разлагаются минеральными кислотами с выделением диоксида серы, который определяют как запах горящей серы.

К раствору сульфита натрия приливают разбавленной серной кислоты. Обнаруживают запах SO_2 , стараясь запомнить его. Это позволит впредь распознавать диоксид серы органолептически.

Написать молекулярное и ионное уравнение реакции.

О П Ы Т 4. Образование слабых электролитов

а) Наливают в пробирку 1-2 мл раствора ацетата натрия и добавляют разбавленной серной кислоты. Определяют по запаху образующуюся уксусную кислоту;

б) Наливают в пробирку 1-2 мл раствора хлорида аммония и добавляют разбавленной щелочи. Определяют по запаху выделяющийся аммиак;

в) Наливают в пробирку 3 мл раствора сульфата хрома (III) и приливают к нему по каплям раствор разбавленной щелочи до появления серо-зеленого осадка гидроксида хрома.

Содержимое пробирки разделяют на две части. К одной части приливают раствор серной кислоты, к другой - раствор щелочи. Сравнить цвет полученных растворов. Сделать вывод о характере гидроксида хрома.

Для опытов а), б), в) написать молекулярные и ионные уравнения реакций, объяснить причины сдвига ионных равновесий.

Сделать вывод, в каком направлении протекают реакции ионного обмена в растворах электролитов.

5.2. Контрольные вопросы и задания

1. Составить в молекулярном виде уравнения реакций растворения следующих малорастворимых минералов:

а) стронцианит SrCO_3 переводят в водный раствор насыщением CO_2 суспензии минерала в воде;

б) сассолин $\text{B}(\text{OH})_3$ обрабатывают избытком раствора едкого натра;

в) гиббсит $\text{Al}(\text{OH})_3$ хорошо растворяется известковым молоке;

г) азурит $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$ обрабатывают хлороводородной кислотой;

д) гетит Fe_2O_3 хорошо растворяется в серной кислоте;

е) гемиморфит $\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot \text{Zn}_3\text{Si}_2\text{O}_7$ нагревают в растворе гидроксида натрия;

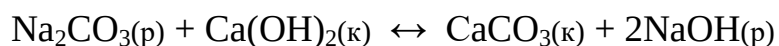
ж) брусит $\text{Mg}(\text{OH})_2$ разлагается раствором серной кислоты;

з) борнит $\text{FeS} \cdot \text{CuS} \cdot 2\text{Cu}_2\text{S}$ обрабатывают соляной кислотой.

2. При смещении водных растворов одного из следующих веществ: NaOH , KOH , CsOH концентрацией 1 моль/л с одинаковыми объемами 1М раствором HCl , HBr , HNO_3 , HClO_4 выделяется примерно одно и то же количество теплоты, составляющее 55-59 кДж/моль. О чем это свидетельствует? Напишите уравнения реакции в ионном виде.

3. При смешении 1М водных растворов одной из следующих кислот: азотной, уксусной, бензойной с одинаковыми объемами 1М растворов KOH обнаруживаются различные тепловые эффекты. Объясните, приведя уравнения реакций в молекулярно-ионном виде.

4. Укажите причины, по которым реакция



обратима, составьте выражение для константы равновесия. Почему в этом процессе образуется только разбавленный раствор гидроксида натрия, а получение концентрированного раствора невозможно?

5. Для переработки карбонатных марганцевых руд предложен способ, основанный на выщелачивании их раствором хлорида кальция:



Можно ли регенерировать раствор хлорида кальция и вывести одновременно марганец в осадок добавлением к продуктам выщелачивания суспензии $\text{Ca}(\text{OH})_2$? Напишите уравнение реакции.

6. Растворение соли слабой кислоты в растворах кислот должно проходить тем быстрее, чем больше концентрация ионов водорода. Однако кальцит CaCO_3 растворяется в растворе уксусной кислоты быстрее, чем в растворе серной. Почему?

7. В 250 мл раствора содержится 1 г NaOH . Вычислите молярную концентрацию и pH этого раствора.

8. Кислые растворы имеют кислый вкус, щелочные - вкус мыла. Сливаются равные объемы растворов хлороводородной кислоты и гидроксида натрия одинаковой концентрации. Какой вкус полученного раствора?

9. Гашеную известь $\text{Ca}(\text{OH})_2$ используют при флотации для создания щелочной среды (pH 12 и более), отделения пирита от сфалерита и сульфидов меди. Как изменяется pH растворов извести при хранении их в открытых емкостях? Напишите уравнение реакции.

6. ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ

Ц е л ь р а б о т ы - Изучение свойств водных растворов, связанных с реакцией гидролиза солей.

Природные воды часто не бывают нейтральными, а имеют либо кислую, либо щелочную среду вследствие гидролиза. При химическом выветривании известняков образуются щелочные растворы, а пиритсодержащих - кислые. Изменение нейтральной реакции среды водного раствора - признак гидролиза соли, обменной химической реакции, протекающей с участием воды. Однако не все соли вступают в реакцию гидролиза. Если растворить в воде хлорид калия KCl , нейтральная реакция среды (pH = 7), характерная для чистой воды, не изменится. Соли, образованные сильным основанием и сильной кислотой (NaCl , LiNO_3 , CsBr и т.п.), в реакцию гидролиза не вступают.

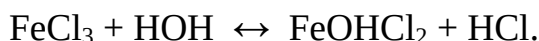
С водой взаимодействуют: 1) соли, образованные слабыми основаниями и сильными кислотами (NH_4Cl , CuSO_4 , $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ и т.п.); 2) соли, образованные слабыми кислотами и сильными основаниями (Na_2S , KCN , BaCO_3 и т.п.); 3) соли, образованные слабыми основаниями и слабыми

кислотами ($\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ и т.п.).

Из рассмотренных примеров следует, что в реакцию с водой вступают катионы слабых оснований и анионы слабых кислот. Если эти ионы многозарядны (Fe^{3+} , Cu^{2+} , CO_3^{2-} , SiO_3^{2-} и т.п.), их взаимодействие с водой обычно идет до образования основного или кислого иона (первая ступень гидролиза). Например, соль FeCl_3 , образованная слабым основанием с сильной кислотой, подвергается гидролизу по катиону:

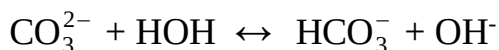


Или в молекулярной форме:

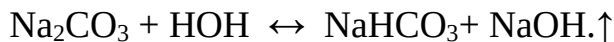


В результате гидролиза соли FeCl_3 появляется избыток катионов H^+ и раствор приобретает кислую реакцию, $\text{pH} < 7$.

Гидролизу по аниону подвергаются соли, образованные сильным основанием и слабой кислотой. В качестве примера запишем уравнение гидролиза соли Na_2CO_3 в ионном виде:

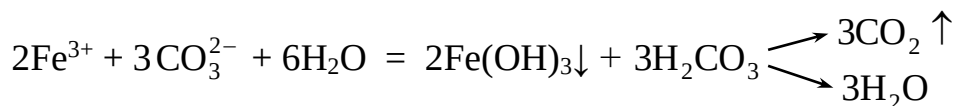
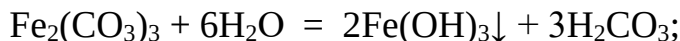


И в молекулярной форме:



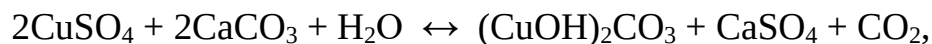
Избыток анионов OH^- придает раствору щелочную реакцию, $\text{pH} > 7$.

Если же соль образована слабым малорастворимым основанием и слабой летучей кислотой, то происходит полный необратимый гидролиз. В таблице растворимости такие соли обозначены прочерком, означающим, что эти соли в водных растворах не существуют. Например, гидролиз карбоната железа (III):

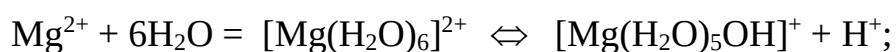


т.е. карбонат железа (III) может существовать только в виде сухой соли, а в растворе он подвергается полному гидролизу, образуя труднорастворимый гидроксид железа (III) и слабую летучую угольную кислоту. В подобных случаях в осадок выпадает наименее растворимый из возможных продуктов гидролиза. Так, растворимость $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ меньше, чем $\text{Cu}(\text{OH})_2$,

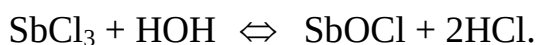
поэтому в зоне окисления минералов меди в известняках встречается малахит



В водном растворе положительные ионы металлов гидратированы. Многие из них связывают воду так прочно, что их можно рассматривать как комплексные ионы. Гидролиз солей, образованных слабыми основаниями и сильными кислотами, происходит за счет молекул воды, входящих в комплексный ион. При этом катион металла выталкивает за пределы внутренней сферы одноименно заряженный ион водорода из молекулы воды, среда становится кислой. Например, при гидролизе хлорида магния координационное число Mg^{2+} равно шести



Ионы Bi^{3+} , Sb^{3+} , Ti^{4+} , V^{4+} обладают настолько сильным поляризующим действием, что выталкивает из молекулы воды оба иона водорода, вследствие чего образуются ионы BiO^+ висмутит, SbO^+ антимонид, TiO^{2+} титанил, VO^{2+} ванадил.



6.1. Экспериментальная часть

О П Ы Т 1. Образование основной соли при гидролизе

В три пробирки наливают по 3-4 капли нейтрального раствора лакмуса и добавляют по 2 мл растворов: в одну пробирку - дистиллированной воды, в другую - сульфата натрия, в третью - сульфата алюминия. Сравнивают окраску индикатора в воде и растворах солей. Сделать вывод о возможности гидролиза.

Написать молекулярное и ионное уравнение реакции гидролиза: отразить отсутствие гидролиза в пробирке с раствором Na_2SO_4 .

О П Ы Т 2. Образование кислой соли при гидролизе

В две пробирки наливают по 3-4 капли нейтрального раствора фенолфталеина и добавляют по 2 мл растворов: хлорида натрия и карбоната натрия. Сравнивают окраску индикатора в воде и растворах солей.

Сделать вывод о возможности гидролиза.

Написать молекулярное и ионное уравнение реакции гидролиза: отразить отсутствие гидролиза в пробирке с раствором NaCl.

О П Ы Т 3. Смещение равновесия гидролиза

Налить в пробирку 1-2 мл раствора нитрата висмута $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ и разбавить его водой в 3-5 раз. Наблюдать образование осадка, т.е. помутнение раствора. Составить молекулярное и ионное уравнение реакции гидролиза, зная, что труднорастворимым продуктом является соль BiONO_3 .

В пробирку с осадком BiONO_3 прибавить несколько капель концентрированной азотной кислоты. Наблюдать растворение осадка. Объяснить наблюдаемое, исходя из уравнения гидролиза.

О П Ы Т 4. Влияние нагревания на гидролиз ацетата натрия

К 3-4 мл раствора уксуснокислого натрия CH_3COONa прибавить 1-2 капли фенолфталеина и нагреть до кипения. Обратит внимание на появление розовой окраски, исчезающей при охлаждении раствора.

Написать ионное и молекулярное уравнение реакции гидролиза уксуснокислого натрия. Объясните различие окраски при нагревании и охлаждении раствора.

О П Ы Т 5. Полный гидролиз (совместный гидролиз)

К 1-2 мл раствора сернокислого алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ прилить такой же объем раствора карбоната натрия Na_2CO_3 . Наблюдать выделение углекислого газа и образование осадка гидроксида алюминия. Написать молекулярное и ионное уравнение совместного гидролиза взятых солей.

6.2. Контрольные вопросы и задания

1. На некоторых обогащательных фабриках иногда барабаны (емкости) из-под цианида натрия обезвреживают 10%-ным раствором железного купороса FeSO_4 . Напишите уравнения реакции, ведущих к образованию в этих условиях циановодородной кислоты, и покажите тем самым, что такой способ растворения цианидов абсолютно недопустим. При подкислении до $\text{pH} \leq 9$ работать с растворами цианида натрия опасно; безопасно при $\text{pH} > 10$.

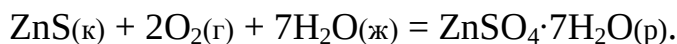
2. Раствор основания и раствор кислоты смешивают в эквивалент-

ных соотношениях. Для каких из перечисленных пар раствор будет иметь нейтральную реакцию:

- а) $\text{NH}_4\text{OH} + \text{HCl}$, б) $\text{NH}_4\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH}$, в) $\text{NaOH} + \text{HCl}$,
г) $\text{NaOH} + \text{CH}_3\text{COOH}$?

3. Сточные воды обогатительных фабрик, содержащие гидрокарбонат кальция, очищают от коллоидных примесей (удалить которые отстаиванием и фильтрованием невозможно) добавлением к ним сульфата алюминия. Образующийся хлопьевидный $\text{Al}(\text{OH})_3$ обволакивает коллоидные частицы примесей и вызывает их осаждение. Объясните образование $\text{Al}(\text{OH})_3$ и напишите уравнение реакции.

4. Определить, возможна ли реакция окисления сфалерита кислородом воздуха в стандартных условиях, если



ΔG_{298}^0 , кДж/моль	-201	-237	-2564
-------------------------------	------	------	-------

Сделайте вывод о кислотности рудничных вод, содержащих в качестве продукта выветривания сульфат цинка, записав уравнение реакции гидролиза в молекулярном и ионном виде.

5. При окислении пирита, преобладающего в колчеданных рудах, кислородом, растворенным в воде, выделяется сульфат железа (III). Поступая с нисходящим током растворов в нижние горизонты, он реагирует с породой. Сделайте вывод о составе породы, если наблюдается совместное образование гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и лимонита $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Напишите уравнение реакции взаимодействия сульфата железа (III) и породы.

6. Объясните, приведя молекулярно-ионное уравнение, почему при нагревании раствора NaHCO_3 реакция среды из слабощелочной переходит в сильнощелочную.

7. В водном растворе хлорида цинка при нагревании происходит растворение кусочка металлического цинка. Напишите уравнения реакции, объясняя причину выделения водорода.

8. В жесткой воде ионы железа обычно присутствуют в виде гидрокарбоната железа (II). При хранении такой воды в открытых сосудах, железо окисляется кислородом воздуха, вода мутнеет из-за выпадения в осадок $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Напишите уравнение реакции, в результате которой образуется гидроксид железа (III).



**ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный
университет»**

И. А. Низова, Н. А. Зайцева

**ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ
ПО КУРСУ «ХИМИЯ»
ЧАСТЬ II**

Окислительно-восстановительные реакции

**Учебное пособие для студентов
горно-технологического факультета**

Екатеринбург

2020

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

И. А. Низова, Н. А. Зайцева

ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ ПО КУРСУ «ХИМИЯ»

ЧАСТЬ II

Окислительно-восстановительные реакции

Учебное пособие для студентов

ФАКУЛЬТЕТА ФГИГ

Издание УГГУ

Екатеринбург, 2020

Рецензент: Г. Л. Левит, кандидат химических наук, старший научный сотрудник Института органического синтеза УрО РАН

Низова И.А., Зайцева Н.А.

ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ ПО КУРСУ «ХИМИЯ», часть II. Окислительно-восстановительные процессы: учебное пособие / И.А. Низова, Н.А. Зайцева – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2020. – 30 с.

В учебном пособии изложены краткие сведения об окислительно-восстановительных процессах и основных приемах составления уравнений окислительно-восстановительных реакций. Пособие содержит 20 вариантов заданий для внеаудиторной самостоятельной работы по каждой теме.

Для студентов горно-технологического факультета.

© Низова И.А., Зайцева Н.А. 2017

© Уральский государственный
горный университет, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Степени окисления элементов. Окислители и восстановители.....	6
2. Классификация окислительно-восстановительных реакций.....	8
3. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций. Метод электронного баланса.....	10
4. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций. Метод электронно - ионного баланса (метод полуреакций).....	13
5. Направление протекания окислительно-восстановительных реакций.....	22
Список литературы.....	20

Окислительно-восстановительными реакциями (ОВР) называют реакции, протекающие с изменением степени окисления элементов.

1. Степени окисления элементов. Окислители и восстановители.

Степень окисления – условный заряд атома, рассчитанный из предположения, что все связи в соединении ионные.

Правила вычисления степени окисления:

1. Сумма степеней окисления всех атомов, входящих в молекулу равно нулю, а всех атомов, составляющих сложный ион – заряду иона.

2. Степень окисления атома в простом веществе равна нулю.

3. Некоторые элементы имеют в соединениях постоянную степень окисления:

Фтор – только -1

Щелочные металлы (Na, K, Li, Rb, Cs) – только $+1$

Щелочноземельные металлы (Ca, Sr, Ba), Zn, Mg, Be - только $+2$

Алюминий – только $+3$.

4. Водород почти во всех соединениях имеет степень окисления $+1$. Исключение составляют гидриды металлов (NaH , CaH_2 и др.), где степень окисления водорода отрицательна (-1). Кислород почти во всех соединениях имеет степень окисления -2 . Исключение составляют фторид кислорода OF_2 , (степень окисления кислорода $+1$) и пероксиды H_2O_2 , Na_2O_2 и т.д. (степень окисления кислорода -1).

5. Максимальная положительная степень окисления элемента обычно совпадает с номером его группы в периодической системе. Максимальная отрицательная степень окисления элемента равна максимальной положительной степени окисления минус восемь. Исключение составляют фтор, кислород, железо: их высшая степень окисления выражается числом, значение которого ниже, чем номер группы, к которой они относятся. У элементов подгруппы меди, наоборот, высшая степень окисления больше единицы, хотя они и относятся к I группе.

Во время ОВР происходит обмен электронами: окислитель присоединяет электроны (сам при этом восстанавливается), восстановитель отдает электроны

(сам при этом окисляется). Окисление всегда сопровождается восстановлением и наоборот. Число электронов, отдаваемых восстановителем, всегда равно числу электронов, принимаемых окислителем.

Важнейшими окислителями и восстановителями могут быть как простые, так и сложные вещества. Так как окислитель содержит в своем составе элемент, понижающий степень окисления, а восстановитель содержит элемент, степень окисления которого повышается в ходе реакции, окислителями могут быть прежде всего соединения высших ступеней окисления, а восстановителями - низших степеней окисления, присущих данному элементу.

Из простых веществ сильными окислителями являются неметаллы верхней части VI и VII групп периодической системы, за счёт высокой электроотрицательности их атомов. Сильнее всего окислительные свойства выражены у фтора F_2 , но в практике чаще пользуются в качестве окислителей кислородом O_2 , озоном O_3 , хлором Cl_2 и бромом Br_2 . К простым веществам – восстановителям относятся водород H_2 , углерод C и металлы, из которых на практике чаще применяют алюминий, магний, натрий и цинк.

Из сложных веществ в лабораторной практике наиболее часто используются следующие окислители: перманганат калия $KMnO_4$; дихромат калия $K_2Cr_2O_7$; растворы азотной кислоты HNO_3 различных концентраций; концентрированная серная кислота H_2SO_4 ; пероксид (перекись) водорода; оксиды марганца (IV) MnO_2 , и свинца (IV) PbO_2 ; смесь концентрированных азотной и соляной кислот (1:3, «царская водка»), хлорная кислота $HClO_4$.

Из сложных веществ в лабораторной практике наиболее часто используются следующие восстановители: иодид калия KI ; сульфит натрия Na_2SO_3 ; сульфид натрия Na_2S и сероводород H_2S ; хлорид олова $SnCl_2$, монооксид углерода (угарный газ) аммиак NH_3 .

Некоторые из этих веществ проявляют как окислительные, так и восстановительные свойства в зависимости от ОВР: CO , H_2O_2 , MnO_2 , так как содержат элемент в промежуточной степени окисления.

Вопросы для самостоятельной работы

1. Определите степени окисления всех элементов, входящих в состав следующих веществ:

Номер варианта	Вещества	Номер варианта	Вещества
1	MnO ₂ , CH ₄ , Cl ₂ , KMnO ₄	11	HF, Zn, H ₃ PO ₄ , NH ₄ Cl
2	H ₂ O ₂ , H ₂ SO ₄ , I ₂ , K ₂ Cr ₂ O ₇	12	H ₂ SO ₃ , NaH ₂ SbO ₃ , Au, ZnCl ₂
3	NaH, F ₂ , K ₂ HPO ₄ , N ₂ H ₄	13	NH ₄ HS, P, C ₆ H ₆ , Ba(ClO ₄) ₂
4	OF ₂ , C ₂ H ₆ , O ₂ , K ₂ MnO ₄	14	NaNO ₂ , Ca(HS) ₂ , Ag, PH ₃
5	CaH ₂ , C ₂ H ₄ , Br ₂ , Fe ₂ (SO ₄) ₃	15	BaCO ₃ , AsH ₃ , Ca, Na ₃ SbO ₄
6	PbO ₂ , C ₂ H ₂ , O ₃ , MnOHNO ₃	16	HNO ₃ , Xe, KClO ₄ , NH ₄ OH
7	Na ₂ O ₂ , N ₂ , H ₂ O, K ₂ SiO ₃	17	Sn(OH) ₂ , CuCl ₂ , K ₂ S, Mn
8	H ₂ S, Mg, Na ₃ SbO ₃ , Cr(OH) ₃	18	Al ₂ S ₃ , Na ₂ SO ₃ , NaClO, Se
9	Na ₂ S, NH ₃ , H ₂ , KHCO ₃	19	NaClO ₂ , Al ₄ C ₃ , He, Bi(NO ₃) ₃ ,
10	AlP, CO, HCl, NH ₄ NO ₃	20	NaHSO ₃ , Si, Na ₃ AsO ₃ , Cr(OH) ₃

2. В каких из перечисленных соединений хлор может проявлять только окислительные свойства: NaCl, NaClO, HCl, KClO₃, NaClO₄, Cl₂O₇, HClO₂ ?

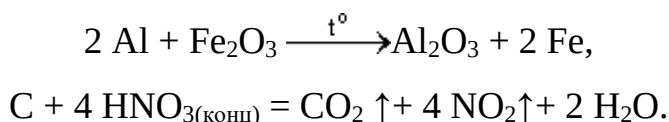
3. В каких из перечисленных соединений азот может проявлять только восстановительные свойства: NaNO₂, NO, N₂O₃, N₂H₄, N₂O, HNO₃, N₂O₅, NH₄NO₃, NH₃, NH₄Cl?

4. В каких из перечисленных соединений сера может быть как окислителем, так и восстановителем: H₂SO₄, Ca(HS)₂, H₂S, Na₂SO₃, Na₂S, SO₂, Na₂S₂O₃, SO₃, SO?

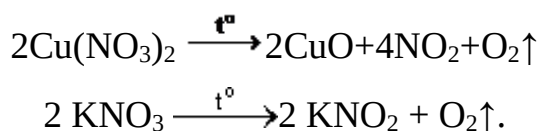
2. Классификация окислительно–восстановительных реакций

Окислительно-восстановительные реакции обычно разделяют на три типа: межмолекулярные, внутримолекулярные и реакции диспропорционирования (самоокисления-самовосстановления). Иногда в эту классификацию добавляют четвертый тип – реакции конпропорционирования.

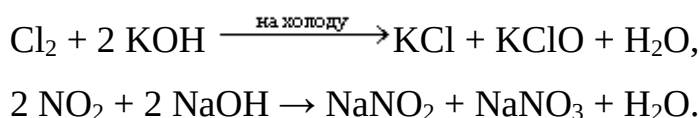
1) Межмолекулярные реакции протекают с изменением степени окисления атомов, которые находятся в различных молекулах. Например:



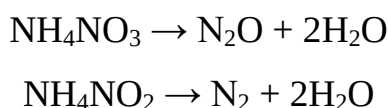
2) К внутримолекулярным реакциям относятся такие реакции, в которых окислитель и восстановитель входят в состав одной и той же молекулы, например:



3) В реакциях диспропорционирования (самоокисления-самовосстановления) один и тот же элемент является и окислителем, и восстановителем:



4) В реакциях конпропорционирования один и тот же химический элемент, имеющий разные степени окисления, в результате приводится к единой степени окисления:



Вопросы для самостоятельной работы

1. Какие из перечисленных веществ могут вступать в реакции диспропорционирования: HNO_3 , HNO_2 , H_2SO_4 , NH_4NO_3 , Br_2 , H_2O_2 , CaH_2 ?

2. Приведите пример реакции межмолекулярного конпропорционирования.

3. Является ли реакция разложения перманганата калия реакцией диспропорционирования? Реакцией конпропорционирования?



3. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций.

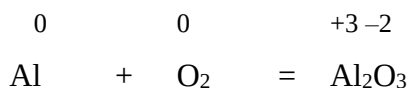
Метод электронного баланса

Для составления уравнений ОВР используются два метода: метод электронного баланса и метод полуреакций (электронно-ионного баланса). При использовании любого из этих методов прежде всего необходимо определить окислитель и восстановитель, рассчитав степени окисления всех элементов в левой и правой частях уравнения. Затем записать отдельно процесс окисления и процесс восстановления, соблюдая принцип электронного баланса: число электронов, отданных восстановителем, должно быть равно числу электронов, принятых окислителем.

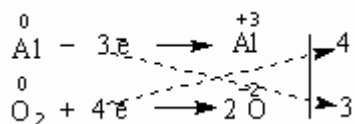
Метод электронного баланса универсален, он позволяет определить коэффициенты реакций, протекающих как в растворах, так и без растворителя, в веществах в любых агрегатных состояниях. Он удобен для написания реакций термического разложения, взаимодействия двух простых веществ

Пример 1. $\text{Al} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$

Определим степени окисления:

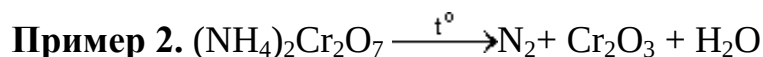
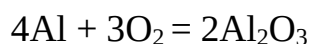


Алюминий отдает электроны (приобретает положительную степень окисления), а кислород – принимает электроны (приобретает отрицательную степень окисления). Чтобы получить степень окисления +3, атом алюминия должен отдать 3 электрона. Молекула кислорода, чтобы превратиться в кислородные атомы со степенью окисления –2, должна принять 4 электрона:

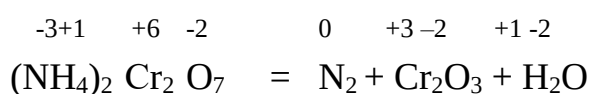


Чтобы количество отданных и принятых электронов выровнялось, первое уравнение надо умножить на 4, а второе – на 3. Для этого достаточно переместить числа отданных и принятых электронов против верхней и нижней строчки так, как показано на схеме вверху.

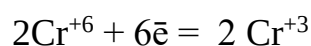
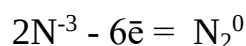
Если теперь в уравнении перед восстановителем (Al) мы поставим найденный нами коэффициент 4, а перед окислителем (O₂) – найденный нами коэффициент 3, то количество отданных и принятых электронов выравнивается и становится равным 12. Электронный баланс достигнут. Видно, что перед продуктом реакции Al₂O₃ необходим коэффициент 2. Теперь уравнение окислительно-восстановительной реакции уравнено:



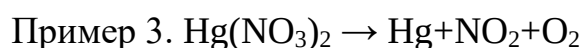
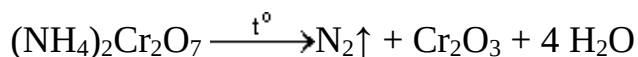
Определим степени окисления:



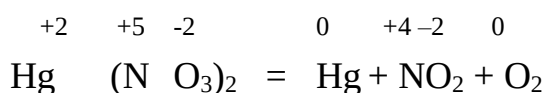
Азот отдаёт электроны, хром получает.



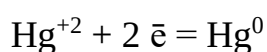
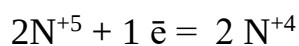
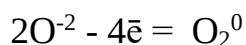
Число электронов отданных и принятых одинаково, электронный баланс достигнут. Видно, что перед продуктом реакции H₂O необходим коэффициент 4. Теперь уравнение окислительно-восстановительной реакции уравнено:



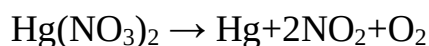
Определим степени окисления:



Кислород отдаёт электроны, ртуть и азот получают, здесь вместо привычных двух участников обмена электронами их сразу три:



Число электронов отданных и принятых одинаково, электронный баланс достигнут. Видно, что перед продуктом реакции NO₂ необходим коэффициент 2. Теперь уравнение окислительно-восстановительной реакции уравнено:



Задания для самостоятельной работы

1. Расставьте коэффициенты уравнениях реакций разложения методом электронного баланса (по вариантам). Укажите окислитель и восстановитель:

Номер варианта	Схема реакции	Номер варианта	Схема реакции
1	$\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{NO}_2$	11	$\text{BaO}_2 \rightarrow \text{BaO} + \text{O}_2$
2	$\text{K}_2\text{MnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2$	12	$\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$
3	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{ZnO} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$	13	$\text{FeSO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2 + \text{SO}_3$
4	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{O}_2 + \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{CrO}_4$	14	$\text{KClO}_4 \rightarrow \text{KCl} + \text{O}_2$
5	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{NO}_2 + \text{O}_2$	15	$\text{CdSO}_3 \rightarrow \text{CdSO}_4 + \text{CdS}$
6	$\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2$	16	$\text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$
7	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{NO}_2 + \text{O}_2$	17	$\text{NaClO}_2 \rightarrow \text{NaClO}_3 + \text{NaCl}$
8	$\text{HNO}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	18	$\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{O}_2$
9	$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{CoO} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$	19	$\text{SnSO}_4 \rightarrow \text{SnO}_2 + \text{SO}_2$
10	$\text{LiNO}_3 \rightarrow \text{Li}_2\text{O} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$	20	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Ni}(\text{NO}_2)_2 + \text{O}_2$

2. Расставьте коэффициенты уравнениях реакций замещения методом электронного баланса (по вариантам). Укажите окислитель и восстановитель:

Номер варианта	Схема реакции	Номер варианта	Схема реакции
1	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{C} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{Fe}$	11	$\text{Zn} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ag}$
2	$\text{KBr} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{KCl} + \text{Br}_2$	12	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Mg} \rightarrow \text{MgO} + \text{Al}$
3	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Fe}$	13	$\text{MnO}_2 + \text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Mn}$
4	$\text{Al} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2$	14	$\text{H}_2\text{S} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{S} + \text{HBr}$
5	$\text{O}_2 + \text{HI} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{I}_2$	15	$\text{CuCl}_2 + \text{Cr} \rightarrow \text{Cu} + \text{CrCl}_3$
6	$\text{Al} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Cu}$	16	$\text{Mg} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{MgO} + \text{Si}$
7	$\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$	17	$\text{NaI} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{NaCl} + \text{I}_2$
8	$\text{TiO}_2 + \text{Mg} \rightarrow \text{MgO} + \text{Ti}$	18	$\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{NaOH}$
9	$\text{Al} + \text{FeO} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}$	19	$\text{KClO}_3 + \text{I}_2 \rightarrow \text{KIO}_3 + \text{Cl}_2$
10	$\text{KI} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{KBr} + \text{I}_2$	20	$\text{Al} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_2$

4. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций.

Метод электронно - ионного баланса (метод полуреакций).

Метод полуреакций применим преимущественно для реакций в растворах, зато он позволяет определить коэффициенты не только у окислителя и восстановителя, но и вещества, определяющего среду раствора (кислота, щёлочь, вода), и более удобен для тех реакций, где участвуют органические молекулы. От метода электронного баланса он отличается тем, что окисление и восстановление записывают не для отдельных атомов, а для частиц, реально присутствующих в растворе: катионов, анионов, молекул. Сильные электролиты записываются в виде ионов, слабые электролиты, газы, нерастворимые вещества – в виде молекул. Для материального баланса по кислороду и водороду используются ионы H^+ или OH^- и молекулы воды. При использовании этого метода, кроме алгоритма составления полуреакций, необходимо придерживаться нескольких правил:

1. В кислой среде ни в левой, ни в правой части не должно быть ионов OH^- .
Уравнивание осуществляется за счет ионов H^+ и молекул воды.
2. В щелочной среде ни в левой, ни в правой части не должно быть ионов H^+ .
Уравнивание осуществляется за счет ионов OH^- и молекул воды.
3. В нейтральной среде ни ионов H^+ , ни OH^- в левой части быть не должно. Однако в правой части среди продуктов реакции они могут появиться.

Алгоритм подбора коэффициентов в уравнениях ОВР методом ионно-электронного баланса:

1. Составить молекулярную схему реакции с указанием исходных веществ и продуктов реакции.
2. Составить полную ионно-молекулярную схему реакции, записывая слабые электролиты, малорастворимые, нерастворимые и газообразные вещества в молекулярном виде, а сильные электролиты – в ионном.
3. Исключив из ионно-молекулярной схемы ионы, не изменяющиеся в результате реакции (без учета их количества), переписать схему в кратком ионно-молекулярном виде.

4. Отметить элементы, изменяющие в результате реакции степень окисления; найти окислитель, восстановитель, продукты восстановления, окисления.

5. Составить схемы полуреакций окисления и восстановления, для этого:

а) указать восстановитель и продукт окисления, окислитель и продукт восстановления;

б) уравнивать число атомов каждого элемента в левой и правой частях полуреакций (выполнить баланс по элементам) в последовательности: элемент, изменяющий степень окисления, кислород, другие элементы; при этом следует помнить, что в водных растворах в реакциях могут участвовать молекулы H_2O , ионы H^+ или OH^- в зависимости от характера среды:

Процесс	Кислая среда	Нейтральная среда	Щелочная среда
Связывание избытка кислорода	$\text{O}^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$	$\text{O}^{2-} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{OH}^-$	$\text{O}^{2-} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{OH}^-$
Восполнение недостатка кислорода	$\text{H}_2\text{O} = \text{O}^{2-} + 2\text{H}^+$	$\text{H}_2\text{O} = \text{O}^{2-} + 2\text{H}^+$	$2\text{OH}^- = \text{O}^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

в) уравнивать суммарное число зарядов в обеих частях полуреакций; для этого прибавить или отнять в левой части полуреакций необходимое число электронов (баланс по зарядам).

6. Найти наименьшее общее кратное (НОК) для числа отданных и полученных электронов.

7. Найти основные коэффициенты при каждой полуреакции. Для этого полученное в п.6 число (НОК) разделить на число электронов, фигурирующих в данной полуреакции.

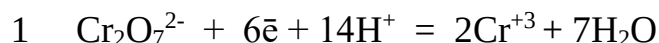
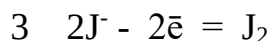
8. Умножить полуреакции на полученные основные коэффициенты, сложить их между собой: левую часть с левой, правую – с правой (получить ионно-молекулярное уравнение реакции). При необходимости “привести подобные” ионы с учетом взаимодействия между ионами водорода и гидроксид-ионами: $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$.

9. Расставить коэффициенты в молекулярном уравнении реакции.

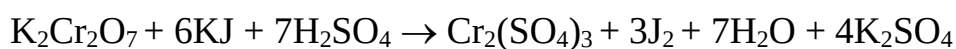
10. Провести проверку по частицам, не участвующим в ОВР, исключенным из полной ионно-молекулярной схемы (п.3). При необходимости коэффициенты для них находят подбором.

11. Провести окончательную проверку по кислороду.

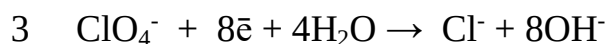
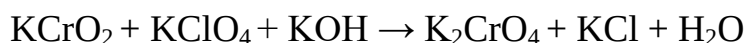
Пример 3. В кислой среде:



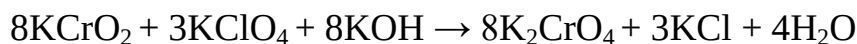
Суммарное молекулярное уравнение реакции:



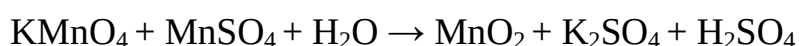
Пример 4. В щелочной среде:



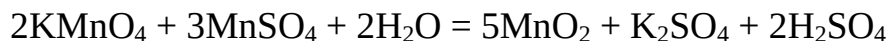
Суммарное молекулярное уравнение реакции



Пример 5. В нейтральной среде:



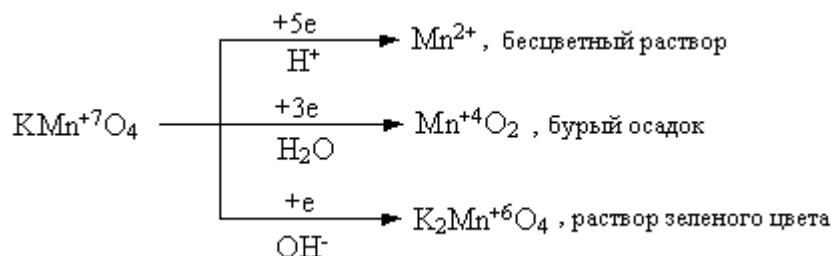
Суммарное молекулярное уравнение реакции:



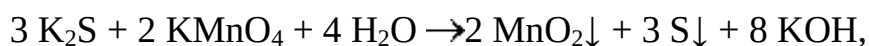
Примеры некоторых часто используемых ОВР:

1) Окислительно-восстановительные реакции с участием перманганата калия

В зависимости от среды (кислая, нейтральная, щелочная) перманганат калия, выступая в качестве окислителя, дает различные продукты восстановления:

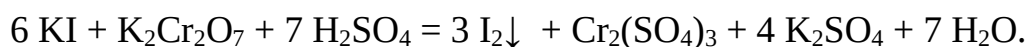
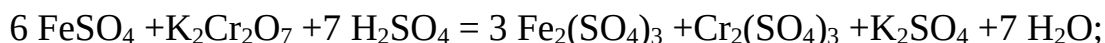


Ниже приведены реакции KMnO_4 с сульфидом калия в качестве восстановителя в различных средах. В этих реакциях продуктом окисления сульфид-иона является свободная сера. В щелочной среде молекулы KOH не принимают участие в реакции, а лишь определяют продукт восстановления перманганата калия.



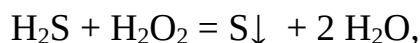
2) Окислительно-восстановительные реакции с участием дихромата калия

В кислой среде дихромат калия является сильным окислителем. Смесь $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и концентрированной H_2SO_4 (хромпик, хромовая смесь) широко используется в лабораторной практике в качестве окислителя. Взаимодействуя с восстановителем одна молекула дихромата калия принимает шесть электронов, образуя соединения трехвалентного хрома:

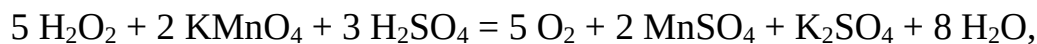


3) Окислительно-восстановительные реакции с участием пероксида водорода

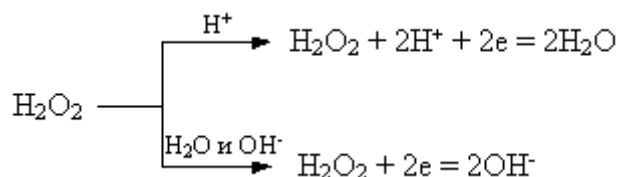
Пероксид водорода и нитрит калия проявляют преимущественно окислительные свойства:



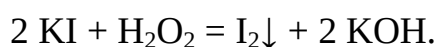
Однако, при взаимодействии с сильными окислителями (такими как, например, KMnO_4), пероксид водорода и нитрит калия выступают в качестве восстановителей:



Пероксид водорода в зависимости от среды восстанавливается по-разному:



При этом в результате реакций образуется вода или гидроксид-ионы:



Задания для самостоятельной работы

Расставьте коэффициенты уравнениях методом полуреакций. Укажите окислитель и восстановитель.

Вариант 1.

- 1) $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KBr} + \text{KBrO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2\uparrow + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- 4) $\text{C}_3\text{H}_6 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2\downarrow + \text{C}_2\text{H}_6(\text{OH})_2 + \text{KOH}$

Вариант 2

- 1) $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{S}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{S} + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{S} + \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}.$
- 3) $\text{BaS} + \text{HNO}_{3(\text{конц.})} \rightarrow \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{S}\downarrow + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 4) $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CH}_3(\text{CO})\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$

Вариант 3

- 1) $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{S}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{NO}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaNO}_2 + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{CrCl}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl}$
- 4) $\text{CH}_3\text{C}=\text{C}(\text{CH}_3)_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CH}_3(\text{CO})\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{COOH}$

Вариант 4

- 1) $\text{Al} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц., гор.})} \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{S}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

- 2) $\text{AuCl}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{Au} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2\uparrow + \text{KCl}$
- 3) $\text{KMnO}_4 + \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2\downarrow + \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + \text{KOH}$
- 4) $\text{C}_5\text{H}_{10} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{C}_2\text{H}_5\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COOH}$

Вариант 5

- 1) $\text{Ag} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц., гор.})} \rightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_4\downarrow + \text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{NH}_4\text{HS} + \text{HNO}_{3(\text{конц.})} \rightarrow \text{S}\downarrow + 2\text{NO}_2\uparrow + \text{NH}_4\text{NO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{MnO}_2\downarrow + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- 4) $\text{C}_6\text{H}_{12} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$

Вариант 6

- 1) $\text{Bi} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Bi}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{CuS} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO}_2\uparrow + \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{C} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_{7(\text{конц.})} \rightarrow \text{CO}_2\uparrow + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- 4) $\text{HCOH} + \text{NaOH} + \text{I}_2 \rightarrow \text{HCOONa} + \text{NaI} + \text{H}_2\text{O}$

Вариант 7

- 1) $\text{Ag} + \text{HNO}_{3(\text{разб.})} \rightarrow \text{AgNO}_3 + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KBr} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{Br}_2 + \text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HBr}$
- 4) $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$

Вариант 8

- 1) $\text{Ba} + \text{HNO}_{3(\text{разб.})} \rightarrow \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{MnO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2\uparrow$
- 3) $\text{As}_2\text{O}_3 + \text{NaOH} + \text{NaNO}_3 \rightarrow \text{Na}_3\text{AsO}_4 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 4) $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_3 + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COOK} + \text{KOH} + \text{MnO}_2\downarrow + \text{H}_2\text{O}$

Вариант -9

- 1) $\text{Be} + \text{HNO}_{3(\text{разб., гор.})} \rightarrow \text{Be}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{P} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + \text{NaClO} + \text{NaOH}_{(\text{конц.})} \rightarrow \text{NaBiO}_3\downarrow + \text{NaNO}_3 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
- 4) $\text{C}_6\text{H}_5\text{-C}_2\text{H}_5 + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COOK} + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Вариант 10

- 1) $\text{Cd} + \text{HNO}_{3(\text{конц.})} \rightarrow \text{Cd}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{AlBr}_{3(\text{твр.})} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Br}_2 + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{AsH}_3 + \text{NaOH}_{(\text{разб.})} + \text{NaClO} \rightarrow \text{Na}_3\text{AsO}_4 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
- 4) $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH} + \text{H}_2\text{O}$

Вариант 11

- 1) $\text{Ca} + \text{HNO}_{3(\text{разб.})} \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{NH}_4\text{I}_{(\text{тв.})} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \rightarrow \text{I}_2\downarrow + \text{H}_2\text{S}\uparrow + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{HSO}_4$
- 3) $\text{Bi}(\text{OH})_3 + \text{KOH}_{(\text{конц.})} + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{KBiO}_3\downarrow + \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- 4) $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}(\text{CH}_3)_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$

Вариант 12

- 1) $\text{Ba} + \text{HNO}_{3(\text{оч. разб.})} \rightarrow \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{Au}_2\text{S}_3 + \text{HNO}_{3(\text{конц.})} \rightarrow \text{Au}\downarrow + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{HBrO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{S} \rightarrow \text{HBr} + \text{H}_2\text{SO}_4$
- 4) $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_3 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH} + \text{H}_2\text{O}$

Вариант 13

- 1) $\text{Bi} + \text{HNO}_{3(\text{разб.})} \rightarrow \text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{PbO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{PbCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{AsH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{As}_2\text{O}_3\downarrow + \text{Ag}\downarrow + \text{HNO}_3$
- 4) $\text{CH}_3\equiv\text{CCH}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

Вариант 14

- 1) $\text{Cd} + \text{HNO}_{3(\text{конц.})} \rightarrow \text{Cd}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{C}_2\text{N}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KCN} + \text{KCNO} + \text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HI}$
- 4) $\text{C}_4\text{H}_8 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O} + \text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$

Вариант 15

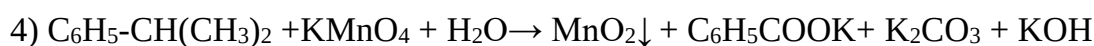
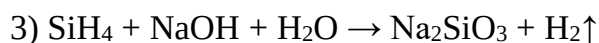
- 1) $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{AlP} + \text{HNO}_{3(\text{конц., гор.})} \rightarrow \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{Br}_2 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HBr} + \text{H}_2\text{SO}_4$
- 4) $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

Вариант 16

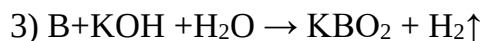
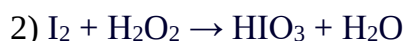
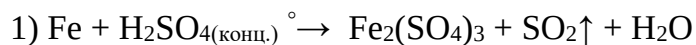
- 1) $\text{Cu} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CrO}_6 + \text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{Si} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\uparrow$
- 4) $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

Вариант 17

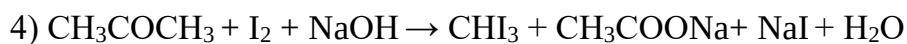
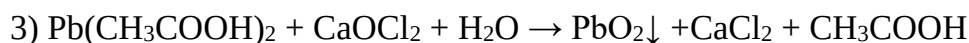
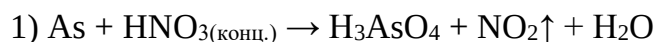
- 1) $\text{As} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц., гор.})} \rightarrow \text{As}_2\text{O}_3\downarrow + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{B}_2\text{S}_3 + \text{HNO}_{3(\text{конц.})} \rightarrow \text{H}_3\text{BO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$



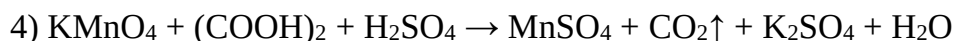
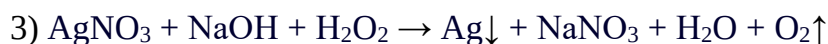
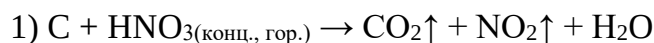
Вариант 18



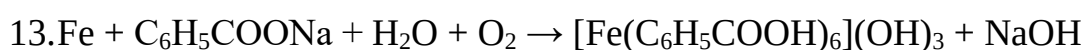
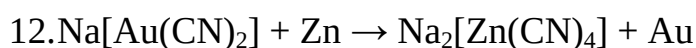
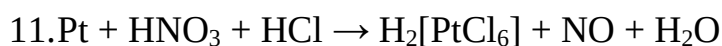
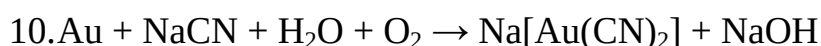
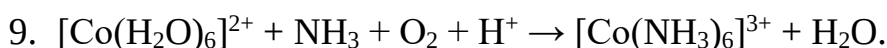
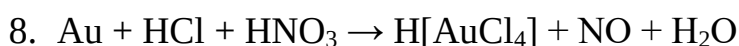
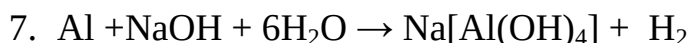
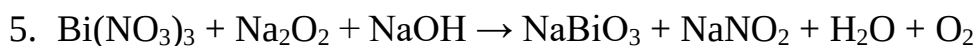
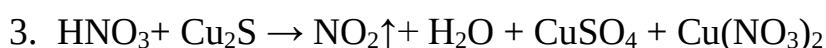
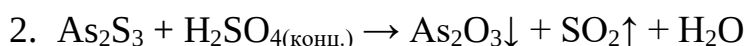
Вариант 19



Вариант 20

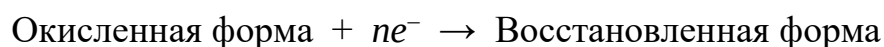


Дополнительные уравнения



Направление протекания окислительно-восстановительных реакций

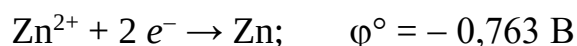
Направление протекания ОВР в водном растворе устанавливается в стандартных условиях по значениям **стандартных потенциалов** φ° полуреакций восстановления:



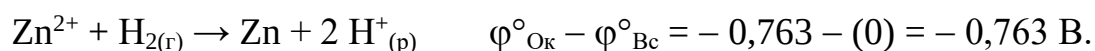
Окислительно-восстановительные реакции протекают самопроизвольно, если разность стандартных электродных потенциалов окислителя и восстановителя, или э.д.с. окислительно-восстановительной реакции $\Delta E > 0$.

Стандартные условия протекания реакции: температура 298,15 К, давление в системе при отсутствии газообразных реагентов или продуктов 1 атмосфера (101325 Па), парциальное давление каждого газообразного реагента или продукта при их наличии 1 атмосфера. Стандартная концентрация каждой окисленной и восстановленной формы в растворе 1 моль/л. Стандартные потенциалы измеряют по отношению к стандартному водородному электроду, потенциал которого условно принят равным нулю.

Если значение φ° для окислительно-восстановительной пары, отрицательное, например



то реакция, в которой Zn^{2+} – окислитель и H_2 – восстановитель, характеризуется отрицательным значением разности стандартных потенциалов соответствующих пар.

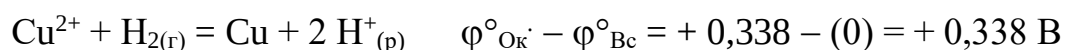


Направление ОВР определяет окислитель, у которого значение электродного потенциала больше. На практике самопроизвольно осуществляется обратный процесс: $\text{Zn} + 2\text{H}^+_{(\text{р})} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_{2(\text{г})}$ $\varphi^\circ_{\text{Ок}} - \varphi^\circ_{\text{Вс}} = 0 - (-0,763) = +0,763 \text{ В}$

Для положительных значений φ° , например пары $\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}$

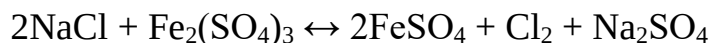


реакция



где $2\text{H}^+_{(\text{p})}$ – окислитель и H_2 – восстановитель, характеризуется положительным значением разности потенциалов, и может протекать самопроизвольно.

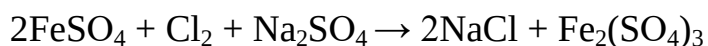
Пример 1. Установить, в каком направлении возможно самопроизвольное протекание реакции



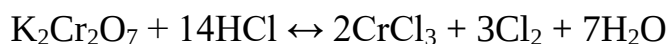
Запишем уравнения электронного баланса и стандартные электродные потенциалы электрохимических систем, участвующих в реакции :



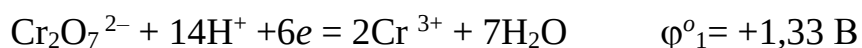
Поскольку $\varphi_1^\circ > \varphi_2^\circ$, то окислителем будет служить хлор, а восстановителем – ион Fe^{2+} ; рассматриваемая реакция будет протекать так:



Пример 2. Установить, в каком направлении возможно самопроизвольное протекание реакции



Запишем уравнения электронно-ионного баланса и стандартные электродные потенциалы электрохимических систем, участвующих в реакции:



Поскольку $\varphi_2^\circ > \varphi_1^\circ$, то окислителем будет служить хлор, а восстановителем – бихромат-ион; рассматриваемая реакция будет протекать так::



В примере 1 стандартные электродные потенциалы взаимодействующих электрохимических систем существенно различались, так что направление протекания процесса однозначно определялось значениями φ° при любых концентрациях реагирующих веществ. В тех случаях, когда сравниваемые

значения φ^0 близки (разность не более 0,3 В), направление протекания процесса может изменяться в зависимости от концентраций участников реакции (пример 2).

Величина окислительно-восстановительного потенциала в условиях, отличающихся от стандартных, определяется уравнением Нернста:

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{RT}{nF} \cdot \ln \frac{[Ox]}{[Red]},$$

где φ – окислительно-восстановительный потенциал в данных условиях, В;

φ^0 – стандартный окислительно-восстановительный потенциал, В;

R – универсальная газовая постоянная (8.314 Дж/(моль·К));

T – абсолютная температура, К;

n – число электронов, принимающих участие в потенциалоопределяющей полуреакции;

F – постоянная Фарадея ($F = 96484.56$ Кл/моль);

$[Ox]$ – концентрация окисленной формы ионов;

$[Red]$ – концентрация восстановленной формы ионов.

Концентрация твердой фазы принимается за единицу.

Для стандартной температуры 298 К и с переходом от натурального логарифма к десятичному уравнение Нернста будет иметь вид

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{0,059}{n} \cdot \lg \frac{[Ox]}{[Red]},$$

Пример 3. Определить направление возможного самопроизвольного протекания реакции



при стандартной температуре и следующих концентрациях ионов:

а) $[\text{Ag}^+] = 10^{-4}$ моль/л, $[\text{Hg}_2^{2+}] = 10^{-1}$ моль/л;

б) $[\text{Ag}^+] = 10^{-1}$ моль/л, $[\text{Hg}_2^{2+}] = 10^{-4}$ моль/л.

Выпишем значения стандартных электродных потенциалов взаимодействующих электрохимических систем:



По уравнению Нернста вычислим значения электродных потенциалов при указанных в условиях задачи концентрациях.

$$\text{а) } \varphi_1 = \varphi_1^0 + 0,059/2 \cdot \lg [\text{Hg}_2^{2+}] = 0,79 + 0,030 \lg 10^{-1} = 0,79 - 0,03 = 0,76 \text{ В};$$

$$\varphi_2 = \varphi_2^0 + 0,059 \cdot \lg [\text{Ag}^+] = 0,80 + 0,059 \lg 10^{-4} = 0,80 - 0,24 = 0,56 \text{ В}.$$

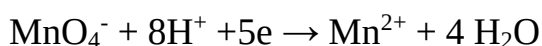
В данном случае $\varphi_1 > \varphi_2$, реакция будет протекать справа налево.

$$\text{б) } \varphi_1 = 0,79 + 0,030 \cdot \lg 10^{-4} = 0,79 - 0,12 = 0,67 \text{ В};$$

$$\varphi_2 = 0,80 + 0,059 \cdot \lg 10^{-1} = 0,80 - 0,06 = 0,74 \text{ В}.$$

Теперь $\varphi_1 < \varphi_2$, и реакция протекает слева направо.

Зависимость окислительной способности некоторых веществ от кислотности среды так же определяется уравнением Нернста. Например, для полуреакции



окислительно-восстановительный потенциал можно вычислить по формуле

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{0,059}{5} \cdot \lg \frac{[\text{MnO}_4^-] \cdot [\text{H}^+]^8}{[\text{Mn}^{2+}]}, \text{ или}$$

$$\varphi = 1,507 + 0,012 \cdot \lg \frac{[\text{MnO}_4^-]}{[\text{Mn}^{2+}]} - 0,095 \text{pH}$$

Потенциалы процесса зависят от pH среды и будут тем больше, чем кислее раствор. Зависимость окислительного потенциала KMnO_4 от концентрации ионов водорода пользуются для фракционного окисления анионов галогенидов до свободных галогенов. При pH от 5 до 6 перманганат окисляет только йодиды до йода (не действуя на бромиды и хлориды), при pH = 3 окисляются бромиды, и только при значительно более высокой кислотности окисляются хлориды.

Задания для самостоятельной работы

Обоснуйте возможность самопроизвольного протекания реакций №1 вашего варианта на стр. 16-19, используя Приложение.

Приложение

Таблица 1

СТАНДАРТНЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ

Элемент	Реакция	E ⁰	Элемент	Реакция	E ⁰
Ag	$\alpha\text{-Ag}_2\text{S} + 2\bar{e} = 2\text{Ag} + \text{S}^{2-}$	-0,70	B	$\text{BF}_4^- + 3e = \text{B} + 4\text{F}^-$	-1,04
	$\text{Ag}(\text{CN})_2^- + \bar{e} = \text{Ag} + 2\text{CN}^-$	-0,29		$\text{H}_3\text{BO}_3 + 3\text{H}^+ + 3e = \text{B} + 3\text{H}_2\text{O}$	-0,869
	$\text{AgI} + \bar{e} = \text{Ag} + \text{I}^-$	-0,152		$\text{BO}_3^{3-} + 6\text{H}^+ + 3e = \text{B} + 3\text{H}_2\text{O}$	-0,165
	$\text{AgCN} + \bar{e} = \text{Ag} + \text{CN}^-$	-0,04	Ba	$\text{Ba}^{2+} + 2e = \text{Ba}$	-2,905
	$\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} + \bar{e} = \text{Ag} + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	0,01	Be	$\text{Be}^{2+} + 2e = \text{Be}$	-1,847
	$\text{AgBr} + \bar{e} = \text{Ag} + \text{Br}^-$	0,071		$\text{Be}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Be} + 2\text{H}_2\text{O}$	-1,820
	$\text{AgCl} + \bar{e} = \text{Ag} + \text{Cl}^-$	0,222		$\text{BeO}_2^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e = \text{Be} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,909
	$\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = 2\text{Ag} + 2\text{OH}^-$	0,344	Bi	$\text{Bi}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 6e = 2\text{Bi} + 6\text{OH}^-$	-0,46
	$\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ + \bar{e} = \text{Ag} + 2\text{NH}_3$	0,373		$\text{BiOCl} + 2\text{H}^+ + 3e = \text{Bi} + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$	0,16
	$\text{Ag}_2\text{CrO}_4 + 2\bar{e} = 2\text{Ag} + \text{CrO}_4^{2-}$	0,446		$\text{Bi}^{3+} + 3e = \text{Bi}$	0,215
	$\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\bar{e} = 2\text{Ag} + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	0,472		$\text{BiO}^+ + 2\text{H}^+ + 3e = \text{Bi} + \text{H}_2\text{O}$	0,32
	$\text{AgBrO}_3 + \bar{e} = \text{Ag} + \text{BrO}_3^-$	0,55		$\text{Bi}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 6e = 2\text{Bi} + 3\text{H}_2\text{O}$	0,371
	$2\text{AgO} + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{Ag}_2\text{O} + 2\text{OH}^-$	0,60		$\text{NaBiO}_3(\text{т}) + 6\text{H}^+ + 2e = \text{Bi}^{3+} + \text{Na}^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	1,6 - 1,808
	$\text{Ag}^+ + \bar{e} = \text{Ag}$	0,799	Br	$2\text{BrO}^- + 2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Br}_2 + 4\text{OH}^-$	0,45
	$\text{Ag}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} = 2\text{Ag} + \text{H}_2\text{O}$	1,173		$2\text{BrO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O} + 10e = \text{Br}_2 + 12\text{OH}^-$	0,50
	$2\text{AgO} + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$	1,398		$\text{BrO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4e = \text{BrO}^- + 4\text{OH}^-$	0,54
Al	$\text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\bar{e} = \text{Al} + 4\text{OH}^-$	-2,35		$\text{BrO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6e = \text{Br}^- + 6\text{OH}^-$	0,61
	$\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\bar{e} = \text{Al} + 3\text{OH}^-$	-2,31		$\text{BrO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Br}^- + 2\text{OH}^-$	0,76
	$\text{AlF}_6^{3-} + 3\bar{e} = \text{Al} + 6\text{F}^-$	-2,07		$\text{Br}_3^- + 2e = 3\text{Br}^-$	1,05
	$\text{Al}^{3+} + 3e = \text{Al}$	-1,663		$\text{Br}_2(\text{ж}) + 2e = 2\text{Br}^-$	1,065
	$\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ + 3e = \text{Al} + 3\text{H}_2\text{O}$	-1,471		$\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6e = \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	1,44
	$\text{AlO}_2^- + 4\text{H}^+ + 3e = \text{Al} + 2\text{H}_2\text{O}$	-1,262		$2\text{BrO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10e = \text{Br}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	1,52
As	$\text{As} + 3\text{H}^+ + 3e = \text{AsH}_3$	-0,60	C	$2\text{HBrO} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,59
	$\text{HAsO}_2 + 3\text{H}^+ + 3e = \text{As} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,248		$\text{HCOO}^- + 2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{HCHO} + 3\text{OH}^-$	-1,07
	$\text{H}_3\text{AsO}_4 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{HAsO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	0,559		$2\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	-0,49
	$\text{H}_3\text{AsO}_4 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_3\text{AsO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	0,58		$\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{HCOOH}$	-0,20
Au	$\text{Au}(\text{CN})_2 + e = \text{Au} + 2\text{CN}^-$	-0,61		$\text{C}(\text{графит}) + 4\text{H}^+ + 4e = \text{CH}_4$	-0,132
	$\text{AuBr}_4^- + 2e = \text{AuBr}_2^- + 2\text{Br}^-$	0,802		$\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$	-0,12
	$\text{AuCl}_4^- + 2e = \text{AuCl}_2^- + 2\text{Cl}^-$	0,926		$\text{HCOOH} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{HCHO} + \text{H}_2\text{O}$	-0,01
	$\text{AuBr}_2^- + e = \text{Au} + 2\text{Br}^-$	0,959		$\text{HCOOH} + 4\text{H}^+ + 4e = \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$	0,145
	$\text{AuCl}_2^- + 2e = \text{Au} + 2\text{Cl}^-$	1,15		$\text{HCOO}^- + 3\text{H}^+ + 2e = \text{HCHO} + \text{H}_2\text{O}$	0,167
	$\text{Au}^{3+} + 2e = \text{Au}^+$	1,401		$\text{CH}_3\text{CHO} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	0,19
	$\text{Au}^{3+} + 3e = \text{Au}$	1,498		$\text{CO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 4e = \text{HCHO} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,197
	$\text{Au}^+ + 3e = \text{Au}$	1,692		$\text{HCOO}^- + 5\text{H}^+ + 4e = \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$	0,199
Элемент	Реакция	E ⁰	Элемент	Реакция	E ⁰

C	$\text{CO}_3^{2-} + 8\text{H}^+ + 6\text{e} = \text{CH}_3\text{OH} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,209	Co	$\text{Co}(\text{OH})_2 + 2\text{e} = \text{Co} + 2\text{OH}^-$	-0,73
	$\text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{HCOO}^- + \text{H}_2\text{O}$	0,227		$\text{CoCO}_3 + 2\text{e} = \text{Co} + \text{CO}_3^{2-}$	-0,64
	$\text{HCHO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{CH}_3\text{OH}$	0,232		$\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+} + 2\text{e} = \text{Co} + 6\text{NH}_3$	-0,42
	$2\text{CO}_3^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,441		$\text{Co}^{2+} + 2\text{e} = \text{Co}$	-0,277
	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{C}_2\text{H}_6 + \text{H}_2\text{O}$	0,46		$\text{Co}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Co} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,095
	$\text{CO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{C}(\text{графит}) + 3\text{H}_2\text{O}$	0,475		$\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+} + \text{e} = \text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+}$	0,1
	$\text{CO} + 6\text{H}^+ + 6\text{e} = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$	0,497		$\text{CoO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Co} + \text{H}_2\text{O}$	0,166
	$\text{CH}_3\text{OH} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$	0,59		$\text{Co}(\text{OH})_3 + \text{e} = \text{Co}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$	0,17
Ca	$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e} = \text{Ca}$	-2,866	Cr	$\text{Co}^{3+} + 3\text{e} = \text{Co}$	0,33
Cd	$\text{CdS} + 2\text{e} = \text{Cd} + \text{S}^{2-}$	-1,175		$\text{Co}^{3+} + \text{e} = \text{Co}^{2+}$	1,38 - 1,842
	$\text{Cd}(\text{CN})_4^{2-} + 2\text{e} = \text{Cd} + 4\text{CN}^-$	-1,09		$\text{Cr}(\text{OH})_2 + 2\text{e} = \text{Cr} + 2\text{OH}^-$	-1,4
	$\text{Cd}(\text{OH})_2 + 2\text{e} = \text{Cd} + 2\text{OH}^-$	-0,81		$\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{e} = \text{Cr} + 3\text{OH}^-$	-1,3
	$\text{Cd}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2\text{e} = \text{Cd} + 4\text{NH}_3$	-0,61		$\text{CrO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{e} = \text{Cr} + 4\text{OH}^-$	-1,2
	$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e} = \text{Cd}$	-0,403		$\text{Cr}^{2+} + 2\text{e} = \text{Cr}$	-0,913
	$\text{Cd}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Cd} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,005		$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e} = \text{Cr}$	-0,744
	$\text{CdO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Cd} + \text{H}_2\text{O}$	0,063		$\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ + 3\text{e} = \text{Cr} + 3\text{H}_2\text{O}$	-0,654
Ce	$\text{Ce}^{3+} + 3\text{e} = \text{Ce}$	-2,48		$\text{Cr}^{3+} + \text{e} = \text{Cr}^{2+}$	-0,407
	$\text{Ce}^{4+} + \text{e} = \text{Ce}^{3+} (1\text{M H}_2\text{SO}_4)$	1,44	Cs	$\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 3\text{e} = \text{Cr}(\text{OH})_3 + 5\text{OH}^-$	-0,13
	$\text{Ce}^{4+} + \text{e} = \text{Ce}^{3+} (1\text{M HNO}_3)$	1,61		$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 12\text{e} = 2\text{Cr} + 7\text{H}_2\text{O}$	0,294
	$\text{Ce}^{4+} + \text{e} = \text{Ce}^{3+} (1\text{M HClO}_4)$	1,70		$\text{CrO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 6\text{e} = \text{Cr} + 4\text{H}_2\text{O}$	0,366
	$\text{Ce}^{4+} + \text{e} = \text{Ce}^{3+}$	1,77		$\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 3\text{e} = \text{CrO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$	0,945
Cl	$\text{ClO}_4^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{ClO}_3^- + 2\text{OH}^-$	0,36		$\text{CrO}_2^- + 4\text{H}^+ + \text{e} = \text{Cr}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,188
	$2\text{ClO}^- + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{Cl}_2 + 4\text{OH}^-$	0,40	Cu	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e} = 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	1,333
	$\text{ClO}_4^- + \text{H}_2\text{O} + 8\text{e} = \text{Cl}^- + 8\text{OH}^-$	0,56		$\text{CrO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 3\text{e} = \text{Cr}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1,477
	$\text{ClO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6\text{e} = \text{Cl}^- + 6\text{OH}^-$	0,63		$\text{Cs}^+ + \text{e} = \text{Cs}$	-2,923
	$\text{ClO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 5\text{e} = \text{Cl}^- + 4\text{OH}^-$	0,85		$\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{e} = 2\text{Cu} + \text{S}^{2-}$	-0,89
	$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$	0,88		$\text{CuS} + 2\text{e} = \text{Cu} + \text{S}^{2-}$	-0,71
	$\text{ClO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{e} = \text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	1,15		$\text{Cu}(\text{CN})_2^- + \text{e} = \text{Cu} + 2\text{CN}^-$	-0,43
	$\text{ClO}_4^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	1,189		$\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = 2\text{Cu} + 2\text{OH}^-$	-0,36
	$\text{ClO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = 2\text{HCl} + \text{H}_2\text{O}$	1,351		$\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{e} = \text{Cu} + 2\text{OH}^-$	-0,22
	$\text{Cl}_2 + 2\text{e} = 2\text{Cl}^-$	1,3595		$\text{CuI} + \text{e} = \text{Cu} + \text{I}^-$	-0,185
	$\text{ClO}_4^- + 8\text{H}^+ + 8\text{e} = \text{Cl}^- + 4\text{H}_2\text{O}$	1,38		$\text{Cu}(\text{NH}_3)_2^+ + \text{e} = \text{Cu} + 2\text{NH}_3$	-0,12
	$2\text{ClO}_4^- + 16\text{H}^+ + 14\text{e} = \text{Cl}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$	1,39		$\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2\text{e} = \text{Cu} + 4\text{NH}_3$	-0,07
	$\text{ClO}_2 + 5\text{H}^+ + 5\text{e} = \text{HCl} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,436		$\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2\text{e} = \text{Cu}(\text{NH}_3)_2^+ + 2\text{NH}_3$	-0,01
	$\text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6\text{e} = \text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	1,451		$\text{CuI}_2^- + \text{e} = \text{Cu} + 2\text{I}^-$	0,00
	$2\text{ClO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\text{e} = \text{Cl}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	1,47		$\text{CuBr} + \text{e} = \text{Cu} + \text{Br}^-$	0,03
	$\text{HClO} + \text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$	1,494		$\text{CuCl} + \text{e} = \text{Cu} + \text{Cl}^-$	0,137
	$\text{ClO}_2 + 4\text{H}^+ + 5\text{e} = \text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$	1,51		$\text{Cu}^{2+} + \text{e} = \text{Cu}^+$	0,153
	$2\text{ClO}_2 + 8\text{H}^+ + 8\text{e} = \text{Cl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	1,549		$\text{CuCl}_2^- + \text{e} = \text{Cu} + 2\text{Cl}^-$	0,177
	$\text{HClO}_2 + 3\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$	1,57		$2\text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}^+$	0,203
	$2\text{HClO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,63		$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e} = \text{Cu}$	0,345
	$2\text{HClO}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e} = \text{Cl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	1,64		$\text{Cu}^{2+} + 2\text{Cl}^- + \text{e} = \text{CuCl}_2^-$	0,463
Co	$\beta\text{-CoS} + 2\text{e} = \text{Co} + \text{S}^{2-}$	-1,07		$\text{Cu}^+ + \text{e} = \text{Cu}$	0,520
	$\alpha\text{-CoS} + 2\text{e} = \text{Co} + \text{S}^{2-}$	-0,90	Hg	$\text{Cu}^{2+} + \text{Cl}^- + \text{e} = \text{CuCl}$	0,538
Cu	$\text{CuO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$	0,570		$\text{HgBr}_4^{2-} + 2\text{e} = \text{Hg} + 4\text{Br}^-$	0,21

	$\text{Cu(OH)}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Cu} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,609		$\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2\text{K}^+ + 2\text{e} = 2\text{Hg} + 2\text{KCl (TB)}$	0,2415
	$\text{Cu}^{2+} + \text{Br}^- + \text{e} = \text{CuBr}$	0,640		$\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2\text{e} = 2\text{Hg} + 2\text{Cl}^-$	0,268
	$2\text{CuO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$	0,669		$\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2\text{e} = 2\text{Hg} + 2\text{Cl}^- \text{ (1M KCl)}$	0,28
	$\text{Cu}^{2+} + \text{I}^- + \text{e} = \text{CuI}$	0,86		$\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2\text{e} = 2\text{Hg} + 2\text{Cl}^- \text{ (0,1M KCl)}$	0,334
	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{CN}^- + \text{e} = \text{Cu(CN)}_2$	1,12		$\text{HgCl}_4^{2-} + 2\text{e} = \text{Hg} + 4\text{Cl}^-$	0,48
Dy	$\text{Dy}^{3+} + 3\text{e} = \text{Dy}$	-2,353		$\text{Hg}_2\text{SO}_4 + 2\text{e} = 2\text{Hg} + \text{SO}_4^{2-}$	0,6151
Eu	$\text{Eu}^{2+} + 2\text{e} = \text{Eu}$	-3,395		$\text{Hg}_2^{2+} + 2\text{e} = 2\text{Hg}$	0,788
	$\text{Eu}^{3+} + \text{e} = \text{Eu}^{2+}$	-0,429		$\text{Hg}^{2+} + 2\text{e} = \text{Hg}$	0,850
F	$\text{F}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 4\text{e} = 2\text{F}^- + \text{H}_2\text{O}$	2,1		$2\text{Hg}^{2+} + 2\text{e} = \text{Hg}_2^{2+}$	0,920
	$\text{F}_2 + 2\text{e} = 2\text{F}^-$	2,87		$\text{HgO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Hg} + \text{H}_2\text{O}$	0,926
Fe	$\text{FeS} + 2\text{e} = \text{Fe} + \text{S}^{2-}$	-0,95	Ho	$\text{Ho}^{3+} + 3\text{e} = \text{Ho}$	-2,319
	$\text{Fe(OH)}_2 + 2\text{e} = \text{Fe} + 2\text{OH}^-$	-0,877	I	$\text{IO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = \text{IO}^- + 4\text{OH}^-$	0,14
	$\text{FeCO}_3 + 2\text{e} = \text{Fe} + \text{CO}_3^{2-}$	-0,756		$2\text{IO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O} + 10\text{e} = \text{I}_2 + 12\text{OH}^-$	0,21
	$\text{Fe(OH)}_3 + \text{e} = \text{Fe(OH)}_2 + \text{OH}^-$	-0,56		$\text{IO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6\text{e} = \text{I}^- + 6\text{OH}^-$	0,25
	$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e} = \text{Fe}$	-0,440		$2\text{IO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{I}_2 + 4\text{OH}^-$	0,45
	$\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{H}^+ + 8\text{e} = 3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}$	-0,085		$\text{IO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{I}^- + 2\text{OH}^-$	0,49
	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = 2\text{Fe(OH)}_2$	-0,057		$\text{I}_2 + 2\text{e} = 2\text{I}^-$	0,536
	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 6\text{e} = 2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O}$	-0,051		$\text{I}_3^- + 2\text{e} = 3\text{I}^-$	0,545
	$\text{Fe(OH)}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Fe} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,047		$\text{IO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = \text{IO}^- + 4\text{OH}^-$	0,56
	$\text{Fe}^{3+} + 3\text{e} = \text{Fe}$	-0,037		$\text{HIO} + \text{H}^+ + 2\text{e} = \text{I}^- + \text{H}_2\text{O}$	0,99
	$\text{Fe(OH)}_3 + 3\text{H}^+ + 3\text{e} = \text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O}$	0,059		$2\text{ICl}_2^- + 2\text{e} = \text{I}_2 + 4\text{Cl}^-$	1,06
	$\text{Fe(OH)}_3 + \text{H}^+ + \text{e} = \text{Fe(OH)}_2 + \text{H}_2\text{O}$	0,271		$\text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6\text{e} = \text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	1,085
	$\text{Fe(CN)}_6^{3-} + \text{e} = \text{Fe(CN)}_6^{4-}$	0,356		$\text{IO}_3^- + 5\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{HIO} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,14
	$\text{Fe}^{3+} + \text{e} = \text{Fe}^{2+} \text{ (1M H}_2\text{SO}_4\text{)}$	0,68		$2\text{IO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\text{e} = \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	1,19
	$\text{Fe}^{3+} + \text{e} = \text{Fe}^{2+} \text{ (1M HCl)}$	0,70		$2\text{HIO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,45
	$\text{Fe(CN)}_6^{3-} + \text{e} = \text{Fe(CN)}_6^{4-} \text{ (1M HCl)}$	0,71		$\text{H}_5\text{IO}_6 + \text{H}^+ + 2\text{e} = \text{IO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$	1,60
	$\text{Fe}^{3+} + \text{e} = \text{Fe}^{2+}$	0,771	Ir	$\text{IrO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{Ir} + \text{H}_2\text{O}$	0,93
	$\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{H}^+ + 2\text{e} = 3\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	0,980		$\text{Ir}^{3+} + 3\text{e} = \text{Ir}$	1,15
Ga	$\text{Ga}^{3+} + 3\text{e} = \text{Ga}$	-0,53	K	$\text{K}^+ + \text{e} = \text{K}$	-2,924
Gd	$\text{Gd}^{3+} + 3\text{e} = \text{Gd}$	-2,397	La	$\text{La}^{3+} + 3\text{e} = \text{La}$	-2,522
Ge	$\text{H}_2\text{GeO}_3 + 4\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Ge}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$	-0,363	Li	$\text{Li}^+ + \text{e} = \text{Li}$	-3,045
	$\text{GeO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{Ge} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,15	Mg	$\text{Mg(OH)}_2 + 2\text{e} = \text{Mg} + 2\text{OH}^-$	-2,69
	$\text{H}_2\text{GeO}_3 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{Ge} + 3\text{H}_2\text{O}$	-0,13		$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e} = \text{Mg}$	-2,363
	$\text{Ge}^{2+} + 2\text{e} = \text{Ge}$	0,000		$\text{Mg(OH)}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Mg} + 2\text{H}_2\text{O}$	-1,862
H	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0,828	Mn	$\text{MnCO}_3 + 2\text{e} = \text{Mn} + \text{CO}_3^{2-}$	-1,48
	$2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2$	0,0000		$\text{Mn}^{2+} + 2\text{e} = \text{Mn}$	-1,18
	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = 2\text{H}_2\text{O}$	1,776		$\text{Mn(OH)}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Mn} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,727
Hf	$\text{Hf}^{4+} + 4\text{e} = \text{Hf}$	-1,70		$\text{MnO}_4^- + \text{e} = \text{MnO}_4^{2-}$	0,564
	$\text{HfO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{Hf} + 2\text{H}_2\text{O}$	-1,57		$\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{e} = \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$	0,60
Hg	$\text{HgS} + 2\text{e} = \text{Hg} + \text{S}^{2-}$	-0,69		$\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,228
	$\text{Hg(CN)}_4^{2-} + 2\text{e} = \text{Hg} + 4\text{CN}^-$	-0,37		$\text{Mn}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 2\text{e} = 2\text{Mn}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$	1,443
	$\text{Hg}_2\text{I}_2 + 2\text{e} = 2\text{Hg} + 2\text{I}^-$	-0,041		$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e} = \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1,507
	$\text{HgI}_4^{2-} + 2\text{e} = \text{Hg} + 4\text{I}^-$	-0,04		$\text{Mn}^{3+} + \text{e} = \text{Mn}^{2+} \text{ (8M H}_2\text{SO}_4\text{)}$	1,509
	$\text{HgO(красная)} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{Hg} + 2\text{OH}^-$	0,098		$\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e} = \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,692
	$\text{Hg}_2\text{Br}_2 + 2\text{e} = 2\text{Hg} + 2\text{Br}^-$	0,140		$\text{MnO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	2,257
Mo	$\text{H}_2\text{MoO}_4 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{MoO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	-1,091	Nd	$\text{Nd}^{3+} + 3\text{e} = \text{Nd}$	-2,431

	$\text{MoO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 6\text{e} = \text{Mo} + 8\text{OH}^-$	-1,05	Ni	$\gamma\text{-NiS} + 2\text{e} = \text{Ni} + \text{S}^{2-}$	-1,04
	$\text{Mo}^{3+} + 3\text{e} = \text{Mo}$	-0,200		$\alpha\text{-NiS} + 2\text{e} = \text{Ni} + \text{S}^{2-}$	-0,83
	$\text{MoO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{Mo} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,072		$\text{Ni(OH)}_2 + 2\text{e} = \text{Ni} + 2\text{OH}^-$	-0,72
	$\text{MoO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 6\text{e} = \text{Mo} + 4\text{H}_2\text{O}$	0,154		$\text{Ni(NH}_3)_6^{2+} + 2\text{e} = \text{Ni} + 6\text{NH}_3$	-0,49
	$\text{MoO}_3 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{MoO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	0,320		$\text{NiCO}_3 + 2\text{e} = \text{Ni} + \text{CO}_3^{2-}$	-0,45
	$\text{MoO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{MoO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	0,606		$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e} = \text{Ni}$	-0,25
N	$3\text{N}_2 + 2\bar{\text{e}} = 2\text{N}_3^-$	-3,4	O	$\text{Ni(OH)}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Ni} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,110
	$3\text{N}_2 + 2\text{H}^+ + 2\bar{\text{e}} = 2\text{HN}_3$	-3,1		$\text{NiO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Ni} + \text{H}_2\text{O}$	0,116
	$\text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\bar{\text{e}} = 2\text{NH}_2\text{OH} + 2\text{OH}^-$	-3,04		$\text{NiO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Ni}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,68
	$\text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 4\bar{\text{e}} = \text{N}_2\text{H}_4 + 4\text{OH}^-$	-1,16		$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = 4\text{OH}^-$	0,401
	$\text{N}_2 + 8\text{H}_2\text{O} + 6\bar{\text{e}} = 2\text{NH}_4\text{OH} + 6\text{OH}^-$	-0,74		$\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2\text{O}_2$	0,682
	$\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + \bar{\text{e}} = \text{NO} + 2\text{OH}^-$	-0,46		$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{e} = 3\text{OH}^-$	0,88
	$\text{NO}_2^- + 6\text{H}_2\text{O} + 6\bar{\text{e}} = \text{NH}_4\text{OH} + 7\text{OH}^-$	-0,15		$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = 2\text{H}_2\text{O}$	1,229
	$\text{NO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\bar{\text{e}} = \text{NO} + 4\text{OH}^-$	-0,14		$\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} + 3\text{e} = \text{O}_2 + 2\text{OH}^-$	1,24
	$\text{NO}_3^- + 7\text{H}_2\text{O} + 8\bar{\text{e}} = \text{NH}_4\text{OH} + 9\text{OH}^-$	-0,12		$\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 6\text{e} = 3\text{H}_2\text{O}$	1,511
	$\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{\text{e}} = \text{NO}_2^- + 2\text{OH}^-$	0,01		$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = 2\text{H}_2\text{O}$	1,776
	$\text{N}_2 + 6\text{H}^+ + 6\bar{\text{e}} = 2\text{NH}_3$	0,057		$\text{O}_3 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$	2,07
	$\text{N}_2\text{H}_4 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\bar{\text{e}} = 2\text{NH}_4\text{OH} + 2\text{OH}^-$	0,1	Os	$\text{OsO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = \text{Os} + 4\text{OH}^-$	-0,15
	$\text{N}_2 + 8\text{H}^+ + 6\bar{\text{e}} = 2\text{NH}_4^+$	0,275		$\text{OsCl}_6^{3-} + \text{e} = \text{Os}^{2+} + 6\text{Cl}^-$	0,4
	$2\text{NO}_2^- + 4\text{H}_2\text{O} + 6\bar{\text{e}} = \text{N}_2 + 8\text{OH}^-$	0,41		$\text{OsO}_4 + 8\text{H}^+ + 8\text{e} = \text{Os} + 4\text{H}_2\text{O}$	0,85
	$\text{NH}_2\text{OH} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{\text{e}} = \text{NH}_4\text{OH} + 2\text{OH}^-$	0,42		$\text{OsCl}_6^{2-} + \text{e} = \text{OsCl}_6^{3-}$	0,85
	$2\text{NO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 8\text{e} = \text{N}_2 + 8\text{OH}^-$	0,53		$\text{Os}^{2+} + 2\text{e} = \text{Os}$	0,85
	$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{e} = \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	0,78		$\text{OsO}_4 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{OsO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	0,96
	$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{e} = \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	0,80	P	$\text{H}_2\text{PO}_2^- + \text{e} = \text{P} + 2\text{OH}^-$	-2,05
	$2\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = \text{N}_2 + 4\text{OH}^-$	0,85		$\text{HPO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{H}_2\text{PO}_2^- + 3\text{OH}^-$	-1,57
	$\text{HNO}_2 + 7\text{H}^+ + 6\text{e} = \text{NH}_4^+ + 2\text{H}_2\text{O}$	0,864		$\text{PO}_4^{3-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{HPO}_3^{2-} + 3\text{OH}^-$	-1,12
	$\text{NO}_3^- + 10\text{H}^+ + 8\text{e} = \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	0,87		$2\text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6 + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,94
	$2\text{NO}_2 + 2\text{e} = 2\text{NO}_2^-$	0,88		$\text{P} + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{e} = \text{PH}_3 + 3\text{OH}^-$	-0,89
	$\text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{N}_2 + 2\text{OH}^-$	0,94		$\text{H}_3\text{PO}_2 + \text{H}^+ + \text{e} = \text{P} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,51
	$\text{NO}_3^- + 3\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{HNO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	0,94		$\text{H}_3\text{PO}_3 + 3\text{H}^+ + 3\text{e} = \text{P(бел)} + 3\text{H}_2\text{O}$	-0,502
	$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e} = \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,957		$\text{H}_3\text{PO}_3 + 3\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_3\text{PO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	-0,50
	$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e} = \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,96		$\text{H}_3\text{PO}_3 + 3\text{H}^+ + 3\text{e} = \text{P(кp)} + 3\text{H}_2\text{O}$	-0,454
	$\text{HNO}_2 + \text{H}^+ + \text{e} = \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	1,00		$\text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{H}^+ + 5\text{e} = \text{P(бел)} + 4\text{H}_2\text{O}$	-0,411
	$\text{NO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	1,03		$\text{H}_3\text{PO}_4 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{H}_3\text{PO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,39
	$\text{NO}_2 + \text{H}^+ + \text{e} = \text{HNO}_2$	1,09		$\text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{H}^+ + 5\text{e} = \text{P(кp)} + 4\text{H}_2\text{O}$	-0,383
	$2\text{NO}_3^- + 10\text{H}^+ + 8\text{e} = \text{N}_2\text{O} + 5\text{H}_2\text{O}$	1,116		$\text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	-0,276
	$2\text{NO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\text{e} = \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	1,246		$\text{H}_3\text{PO}_3 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_3\text{PO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	-0,50
	$2\text{HNO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{N}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{O}$	1,297		$\text{P} + 3\text{H}^+ + 3\text{e} = \text{PH}_3$	0,06
	$2\text{NO}_2 + 8\text{H}^+ + 8\text{e} = \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	1,36		$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = 2\text{H}_3\text{PO}_3$	0,38
	$2\text{HNO}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e} = \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	1,45	Pb	$\text{PbS} + 2\text{e} = \text{Pb} + \text{S}^{2-}$	-0,93
	$2\text{NO} + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,678		$\text{PbO} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{Pb} + 2\text{OH}^-$	-0,58
	$\text{N}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$	1,766		$\text{PbCO}_3 + 2\text{e} = \text{Pb} + \text{CO}_3^{2-}$	-0,506
				$\text{PbI}_2 + 2\text{e} = \text{Pb} + 2\text{I}^-$	0,365
Na	$\text{Na}^+ + \text{e} = \text{Na}$	-2,714	S	$\text{S} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2\text{S}$	0,141
Pb	$\text{PbSO}_4 + 2\text{e} = \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	-0,3563			

	$\text{PbF}_2 + 2\text{e} = \text{Pb} + 2\text{F}^-$	-0,350		$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	0,17
	$\text{PbBr}_2 + 2\text{e} = \text{Pb} + 2\text{Br}^-$	-0,280		$\text{SO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 6\text{e} = \text{S}^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$	0,231
	$\text{PbCl}_2 + 2\text{e} = \text{Pb} + 2\text{Cl}^-$	-0,268		$2\text{SO}_4^{2-} + 10\text{H}^+ + 8\text{e} = \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 5\text{H}_2\text{O}$	0,29
	$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e} = \text{Pb}$	-0,126		$\text{SO}_4^{2-} + 10\text{H}^+ + 8\text{e} = \text{H}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$	0,311
	$\text{PbO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{PbO}_2^{2-} + 2\text{OH}^-$	0,2		$\text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 6\text{e} = \text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$	0,357
	$\text{PbO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Pb} + \text{H}_2\text{O}$	0,248		$2\text{H}_2\text{SO}_3 + 2\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$	0,40
	$\text{Pb}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Pb} + \text{H}_2\text{O}$	0,277		$\text{H}_2\text{SO}_3 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$	0,449
	$\text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{PbO} + 2\text{OH}^-$	0,28		$\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 4\text{e} = 2\text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$	0,5
	$\text{Pb}_3\text{O}_4 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = 3\text{PbO} + \text{H}_2\text{O}$	0,972		$2\text{SO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$	0,705
	$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,449-1,455		$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{e} = 2\text{SO}_4^{2-}$	2,01
	$\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,685	Sb	$\text{SbO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{e} = \text{Sb} + 4\text{OH}^-$	-0,675
	$\text{Pb}^{4+} + 2\text{e} = \text{Pb}^{2+}$	1,694		$\text{Sb} + 3\text{H}^+ + 3\text{e} = \text{SbH}_3$	-0,51
Pd	$\text{Pd}(\text{OH})_2 + 2\text{e} = \text{Pd} + 2\text{OH}^-$	0,07		$\text{SbO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{SbO}_2^- + 2\text{OH}^-$	-0,43
	$\text{PdI}_6^{2-} + 2\text{e} = \text{PdI}_4^{2-} + 2\text{I}^-$	0,623		$\text{Sb}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 6\text{e} = 2\text{Sb} + 3\text{H}_2\text{O}$	0,152
	$\text{PdCl}_4^{2-} + 2\text{e} = \text{Pd} + 4\text{Cl}^-$	0,623		$\text{SbO}^+ + 2\text{H}^+ + 3\text{e} = \text{Sb} + \text{H}_2\text{O}$	0,212
	$\text{PdO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Pd} + \text{H}_2\text{O}$	0,896		$\text{SbO}_3^- + 2\text{H}^+ + 3\text{e} = \text{SbO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$	0,353
	$\text{PdCl}_6^{2-} + 4\text{e} = \text{Pd} + 6\text{Cl}^-$	0,96		$\text{SbO}_2^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e} = \text{Sb} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,446
	$\text{Pd}^{2+} + 2\text{e} = \text{Pd}$	0,987		$\text{Sb}_2\text{O}_5 + 6\text{H}^+ + 4\text{e} = 2\text{SbO}^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	0,581
	$\text{PdBr}_6^{2-} + 2\text{e} = \text{PdBr}_4^{2-} + 2\text{Br}^-$	0,993		$\text{Sb}_2\text{O}_5 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{Sb}_2\text{O}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$	0,671
	$\text{PdO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{PdO} + \text{H}_2\text{O}$	1,283	Sc	$\text{Sc}^{3+} + 3\text{e} = \text{Sc}$	-2,077
	$\text{PdCl}_6^{2-} + 2\text{e} = \text{PdCl}_4^{2-} + 2\text{Cl}^-$	1,288	Se	$\text{Se} + 2\text{e} = \text{Se}^{2-}$	-0,92
Pt	$\text{PtS} + 2\text{e} = \text{Pt} + \text{S}^{2-}$	-0,95		$\text{Se} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2\text{Se}$	-0,40
	$\text{PtS}_2 + 2\text{e} = \text{PtS} + \text{S}^{2-}$	-0,64		$\text{SeO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = \text{Se} + 6\text{OH}^-$	-0,366
	$\text{Pt}(\text{OH})_2 + 2\text{e} = \text{Pt} + 2\text{OH}^-$	0,15		$\text{SeO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{SeO}_3^{2-} + 2\text{OH}^-$	0,05
	$\text{PtI}_6^{2-} + 2\text{e} = \text{PtI}_4^{2-} + 2\text{I}^-$	0,393		$\text{H}_2\text{SeO}_3 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{Se} + 3\text{H}_2\text{O}$	0,741
	$\text{PtBr}_4^{2-} + 2\text{e} = \text{Pt} + 4\text{Br}^-$	0,58		$\text{SeO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2\text{SeO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	1,15
	$\text{PtBr}_6^{2-} + 2\text{e} = \text{PtBr}_4^{2-} + 2\text{Br}^-$	0,59	Si	$\text{SiO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = \text{Si} + 6\text{OH}^-$	-1,7
	$\text{PtCl}_6^{2-} + 2\text{e} = \text{PtCl}_4^{2-} + 2\text{Cl}^-$	0,720		$\text{SiF}_6^{2-} + 4\text{e} = \text{Si} + 6\text{F}^-$	-1,2
	$\text{PtCl}_4^{2-} + 2\text{e} = \text{Pt} + 4\text{Cl}^-$	0,73		$\text{SiO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{Si} + 3\text{H}_2\text{O}$	-0,455
	$\text{Pt}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Pt} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,980		$\text{Si} + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{SiH}_4$	0,102
	$\text{PtO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Pt}(\text{OH})_2$	1,045	Sn	$\text{SnS} + 2\text{e} = \text{Sn} + \text{S}^{2-}$	-0,94
Ra	$\text{Ra}^{2+} + 2\text{e} = \text{Ra}$	-2,925		$\text{Sn}(\text{OH})_6^{2-} + 2\text{e} = \text{HSnO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 3\text{OH}^-$	-0,93
	$\text{Rb}^+ + \text{e} = \text{Rb}$	-2,925		$\text{HSnO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{Sn} + 3\text{OH}^-$	-0,91
S	$\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^-$	-0,93		$\text{SnF}_6^{2-} + 4\text{e} = \text{Sn} + 6\text{F}^-$	-0,25
	$2\text{SO}_4^{2-} + 5\text{H}_2\text{O} + 8\text{e} = \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 10\text{OH}^-$	-0,76		$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e} = \text{Sn}$	-0,136
	$\text{SO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = \text{S} + 6\text{OH}^-$	-0,66		$\text{SnO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{SnO} + \text{H}_2\text{O}$	-0,108
	$2\text{SO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6\text{OH}^-$	-0,58		$\text{SnO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{Sn} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,106
	$\text{S}_2^{2-} + 2\text{e} = 2\text{S}^{2-}$	-0,524		$\text{SnO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Sn} + \text{H}_2\text{O}$	-0,104
	$\text{S} + 2\text{e} = \text{S}^{2-}$	-0,48		$\text{Sn}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Sn} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,091
	$2\text{S} + 2\text{e} = \text{S}_2^{2-}$	-0,476		$\text{SnCl}_6^{2-} + 2\text{e} = \text{SnCl}_4^{2+} + 2\text{Cl}^-$	0,14
	$\text{S} + \text{H}^+ + 2\text{e} = \text{HS}^-$	-0,065		$\text{Sn}^{4+} + 2\text{e} = \text{Sn}^{2+}$	0,151
	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 8\text{e} = 2\text{S}^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$	-0,006	Sr	$\text{Sr}^{2+} + 2\text{e} = \text{Sr}$	-2,888
	$\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2\text{e} = 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	0,08		$\text{Te} + 2\text{e} = \text{Te}^{2-}$	-1,14
	$\text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 8\text{e} = \text{S}^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$	0,149		$\text{Te} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2\text{Te}$	-0,72
	$\text{TeO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{Te} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,529		$\text{TeO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = \text{Te} + 6\text{OH}^-$	-0,57
				$\text{V}^{2+} + 2\text{e} = \text{V}$	-1,175

	$\text{TeO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{TeO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$	0,892		$\text{V}^{3+} + \text{e} = \text{V}^{2+}$	-0,255
	$\text{H}_6\text{TeO}_6 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{TeO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	1,02		$\text{VO}_2^+ + 4\text{H}^+ + 5\text{e} = \text{V} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,25
Ti	$\text{Ti}^{2+} + 2\text{e} = \text{Ti}$	-1,63		$\text{VO}_2^{2+} + \text{e} = \text{VO}^+$	-0,044
	$\text{TiO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Ti} + \text{H}_2\text{O}$	-1,306		$\text{VO}_2^+ + 4\text{H}^+ + 3\text{e} = \text{V}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,360
	$\text{TiF}_6^{2-} + 4\text{e} = \text{Ti} + 6\text{F}^-$	-1,19	V	$\text{V}_2\text{O}_5 + 6\text{H}^+ + 2\text{e} = 2\text{VO}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$	0,958
	$\text{TiO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{Ti} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,86		$\text{VO}_2^+ + 2\text{H}^+ + \text{e} = \text{VO}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$	1,004
	$\text{TiO}_2(\text{рутил}) + \text{H}^+ + 4\text{e} = \text{Ti}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,666		$\text{VO}_4^{3-} + 6\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{VO}^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	1,256
	$\text{TiO}_2(\text{рутил}) + 2\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{Ti}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,502		$\text{H}_2\text{VO}_4^- + 4\text{H}^+ + \text{e} = \text{VO}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$	1,314
	$\text{Ti}^{3+} + \text{e} = \text{Ti}^{2+}$	-0,368		$\text{WO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 6\text{e} = \text{W} + 8\text{OH}^-$	-1,05
	$\text{Ti}^{4+} + \text{e} = \text{Ti}^{3+} (5\text{M H}_3\text{PO}_4)$	-0,15	W	$\text{WO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{W} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,119
	$\text{TiO}^{2+} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Ti}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$	-0,135		$\text{WO}_3 + 6\text{H}^+ + 6\text{e} = \text{W} + 3\text{H}_2\text{O}$	-0,09
	$\text{TiO}^{2+} + 2\text{H}^+ + \text{e} = \text{Ti}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$	0,10		$\text{W}_2\text{O}_5 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = 2\text{WO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	-0,031
Tl	$\text{Tl}_2\text{S} + 2\text{e} = 2\text{Tl} + \text{S}^{2-}$	-0,93		$2\text{WO}_3 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{W}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O}$	-0,029
	$\text{TlI} + \text{e} = \text{Tl} + \text{I}^-$	-0,753		$\text{WO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 6\text{e} = \text{W} + 4\text{H}_2\text{O}$	0,049
	$\text{TlBr} + \text{e} = \text{Tl} + \text{Br}^-$	-0,658		$2\text{WO}_4^{2-} + 6\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{W}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O}$	0,801
	$\text{TlCl} + \text{e} = \text{Tl} + \text{Cl}^-$	-0,557		$\text{ZnS} + 2\text{e} = \text{Zn} + \text{S}^{2-}$	-1,405
	$\text{TlOH} + \text{e} = \text{Tl} + \text{OH}^-$	-0,344	Zn	$\text{Zn}(\text{CN})_4^{2-} + 2\text{e} = \text{Zn} + 4\text{CN}^-$	-1,26
	$\text{Tl}^+ + \text{e} = \text{Tl}$	-0,3363		$\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{e} = \text{Zn} + 2\text{OH}^-$	-1,245
	$\text{Tl}(\text{OH})_3 + 2\text{e} = \text{TlOH} + 2\text{OH}^-$	-0,05		$\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} + 2\text{e} = \text{Zn} + 4\text{OH}^-$	-1,22
	$\text{Tl}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = 2\text{Tl}^+ + 6\text{OH}^-$	0,02		$\text{ZnO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{Zn} + 4\text{OH}^-$	-1,216
	$\text{TlOH} + \text{H}^+ + \text{e} = \text{Tl} + \text{H}_2\text{O}$	0,778		$\text{ZnCO}_3 + 2\text{e} = \text{Zn} + \text{CO}_3^{2-}$	-1,06
	$\text{Tl}^{3+} + 2\text{e} = \text{Tl}^+$	1,252		$\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2\text{e} = \text{Zn} + 4\text{NH}_3$	-1,04
U	$\text{UO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = \text{U} + 4\text{OH}^-$	-2,39		$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e} = \text{Zn}$	-0,763
	$\text{U}^{3+} + 3\text{e} = \text{U}$	-1,798		$\text{ZnO}_2^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Zn} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,441
	$\text{U}^{4+} + \text{e} = \text{U}^{3+}$	-0,607		$\text{ZrO}^{2+} + 2\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{Zr} + \text{H}_2\text{O}$	-1,570
	$\text{UO}_2^{2+} = \text{UO}_2^+$	0,05	Zr	$\text{ZrO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{Zr} + 2\text{H}_2\text{O}$	-1,553
	$\text{UO}_2^{2+} + 4\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{U}^{4+} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,334		$\text{Zr}^{4+} + 4\text{e} = \text{Zr}$	-1,539
	$\text{UO}_2^+ + 4\text{H}^+ + \text{e} = \text{U}^{4+} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,62			

Список литературы

Карпетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия.: учебник 5-е изд. Изд-во Книжный дом «Либроком» 2015. 592 с.

Глинка Н.Л. Общая химия.: учебник / под ред. В.А. Попкова, А.В. Бабкова. 18-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во «Юрайт»; ИД «Юрайт», 2011. 886 с.

Глинка Н.Л. Общая химия. Задачи и упражнения: учебно-практическое пособие. Изд-во «Юрайт»; ИД «Юрайт», 2014. 240 с.

Хомченко И.Г. Общая химия. Сборник задач и упражнений. Изд-во «Новая волна», 2011. 256 с.

Учебное издание

Наталья Анатольевна Зайцева, Ирина Альбертовна Низова

ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ ПО КУРСУ «ХИМИЯ»

ЧАСТЬ II

Окислительно-восстановительные реакции

Учебное пособие

Редактор изд-ва

Компьютерная верстка Н.А.Зайцевой

Подписано в печать .Бумага писчая. Формат 60×84 1/16.

Печать на ризографе. Гарнитура Times New Roman.

Печ. л. Уч.-изд. л. 1,0 .Тираж 100 .Заказ

Издательство УГГУ

620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Уральский государственный горный университет

Отпечатано с оригинал-макета

в лаборатории множительной техники УГГУ



МИНОБРНАУКИ РФ
Уральский государственный горный университет

Н.В. Рубан, И. А. Антонова

Гидрогеология и инженерная геология

*Учебно-методическое пособие по
практическим занятиям
по дисциплине «Гидрогеология и
инженерная геология» для студентов
специальности 21.05.03 «Технология
геологической разведки»*

Екатеринбург
2020

МИНОБРНАУКИ РФ

Уральский государственный горный университет

Н.В. Рубан, И. А. Антонова

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

*Учебно-методическое пособие по практическим
занятиям по дисциплине «Гидрогеология и инженерная
геология» для студентов специальности 21.05.03
«Технология геологической разведки»*

Екатеринбург

2020

Содержание

1. Основы гидрогеологической стратификации	4
2. Изучение режима подземных вод	11
3. Водные свойства горных пород	14
3.1. Определение коэффициента фильтрации глинистых и песчаных горных пород	14
3.1.1. Водопроницаемость горных пород	14
3.1.2. Определение коэффициента фильтрации песчаных грунтов	16
4. Химический состав подземных вод	18
4.1. Обработка результатов химического анализа подземных вод	19
4.2. Графическое изображение результатов химических анализов	22
4.3. Оценка качества питьевых вод	28
5. Построение и анализ карт гидроизогипс	32
7. Построение и анализ гидрогеологических разрезов	37
Список литературы	41

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 дальнейшему 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 разновозрастные 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.

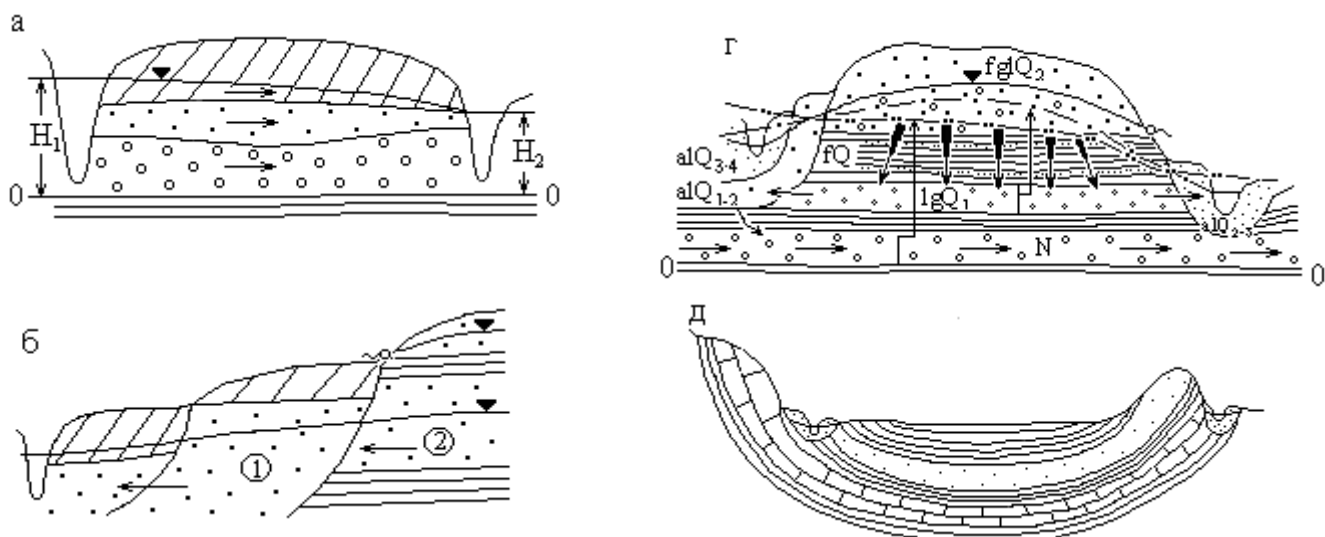
Водоупорный горизонт (зона) – практически водонепроницаемое гидрогеологическое тело.

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 (напорные ②), 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.

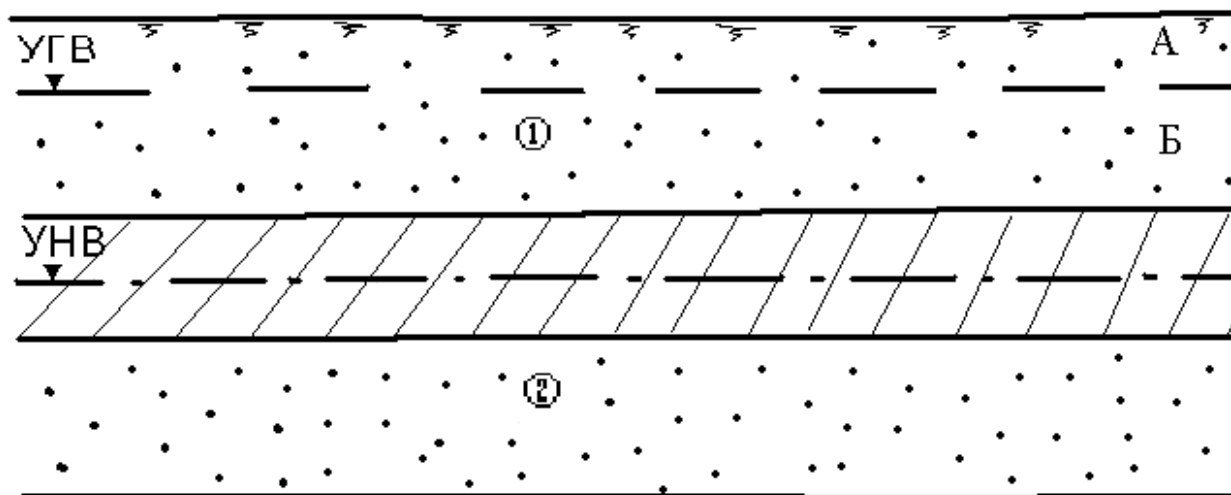


Рис. 1.2. Виды подземных вод по условиям залегания

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 линеamentы и др.	-	Осадочные породы, метаморфические и изверженные породы	Миграция
Диссипации	мономолекулярная	- » -	Системы глобальных разломов	-	-	

Таблица 1.2

Систематизация гидрогеологических систем по условиям залегания

Зоны гидролитосферы	Виды подземных вод	Виды гидрогеологических систем по условиям залегания						
Неполного насыщения	Инфильтрационная, капиллярная и гравитационная	Инфильтрующаяся вода (локальные потоки) Зона с капиллярно-подвешенной водой Верховодка (локальный бассейн)						
Полного насыщения	Грунтовые (гравитационные)	А. Грунтовые потоки и бассейны вне криолитозоны и молодой вулканической деятельности					Б. Грунтовые бассейны и потоки криолитозоны	В. грунтовые бассейны и потоки зон молодой вулканической деятельности
		I. Потоки речных долин: 1) потоки в аллювии равнинных рек; 2) подрусловые потоки; 3) потоки в погребенных долинах	II. Бассейны и потоки междуречных пространств: 1) в осадочных отложениях, недислоцированных; 2) то же, дислоцированных; 3) в изверженных и метаморфических породах; 4) то же, с зонами разломов; 5) в вулканических лавах.	III. Потоки конусов выноса, предгорных равнин: 1) поток грунтовых вод головной части конуса выноса; 2) поток грунтово-напорных вод слоистых толщ.	IV. Бассейны синклинальных структур: 1) горных сооружений; 2) мелко-сопочника.	V. Бассейны и потоки с линзами пресных вод: 1) под-песчаными; 2) под-такырными; 3) при-канальными, приречными.	С наличием зон высокотемпературных полей, гейзеров, фумарол и др. в отложениях речных долин, междуречных пространств синклинальных структур, горных сооружений	С наличием зон многолетних мерзлых пород в отложениях речных долин, междуречных пространств, синклинальных структур горных сооружений

Продолжение таблицы 1.2.

Зоны гидролитосферы	Виды подземных вод	Виды гидрогеологических систем по условиям залегания						
	Напорные (гравитационные)	I. Артезианские бассейны: 1) платформ; 2) межгорных впадин, краевых прогибов; 3) наложенные бассейны; 4) бассейны горных сооружений в осадочных отложениях, лагунах, вулканогенах	II. Артезианские склоны: 1) моноклиналей; 2) асимметричных структур; 3) выклинивания.	III. Субартезианские бассейны: 1) в осадочных отложениях на щитах; 2) в осадочных породах на платформах; 3) в дислоцированных породах горных сооружений.	IV. Бассейны междуречных пространств с межпластовыми напорными водами: 1) в четвертичных ледниковых отложениях; 2) в горизонтально залегающих четвертичных и более древнего возраста осадочных отложениях.	V. Потоки напорных вод крупных разломов: 1) вне криолитозоны и молодой вулканической деятельности; 2) в криолитозоне; 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 A и период T 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.

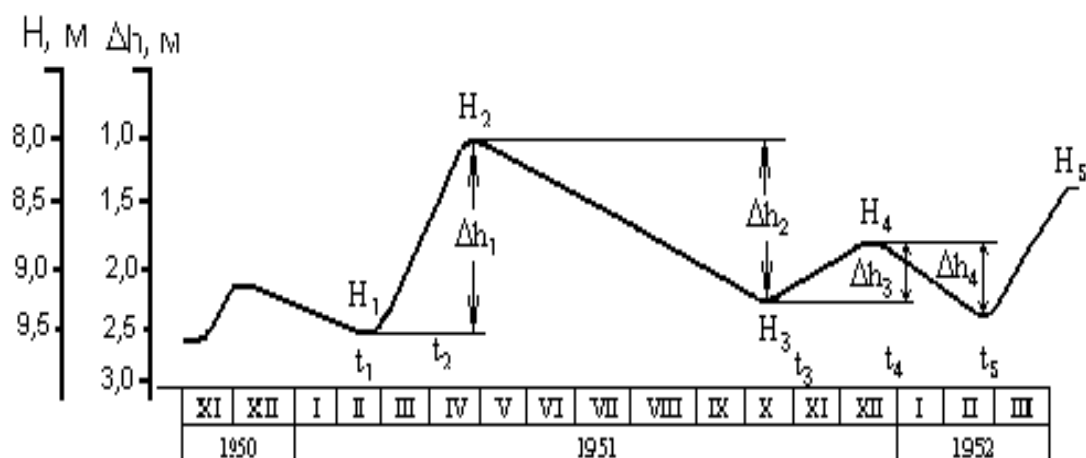


Рис. 2.1. Основные показатели сезонного изменения уровня подземных вод (по М. А. Шинкаревскому)

Определяют минимальные и максимальные значения суточных, декадных, месячных, весенних, летних, зимних, многолетних амплитуд,

подъемов, спадов (для уровней), температур, минерализации воды и других показателей режима. За эти интервалы времени вычисляют средние значения показателей:

$$\bar{I} = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n},$$

где P_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 $P_{\max}$ и минимальным $P_{\min}$ значениям каждого из этих показателей за выделенный период времени

$$A = P_{\max} - P_{\min}$$

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.

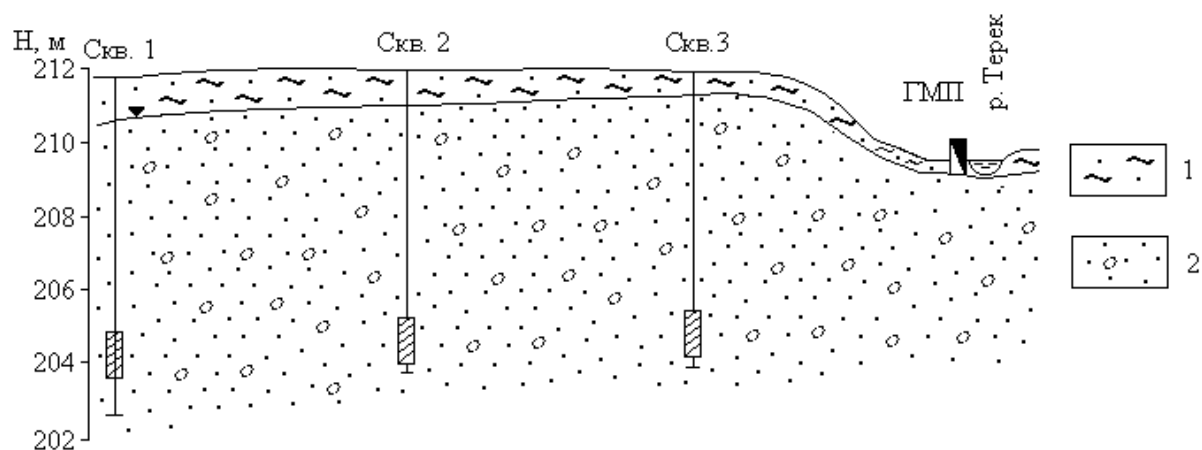


Рис. 2.2. Гидрогеологический створ в предгорной части долины р. Терека (alQ₄): 1 – супесчаный почвенный слой; 2 – гравийно-галечниковые отложения; ГМП – гидрометрический створ

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 коэффициента фильтрации песчаных горных пород

3.1.1. 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 K_f , площади фильтрации F и гидравлическому градиенту J :

$$Q = K \cdot F \cdot J \quad (1)$$

Разделив правую и левую части этого уравнения на F , получим

$$\frac{Q}{F} = K \cdot J, \text{ где } \frac{Q}{F} = V \quad (2)$$

Из формулы (2) следует, что коэффициент фильтрации есть скорость фильтрации при градиенте, равном единице.

$$V = K \text{ при } J = 1 \quad (3)$$

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 K_f для различных горных пород приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Классификация пород по водопроницаемости

Группа	K_f , 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.
Проницаемые	$10 - 1$	Пески разной зернистости, трещиноватые породы.
Слабопроницаемые	$1 - 10^{-1}$	Мелко- и тонкозернистые пылеватые пески, супеси, слабо трещиноватые породы.

Группа	K_f , м/сут	Примеры пород
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.

3.1.2. 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 3.2.

Таблица 3.2

Журнал для определения Кф в трубке СпецГео

№ опыта	Описание породы	Площадь поперечного сечения трубки	Градиент напора	Температура воды	Объем профильтрованной воды	Время фильтрации	Кф по отдельным замерам	Средний коэффициент фильтрации

Коэффициент фильтрации K_{10} , м/сут, приведенный к условиям фильтрации при температуре воды 10 °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, см³;

t - время фильтрации;

A – площадь поперечного сечения цилиндра с грунтом, см²;

J - градиент напора;

$T=0,7+0,03T_{\phi}$ – температурная поправка,

где T_{ϕ} - фактическая температура воды при опыте;

864 – переводной коэффициент (из см/сек в м/сут).

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,¹⁸ 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	Эквивалент- ная масса	Пересчетный коэффициент	Катионы К	Эквивалент- ная 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 “г” (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:

$$\% - \text{экв} A_{(или K)} = \frac{100 \cdot rA(или K)}{\sum rA(или K)}$$

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.

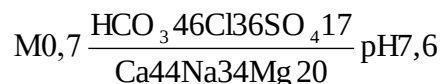
Перед дробью сокращенно указывают величину минерализации (М) в г/л с точностью до одного десятичного знака, и компоненты (в том числе и газы), придающие воде специфические свойства (CO_2 , H_2S , Br, Y, радиоактивность и др.). Справа от дроби указывают показатели, характеризующие Eh, pH, T (°C), при наличии данных – дебит Q скважины или источника в м³/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 увеличения), по специфическим компонентам, по величине pH, по температуре.

В качестве примера рассмотрим формулу состава воды для приведенного выше результата химического анализа подземных вод.



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).

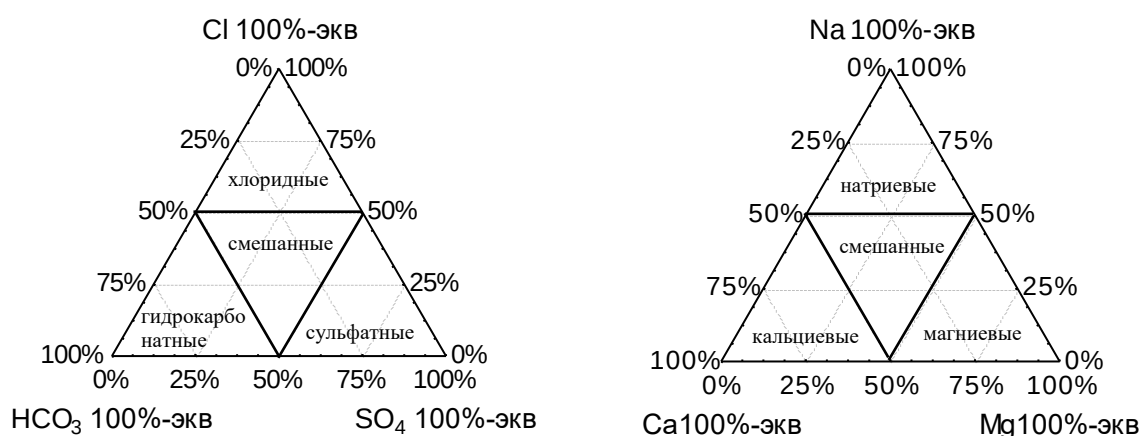


Рис. 4.1. Графическая систематизация химических анализов подземных вод по треугольникам Фере

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 разобренным 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 суммы ионов $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$; на правой – соответственно, снизу вверх HCO_3^- ; на верхней стороне слева направо – $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ и тяжелые металлы (Me), внизу – $\text{Na}^+ + \text{K}^+$. Положение анализа на квадрате отмечается точкой и определяется пересечением 2-х осей координат (рис. 4.2).

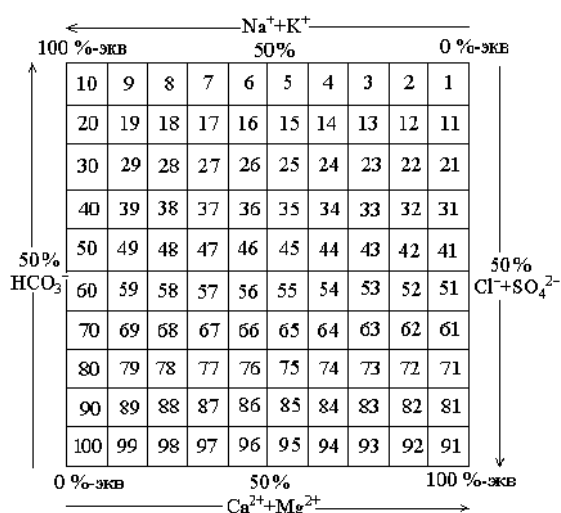


Рис. 4.2. Графическая систематизация химических анализов

Группировка анализов в вершинах квадрата указывает на преобладание химического состава воды: если точка находится в верхнем правом углу квадрата, вода, как правило, имеет гидрокарбонатный магниевый-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 магниевый-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, °С	рН	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 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 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 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 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 Fe – 0,9 мг/л

Продолжение табл. 4.3

№ п.п .	Водопункт	Температура воды, °С	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 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 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 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 NH ₄ – 1,0 мг/л 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 СанПиН 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. рН	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 (В, 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	Продолжение табл 4.5.	
Ртуть (Hg, суммарно)	-“-	0,0005	-“-	1
Свинец (Pb, суммарно)	-“-	0,03	-“-	2
Селен (Se, суммарно)	-“-	0,01	-“-	2
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

Показатели	Ед. изм.	Нормативы (предельно-допустимые концентрации (ПДК), не более	Показатель вредности*	Класс опасности
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:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1$$

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 мг/л (по каолину)	2,6 (3,5)* 1,5 (2,0)*

Примечание: * - величина, указанная в скобках, может быть установлена 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.

Не допускается присутствие в питьевой воде различных невооруженным глазом водных организмов и поверхностной пленки.

Радиационная безопасность питьевой воды определяется ее соответствием нормативам по показателям общей α и β -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	- « -

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 - горизонтالي 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:

$$H_B = H_3 - h,$$

где H_B - абсолютная отметка уровня грунтовых вод;

H_3 - 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.

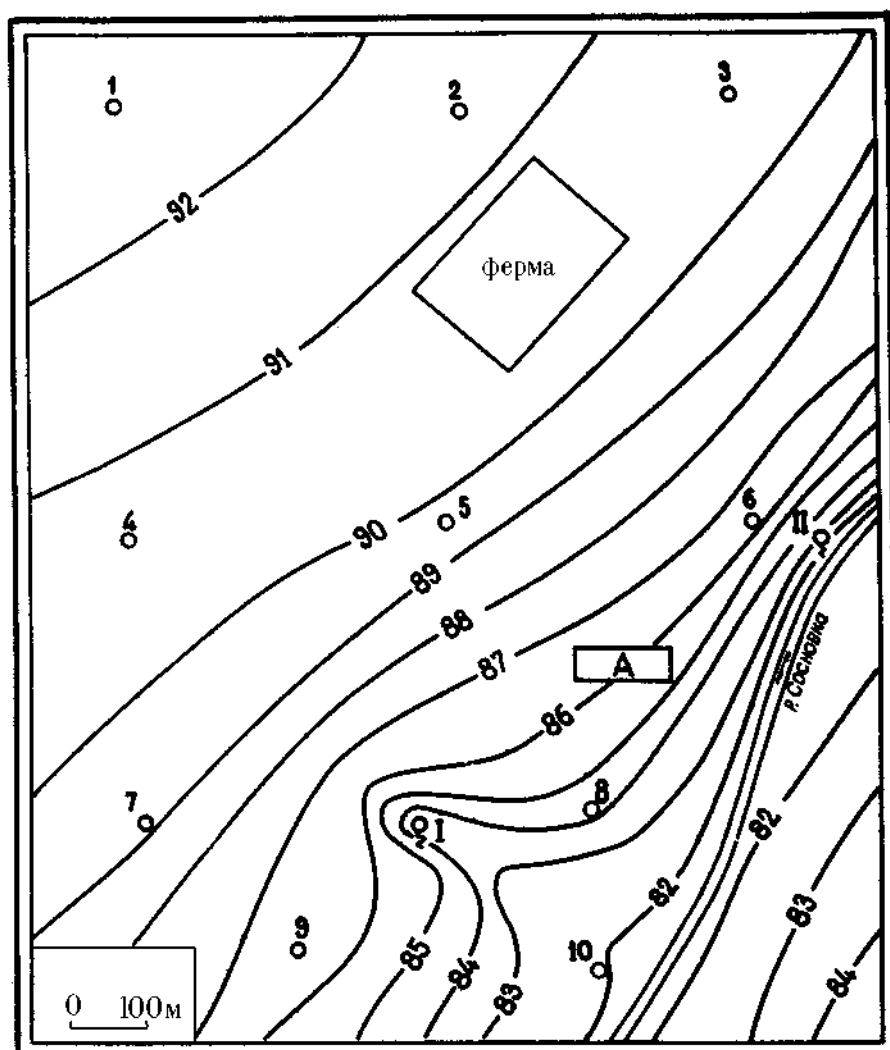
Связь грунтовых вод с поверхностными определяется по характеру сопряжения гидроизогипс с водоемами; если грунтовый поток направлен к реке, то он дренируется ею, если потоку грунтовых вод направлен от реки – река дренируется грунтовыми водами.

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.



Данные для построения карты гидроизогипс:

№ скважины	Абсолютная отметка устья скважины, м	Глубина залегания грунтовых вод, м	Абсолютная отметка зеркала грунтовых вод, м
1		5,2	
2		4,5	
3		4,3	
4		5,0	
5		4,1	
6		2,0	
7		4,0	
8		1,0	
9		2,6	
10		0,5	

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.

6. 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 гидрогеологический разрез по карте гидроизогипс, используя данные таблицы 6.1.

Таблица 6.1

Данные бурения, необходимые для построения гидрогеологического
разреза по линии 1- 11 по карте гидроизогипс

№ слоя (сверху вниз)	Мощность слоя, м	Геолог. индекс	Литологическая характеристика пород	Глубина выработки, м
1	4,8	Q _{IV}	скважина 1 суглинок делювиальный, водонепроницаемый	20
2	14,0	Q _{IV}	песок аллювиальный, разномзернистый	
3	1,2	Q _{III}	глина плотная	
1	2,4	Q _{IV}	скважина 4 суглинок делювиальный, водонепроницаемый	18
2	12,6	Q _{IV}	песок аллювиальный, разномзернистый	
3	3,0	Q _{III}	глина плотная	
1	1,3	Q _{IV}	скважина 9 суглинок делювиальный, водонепроницаемый	15
2	9,6	Q _{IV}	песок аллювиальный, разномзернистый	
3	4,1	Q _{III}	глина плотная	
1	3,0	Q _{IV}	Скважина 10 песок аллювиальный, разномзернистый	3
1	6,8	Q _{IV}	Скважина 11 песок аллювиальный, разномзернистый	10
2	3,2	Q _{III}	глина плотная	

Примечание: скважина 11 намечается произвольно, на противоположном берегу, в нижнем правом углу карты на 84 горизонтали рельефа.

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.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому
комплексу
С.А. Упоров

Г. П. КОЗИНА

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по выполнению практических работ

по дисциплине «Основы геодезии и топографии»

для студентов очного и заочного обучения

направления подготовки (специальности)

21.05.03 Технология геологической разведки

(уровень специалитета)

Одобрена на заседании кафедры

Геодезии и кадастров

(название кафедры)

Зав. кафедрой

(подпись)

Акулова Е.А.

(Фамилия И.О.)

Екатеринбург, 2020 г

Г. П. КОЗИНА

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по выполнению практических работ

по дисциплине «**Основы геодезии и топографии**»

для студентов очного и заочного обучения

направления подготовки (специальности)

21.05.03 Технология геологической разведки

(уровень специалитета)

СОДЕРЖАНИЕ

1.	РАБОТА С ТОПОГРАФИЧЕСКИМИ КАРТАМИ	4
1.1.	Определение расстояний	6
1.2.	Определение географических координат	7
1.3.	Определение прямоугольных координат	7
1.4.	Определение положения точки относительно осевого меридиана зоны	8
1.5.	Определение дирекционного угла, истинного азимута и магнитного азимута линии	8
1.6.	Определение отметок точек и превышения между точками	9
1.7.	построение профиля местности по заданному направлению	10
1.8.	Определение крутизны ската	11
1.9.	Проектирование линии с заданной крутизной ската	12
1.10.	Измерение площадей по топографическим картам полярным планиметром	15
2.	РАБОТА С АЭРОФОТОСНИМКАМИ	17
2.1.	Привязка аэроснимка к топографической карте	17
2.2.	Определение масштаба аэрофотоснимка и высоты фотографирования	18
3.	СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА	20
3.1.	Построение координатной сетки	20
3.2.	Нанесение точек съемочного обоснования по координатам	22
3.3.	Нанесение ситуации, точек рельефа и проведение горизонталей	23
3.4.	Вычерчивание топографического плана	25
4.	ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ	27
4.1.	Обработка результатов нивелирования	27
4.2.	Построение профиля	30
4.3.	Проектирование по профилю	32
5.	РАБОТА С ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ	34
5.1.	Измерение горизонтальных и вертикальных углов	34
5.2.	Измерение расстояний нитяным дальномером	37
5.3.	Измерение превышений	38

I. РАБОТА С ТОПОГРАФИЧЕСКИМИ КАРТАМИ

Для современных топографических карт установлены следующие масштабы: 1:1 000 000, 1:500 000, 1:300 000, 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000.

Топографические карты широко используются в народном хозяйстве для решения различных инженерных задач и служат основой для создания карт специального назначения.

Листы топографических карт различных масштабов объединены специальной системой разграфки и номенклатуры, основой которой является лист карты масштаба 1:1000 000. Каждый лист топографической карты ограничен с севера и юга параллелями, а с запада и востока – меридианами. Линии меридианов и параллелей образуют внутреннюю географическую рамку листа топографической карты, а их пересечение – углы рамки, которым соответствуют географические координаты, подписываемые на карте (широта φ и долгота λ). Например, координаты северо-западного угла рамки (рис. 1.1.).

$$\varphi = 54^{\circ}20' , \lambda = 14^{\circ}15'$$

Параллельно линиям географической рамки с внешней ее стороны на карте показывается минутная рамка, линии которой разделены на черные и белые интервалы. Длины интервалов по северной и южной сторонам рамки соответствуют одной минуте долготы, а по западной и восточной – одной минуте широты.

Каждый интервал минутной рамки разбит точками на интервалы по 10^{сек}. С помощью минутной рамки определяют географические координаты точек на карте: широта φ и долгота λ .

Для определения плоских прямоугольных координат точек на топографических картах наносится прямоугольная координатная сетка. Линии координатной сетки проходят параллельно осям координат зоны, в которой расположен данный лист. Обычно линии координатной сети проходят через 1 км. Оцифровка линий координатной сетки дается у их выходов за географической рамкой (рис. 1.1). Полные абсциссы и ординаты в (километрах) подписываются на выходах крайних линий данного листа. Остальные линии подписываются двумя последними цифрами.

Например:

абсциссы: 6019, 20, 21, 22, 6023,

ординаты: 3452, 53, 54, 3455.

Листы топографических карт сопровождаются зарамочным оформлением. Над северной рамкой указывается номенклатура листа, его название, система координат (рис. 1.1.). Под южной рамкой указывается численный и линейный масштабы карты, высота сечения рельефа, система высот, данные о склонении магнитной стрелки и сближении меридианов, график заложений, вывозные данные, указывающие метод и год создания карты.

Между минутной и внешней рамками помещены номенклатуры смежных листов карт того же масштаба. На топографических картах специальными условными знаками изображаются контуры и рельеф местности, а также прочие сведения о ней.

Наличие на картах географической и прямоугольной сеток координат, данных о склонении магнитной стрелки и сближении меридианов, графика заложений и других данных позволяет решать по карте различные топографические и инженерные задачи.

студентами работы выполняются по топографической карте масштаба 1:10 000 на специальных бланках.

1.1. Определение расстояний

Циркулем – измерителем снимается величина отрезка на топографической карте между заданными точками. По линейке до 0,01 см измеряют длину этого отрезка (ℓ см). С помощью численного масштаба карты (I:M) определяется расстояние на местности (D) в метрах

$$D = \ell \cdot M,$$

где ℓ – длина отрезка с карты, измеренная по линейке в см;

M – знаменатель численного масштаба карты.

Пример: $\ell = 4,25$ см, $M = 10\,000$, $D = 4,25 \cdot 10\,000 = 42\,500$ см = 425 м.

Это же расстояние определяют с помощью линейного масштаба, который помещается за южной рамкой листа карты под численным масштабом (рис. 1.1). Для этого циркулем – измерителем отрезок с карты откладывается на линейном масштабе так, чтобы правая игла измерителя была поставлена на оцифрованное деление линейного масштаба справа от «0», а левая игла попадала на первое (дробное) основание – слева от «0». По линейному масштабу справа налево считывается расстояние в метрах.

$$D = 425 \text{ м.}$$

1.2. Определение географических координат φ λ

Географические координаты определяются по минутной рамке. Для определения широты φ через точку (Рис. 1.1 точки N) проводят параллель до пересечения с минутной рамкой. По западной или восточной сторонам рамки, считают число минут и секунд ($\Delta\varphi$) между южной стороной рамки и параллелью данной точки.

Широта (φ) точки будет $\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi$, φ_0 – широта южной стороны рамки, долгота - $\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda$, λ_0 – долгота западной стороны рамки.

Для определения долготы через точку проводят меридиан и по северной или южной стороне минутной рамки отсчитывают долготу (λ).

Пример: определить φ и λ точки N (Рис. 1.1).

$$\lambda_0 = 54^0 17' 30'' \quad \Delta\varphi = 1' 53'' , \quad \varphi_N = 54^0 17' 30'' + 1' 53'' = 54^0 19' 23''$$

$$\lambda_0 = 14^0 15' \quad \Delta\lambda = 0' 32'' , \quad \lambda_N = 14^0 15' + 0' 32'' = 14^0 15' 32''$$

1.3. Определение прямоугольных координат X и Y

Прямоугольные координаты точки на карте определяются по координатной сетке. Для этого из точки опускают перпендикуляры на южную и западную стороны квадрата координатной сетки. Измерителям с помощью линейного масштаба определяют расстояния по этим перпендикулярам в метрах, которые представляют приращения координат ΔX и ΔY по оси абсцисс и оси ординат. Полученные приращения прибавляют к оцифрованным координатам сетки X_i и Y_i .

Пример: определить прямоугольные координаты точки D (рис. 1.1).

$$X_D = X_i + \Delta X , \quad Y_D = Y_i + \Delta Y$$

X_i - абсцисса южной горизонтальной линии сетки квадрата, в котором находится D.

$$X_i = 6022 \text{ км} ,$$

Y_i - ордината западной вертикальной линии этого же квадрата.

$$Y_i = 3453 \text{ км} .$$

$$\Delta X = 684 \text{ м} = 0,684 \text{ км} , \quad \Delta Y = 460 \text{ м} = 0,460 \text{ км}$$

$$X_D = 6022 \text{ км} + 0,684 \text{ км} = 6022,684 \text{ км}$$

$$Y_D = 3453 \text{ км} + 0,460 \text{ км} = 3453,460 \text{ км} .$$

1.4. Определение положения точки относительно осевого меридиана зоны.

Долгота осевого меридиана зоны вычисляется по формуле:

$$L_0 = 6^0 \cdot n - 3^0 ,$$

где n – номер зоны.

$$\text{Для } n = 3 \quad L_0 = 6^0 \cdot 3 - 3^0 = 15^0$$

Расстояние от осевого меридиана до точки определяется по формуле:

$$d_D = Y_D - 500\text{км} , Y_D = 453460\text{м}$$

где Y_D - ордината точки.

$$d_D = 453460\text{м} - 500\text{км} = -46540\text{м}$$

следовательно, точка D расположена к западу от осевого меридиана на расстоянии 46540 м.

1.5. Определение дирекционного угла α , истинного азимута A и магнитного азимута A_m линии.

Для определения дирекционного угла заданной линии через начальную точку линии проводят прямую параллельную оси абсцисс, направлением на север (рис. 1.1., линия 1 – 2), от которой транспортиром измеряют угол по ходу часовой стрелки до направления на конечную точку линии.

Пример: $\alpha_{1-2} = 238^\circ$.

Истинный и магнитный азимуты вычисляют по формулам, пользуясь данными о сближении меридианов и склонении магнитной стрелки или по графику взаимного расположения меридианов.

$$A = \alpha + \gamma ,$$

$$A_m = \alpha - (\delta - \gamma) .$$

где γ - сближение меридианов,

δ - склонение магнитной стрелки.

При вычислении A и A_m по формулам учитываются знаки δ и γ .
 Азимут истинный $A = 238^0 + (-0^0 35') = 237^0 25'$.
 Азимут магнитный $A_m = 238^0 - (0^0 45' - (-0^0 35')) = 236^0 40'$.
 Контроль вычисления A и A_m выполняют с помощью графика взаимного расположения меридианов (рис. 1.2).

Схема взаимного расположения меридианов

Из схемы видно, что $A_m = \alpha - (-0^0 35' + 0^0 45')$.

Для определения магнитного азимута на текущий год необходимо учесть годовое изменение склонения магнитной стрелки $\Delta\alpha = +2'$

$$2' \cdot 34 \text{ года} = 68' = 1^0 08'; \quad \delta = 0^0 45' + 1^0 08' = 1^0 53'.$$

$$\text{На 1993 год } A_m = 238^0 - (0^0 35' + 1^0 53') = 238^0 - 2^0 28' = 235^0 32'.$$

1.6 Определение отметок точек и превышений

Отметки точек на карте определяют по горизонталям. если точка находится на горизонтали, то ее отметка равна отметке этой горизонтали. Точки I находится на горизонтали с отметкой 187,5 м. Следовательно, $H_I = 187,5$ м (рис. 1.3).

Если точка находится между горизонталями, то ее отметка определяется по формуле $H = H_0 + h'$

где H_0 - отметка ближайшей к точке горизонтали,

h' - превышение между точкой и горизонталью H_0 .

Превышение h' может быть как положительным, так и отрицательным. Зная, что высота между горизонталями изменяется пропорционально заложению, h' определяют по формуле: $h' = \frac{h \cdot v}{a}$,

где h – высота сечения рельефа,

a - расстояние между горизонталями (заложение),

v – расстояние от точки до ближайшей горизонтали H_0 .

Пример: Определить отметку H точки 2.

$$h = 2,5\text{ м} , v = \frac{I}{2}a , h' = \frac{2,5}{2} = 1,25\text{ м} ,$$

$$H_0 = 190,0 , H_2 = H_0 + h' = 190,0\text{ м} + 1,25\text{ м} = 191,2\text{ м} .$$

Привышение между двумя точками (точки I и 2) находят как разность отметок этих точек

$$h_{1-2} = H_2 - H_1 ,$$

$$H_I = 187,5\text{ м} , H_2 = 191,2\text{ м} ,$$

$$h_{1-2} = 191,2\text{ м} - 187,5 = +3,7\text{ м} .$$

Рис. 1.3. Определение отметок точек

1.7. Построение профиля местности по заданному направлению

Профиль по заданному направлению строят по отметкам точек, расположенных на этой линии. Горизонтальный масштаб 1:10 000 (равен масштабу карты), вертикальный – 1:1 000. Пример: Построить профиль по линии 3 – 4 (рис. 1.4.). (Сплошные горизонталы проведены через 2,5 м).

Для построения профиля на миллиметровой бумаге проводят прямую АВ – основание профиля (рис. 1.5), на которую переносят все точки пересечения (а,в,с...) заданного направления с горизонталями карты, и подписывают их отметки. Основанию профиля дают условную отметку H_0 , которая должна быть меньше минимальных отметок точек линии на 15 – 30 м. В примере $H_0 = 170,0$ м). К основанию профиля в отмеченных точках проводят пунктиром перпендикуляры, на которых откладывают в данном

вертикальном масштабе (1:1000) значения отметок. Полученные точки соединяют отрезками прямых линий.

Шкала отметок в вертикальном масштабе

Рис. 1.5. Профиль по заданному направлению

1.8. Определение крутизны ската

Крутизна ската ν^0 определяют по графику заложений (рис. 1.6.). Для этого измерителем берут заложение «а» (в примере по направлению СД), которое затем откладывают на графике заложений вдоль его вертикальных линий. Затем по основанию графика заложений определяют угол наклона, характеризующий крутизну ската (рис. 1.6.).

$$\nu^0 = 1^0,3.$$

График заложений

Рис. 1.6. Определение крутизны ската

1.9. Проектирование линии с заданной крутизной ската

Между точками 1 и 2 (рис. 1.7.) спроектировать линию с крутизной ската не более 2^0 . Для решения этой задачи по графику заложений измерителем берут заложение, которое соответствует заданной крутизне ската $\nu^0 = 2^0$. Этим раствором циркуля из точки I засекают следующую горизонталь и получают точку «а», затем из точки «а» засекают этим же раствором циркуля следующую горизонталь, получают точку «б» и т.д.

Соединив все точки, получают линию заданного уклона.

Задание выполняют на кальке, на которую предварительно копируют участок местности с горизонталями вдоль проектируемой линии.

Рис. 1.7. Проектирование линии с заданной крутизной ската

Образец бланка

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

кафедра геодезии и фотограмметрии

РАБОТА С ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТОЙ

1. Расстояние между точками

$D = 4,25 \text{ см} \times 10\,000 = 425 \text{ м}$ по численному масштабу

По линейному масштабу $D = 400 \text{ м} + 25 \text{ м} = 425 \text{ м}$

2. Географические координаты точек

$$\varphi_D = 54^{\circ}19'37'' \quad \lambda_N = 54^{\circ}19'23''$$

$$\lambda_D = 14^{\circ}17'07'' \quad \lambda_N = 14^{\circ}15'32''$$

3. Прямоугольные координаты точек

$$X_D = 6022584 \text{ м}$$

$$X_N = 6022264 \text{ м}$$

$$Y_D = 453460 \text{ м}$$

$$Y_N = 451788 \text{ м}$$

4. Долгота осевого меридиана зоны

$$L_0 = 6^{\circ} \text{ & n} - 3^{\circ} = 6^{\circ} \text{ & } 3 - 3^{\circ} = 15^{\circ}$$

5. Расстояние точки от осевого меридиана зоны

$$d_D = Y_D - 500 \text{ км} = 453460 \text{ м} - 500 \text{ км} = -46540 \text{ м}$$

6. Дирекционный угол и азимуты линии (1-2)

Дирекционный угол $\alpha = 238^{\circ}$

Истинный азимут $A = 237^{\circ} 25'$

Магнитный азимут $A_m = 236^{\circ} 40'$

На 1993 г. магнитный азимут $A_m = 235^{\circ} 32'$

7. Абсолютные отметки точек

$$H_1 = 187,5 \text{ м}$$

$$H_2 = 191,2 \text{ м}$$

8. Превышение между точками

$$h = H_2 - H_1 = 191,2 \text{ м} - 187,5 \text{ м} = + 3,7 \text{ м}$$

9. профиль местности по заданной линии

10. Крутизна ската ν°

$$\nu_{\max}^{\circ} = 7^{\circ} \quad \nu_{\min}^{\circ} = 7^{\circ},5$$

11. Проектирование линии с крутизной ската не более 2°

1.10. Измерение площадей по топографическим картам полярным планиметром

полярный планиметр состоит из двух рычагов: полюсного и обводного. Обводный рычаг имеет ручку со шпилем для обвода контуров и подвижную каретку со счетным механизмом. Вместо шпиля может использоваться марка (точка, окружность), выгравированная на стеклянной пластине. полюсный рычаг на одном конце имеет груз с иглой, которая при обводе контура накалывается на бумагу и служит полюсом планиметра. На другом конце этого рычага находится шарнирная головка, которая вставляется в углубление на каретке счетного механизма и соединяет тем самым оба рычага планиметра в одно целое.

Рис. 1.8. счетный механизм планиметра

Счетный механизм планиметра (рис. 1.8.) состоит из циферблата (1) счетного колеса (2), вращающегося на оси, параллельной обводному рычагу и верньера (3). При обводе фигуры счетное колесо катится по бумаге и дает отсчет. Первую цифру отсчета берут с циферблата, одно деление которого соответствует целому обороту счетного колеса (4). Следующие две цифры отсчета берут со счетного колеса по нулевому штриху верньера 32. Четвертая цифра отсчитывается по верньеру – это номер штриха верньера, совпадающего со штрихом счетного колеса - 5. Отсчет на рис. 1.8 равен 4323. площадь, измеренную планиметром вычисляют по формуле:

$$S = C \cdot \Delta h_{cp}. \Delta n = n_2 - n_1$$

где: C - цена деления планиметра;

n_1 - отсчет по планиметру до обвода контура;

n_2 - отсчет по планиметру после обвода контура.

Образец бланка

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

кафедра геодезии и фотограмметрии

Определение площади на топокартах планиметром							
Обвод квадрата километровой сетки топокарты				Обвод контура измеряемой площади			
Приемы	Отсчеты по планиметру		Разность отсчетов Δn		Отсчеты по планиметру		Разность отсчетов Δn
I	n_1	1102	994		n_1	0085	1184
	n_2	2096			n_2	1269	
	n_2	2096			n_2	1269	
II			993				1191
	n_3	3089			n_3	2460	
	n_3	3089			n_3	2460	
III			986				1195
	n_4	4075			n_4	3655	
$\Delta n_{cp} = 991,0$					$\Delta n_{cp} = 1190$		
Площадь квадрата 100 га					Измеряемая площадь		

		$S = C \cdot \Delta n_{cp}$ $S = 0,1009 \cdot 1190 = 120,1 \text{ га}$
Цена деления планиметра $C = \frac{100 \text{ га}}{\Delta n_{cp}} = \frac{100}{991} = 0,1009 \text{ га}$		МД -94-2 Петров

Цену деления планиметра определяют обводом квадрата координатной сетки на топографической карте масштаба 1:10 000, площадь которого известно ($P_0 = 100 \text{ га}$).

Для измерения площади устанавливают полюс планиметра вне контура так, чтобы при обводе угол между обводным и полюсным рычагами был в пределах от 30° до 150° .

Затем устанавливают обводной шпиль над выбранной начальной точкой квадрата и берут по отсчетному механизму отсчет n_1 . Обводят квадрат по часовой стрелке до исходной точки и берут отсчет n_2 .

Затем выполняют следующие обводы, не меняя положения полюса; берут отсчеты n_3 и n_4 . Отсчеты записывают в специальный бланк. Вычисляют разности отсчетов: $\Delta n_1 = n_2 - n_1$, $\Delta n_2 = n_3 - n_2$, $\Delta n_3 = n_4 - n_3$. Расхождение разностей не должно превышать 10 – 12 делений.

Находят среднее арифметическое из разностей по трем приемам:

$$\Delta n_{cp} = \frac{\Delta n_1 + \Delta n_2 + \Delta n_3}{3} = \frac{994 + 993 + 986}{3} = 992$$

цену деления планиметра вычисляют по формуле:

$$C = \frac{P_0}{\Delta n_{cp}} = \frac{100 \text{ га}}{991} = 0,1009 \text{ га}.$$

Заданную площадь по топографической карте измеряют также тремя приемами, обводя эту площадь по контуру (см. образец бланка, стр. 16).

$$S = C \cdot \Delta n_{ch} = 0,1009 \cdot 1190 = 120,12a .$$

2. РАБОТА С АЭРОФОТОСНИМКАМИ

Современные топографические карты создаются с помощью аэрофотосъемки. Аэрофотосъемка характеризуется масштабом фотографирования, фокусным расстоянием аэрофотоаппарата, высотой фотографирования, форматом кадра и рядом других характеристик, которые можно определить непосредственно по аэрофотоснимкам.

2.1. Привязка аэроснимка к топографической карте

Для выполнения задания используют аэроснимок и соответствующую карту. Привязка снимка к карте заключается в отождествлении фотоизображения контуров границ снимка с их графическим изображением на топографической карте. С этой целью рассматривают аэрофотоснимок и карту, опознавая на них идентичные объекты: населенные пункты, элементы дорожной сети, гидрография, контуры растительного покрова и т.д. Изучив изображения идентичных объектов на аэрофотоснимке и карте, с помощью штриховых наметок карандашом фиксируют на карте примерные границы снимка. Если привязка аэрофотоснимка сделана правильно, то полученная фигура должна быть близка к квадрату.

2.2. Определение масштаба аэрофотоснимка и высоты фотографирования

Масштаб аэрофотоснимка определяют по формуле:

$$1 := \frac{\ell}{L \cdot M}, \text{ отсюда знаменатель масштаба аэроснимка } m = \frac{L}{\ell} \cdot M ,$$

где: ℓ - длина отрезка на аэрофотоснимке;

L - длина этого же отрезка на топографической карте;

M - знаменатель масштаба карты;

m - знаменатель масштаба аэроснимка.

Для определения масштаба аэрофотоснимка используют два отрезка, концы которых опознают на аэрофотоснимке и карте с погрешностью не более 0,2 мм. С этой целью используют четкие контурные точки аэрофотоснимка и карты: перекрестки дорог, углы построек, углы леса и сельхозугодий.

Оба отрезка должны проходить примерно через главную точку аэроснимка, а расстояния от главной точки до концов отрезка должны быть примерно равными (допустимая разность длин не должна превышать 1 – 2 см). Главная точка «0» аэрофотоснимка находится в точке пересечения линий, соединяющих координатные метки аэрофотоаппарата, изображения которых располагаются в середине каждой из четырех сторон аэрофотоснимка (рис. 2.1.).

Рис. 2.1. Определение главной точки аэроснимка

Образец бланка

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

кафедра геодезии и фотограмметрии

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСШТАБА АЭРОФОТОСНИМКА

И ВЫСОТЫ ФОТОГРАФИРОВАНИЯ

Аэроснимок № 034

Лист карты У-35-38-А-в-3

Исходные данные

Масштаб карты 1:М = 1:10 000

Фокусное расстояние

аэрофотоаппарата $f = 100$ мм

$$m = \frac{L \cdot M}{\ell} \quad H = m_{cp} \cdot f$$

$$\text{допуст. } \Delta m = \frac{2 \cdot \Delta d \cdot M}{\ell_{cp}}$$

$$M = 10\,000$$

Схема расположения отрезков на аэроснимке

Измерение длины отрезков

на аэроснимке

$$\ell_1 = 178,7 \text{ мм}$$

$$\ell_2 = 148,3 \text{ мм}$$

$$m_1 = 10926$$

на карте

$$L_1 = 195,2 \text{ мм}$$

$$L_2 = 217,0 \text{ мм}$$

$$m_2 = 10943$$

$$\Delta m = m_1 - m_2 = 17$$

$$\text{доп. } \Delta m = 280$$

$$m_{cp} = 10934$$

Высота фотографирования

$$H = 1093 \text{ м}$$

Преподаватель

МД-94-1

Иванов

Опознав выбранные точки аэрофотоснимка на топографической карте, измеряют отрезок с помощью измерителя и линейки. Вычисления выполняют в бланке (стр. 19). Разность знаменателей масштаба Δm аэрофотоснимка, полученная из определений по двум отрезкам, не должна превышать величины:

$$\text{допустимая } \Delta m = \frac{2\Delta d \cdot M}{\ell_{cp}}, \quad \Delta m = m_2 - m_1$$

где: Δd - допустимая ошибка положения контуров на топографической карте ($\Delta d = \pm 1 \text{ мм}$).

В качестве окончательного значения знаменателя масштаба аэрофотоснимка принимают его среднее значение из двух определений:

$$m_{cp} = (m_1 + m_2) : 2 .$$

Высоту фотографирования определяют по формуле:

$$H = f \cdot \frac{L \cdot M}{\ell} \quad \text{или} \quad H = f \cdot m_{cp} ,$$

где f - фокусное расстояние аэрофотоаппарата, которым была выполнена аэрофотосъемка.

Фокусное расстояние задается преподавателям.

Высоту фотографирования вычисляют в метрах.

3. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА

По данным топографической съемки необходимо составить топографический план местности в масштабе 1:2000 с высотой сечения рельефа 1 м.

Составление плана выполняют в такой последовательности:

построение координатной сетки;

нанесение точек съемочного обоснования по координатам;

нанесение ситуации, точек рельефа на план и проведение горизонталей;

вычерчивание топографического плана.

3.1. Построение координатной сетки

Координатную сетку строят на листе чертежной бумаги размером 289 x 210 мм (формат А 4). Стороны координатной сетки принимают равными 5 x 5 см.

Для построения сетки на листе бумаги карандашом проводят диагонали (относительно углов листа). Из точки пересечения диагоналей откладывают на них циркулем-измерителем 4 равных отрезка (полудиагонали) длиной 12 – 13 см (рис. 3.1.), получают точки а,б,в,г. Соединив эти точки на диагоналях, получают стороны вспомогательного прямоугольника а,б,в,г, на которых, начиная от точки г, измерителем откладывают равные отрезки (по 5 см) – стороны сетки квадратов. Общий размер сетки 20 см по оси X, 15 см – по оси У.

Правильность построения координатной сетки контролируют путем измерения циркулем-измерителем диагоналей всех квадратов сетки. Ошибки в длинах диагоналей не должны превышать 0,2 – 0,3 мм. После контроля все вспомогательные построения (на рис. 3.1. показаны пунктиром) убирают.

3.2. Нанесение точек съемочного обоснования по координатам

Для нанесения точек съемочного обоснования по координатам сетку координат оцифровывают через 100 метров. За начало координат принимают юго-западный угол рамки. Координаты юго-западного угла сетки выбирают

так, чтобы точки съемочного обоснования разместились примерно в середине сетки. От юго-западного угла к северу подписывают абсциссы X , к востоку – ординаты Y .

Координаты, высоты точек съемочного обоснования и горизонтальные проложения приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1.

Номера точек	Координаты		Высоты, м	Горизонт. проложен., м
	X	Y		
1	5319,8	2490,0	148,2	
				169,2
2	5488,8	2481,6	156,6	
				155,8
3	5469,6	2636,3	154,7	
				159,2
4	5311,2	2619,8	146,5	
				130,1

в примере координаты юго-западного угла удобно взять равными $X = 5,2$ км, $Y = 2,4$ км (рис. 3.4). Нанесение каждой точки съемочного обоснования производят с помощью циркуля – измерителя и масштабной линейки. Вначале определяют, в каком квадрате располагается данная точка. Затем значение абсциссы циркулем-измерителем откладывают по обеим сторонам квадрата, наколы соединяют тонкой прямой линией. На этой линии откладывают значение ординаты Y . Делают накол, полученную точку обводят условным знаком (кружочком), рядом слева подписывают номер точки, справа отметку до 0,1 м. Накладку точек съемочного обоснования обязательно контролируют. Для этого значение горизонтального проложения

между двумя точками циркулем - измерителем берут по масштабной линейке и сравнивают с расстоянием между соответствующими точками на плане. Расхождение между этими величинами допускается 0,2 мм на плане (рис. 3.4.).

3.3. Нанесение ситуации, точек рельефа и проведение горизонталей

Ситуацию наносят на план по данным полевых измерений и абрисов (рис. 3.2 табл. 3.2).

Съемочные пикеты, снятые полярным способом, наносят на план по горизонтальному углу и горизонтальному проложению. Горизонтальные углы откладывают при помощи кругового транспортира от начального направления по ходу часовой стрелки, а горизонтальное проложение по линейке или циркулем-измерителем в заданном масштабе. Полученную точку обводят кружочком, рядом подписывают номер и отметку. Руководствуясь абрисом и записями, сделанными в примечании, вычерчивают условными знаками элементы ситуации. Виды угодий пока обозначают надписями (рис. 3.2.).

Нанесение съемочных пикетов, снятых на местности способом прямоугольных координат (перпендикуляров), производят с помощью линейки и треугольника, откладывая по линейке расстояния, указанные в абрисе, вдоль начального направления и перпендикулярно к нему в масштабе 1:2000 (рис. 3.2 а., начальное направление линия 3 – 4).

Рис. 3.2. а) Съемка способом перпендикуляров

Таблица 3.2

Исходные данные к составлению
топографического плана
станция 1 $H_1 = 148,2$
начальное направление на т.2

Пикет	Гориз. угол °	Гориз. пролож.	Высоты Н, м	Примечание
1	350	20,0	150,0	гран. пашни
2	5	92,0	155,0	гран. пашни
3	27	64,5	153,2	шосс. дор.
4	44	94,0	153,7	шосс. дорога (шир. 5 м, гравий)
5	53	52,6	151,5	точка рельефа
6	355	70,0	154,0	столб ЛЭП

Проводят горизонтالي по отметкам точек с высотой сечения 1 м путем линейного интерполирования отметок по линии ската. в результате интерполирования находят на плане точки, отметки которых кратны принятому сечению. (На рис. 3.3 проведены горизонтали и отметками 154 и 153 м).

Рис. 3.3. Проведение горизонталей: а) графическим
интерполированием, б) с помощью палетки

Горизонтали можно провести с помощью палетки. Для изготовления палетки берут восковку размером примерно 7 x7 см. На восковке проводят

ряд параллельных линий через равные интервалы (0,5 см или 1,0 см), подписывают их значениями отметок через 1 метр, начиная с минимальной отметки (например 151, 152 и т.д. (рис. 3,3 б). Затем палетку накладывают на 2 соседние А и Б точки на плане таким образом, чтобы эти точки заняли на палетке соответствующее положение по высоте (152,4 и 154,4). Направление линии АБ пересекает линии палетки в точке «а» с отметкой 153 м, в точке «б» с отметкой 154 м. Точки «а» и «б» перекалывают на план и подписывают их отметки. Таким же образом находят положение горизонталей между другими точками на плане. Соединяя точки с одинаковыми отметками плавными линиями, проводят горизонтали.

3.4. Вычерчивание топографического плана

План оформляют в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500».

Вычерчивают план в следующей последовательности:

пункты съемочного обоснования;

здания, постройки, отдельные местные предметы;

дороги, линии электропередач, просеки, границы контуров и другие элементы линейной протяженности;

надписи объектов и отметки высотных точек.

Вычерчивают горизонтали, выделяют утолщенные горизонтали краткие 5 метрам, размещают надписи горизонталей;

почвенно-растительный покров (условные знаки угодий, лес, луг и пр.);

рамку и зарамочное оформление.

Топографический план вычерчивают в карандаше.

Образец топографического плана приведен на рис. 3.4.

Рис. 3.4. Вычерчивание топографического плана

4. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ

Трассой называют ось проектируемого линейного сооружения: дороги, канала, трубопровода и др. Профиль трассы является основным графическим, по которому выполняется проектирование высотного положения будущего инженерного сооружения. Строят профиль по результатам технического нивелирования пикетов, закрепленных на трассе через 100 м, промежуточных точек и поперечников.

4.1. Обработка результатов нивелирования

По результатам технического нивелирования по пикетажу трассы (рис. 4.1.) разбитой между пикетами 0 и 6 с известными отметками ($H_0 = 127,410$ м, $H_6 = 133,446$ м), получены превышения $h_{изм.}$, которые выписаны в специальную ведомость вычисления отметок в графу 2 (табл. 4.1., стр. 29).

Сначала вычисляют невязку нивелирного хода f_h и допустимое значение невязки доп. f_h по формулам:

$$f_h = \sum h_{изм.} - (H_6 - H_0),$$

доп. $f_h = 50 \text{ мм} \sqrt{L_{км}}$, где: f_h - полученная невязка нивелирного хода, $\sqrt{\sum h_{изм.}}$ - сумма измеренных превышений по всему нивелирному ходу H_6 - отметка конечного пикета (ПК 6), H_0 - отметка начального пикета (ПК 0), L - длина хода в км (0 . 6 км.).

$$f_h = + 6016 - (133,446 - 127,410) = 6016 - 6036 = - 20 \text{ мм};$$

$$\text{доп. } f_h = 50 \text{ мм} \sqrt{0,6_{км}} = 40 \text{ мм} .$$

Если полученная невязка меньше допустимой, то ее распределяют с обратным знаком на все измеренные превышения, для чего находим поправки δ_h к превышениям ($h_{изм.}$).

$$\delta_h = -\frac{f_h}{n}, \text{ где } n - \text{число превышений.}$$

Поправки округляют до целых миллиметров, распределяют так, чтобы сумма поправок была равна невязке с обратным знаком. В примере $\delta_h = -(-\frac{20\text{мм}}{9}) = +2\text{мм}$ (и остаток 2 мм). Остаток 2 мм распределяют еще по 1 мм на 2 превышения. Таким образом, в нашем примере два превышения получили поправку по 3 мм, а семь превышение – по 2 мм.

$$\text{Контроль: } \sum \delta_h \cdot 7 + 3\text{мм} \cdot 2 = +20\text{мм}$$

Поправки выписывают в графу 2 над значениями $h_{\text{изм.}}$. В графу 3 записывают исправленные превышения ($h_{\text{испр.}}$), которые вычисляют по формуле.

$$h_{\text{испр.}} = h_{\text{изм.}} + \delta_h = +8800 + 2 = +0802; -2100 + 2 = -2098 \text{ и т.д.}$$

$$\text{Контроль: } \sum h_{\text{испр.}} = H_6 - H_0$$

Рис. 4.1. Схема нивелирного хода

Далее вычисляют отметки пикетов плюсовых точек оси трассы, отметки поперечного профиля.

Отметки пикетов и плюсовых точек трассы вычисляют по формуле;

$$H_n = H_{n-1} + h_{\text{испр.}} ,$$

где: H_n -отметка определяемого пикета

H_{n-1} - отметка предыдущего пикета

$h_{\text{испр.}}$ - исправленное превышение между предыдущим и определяемым пикетами.

В нашем примере:

$$H_1 = H_0 + h_{\text{испр.}} = 127,410 + 0,802 = 128,212 ,$$

$$H_2 = H_1 + h_{\text{испр.}} = 128,212 - 2,098 = 126,114 .$$

Контролем правильности вычисления отметок является полученная в результате вычисления отметка конечного пикета (ПК 6), ($H_6 = 133,446$ м). Отметки всех точек записывают в графу 4 используя полученные отметки пикетов оси трассы, вычисляют отметки точек поперечника.

В ведомости вычисления отметок нивелирного хода выписаны превышения между пикетом 5 и точками поперечного профиля.

Отметки точек поперечного профиля вычисляют по формуле:

$$H_1 = H_5 + h_i,$$

где: H_1 - отметка определяемой точки;

H_5 - отметка пикета 5;

h_i - превышение между ПК 5 и точкой поперечного профиля.

Таблица 4.1.

Ведомость вычисления отметок

Номер точек	Превышения, мм		Отметки Н м
	$h_{изм.}$	$h_{испр.}$	
1	2	3	4
ПК 0	+2		127,410
	+0800	+0802	
ПК 1	+2		128,212
	- 2100	- 2098	
ПК 1+ 40	+ 2		126,114
	- 0190	- 0188	
ПК 2	+2		127,618
	+2412	+ 2414	
X	+ 2		130.032
	+ 1408	+ 1410	

ПК 3	+ 2		131,442
	+ 2598	+ 2600	
ПК 4	+ 3		134,042
	- 1202	- 1199	
ПК 5	+ 3		132,843
	+ 0600	+ 0603	
ПК 6			133,446
Σh	+ 6016	+ 6036	$H_6 - H_0 = +6036$

Поперечный профиль

Номер точек	Превышения $h_{испр.}$	Отметка H_m
ПК 5	+0810	132,843
Л + 5	- 1588	133,653
Л + 10	- 1342	131,255
П + 10		131,501

В примере: $H_{Л+5} = 132 \cdot 843 + 0,810 = 133,653 м$

$$H_{Л+10} = 132 \cdot 843 - 1,588 = 131,255 м$$

$$H_{П+10} = 132 \cdot 843 - 1,342 = 131,501 м$$

Вычисленные отметки записывают в ведомость в графу «отметки» против соответствующей точки.

4.2. Построение профиля

По вычисленным отметкам пикетов и промежуточных точек на миллиметровой бумаге строят продольный профиль трассы и профиль поперечника. Профили строят в масштабах:

Продольный профиль:

горизонтальный масштаб 1:2 000;

вертикальный масштаб 1:200;

Поперечный профиль:

горизонтальный масштаб 1:200;

вертикальный масштаб 1:200;

На листе миллиметровой бумаги размером 400 x 400 мм вычерчивают сетку профиля. Названия граф и размеры их в миллиметрах показаны на рис. 4.2.

В графе «расстояния» отмечают положение пикетов (через 5 см) и плюсовых точек в заданном масштабе. Между пикетами и плюсовыми точками выписывают расстояния. Икс – точки не строят. Ниже этой графы подписывают номера пикетов.

В графе «фактические отметки» выписывают из ведомости нивелирного хода отметки пикетов и плюсовых точек с округлением до 0,01 м.

Выбирают и подписывают отметку условного горизонта профиля, которая должна быть на 5 – 8 метров меньше самой низкой отметки по трассе. (В примере минимальная отметка ПК 1 + 60 $H = 125,93$, следовательно отметку условного горизонта можно взять 120,0 м).

От линии условного горизонта на перпендикулярах, проведенных пунктирными линиями через точки трассы, откладывают отметки точек в масштабе 1:200. Полученные точки последовательно соединяют прямыми линиями, в результате чего получают продольный профиль местности по оси трассы.

Над продольным профилем строят сетку для поперечного профиля. Заполняют графи «расстояния» и «фактические отметки» так же, как и при построении продольного профиля. Под сеткой подписывают пикетажные обозначения точек поперечника (рис. 4.2.).

Выбрав условный горизонт, по вычисленным отметкам строят положение точек поперечника и, соединив эти точки, получают поперечный профиль местности.

4.3. Проектирование по профилю

Вдоль продольного профиля проектируют положение оси будущего инженерного сооружения. Проектную линию намечают графически с учетом следующих требований:

проектную отметку нулевого пикета принимают равной фактической отметке этого пикета;

уклоны отдельных участков проектной линии не должны превышать 0,050;

шаг проектирования (длину отдельного участка) принимают от 200 м до 600 м;

объем земляных работ должен быть минимальным, а объемы насыпей и выемок должны быть примерно одинаковыми, т.е. на профиле должно соблюдаться примерное равенство площадей насыпей и выемок;

изменение уклона проектной линии производят на пикетах или плюсовых точках.

На рис. 4.2. проектная отметка ПК 0 равна фактической отметке (127,41). Намечено три участка проектной линии с разными уклонами. Длина каждого участка 200 м. Вычисляют уклон участка проектной линии по формуле:

$$i = \frac{h}{D} = \frac{H_{кон.} - H_{нач.}}{D},$$

где: i - уклон участка проектной линии,

h - превышение участка проектной линии,

D - горизонтальной проложение участка проектной линии,

$H_{нач.}$ - проектная отметка начального пикета участка проектной линии,

$H_{кон.}$ - проектная отметка конечного пикета участка проектной линии.

В примере уклоны равны:

$$i_1 = \frac{H_2 - H_0}{200} = \frac{127,62 - 127,41}{200} = \frac{0,21}{200} = 0,001 ,$$

$$i_2 = \frac{H_4 - H_2}{200} = \frac{134,04 - 127,61}{200} = \frac{6,43}{200} = 0,032 ,$$

$$i_3 = \frac{H_6 - H_4}{200} = \frac{133,45 - 134,01}{200} = \frac{-0,64}{200} = -0,003 .$$

Полученные уклоны округляют до 0,001 и выписывают в графу «Проектные уклоны» над диагональю. Под диагональю выписывают горизонтальное проложение участка с данным уклоном. Направление диагонали показывает знак уклона:

- уклон положительный;
- уклон отрицательный;
- уклон нулевой (горизонтальный участок).

Вычисляют проектные отметки точек продольного профиля по формуле:

$$H_{n+1} = H_n + i \cdot d ,$$

где: H_{n+1} - проектная отметка определяемой точки,

H_n - проектная отметка предыдущей точки,

i - уклон данного участка,

d - горизонтальное проложение между соответствующими точками.

В примере

$$H_1 = H_0 + i \cdot d = 127,41 + 0.001 \cdot 100 = 127,51 \text{ м}$$

$$H_{1+40} = H_1 + i \cdot d = 127,51 + 0.001 \cdot 40 = 127,55 \text{ м}$$

$$H_{1+60} = H_1 + i \cdot d = 127,51 + 0.001 \cdot 60 = 127,57 \text{ м}$$

$$H_2 = H_1 + i \cdot d = 127,51 + 0.001 \cdot 100 = 127,61 \text{ м}$$

Полученные проектные отметки выписывают в графу «Проектные отметки». Таким же образом вычисляют проектные отметки для второго участка.

$$H_3 = H_2 + i \cdot d = 127,61 + 0.032 \cdot 100 = 127,61 + 3,20 = 130,81 \text{ и т.д.}$$

Контролем вычислений служат проектные отметки концов участка проектной линии (ПК 2, ПК 4, ПК 6).

Вычисляют рабочие отметки по формуле

$$H_{\text{раб.}} = H_{\text{проект.}} - H_{\text{фактич.}}$$

$$H_{\text{раб.}} = 127,51 - 128,21 = -0,70 \text{ и т.д.}$$

Рабочие отметки выписывают около проектной линии: положительные (высота насыпи) – выше линии, отрицательные (глубина выемки) – ниже проектной линии.

На поперечном профиле по вычислено проектной отметке пикета 5 ($H_5 = 133,71$) от которого был разбит поперечник, наносят положение проектной линии. Ее проводят горизонтально по 6 метров 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 кюветов 0,6 м., глубина 1 м.

Над проектной линией выписывают ее отметку (в примере 133,71).

Все проектные данные – проектные линии, уклоны, проектные отметки, рабочие отметки вычерчивают на профиле красным цветом.

Слева над продольным профилем вычерчивают штамп. (Размеры произвольные рис. 4.2).

5. РАБОТА С ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ

Работа с геодезическими приборами включает измерение горизонтальных углов, вертикальных углов, расстояний теодолитом (рис. 5.1) и измерение превышений нивелиром (рис. 5.5.).

Для выполнения измерений теодолит или нивелир приводят в рабочее положение – горизонтируют и фиксируют. Для горизонтирования теодолита поворотом алидады (8) устанавливают уровень (13) по направлению двух подъемных винтов прибора (5). Вращая эти винты в разные стороны выводят пузырек уровня на середину (в нольпункт). Открепив алидаду, поворачивают ее на 90° , устанавливая уровень по направлению третьего подъемного винта. Вращением этого винта приводят пузырек уровня на середину. Затем вращением диоптрийного кольца (14) устанавливают резкое изображение сетки нитей (рис. 5.3).

5.1. Измерение горизонтальных и вертикальных углов

Устанавливают теодолит в вершине угла, горизонтируют его, вращением алидады (9) и трубы (10) при положении вертикального круга слева (КЛ) наводят ее с помощью визира (3) на левую визирную цель (рис. 5.2), устанавливают ее резкое изображение с помощью кремальеры (12).

Рис. 5.2. Расположение марок при измерении горизонтальных углов

Рис. 5.3. Сетка нитей теодолита

Далее наводящими винтами алидады (9) и трубы (11) точно совмещают центр сетки нитей с визирной целью и с помощью микроскопа (1) берут отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам и записывают в журнал (Табл. 5.1.), затем поворачивают алидаду, наводят сетку нитей на правую визирную цель и также берут и записывают отсчеты по кругам теодолита. Выполненные действия при «круге лево» (КЛ) составляют первый полуприем. Вторым полуприемом выполняют при «круге право» (КП), для чего трубу переводят через зенит и далее действуют аналогично первому полуприему (КЛ). Порядок записи результатов измерений показан в журнале цифрами с ① по 8.

Значение горизонтального угла получают дважды:

$$1 \text{ полуприем КЛ } \beta_L = 95^0 30' - 48^0 25' = 47^0 05' \quad (9)$$

$$2 \text{ полуприем КП } \beta_n = 275^0 30' - 228^0 26' = 47^0 04' \quad (10)$$

Допустимое расхождение угла КЛ – КП не должно превышать $2''$. За окончательное значение угла принимается его средняя величина

$$\beta_{cp} = (\beta_L + \beta_n) : 2 = 47^0 04'.5 \quad (11)$$

Вертикальные углы вычисляют по формуле $\nu = КЛ - МО$

$МО = (КЛ + КП - 180^0) : 2$, где КЛ и КП отсчеты по вертикальному кругу теодолита, МО – место нуля вертикального круга.

$$МО = (16^0 32'' + 163^0 27'' - 180^0) : 2 = - 0''.5 \quad (12)$$

$$\nu = 16^0 32' - (-0',5) = 16^0 32',5 \quad (14)$$

Таблица 5.1.

ЖУРНАЛ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ И ДЛИН ЛИНИЙ

Дата 4 декабря

исполнитель Иванов С. И.

Точки стояния	Круг	Точки визирования	Горизонтальный круг		
			Отсчет 0 0	Измеренный угол 0 0	Средний угол 0 0
1	2	3	4	5	6
В	КЛ	Д	48 25 (1)	(9) 47 05	(11) 47 04,5
		С	95 30 (3)		
	КП	Д	228 26 (5)	(10) 47 05	
		С	275 30 (7)		

Точки		Круг	Вертикальный круг			Длина линий
Стояния	Визирования		Отсчет	Место нуля	Угол наклона	Измеренн. Гориз. прол.
7	8	9	10	11	12	13
В	Д	КЛ	16 32 (2)	- 0 4,5 (12)	(14)	17,6 (16)
		КП	163 27 (6)		16 32,5	
В	С	КЛ	351 18 (4)	+ 0,5 (13)	(15)	
		КП	188 43 (8)		-8 42,5	
		КЛ				

5.2. Измерение расстояний нитяным дальномером

Измерение расстояний нитяным дальномером производят по рейке с сантиметровыми шашечными делениями (рис. 5.4), для чего труба теодолита наводят на рейку и наводящим винтом трубы (11) совмещают верхнюю дальномерную нить сетки нитей с ближайшим целым дециметровым делением рейки (например 10 дц.). Затем берут отсчет n_2 по нижней нити с точностью до 1 мм.

На рис. 5.4 $n_1 = 1000$ мм

$n_2 = 1176$ мм

Измеренное расстояние $S = K (n_1 - n_2)$, где K – коэффициент
дальномера. $K = 100$

$$S = 100 (1176 - 1000) = 17,6 \text{ м}$$

Результат записывают в графу 13 журнала (табл. 5.1). (16)

5.3. Измерение превышений

Нивелир (рис. 5.5) приводят в рабочее положение – горизонтируют, приводя на середину пузыря круглого уровня (7) подъемными винтами (11), фокусируют сетку нитей (1). Затем наводят трубу на заднюю рейку, добиваются ее резкого изображения с помощью кремальеры (5). Элевационным винтом (8) приводят пузырек цилиндрического уровня (9) на середину, берут отсчет по черной стороне рейки средней горизонтальной нитью до 1 мм (рис. 5.6), затем – по красной стороне рейки. Отсчеты записывают в графу 3 журнала ((1) (2) табл. 5.2). Затем рейку устанавливают на переднюю точку и действуя аналогично, берут отсчеты по черной и красной сторонам передней рейки (3) и (4), записывая их в графу 4 журнала.

Превышение вычисляют по формуле $h = a - в$

где : a - отсчет по задней рейке,

$в$ – отсчет по передней рейке.

Превышение вычисляют дважды: по черным и красным сторонам рейки

$$h_ч = 1171 - 1793 = - 622 \quad (5)$$

$$h_к = 5854 - 6478 = - 624 \quad (6) \quad h_ч - h_к = 2 \text{ мм}$$

Расхождение между $h_ч$ и $h_к$ не должно превышать 5 мм. В графе 7 вычисляют среднее превышение (7)

$$h_{ср.} = (h_ч + h_к) : 2 = - 623 \text{ мм.}$$

Рис. 5.5. Основные части нивелира Н-3

1 – диоптрийное кольцо; 2 – зрительная труба; 3 – визир; 4 – объектив; 5 – кремальера; 6 – наводящий вид; 7 – круглый уровень; 8 – элевационный винт; 9 – цилиндрический уровень; 10 – закрепительный винт; 11 – подъемный винт; 12 – подставка.

Рис. 5.6. Поле зрения зрительной трубы нивелира

Таблица 5.2

Журнал нивелирования

№№ стан-ций	Номер точек наблюдений	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм	
		Задней а	Передний в	Промежу- точный	Вычислен- ный	Средние
1	2	3	4	5	6	7
	1	1171 (1)				
1		5854 (2)			- 622 (5)	
	2		1793 (3)			- 623 (7)
			6478 (4)		- 624 (6)	



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»



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

Е.А.Акулова

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Основы геодезии и топографии»

для студентов очного и заочного обучения
направления подготовки (специальности)
21.05.03 Технология геологической разведки
(уровень специалитета)

Одобрена на заседании кафедры

Геодезии и кадастров

(название кафедры)

Зав. кафедрой

(подпись)

Акулова Е.А.

(Фамилия И.О.)

Екатеринбург, 2020 г

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

Е.А.Акулова

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ **«Основы геодезии и топографии»**

для студентов очного и заочного обучения
направления подготовки (специальности)
21.05.03 Технология геологической разведки
(уровень специалитета)

	Стр.
1. Общие положения	3
2. Требования к уровню освоения образовательной программы.....	4
3. Внутренние факторы, способствующие активизации самостоятельной работы	6
4. Виды самостоятельной работы	7
5. Организация СРС.....	9
6. Деятельность студентов по формированию и развитию навыков учебной самостоятельной работы.....	19
7. Требования к учебно-методическому обеспечению самостоятельной работы студентов.....	28
8. Самостоятельная работа студента - необходимое звено становления исследователя и специалиста.....	31
Список используемой литературы.....	34

1. Общие положения

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в

рейтинговой технологии обучения. Государственным стандартом предусматривается, как правило, 50% часов из общей трудоемкости дисциплины на самостоятельную работу студентов (далее СРС). В связи с этим, обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

Самостоятельная работа студентов - это любая деятельность, связанная с воспитанием мышления будущего профессионала. Любой вид занятий, создающий условия для зарождения самостоятельной мысли, познавательной активности студента связан с самостоятельной работой. В широком смысле под самостоятельной работой следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов как в учебной аудитории, так и вне её, в контакте с преподавателем и в его отсутствии.

Самостоятельная работа студентов – это средство вовлечения студента в самостоятельную познавательную деятельность, формирующую у него психологическую потребность в систематическом самообразовании.

Сущность самостоятельной работы студентов как специфической педагогической конструкции определяется особенностями поставленных в ней учебно-познавательных задач. Следовательно, самостоятельная работа – это не просто самостоятельная деятельность по усвоению учебного материала, а особая система условий обучения, организуемых преподавателем.

Основные задачи самостоятельной работы:

- развитие и привитие навыков студентам самостоятельной учебной работы и формирование потребностей в самообразовании;
- освоение содержания дисциплины в рамках тем, выносимых на самостоятельное изучение студента;
- осознание, углубление содержания и основных положений курса в ходе конспектирования материала на лекциях, отработки в ходе подготовки к семинарским и практическим занятиям;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий, при написании курсовых и дипломной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

Активная самостоятельная работа студентов возможна только при наличии серьезной и устойчивой мотивации. Самый сильный мотивирующий фактор - подготовка к дальнейшей эффективной профессиональной деятельности.

2. Требования к уровню освоения образовательной программы

Объектом профессиональной деятельности выпускника по направлению подготовки бакалавриата 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» являются земельные ресурсы, используемые в различных отраслях народного хозяйства, их распределение по категориям земель, землевладениям и землепользованиям, правовой режим землепользования, количественная и качественная характеристики, управление и контроль за их состоянием и использованием, а также объекты недвижимости, включая земельные участки, находящиеся в границах городов и других поселений, их правовой статус, регистрация, оценка, контроль использования; городская среда; кадастровые информационные системы; проектно-техническая документация.

Выпускник по направлению подготовки бакалавриата 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» должен знать:

- методы проектирования и проведения технико-экономических расчетов; принципы землеустройства, земельного кадастра и городского кадастра; технологии проектирования; постановления, распоряжения, приказы вышестоящих и других органов;
- методические и нормативные материалы по землеустройству, земельному кадастру и городскому кадастру;
- стандарты, технические условия и другие руководящие материалы по разработке и оформлению проектно-сметной документации; технические средства проектирования в землеустройстве, земельном и городском кадастрах, основы патентования;
- передовой отечественный и зарубежный опыт землеустройства, земельного и городского кадастров;
- технические, экономические, экологические и социальные требования к проектам (схемам) землеустройства и автоматизированным системам земельного и городского кадастров;
- законы, указы, постановления, приказы, методические и нормативные материалы по вопросам землеустройства организации государственного земельного и городского

кадастров и автоматизированных кадастровых систем; перспективы их развития; организацию экономического планирования и оперативного регулирования производства;

- структуру проектных предприятий и кадастровых организаций, производственные и функциональные связи между его подразделениями;

- задачи и содержание земельно-кадастровых систем; порядок разработки системы государственного земельного и городского кадастров; прогнозов, планов, схем и проектов землеустройства, технических и рабочих проектов;

- экономико-математические и статистические методы и модели;

- средства вычислительной техники, коммуникаций и связи; порядок постановки задач, их алгоритмизации;

- методы определения экономической эффективности землеустройства; внедрения кадастровых систем и технологий;

- стандарты унифицированной системы проектной и кадастровой документации;

- порядок разработки и оформления технической документации;

- основы экономики, организации производства, труда и управления в землеустройстве и земельном кадастре, основы трудового законодательства, правила и нормы охраны труда.

Государственным образовательным стандартом предусмотрено 8640 часов теоретического обучения (240 з.е).

Срок освоения основной образовательной программы подготовки выпускника при очной форме обучения составляет 208 недель, в том числе: теоретическое обучение, включая научно-исследовательскую работу студентов, практикумы, в том числе лабораторные - 177 недель; экзаменационные сессии 23 недели; практики: 30 недель; итоговая государственная аттестация, включая подготовку и защиту выпускной квалификационной работы (проекта) 6 недель; каникулы (включая 8 недель последиplomного отпуска) 31 неделя.

Максимальный объем учебной нагрузки студента устанавливается 54 часа в неделю, включая все виды его аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы.

Объем аудиторных занятий студента при очной форме обучения не должен превышать в среднем за период теоретического обучения 24 часов в неделю. При этом в указанный объем не входят обязательные практические занятия по физической культуре и занятия по

факультативным дисциплинам. При очно-заочной (вечерней) форме обучения объем аудиторных занятий должен быть не менее 10 часов в неделю.

Следует заметить, что самостоятельная работа в пределах теоретического обучения составляет 4150 часов. Учебные практики составляют 16 недель, из расчета 36 часов в неделю самостоятельная работа составляет 576 часов. В период экзаменационной сессии самостоятельная работа студента в среднем составляет 25-30 часов. Не составляет исключение и выпускная квалификационная работа, где самостоятельная работа может составлять в среднем 500 часов. В итоге, за весь период обучения самостоятельная работа студентов составляет более 5000 часов. Для эффективного использования этого времени при подготовке дипломированного специалиста необходимо рационально его использовать, грамотно организовать работу и иметь мотивацию для ее реализации.

3. Внутренние факторы, способствующие активизации самостоятельной работы

Среди них можно выделить следующие:

1. Полезность выполняемой работы. Если студент знает, что результаты его работы будут использованы в лекционном курсе, в методическом пособии, в лабораторном практикуме, при подготовке публикации или иным образом, то отношение к выполнению задания существенно меняется в лучшую сторону и качество выполняемой работы возрастает. При этом важно психологически настроить студента, показать ему, как необходима выполняемая работа.

Другим вариантом использования фактора полезности является активное применение результатов работы в профессиональной подготовке. Так, например, если студент получил задание на дипломную (квалификационную) работу на одном из младших курсов, он может выполнять самостоятельные задания по ряду дисциплин гуманитарного и социально-экономического, естественно-научного и общепрофессионального циклов дисциплин, которые затем войдут как разделы в его квалификационную работу.

Материальные стимулирующие факторы могут выражаться в надбавках к основной стипендии, номинированные на именные стипендии, участие в конкурсах научно-исследовательских работ, где в качестве приза могут выступать материальные поощрения.

2. Участие студентов в творческой деятельности. Это может быть участие в научно-исследовательской, опытно-конструкторской или методической работе, проводимой на кафедре.

3. Участие в олимпиадах по учебным дисциплинам, конкурсах научно-исследовательских или прикладных работ и т.д.

4. Использование мотивирующих факторов контроля знаний (накопительные оценки, рейтинг, тесты, нестандартные экзаменационные процедуры). Эти факторы при определенных условиях могут вызвать стремление к состязательности, что само по себе является сильным мотивационным фактором самосовершенствования студента.

5. Поощрение студентов за успехи в учебе и творческой деятельности (стипендии, премирование, поощрительные баллы) и санкции за плохую учебу. Например, за работу, сданную раньше срока, можно проставлять повышенную оценку, а в противном случае ее снижать.

6. Индивидуализация заданий, выполняемых как в аудитории, так и вне ее, постоянное их обновление.

7. Мотивационным фактором в интенсивной учебной работе и, в первую очередь, самостоятельной является личность преподавателя. Преподаватель может быть примером для студента как профессионал, как творческая личность. Преподаватель может и должен помочь студенту раскрыть свой творческий потенциал, определить перспективы своего внутреннего роста.

4. Виды самостоятельной работы

В образовательном процессе высшего профессионального образовательного учреждения выделяется два вида самостоятельной работы – аудиторная, под руководством преподавателя, и внеаудиторная. Тесная взаимосвязь этих видов работ предусматривает дифференциацию и эффективность результатов ее выполнения и зависит от организации, содержания, логики учебного процесса (межпредметных связей, перспективных знаний и др.):

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Основными видами самостоятельной работы студентов без участия преподавателей являются:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
- написание рефератов;
- подготовка к лабораторным работам, их оформление;
- выполнение микроисследований;
- подготовка практических разработок;
- выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов, расчетно-компьютерных и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплин и т.д.;
- выполнение конкретного задания в период прохождения учебной практики;
- компьютерный текущий самоконтроль и контроль успеваемости на базе электронных обучающих и аттестующих тестов;
- подготовка докладов и презентаций для конкурсов НИРС и конкурсов профессионального мастерства;
- подготовка к контрольным мероприятиям, таким как текущий контроль знаний в виде проверочных тестов или расчетно-графических работ, зачетов, экзаменов;
- выполнение курсовой работы или проекта;
- подготовка выпускной квалификационной работы.

Основными видами самостоятельной работы студентов с участием преподавателей являются:

- текущие консультации;
- прием и разбор домашних заданий (в часы практических занятий);
- прием и защита лабораторных работ (во время проведения л/р);
- выполнение курсовых работ (проектов) в рамках дисциплин (руководство, консультирование и защита курсовых работ (в часы, предусмотренные учебным планом);
- выполнение учебно-исследовательской работы (руководство, консультирование и защита УИРС);

- прохождение и оформление результатов практик (руководство и оценка уровня сформированности профессиональных умений и навыков);
- выполнение выпускной квалификационной работы (руководство, консультирование и защита выпускных квалификационных работ) и др.

5. Организация СРС

Аудиторная самостоятельная работа может реализовываться при проведении практических занятий, семинаров, выполнении лабораторного практикума и во время чтения лекций.

При чтении лекционного курса непосредственно в аудитории контролируется усвоение материала основной массой студентов путем проведения экспресс-опросов по конкретным темам, тестового контроля знаний, опроса студентов и т.д.

На практических и лабораторных занятиях различные виды СРС позволяют сделать процесс обучения более интересным и поднять активность значительной части студентов в группе.

На практических занятиях не менее 1 часа из двух (50% времени) отводится на самостоятельное решение задач. Лабораторные занятия строятся следующим образом:

1. Вводное слово преподавателя (цели занятия, основные вопросы, которые должны быть рассмотрены).
2. Беглый опрос.
3. Решение 1-2 типовых задач.
4. Самостоятельное решение задач.
5. Проверка решения задач с обязательной работой над ошибками. Лабораторная или практическая работа считается выполненной при условии отсутствия ошибок.

Для проведения занятий необходимо иметь большой банк заданий и задач для самостоятельного решения, причем эти задания могут быть дифференцированы по степени сложности. В зависимости от дисциплины или от ее раздела можно использовать два пути:

1. Давать определенное количество задач для самостоятельного решения, равных по трудности, а оценку ставить за количество решенных за определенное время задач.
2. Выдавать задания с задачами разной трудности и оценку ставить за трудность решенной задачи.

По результатам самостоятельного решения задач следует выставять по каждому занятию оценку.

При проведении лабораторных работ и учебных практик студенты могут выполнять СРС как индивидуально, так и малыми группами, каждая из которых разрабатывает свою задачу. Выполненная задача затем рецензируется преподавателем и членами бригады. Публичное обсуждение и защита своего варианта повышают роль СРС и усиливают стремление к ее качественному выполнению. Данная система организации практических занятий позволяет вводить в задачи научно-исследовательские элементы, упрощать или усложнять задания.

Активность работы студентов на обычных практических занятиях может быть усилена введением новой формы СРС, сущность которой состоит в том, что на каждую задачу студент получает свое индивидуальное задание (вариант), при этом условие задачи для всех студентов одинаковое, а исходные данные различны. Перед началом выполнения задачи преподаватель дает лишь общие методические указания (общий порядок решения, точность и единицы измерения определенных величин, имеющиеся справочные материалы и т.п.). Выполнение СРС на занятиях с проверкой результатов преподавателем приучает студентов грамотно и правильно выполнять технические расчеты, пользоваться вычислительными средствами и справочными данными. Изучаемый материал усваивается более глубоко, у студентов меняется отношение к лекциям, так как без понимания теории предмета, без хорошего конспекта трудно рассчитывать на успех в решении задачи. Это улучшает посещаемость как практических, так и лекционных занятий.

Выполнение лабораторного практикума, как и другие виды учебной деятельности, содержит много возможностей применения активных методов обучения и организации СРС на основе индивидуального подхода.

Любая лабораторная работа должна включать глубокую самостоятельную проработку теоретического материала, изучение методик проведения и планирование эксперимента, освоение измерительных средств, обработку и интерпретацию экспериментальных данных. При этом часть работ может не носить обязательный характер, а выполняться в рамках самостоятельной работы по курсу. В ряд работ целесообразно включить разделы с дополнительными элементами научных исследований, которые потребуют углубленной самостоятельной проработки теоретического материала.

Разработка комплекса методического обеспечения учебного процесса является важнейшим условием эффективности самостоятельной работы студентов. К такому комплексу следует отнести тексты лекций, учебные и методические пособия, лабораторные практикумы, банки заданий и задач, сформулированных на основе реальных данных, банк расчетных, моделирующих, тренажерных программ и программ для самоконтроля, автоматизированные обучающие и контролирующие системы, информационные базы дисциплины или группы родственных дисциплин и другое. Это позволит организовать проблемное обучение, в котором студент является равноправным участником учебного процесса.

Результативность самостоятельной работы студентов во многом определяется наличием активных методов ее контроля. Существуют следующие виды контроля:

- входной контроль знаний и умений студентов при начале изучения очередной дисциплины;
- текущий контроль, то есть регулярное отслеживание уровня усвоения материала на лекциях, практических и лабораторных занятиях;
- промежуточный контроль по окончании изучения раздела или модуля курса;
- самоконтроль, осуществляемый студентом в процессе изучения дисциплины при подготовке к контрольным мероприятиям;
- итоговый контроль по дисциплине в виде зачета или экзамена;
- контроль остаточных знаний и умений спустя определенное время после завершения изучения дисциплины.

В последние годы наряду с традиционными формами контроля - коллоквиумами, зачетами, экзаменами достаточно широко вводятся новые методы, то есть организация самостоятельной работы студентов производится на основе современных образовательных технологий. В качестве такой технологии в современной практике высшего профессионального образования часто рассматривается рейтинговая система обучения, позволяющая студенту и преподавателю выступать в виде субъектов образовательной деятельности, т.е. являться партнерами.

Тестовый контроль знаний и умений студентов, который отличается объективностью, экономит время преподавателя, в значительной мере освобождает его от рутинной работы и позволяет в большей степени сосредоточиться на творческой части преподавания, обладает высокой степенью дифференциации испытуемых по уровню знаний и умений и очень

эффективен при реализации рейтинговых систем, дает возможность в значительной мере индивидуализировать процесс обучения путем подбора индивидуальных заданий для практических занятий, индивидуальной и самостоятельной работы, позволяет прогнозировать темпы и результативность обучения каждого студента.

Тестирование помогает преподавателю выявить структуру знаний студентов и на этой основе переоценить методические подходы к обучению по дисциплине, индивидуализировать процесс обучения. Весьма эффективно использование тестов непосредственно в процессе обучения, при самостоятельной работе студентов. В этом случае студент сам проверяет свои знания. Не ответив сразу на тестовое задание, студент получает подсказку, разъясняющую логику задания и выполняет его второй раз.

Следует отметить и все шире проникающие в учебный процесс автоматизированные обучающие и обучающе-контролирующие системы, которые позволяют студенту самостоятельно изучать ту или иную дисциплину и одновременно контролировать уровень усвоения материала.

Методические рекомендации для студентов по отдельным формам самостоятельной работы.

С первых же сентябрьских дней на студента обрушивается громадный объем информации, которую необходимо усвоить. Нужный материал содержится не только в лекциях (запомнить его – это только малая часть задачи), но и в учебниках, книгах, статьях. Порой возникает необходимость привлекать информационные ресурсы Интернет.

Система вузовского обучения подразумевает значительно большую самостоятельность студентов в планировании и организации своей деятельности. Вчерашнему школьнику сделать это бывает весьма непросто: если в школе ежедневный контроль со стороны учителя заставлял постоянно и систематически готовиться к занятиям, то в вузе вопрос об уровне знаний вплотную встает перед студентом только в период сессии. Такая ситуация оборачивается для некоторых соблазном весь семестр посвятить свободному времяпрепровождению («когда будет нужно – выучу!»), а когда приходит пора экзаменов, материала, подлежащего усвоению, оказывается так много, что никакая память не способна с ним справиться в оставшийся промежуток времени.

Работа с книгой.

При работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги.

Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой - это всегда большая экономия времени и сил.

Правильный подбор учебников рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Необходимая литература может быть также указана в методических разработках по данному курсу.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая на бумаге все выкладки и вычисления (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода).

При изучении любой дисциплины большую и важную роль играет самостоятельная индивидуальная работа.

Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебнику полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные студентом для консультации с преподавателем.

Выводы, полученные в результате изучения, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы они при перечитывании записей лучше запоминались.

Опыт показывает, что многим студентам помогает составление листа опорных сигналов, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы и понятия. Такой лист помогает запомнить формулы, основные положения лекции, а также может служить постоянным справочником для студента.

Различают два вида чтения; первичное и вторичное. Первичное - это внимательное, неторопливое чтение, при котором можно остановиться на трудных местах. После него не должно остаться ни одного непонятого слова. Содержание не всегда может быть понятно после первичного чтения.

Задача вторичного чтения - полное усвоение смысла целого (по счету это чтение может быть и не вторым, а третьим или четвертым).

Правила самостоятельной работы с литературой.

Как уже отмечалось, самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования у себя научного способа познания.

Основные советы здесь можно свести к следующим:

- Составить перечень книг, с которыми Вам следует познакомиться; «не старайтесь запомнить все, что вам в ближайшее время не понадобится, – советует студенту и молодому ученому Г. Селье, – запомните только, где это можно отыскать» (Селье, 1987. С. 325).

- Сам такой перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и дипломных работ, а что Вас интересует за рамками официальной учебной деятельности, то есть что может расширить Вашу общую культуру...).

- Обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и дипломных работ это позволит очень сэкономить время).

- Разобраться для себя, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть.

- При составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и научными руководителями (или даже с более подготовленными и эрудированными сокурсниками), которые помогут Вам лучше сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время...

- Естественно, все прочитанные книги, учебники и статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц).

- Если книга – Ваша собственная, то допускается делать на полях книги 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 автора (это очень хороший совет, позволяющий экономить время и быстро находить «избранные» места в самых разных книгах).

- Если Вы раньше мало работали с научной литературой, то следует выработать в себе способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда Вам понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое,

то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать), и это может занять немалое время (у кого-то – до нескольких недель и даже месяцев); опыт показывает, что после этого студент каким-то «чудом» начинает буквально заглатывать книги и чуть ли не видеть «сквозь обложку», стоящая это работа или нет...

- «Либо читайте, либо перелистывайте материал, но не пытайтесь читать быстро... Если текст меня интересует, то чтение, размышление и даже фантазирование по этому поводу сливаются в единый процесс, в то время как вынужденное скорочтение не только не способствует качеству чтения, но и не приносит чувства удовлетворения, которое мы получаем, размышляя о прочитанном», – советует Г. Селье (Селье, 1987. – С. 325-326).

- Есть еще один эффективный способ оптимизировать знакомство с научной литературой – следует увлечься какой-то идеей и все книги просматривать с точки зрения данной идеи. В этом случае студент (или молодой ученый) будет как бы искать аргументы «за» или «против» интересующей его идеи, и одновременно он будет как бы общаться с авторами этих книг по поводу своих идей и размышлений... Проблема лишь в том, как найти «свою» идею...

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того на сколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Выделяют четыре основные установки в чтении научного текста:

- информационно-поисковый (задача – найти, выделить искомую информацию)
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему)
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к научному тексту связано существование и нескольких **видов чтения**:

1. библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;

2. просмотрное – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;

3. ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц, цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

4. изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

5. аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач. Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым или в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках учебной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с научным текстом.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

1. Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

2. Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

3. Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

4. Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

5. Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Методические рекомендации по составлению конспекта:

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта;

2. Выделите главное, составьте план;

3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора;

4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.

5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

Выполняя самостоятельную работу под контролем преподавателя студент должен:

– освоить минимум содержания, выносимый на самостоятельную работу студентов и предложенный преподавателем в соответствии с Государственными образовательными

стандартами высшего профессионального образования (ГОС ВПО/ГОС СПО) по данной дисциплине.

- планировать самостоятельную работу в соответствии с графиком самостоятельной работы, предложенным преподавателем.

- самостоятельную работу студент должен осуществлять в организационных формах, предусмотренных учебным планом и рабочей программой преподавателя.

- выполнять самостоятельную работу и отчитываться по ее результатам в соответствии с графиком представления результатов, видами и сроками отчетности по самостоятельной работе студентов.

студент может:

сверх предложенного преподавателем (при обосновании и согласовании с ним) и минимума обязательного содержания, определяемого ГОС ВПО/ГОС СПО по данной дисциплине:

- самостоятельно определять уровень (глубину) проработки содержания материала;

- предлагать дополнительные темы и вопросы для самостоятельной проработки;

- в рамках общего графика выполнения самостоятельной работы предлагать обоснованный индивидуальный график выполнения и отчетности по результатам самостоятельной работы;

- предлагать свои варианты организационных форм самостоятельной работы;

- использовать для самостоятельной работы методические пособия, учебные пособия, разработки сверх предложенного преподавателем перечня;

- использовать не только контроль, но и самоконтроль результатов самостоятельной работы в соответствии с методами самоконтроля, предложенными преподавателем или выбранными самостоятельно.

Самостоятельная работа студентов должна оказывать важное влияние на формирование личности будущего специалиста, она планируется студентом самостоятельно. Каждый студент самостоятельно определяет режим своей работы и меру труда, затрачиваемого на овладение учебным содержанием по каждой дисциплине. Он выполняет внеаудиторную работу по личному индивидуальному плану, в зависимости от его подготовки, времени и других условий.

6. Деятельность студентов по формированию и развитию навыков учебной самостоятельной работы

В процессе самостоятельной работы студент приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления, саморефлексии и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.

Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, их дополнение, рекомендованной литературы, активное участие на практических и семинарских занятиях. Но для успешной учебной деятельности, ее интенсификации, необходимо учитывать следующие субъективные факторы:

1. Знание школьного программного материала, наличие прочной системы знаний, необходимой для усвоения основных вузовских курсов. Это особенно важно для математических дисциплин. Необходимо отличать пробелы в знаниях, затрудняющие усвоение нового материала, от малых способностей. Затратив силы на преодоление этих пробелов, студент обеспечит себе нормальную успеваемость и поверит в свои способности.

2. Наличие умений, навыков умственного труда:

а) умение конспектировать на лекции и при работе с книгой;

б) владение логическими операциями: сравнение, анализ, синтез, обобщение, определение понятий, правила систематизации и классификации.

3. Специфика познавательных психических процессов: внимание, память, речь, наблюдательность, интеллект и мышление. Слабое развитие каждого из них становится серьезным препятствием в учебе.

4. Хорошая работоспособность, которая обеспечивается нормальным физическим состоянием. Ведь серьезное учение - это большой многосторонний и разнообразный труд. Результат обучения оценивается не количеством сообщаемой информации, а качеством ее усвоения, умением ее использовать и развитием у себя способности к дальнейшему самостоятельному образованию.

5. Соответствие избранной деятельности, профессии индивидуальным способностям. Необходимо выработать у себя умение саморегулировать свое эмоциональное состояние и устранять обстоятельства, нарушающие деловой настрой, мешающие намеченной работе.

6. Овладение оптимальным стилем работы, обеспечивающим успех в деятельности. Чередование труда и пауз в работе, периоды отдыха, индивидуально обоснованная норма

продолжительности сна, предпочтение вечерних или утренних занятий, стрессоустойчивость на экзаменах и особенности подготовки к ним,

7. Уровень требований к себе, определяемый сложившейся самооценкой.

Адекватная оценка знаний, достоинств, недостатков - важная составляющая самоорганизации человека, без нее невозможна успешная работа по управлению своим поведением, деятельностью.

Одна из основных особенностей обучения в высшей школе заключается в том, что постоянный внешний контроль заменяется самоконтролем, активная роль в обучении принадлежит уже не столько преподавателю, сколько студенту.

Зная основные методы научной организации умственного труда, можно при наименьших затратах времени, средств и трудовых усилий достичь наилучших результатов.

Эффективность усвоения поступающей информации зависит от работоспособности человека в тот или иной момент его деятельности.

Работоспособность - способность человека к труду с высокой степенью напряженности в течение определенного времени. Различают внутренние и внешние факторы работоспособности.

К внутренним факторам работоспособности относятся интеллектуальные особенности, воля, состояние здоровья.

К внешним:

- организация рабочего места, режим труда и отдыха;
- уровень организации труда - умение получить справку и пользоваться информацией;
- величина умственной нагрузки.

Выдающийся русский физиолог Н. Е. Введенский выделил следующие условия продуктивности умственной деятельности:

- во всякий труд нужно входить постепенно;
- мерность и ритм работы. Разным людям присущ более или менее разный темп работы;
- привычная последовательность и систематичность деятельности;
- правильное чередование труда и отдыха.

Отдых не предполагает обязательного полного бездействия со стороны человека, он может быть достигнут простой переменой дела. В течение дня работоспособность

изменяется. Наиболее плодотворным является *утреннее время (с 8 до 14 часов)*, причем максимальная работоспособность приходится на период с 10 до 13 часов, затем *послеобеденное* - (с 16 до 19 часов) и *вечернее* (с 20 до 24 часов). Очень трудный для понимания материал лучше изучать в начале каждого отрезка времени (лучше всего утреннего) после хорошего отдыха. Через 1-1,5 часа нужны перерывы по 10 - 15 мин, через 3 - 4 часа работы отдых должен быть продолжительным - около часа.

Составной частью научной организации умственного труда является овладение техникой умственного труда.

Физически здоровый молодой человек, обладающий хорошей подготовкой и нормальными способностями, должен, будучи студентом, отдавать *учению 9-10 часов в день* (из них 6 часов в вузе и 3 - 4 часа дома). Любой предмет нельзя изучить за несколько дней перед экзаменом. Если студент в году работает систематически, то он быстро все вспомнит, восстановит забытое. Если же подготовка шла аврально, то у студента не будет даже общего представления о предмете, он забудет все сданное.

Следует взять за правило: *учиться ежедневно, начиная с первого дня семестра.*

Время, которым располагает студент для выполнения учебного плана, складывается из двух составляющих: одна из них - это аудиторная работа в вузе по расписанию занятий, другая - внеаудиторная самостоятельная работа. Задания и материалы для самостоятельной работы выдаются во время учебных занятий по расписанию, на этих же занятиях преподаватель осуществляет контроль за самостоятельной работой, а также оказывает помощь студентам по правильной организации работы.

Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься по 3 - 5 часов ежедневно. Начинать самостоятельные внеаудиторные занятия следует с первых же дней семестра, пропущенные дни будут потеряны безвозвратно, компенсировать их позднее усиленными занятиями без снижения качества работы и ее производительности невозможно. Первые дни семестра очень важны для того, чтобы включиться в работу, установить определенный порядок, равномерный ритм на весь семестр. Ритм в работе - это ежедневные самостоятельные занятия, желательно в одни и те же часы, при целесообразном чередовании занятий с перерывами для отдыха. Вначале для того, чтобы организовать ритмичную работу, требуется сознательное напряжение воли. Как только человек втянулся в работу, принуждение снижается, возникает привычка, работа становится потребностью.

Если порядок в работе и ее ритм установлены правильно, то студент изо дня в день может работать, не снижая своей производительности и не перегружая себя. Правильная смена одного вида работы другим позволяет отдыхать, не прекращая работы.

Таким образом, первая задача организации внеаудиторной самостоятельной работы – это составление расписания, которое должно отражать время занятий, их характер (теоретический курс, практические занятия, графические работы, чтение), перерывы на обед, ужин, отдых, сон, проезд и т.д. Расписание не предопределяет содержания работы, ее содержание неизбежно будет изменяться в течение семестра. Порядок же следует закрепить на весь семестр и приложить все усилия, чтобы поддерживать его неизменным (кроме исправления ошибок в планировании, которые могут возникнуть из-за недооценки объема работы или переоценки своих сил).

При однообразной работе человек утомляется больше, чем при работе разного характера. Однако не всегда целесообразно заниматься многими учебными дисциплинами в один и тот же день, так как при каждом переходе нужно вновь сосредоточить внимание, что может привести к потере времени. Наиболее целесообразно ежедневно работать не более чем над двумя-тремя дисциплинами.

Начиная работу, не нужно стремиться делать вначале самую тяжелую ее часть, надо выбрать что-нибудь среднее по трудности, затем перейти к более трудной работе. И напоследок оставить легкую часть, требующую не столько больших интеллектуальных усилий, сколько определенных моторных действий (черчение, построение графиков и т.п.).

Самостоятельные занятия потребуют интенсивного умственного труда, который необходимо не только правильно организовать, но и стимулировать. При этом очень важно уметь поддерживать устойчивое внимание к изучаемому материалу. Выработка внимания требует значительных волевых усилий. Именно поэтому, если студент замечает, что он часто отвлекается во время самостоятельных занятий, ему надо заставить себя сосредоточиться. Подобную процедуру необходимо проделывать постоянно, так как это является тренировкой внимания. Устойчивое внимание появляется тогда, когда человек относится к делу с интересом.

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут - работа, 5-10 минут - перерыв; после 3 часов работы перерыв - 20-25 минут. Иначе нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания. Очень существенным фактором, влияющим на повышение умственной работоспособности, являются систематические занятия

физической культурой. Организация активного отдыха предусматривает чередование умственной и физической деятельности, что полностью восстанавливает работоспособность человека.

Самопроверка.

После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих задач на практических занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется, используя лист опорных сигналов, воспроизвести по памяти определения, выводы формул, формулировки основных положений и доказательств.

В случае необходимости нужно еще раз внимательно разобраться в материале.

Иногда недостаточность усвоения того или иного вопроса выясняется только при изучении дальнейшего материала. В этом случае надо вернуться назад и повторить плохо усвоенный материал. Важный критерий усвоения теоретического материала - умение решать задачи или пройти тестирование по пройденному материалу. Однако следует помнить, что правильное решение задачи может получиться в результате применения механически заученных формул без понимания сущности теоретических положений.

Консультации

Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при решении задач у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

Подготовка к экзаменам и зачетам.

Изучение многих общепрофессиональных и специальных дисциплин завершается экзаменом. Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене студент демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения по конкретной учебной дисциплине.

Экзаменационная сессия - это серия экзаменов, установленных учебным планом. Между экзаменами интервал 3-4 дня. Не следует думать, что 3-4 дня достаточно для успешной подготовки к экзаменам.

В эти 3-4 дня нужно систематизировать уже имеющиеся знания. На консультации перед экзаменом студентов познакомят с основными требованиями, ответят на возникшие у них вопросы. Поэтому посещение консультаций обязательно.

Требования к организации подготовки к экзаменам те же, что и при занятиях в течение семестра, но соблюдаться они должны более строго. Во-первых, очень важно соблюдение режима дня; сон не менее 8 часов в сутки, занятия заканчиваются не позднее, чем за 2-3 часа до сна. Оптимальное время занятий, особенно по математике - утренние и дневные часы. В перерывах между занятиями рекомендуются прогулки на свежем воздухе, неустойчивые занятия спортом. Во-вторых, наличие хороших собственных конспектов лекций. Даже в том случае, если была пропущена какая-либо лекция, необходимо во время ее восстановить (переписать ее на кафедре), обдумать, снять возникшие вопросы для того, чтобы запоминание материала было осознанным. В-третьих, при подготовке к экзаменам у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра. Здесь можно эффективно использовать листы опорных сигналов.

Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом листы опорных сигналов.

Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

Правила подготовки к зачетам и экзаменам:

- Лучше сразу сориентироваться во всем материале и обязательно расположить весь материал согласно экзаменационным вопросам (или вопросам, обсуждаемым на семинарах), эта работа может занять много времени, но все остальное – это уже технические детали (главное – это ориентировка в материале!).

- Сама подготовка связана не только с «запоминанием». Подготовка также предполагает и переосмысление материала, и даже рассмотрение альтернативных идей.

- Готовить «шпаргалки» полезно, но пользоваться ими рискованно. Главный смысл подготовки «шпаргалок» – это систематизация и оптимизация знаний по данному предмету,

что само по себе прекрасно – это очень сложная и важная для студента работа, более сложная и важная, чем простое поглощение массы учебной информации. Если студент самостоятельно подготовил такие «шпаргалки», то, скорее всего, он и экзамены сдавать будет более уверенно, так как у него уже сформирована общая ориентировка в сложном материале.

- Как это ни парадоксально, но использование «шпаргалок» часто позволяет отвечающему студенту лучше демонстрировать свои познания (точнее – ориентировку в знаниях, что намного важнее знания «запомненного» и «тут же забытого» после сдачи экзамена).

- Сначала студент должен продемонстрировать, что он «усвоил» все, что требуется по программе обучения (или по программе данного преподавателя), и лишь после этого он вправе высказать иные, желательно аргументированные точки зрения.

Правила написания научных текстов (рефератов, курсовых и дипломных работ):

- Важно разобраться сначала, какова истинная цель Вашего научного текста - это поможет Вам разумно распределить свои силы, время и.

- Важно разобраться, кто будет «читателем» Вашей работы.

- Писать серьезные работы следует тогда, когда есть о чем писать и когда есть настроение поделиться своими рассуждениями.

- Как создать у себя подходящее творческое настроение для работы над научным текстом (как найти «вдохновение»)? Во-первых, должна быть идея, а для этого нужно научиться либо относиться к разным явлениям и фактам несколько критически (своя идея – как иная точка зрения), либо научиться увлекаться какими-то известными идеями, которые нуждаются в доработке (идея – как оптимистическая позиция и направленность на дальнейшее совершенствование уже известного). Во-вторых, важно уметь отвлекаться от окружающей суеты (многие талантливые люди просто «пропадают» в этой суете), для чего важно уметь выделять важнейшие приоритеты в своей учебно-исследовательской деятельности. В-третьих, научиться организовывать свое время, ведь, как известно, свободное (от всяких глупостей) время – важнейшее условие настоящего творчества, для него наконец-то появляется время. Иногда именно на организацию такого времени уходит немалая часть сил и талантов.

- Писать следует ясно и понятно, стараясь основные положения формулировать четко и недвусмысленно (чтобы и самому понятно было), а также стремясь структурировать свой

текст. Каждый раз надо представлять, что ваш текст будет кто-то читать и ему захочется сориентироваться в нем, быстро находить ответы на интересующие вопросы (заодно представьте себя на месте такого человека). Понятно, что работа, написанная «сплошным текстом» (без заголовков, без выделения крупным шрифтом наиболее важных мест и т. п.), у культурного читателя должна вызывать брезгливость и даже жалость к автору (исключения составляют некоторые древние тексты, когда и жанр был иной и к текстам относились иначе, да и самих текстов было гораздо меньше – не то, что в эпоху «информационного взрыва» и соответствующего «информационного мусора»).

- Объем текста и различные оформительские требования во многом зависят от принятых в конкретном учебном заведении порядков.

Содержание основных этапов подготовки курсовой работы

Курсовая работа - это самостоятельное исследование студентом определенной проблемы, комплекса взаимосвязанных вопросов, касающихся конкретной финансовой ситуации.

Курсовая работа не должна состояться из фрагментов статей, монографий, пособий. Кроме простого изложения фактов и цитат, в курсовой работе должно проявляться авторское видение проблемы и ее решения.

Рассмотрим основные этапы подготовки курсовой работы студентом.

Выполнение курсовой работы начинается с выбора темы.

Затем студент приходит на первую консультацию к руководителю, которая предусматривает:

- обсуждение цели и задач работы, основных моментов избранной темы;
- консультирование по вопросам подбора литературы;
- составление предварительного плана;
- составление графика выполнения курсовой работы.

Следующим этапом является работа с литературой. Необходимая литература подбирается студентом самостоятельно.

После подбора литературы целесообразно сделать рабочий вариант плана работы. В нем нужно выделить основные вопросы темы и параграфы, раскрывающие их содержание.

Составленный список литературы и предварительный вариант плана уточняются, согласуются на очередной консультации с руководителем.

Затем начинается следующий этап работы - изучение литературы. Только внимательно читая и конспектируя литературу, можно разобраться в основных вопросах темы и подготовиться к самостоятельному (авторскому) изложению содержания курсовой работы. Конспектируя первоисточники, необходимо отразить основную идею автора и его позицию по исследуемому вопросу, выявить проблемы и наметить задачи для дальнейшего изучения данных проблем.

Систематизация и анализ изученной литературы по проблеме исследования позволяют студенту написать первую (теоретическую) главу.

Выполнение курсовой работы предполагает проведение определенного исследования. На основе разработанного плана студент осуществляет сбор фактического материала, необходимых цифровых данных. Затем полученные результаты подвергаются анализу, статистической, математической обработке и представляются в виде текстового описания, таблиц, графиков, диаграмм. Программа исследования и анализ полученных результатов составляют содержание второй (аналитической) главы.

В третьей (рекомендательной) части должны быть отражены мероприятия, рекомендации по рассматриваемым проблемам.

Рабочий вариант текста курсовой работы предоставляется руководителю на проверку. На основе рабочего варианта текста руководитель вместе со студентом обсуждает возможности доработки текста, его оформление. После доработки курсовая работа сдается на кафедру для ее оценивания руководителем.

Защита курсовой работы студентов проходит в сроки, установленные графиком учебного процесса.

Рекомендации по подготовке к защите курсовой работы

При подготовке к защите курсовой работы студент должен знать основные положения работы, выявленные проблемы и мероприятия по их устранению, перспективы развития рассматриваемой экономической ситуации.

Защита курсовой работы проводится в университете при наличии у студента курсовой работы, рецензии и зачетной книжки. Оценка - дифференцирована. Преподаватель оценивает защиту курсовой работы и заполняет графу "оценка" в ведомости и в зачетной книжке.

Не допускаются к защите варианты курсовых работ, найденные в Интернет, сканированные варианты учебников и учебных пособий, а также копии ранее написанных студенческих работ.

7. 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. Часть учебных пособий должна находиться в учебной студенческой библиотеке, часть пособий студент должен иметь возможность купить для личного пользования в книжном магазине учебного заведения. Основная часть учебных пособий должна быть в бумажном виде (книги, брошюры, чертежи и т.д.).

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. Программа должна содержать: обоснование необходимости изучения дисциплины, написанное в убеждающей и понятной для студентов форме; четкую формулировку цели изучения и задач, которые должны быть решены для достижения общей цели; последовательность тем и разделов курса дисциплины, обязательных для данного направления подготовки; перечень видов деятельности, которые должен освоить студент, выполняя задания по дисциплине; перечни методологических и предметных знаний, общеобразовательных и специальных умений (с указанием уровня их усвоения), которыми необходимо овладеть в процессе изучения данной дисциплины; сроки и способы текущего, рубежного и итогового контроля уровня усвоения знаний сформированности умений.

Учебная литература по содержанию и последовательности представления материала должна соответствовать программе. Объем, научный уровень и стиль изложения должны позволять каждому студенту самостоятельно усвоить приведенный в ней материал за время, отведенное на его изучение, и овладеть знаниями, умениями, видами деятельности, перечисленными в программе. Для обеспечения терминологической однозначности в системе знаний, усваиваемых студентом, каждое учебное пособие (или другой вид учебной литературы) должно содержать словарь основных терминов, используемых в нем.

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.

7. Самостоятельная работа студента - необходимое звено становления исследователя и специалиста

Прогресс науки и техники, информационных технологий приводит к значительному увеличению научной информации, что предъявляет более высокие требования не только к моральным, нравственным свойствам человека, но и в особенности, постоянно возрастающие требования в области образования – обновление, модернизация общих и профессиональных знаний, умений специалиста.

Всякое образование должно выступать как динамический процесс, присущий человеку и продолжающийся всю его жизнь. Овладение научной мыслью и языком науки является необходимой составляющей в самоорганизации будущего специалиста исследователя. Под этим понимается не столько накопление знаний, сколько овладение

научно обоснованными способами их приобретения. В этом, вообще говоря, состоит основная задача вуза.

Специфика вузовского учебного процесса, в организации которого самостоятельной работе студента отводятся все больше места, состоит в том, что он является как будто бы последним и самым адекватным звеном для реализации этой задачи. Ибо во время учебы в вузе происходит выработка стиля, навыков учебной (познавательной) деятельности, рациональный характер которых будет способствовать постоянному обновлению знаний высококвалифицированного выпускника вуза.

Однако до этого пути существуют определенные трудности, в частности, переход студента от синтетического процесса обучения в средней школе, к аналитическому в высшей. Это связано как с новым содержанием обучения (расширение общего образования и углубление профессиональной подготовки), так и с новыми, неизвестными до сих пор формами: обучения (лекции, семинары, лабораторные занятия и т.д.). Студент получает не только знания, предусмотренные программой и учебными пособиями, но он также должен познакомиться со способами приобретения знаний так, чтобы суметь оценить, что мы знаем, откуда мы это знаем и как этого знания мы достигли. Ко всему этому приходят через собственную самостоятельную работу.

Это и потому, что самостоятельно приобретенные знания являются более оперативными, они становятся личной собственностью, а также мотивом поведения, развивают интеллектуальные черты, внимание, наблюдательность, критичность, умение оценивать. Роль преподавателя в основном заключается в руководстве накопления знаний (по отношению к первокурсникам), а в последующие годы учебы, на старших курсах, в совместном установлении проблем и заботе о самостоятельных поисках студента, а также контролирования за их деятельностью. Отметим, что нельзя ограничиваться только приобретением знаний предусмотренных программой изучаемой дисциплины, надо постоянно углублять полученные знания, сосредотачивая их на какой-нибудь узкой определенной области, соответствующей интересам студента. Углубленное изучение всех предметов, предусмотренных программой, на практике является возможным, и хорошая организация работы позволяет экономить время, что создает условия для глубокого, систематического, заинтересованного изучения самостоятельно выбранной студентом темы.

Конечно, все советы, примеры, рекомендации в этой области, даваемые преподавателем, или определенными публикациями, или другими источниками, не гарантируют

никакого успеха без проявления собственной активности в этом деле, т.е. они не дают готовых рецептов, а должны способствовать анализу собственной работы, ее целей, организации в соответствии с индивидуальными особенностями. Учитывая личные возможности, существующие условия жизни и работы, навыки, на основе этих рекомендаций, возможно, выработать индивидуально обоснованную совокупность методов, способов, найти свой стиль или усовершенствовать его, чтобы изучив определенный материал, иметь время оценить его значимость, пригодность и возможности его применения, чтобы, в конечном счете, обеспечить успешность своей учебы с будущей профессиональной деятельности.

Список используемой литературы

1. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ СТАНДАРТ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ направление подготовки бакалавриата 21.03.02 «Землеустройство и кадастры.

2. Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы./ ГОУ ВПО «Московский государственный гуманитарный университет им. М.А. Шолохова». 2010г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому
комплексу
И.А. Упоров



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ
ОБУЧАЮЩИХСЯ**

ЭКОНОМИКА

Специальность

21.05.03 Технология геологической разведки

Авторы: Мочалова Л.А., д.э.н., доцент; Комарова О.Г.

Одобрены на заседании кафедры

Рассмотрены методической комиссией

Экономики и менеджмента
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Мочалова Л.А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 9 от 11.04.2019
(Дата)

Факультета геологии и геофизики
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Бондарев В. И.
(Фамилия И.О.)

Протокол №8 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.....	5
ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	18
САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ.....	29
ПОДГОТОВКА ДОКЛАДА.....	32
ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ.....	36
ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ.....	38
ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ.....	88
ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ.....	89
ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	100

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированным видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества специалиста и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны – это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планиро-

вание самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «Экономика» обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к сдаче экзамена.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Экономика» являются:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);
- ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля);
- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т.ч. подготовка доклада, подготовка к выполнению практико-ориентированного задания);
- подготовка к тестированию;
- подготовка к экзамену.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ В ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ТЕОРИЮ

1.1. Экономическая теория: предмет и метод, основные этапы развития

1. Дайте определение понятию «экономика».
2. Что изучает экономическая теория? Охарактеризуйте различные подходы к предмету экономической теории.
3. Назовите основные отличия между макро- и микроэкономикой. В чем проявляется их взаимосвязь?
6. Перечислите и охарактеризуйте функции экономической теории.
7. Какова взаимосвязь между экономическими фактами, теорией и государственной экономической политикой?
8. Охарактеризуйте методы экономической теории.
9. Дайте определение экономическим категориям и законам. Какое значение они имеют с точки зрения познания экономической действительности? Претерпевают ли они изменения в историческом аспекте?
10. В чем заключается сущность меркантилистской концепции? Каковы основные цели, рекомендации, положения школы?
11. Что такое физиократизм, каковы его основные идеи?
12. В чем заключается сущность концепции А. Смита об «экономическом человеке» и «невидимой руке»?
13. В чем заключаются характерные особенности классической политической экономии, раскройте ее роль и значение.
14. Каковы исторические предпосылки возникновения марксизма?
15. Что такое маржинальная революция и каковы основные положения маржиналистов?
16. Обрисуйте основные особенности институционального направления в экономической науке.
17. В чем отличие концепции, выдвинутой Дж. М. Кейнсом, от неоклассической теории?
18. Что такое чикагский монетаризм? Охарактеризуйте его основные положения.
19. Охарактеризуйте понятие «потребность». На какие группы делятся потребности экономических субъектов?
20. Что такое «благо»? Охарактеризуйте виды благ, приведите примеры.
21. Кто такие экономические субъекты (агенты)? Охарактеризуйте их функции в экономическом кругообороте.
22. Изобразите простую модель экономического кругооборота. Назовите факторы, которые не учитываются в данной модели.
23. Каково предназначение экономических ресурсов?
24. Какие вы знаете факторы производства?
25. Сформулируйте сущность основной проблемы экономической теории.
26. Почему кривая производственных возможностей имеет выпуклый вид по отношению к началу координат? Что означала бы прямая, а не выпуклая линия производственных возможностей?
27. Какой вид хозяйствования является эффективным, а какой неэффективным? Приведите конкретные примеры.
28. Дайте определение понятию «экономические интересы». Охарактеризуйте проблему упорядочения личных, коллективных и общественных интересов.

1.2. Сущность и типы экономических систем. Отношения собственности

1. Дайте определение понятию «экономическая система».

2. Охарактеризуйте способы координации выбора, реализуемого экономическими субъектами, которые осуществляют деятельность в определенной экономической системе.
3. Что собой представляют издержки эксплуатации экономической системы? Назовите их виды. Проведите аналогию между данными издержками в экономике и трением в физике.
4. Назовите основные элементы экономической системы с точки зрения формационного подхода, объясните их экономическую сущность и охарактеризуйте взаимосвязи между ними.
5. Что следует понимать под термином «воспроизводство»? Охарактеризуйте виды воспроизводства.
6. Объясните значимость каждой стадии производственного цикла: производства, распределения, обмена и потребления. В чем проявляется диалектическая связь производства и потребления?
7. Дайте определение понятию «собственность». Охарактеризуйте объективную и субъективную стороны отношений собственности.
8. Имеется ли разница между содержанием терминов «право собственности» и «отношения собственности»?
9. Чем различаются владение, распоряжение, пользование объектом собственности? Кто является полным собственником, а кто – частичным?
10. Назовите достоинства и недостатки частной и государственной форм собственности. Охарактеризуйте их разновидности.
11. Назовите основные критерии отличия традиционной, административно-командной и рыночной экономики. Каким образом в каждой из перечисленных экономических систем происходит решение трех основных вопросов экономики: ЧТО, КАК и ДЛЯ КОГО производить?
12. Что следует понимать под такой системой хозяйства как смешанная экономика? Охарактеризуйте известные вам национальные модели смешанной экономики (например, американскую, шведскую, японскую, южнокорейскую, российскую).
13. Что такое переходная экономика?
14. Охарактеризуйте типы переходной экономики.
15. Каковы цели и задачи переходной экономики в России в 90-е годы XX в.?
16. Каковы достоинства и недостатки административно-командной системы?

1.3. Общая характеристика рыночной системы хозяйствования

1. Дайте определение рынку. Назовите основополагающие предпосылки и условия его формирования и развития.
2. Что собой представляет процесс разделения труда? Назовите его виды и формы проявления. С чем связано то, что с расширением и углублением разделения труда одновременно разворачивается процесс его обобществления?
3. Охарактеризуйте сущность общественного разделения труда и специализации, которые являются важнейшими условиями возникновения рынка.
4. Что собой представляет товарное производство?
5. Чем отличаются друг от друга понятия «благо» и «товар»? Как можно объяснить то, что не всякое благо, имеющее потребительскую ценность, является товаром?
6. Что собой представляет меновая стоимость товара? Охарактеризуйте подходы к ее определению.
7. Чем отличаются друг от друга формы простого товарного обмена и товарного обращения?
8. Почему для развития рынка важна экономическая обособленность, или хозяйственная автономия, рыночных субъектов?
9. Каким образом свободный обмен экономическими ресурсами способствует повышению эффективности рыночной экономики?

10. Охарактеризуйте основные элементы рынка (цена, спрос, предложение, конкуренция).
11. Что означает понятие «невидимая рука рынка»?
12. Назовите различные виды рынка в соответствии с различными классификационными признаками.
13. Охарактеризуйте достоинства рыночной экономики по сравнению с другими экономическими системами.
14. Назовите проблемы, которые рынок не может решить? Каковы причины его несостоятельности?
15. Необходимо ли вмешательство государства в рыночную экономику? Если да, то в чем оно должно заключаться?
16. Что собой представляет инфраструктура рынка? Каково ее предназначение? Назовите элементы инфраструктуры современного рынка.
17. Охарактеризуйте направления и задачи преобразования административно-командной системы в рыночную.
18. Объясните экономическую роль приватизации в переходной экономике.
19. Назовите цели, способы и этапы приватизации в России.
20. Объясните смысл следующего утверждения: «Зачастую то, что является оптимальным с позиции рынка, является социально неприемлемым».
21. Что собой представляет социальная политика государства? Каковы ее основные направления и формы реализации?
22. Какая форма социальной политики государства экономически более приемлема: активная или пассивная? Поясните свой ответ.
23. Что такое социальная справедливость? Существуют ли противоречия между понятиями «распределение доходов» и «социальная справедливость» в условиях рыночной и административно-командной экономики? Если да, то какие?
24. Охарактеризуйте термин «благополучие». Каковы его экономический и этический аспекты?
25. Проанализируйте следующее утверждение американского экономиста П. Хейне: «Поскольку в действительности доход не распределяется, он, по существу, не может и перераспределяться... Самое большое, что может сделать государство, – это изменить правила игры в надежде обеспечить более желанный результат». Ответьте, почему же мы продолжаем использовать выражение «государственная политика перераспределения доходов»?
26. Проклассифицируйте доходы по различным признакам.
27. Охарактеризуйте различные концепции справедливого распределения доходов, указав их достоинства и недостатки.
28. В чем заключается отличие функционального и персонального распределений доходов?
29. Как изменит конфигурацию кривой Лоренца социальная политика государства, направленная на увеличение трансфертов для малообеспеченных семей и повышение ставок налогообложения доходов наиболее обеспеченной доли населения?
30. Согласны ли вы со следующим утверждением: «Чем ниже коэффициент Джини, тем в большей степени мы можем утверждать, что распределение доходов осуществляется в условиях совершенной конкуренции»? Аргументируйте свой ответ.

Раздел 2. ОСНОВЫ МИКРОЭКОНОМИКИ

2.1. Спрос и предложение. Формирование рыночной цены

1. Дайте определение понятиям «спрос» и «объем спроса».

2. Используя термин «платежеспособный спрос», поясните, чем отличаются друг от друга такие экономические категории, как «производитель» и «продавец», «потребитель» и «покупатель».

3. Сформулируйте закон спроса и назовите исключения из него.

4. Перечислите неценовые факторы, влияющие на объем спроса.

5. Чем отличается движение по кривой и сдвиг кривой спроса?

6. Дайте определение понятиям «предложение» и «объем предложения».

7. Сформулируйте закон предложения. Поясните, почему кривая предложения является восходящей.

8. Назовите неценовые факторы, влияющие на объем предложения.

9. Охарактеризуйте подходы Л. Вальраса и А. Маршалла к установлению рыночного равновесия. Объясните различия между ними.

10. Что означает двойное и множественное рыночное равновесие?

11. Назовите случаи отсутствия рыночного равновесия в статичной модели.

12. В чём заключается отличие между статичной и динамической моделями рыночного равновесия?

2.2. Теория потребительского выбора

1. Сформулируйте три объяснения закона спроса.

2. Дайте определение понятию «полезность». В каких единицах измеряется полезность?

3. Что вы понимаете под термином «предельная полезность»?

4. Какова динамика предельной полезности по мере увеличения количества потребляемого блага?

5. Может ли предельная полезность принимать отрицательное значение?

6. Чем, по-вашему, объясняется сходство кривой предельной полезности и кривой рыночного спроса (обе имеют отрицательный наклон)? Может ли кривая спроса иметь положительный наклон?

7. На основании различия понятий «общая» и «предельная полезность» объясните «парадокс Смита»: почему вода, столь полезная для человека, стоит так дешево, а алмаз, чья польза намного меньше для удовлетворения жизненных потребностей, стоит так дорого?

8. Объясните следующее утверждение. «Не потому дорог бензин, что высоки затраты на добычу нефти, а, наоборот, из-за высокой ценности для автомобилистов бензина будут высоки и затраты на добычу нефти».

9. Охарактеризуйте закон убывающей предельной полезности. Как может быть использован данный закон при объяснении потребительского поведения?

10. Сформулируйте правило максимизации общей полезности.

11. Охарактеризуйте смысл эффектов дохода и замещения. В каком случае они объясняют действие закона спроса.

12. Что собой представляют товары Гиффена?

13. Какие эффекты взаимного влияния потребителей Вы знаете?

14. Что собой представляет излишек потребителя? Каких видов он бывает и как рассчитывается?

2.3. Производство экономических благ. Издержки и прибыль предприятия

1. Охарактеризуйте сущность деятельности предприятия.

2. Назовите виды предприятий в соответствии с различными классификационными признаками.

3. Почему, по Вашему мнению, предприятия объединяются? Какие формы объединения предприятий Вы знаете?

4. Каково предназначение производственной функции? Претерпевает ли она изменение при совершенствовании технологии производства?
5. Свяжите между собой понятия «масштаб производства» и «предельная производительность фактора». Что такое постоянная, возрастающая и убывающая отдача от масштаба?
6. Сформулируйте правило использования факторов производства.
7. Что собой представляет изокванта? Назовите и поясните свойства изокванты. Каких видов она бывает?
8. Какие издержки производства являются внешними (явными), а какие - внутренними (неявными)? Приведите примеры.
9. Охарактеризуйте различия между следующими понятиями: «бухгалтерская прибыль», «экономическая прибыль», «нормальная прибыль».
10. Если предприятие имеет нулевой объем производства, то будет ли оно иметь определенные затраты; если да, то какие?
11. На чем основано деление издержек производства на постоянные и переменные?
12. Объясните, почему равенство предельного дохода и предельных издержек является условием максимальной прибыли (минимальных убытков).
13. Объясните экономический смысл излишка производителя. Каких видов он бывает и как рассчитывается?

2.4. Предприятие в условиях совершенной и несовершенной конкуренции

1. Что следует понимать под рыночной структурой? Какие типы рыночных структур Вы знаете? В чем заключаются их особенности?
2. Что собой представляет модель предприятия? С какой целью она используется?
3. Назовите основные черты такой рыночной структуры, как совершенная (чистая) конкуренция.
4. Ответьте, почему предприятие, функционирующее в условиях совершенной конкуренции, называют «ценополучателем»?
5. Какую форму имеет кривая спроса на продукцию конкурентного предприятия?
6. Чем определяется угол наклона кривой общей выручки конкурентного предприятия? При каких условиях линия будет более крутой или более пологой (пунктирные линии)?
7. Может ли конкурентное предприятие влиять на величину своей общей выручки? Если да, то таким образом? Если нет, то почему?
8. Охарактеризуйте сущность чистой монополии. Есть ли реальные возможности существования данной рыночной структуры?
9. Зачем предприятие-монополист прибегает к снижению цен, ведь оно должно быть заинтересовано в максимально высокой цене?
10. Какие бывают входные барьеры для вступления в отрасль?
11. Почему в условиях чистой монополии кривая спроса и кривая предельного дохода не совпадают?
12. Что такое ценовая дискриминация? Назовите ее виды.
13. Назовите типичные черты олигополистического рынка. Приведите конкретные примеры олигополий.
14. Охарактеризуйте модели ценового поведения олигополистов.
15. На чем основана рыночная власть у предприятий – монополистических конкурентов: ведь их объемы производства и продаж, как правило, очень малы?
16. Охарактеризуйте ситуации равновесия монополистического конкурента в краткосрочном и долгосрочном периодах.
17. Дайте понятие дифференциации продукции. Назовите ее формы.
18. В чем проявляется влияние монополизма (несовершенной конкуренции) на интересы потребителей и интересы общества в целом?

19. Назовите основные направления антимонопольной политики государства.

2.5. Рынки факторов производства

1. Отметьте особенности рынков факторов производства по сравнению с рынками готовой продукции?

2. Кем и чем определяются спрос и предложение природных ресурсов на рынке?

3. В чем заключаются особенности труда по сравнению с другими факторами производства?

4. От чего зависит эластичность спроса на труд?

5. Почему формы кривых предложения одного работника и рыночного предложения труда неодинаковы?

6. Объясните экономическую сущность заработной платы. Что такое ставка заработной платы? Какие факторы лежат в основе дифференциации ставок заработной платы?

7. В чем главное отличие капитала от прочих факторов производства?

8. В чем разница между физическим и финансовым капиталом?

9. Объясните сущность амортизации. Почему амортизационные отчисления относятся к экономическим издержкам?

10. Назовите три сегмента рынка капиталов. Что является ценой на данных сегментах рынка? Кто обеспечивает на них спрос и предложение?

11. Почему при принятии инвестиционных решений необходимо учитывать рыночную ставку процента? Объясните сущность процедуры дисконтирования при инвестировании.

12. В чем заключается специфика рынка природных ресурсов?

13. Объясните сущность экономической ренты.

14. Каковы причины возникновения дифференциальной ренты? Как определяется цена природного ресурса?

15. Охарактеризуйте сущность предпринимательства.

16. В чем заключаются особенности различных видов предпринимательства?

17. Какими специфическими чертами обладает предпринимательство как фактор производства, которые выделяют его из всего комплекса факторов производства?

18. Зависят ли способности к предпринимательству от следующих факторов: а) образования; б) национальности; в) климата, в условиях которого живет человек; г) наследственности; д) социально-общественного устройства страны?

19. Какие функции по отношению к предпринимательству выполняет прибыль? Охарактеризуйте факторы экономической прибыли.

20. Предпринимательство связано с риском. Ответьте, с чем конкретно связан этот риск и какие существуют способы по его снижению.

21. Что такое юридическое лицо? Каковы признаки предприятия как юридического лица?

22. В чем заключается смысл существования предприятия в соответствии с технологическим и институциональным подходами?

23. Назовите достоинства и недостатки следующих форм предпринимательства: а) индивидуального предприятия; б) партнерства (хозяйственного товарищества); в) корпорации (хозяйственного общества). Можно ли назвать одну из данных форм наиболее оптимальной для ведения бизнеса?

24. Выделите основные особенности организационно-правовых форм предпринимательской деятельности в России.

25. Чем отличаются цели создания коммерческих и некоммерческих организаций?

26. Объясните роль малых, средних и крупных предприятий в экономике. Каково распределение функций между ними с точки зрения развития экономики?

27. Опишите порядок создания и регистрации нового предприятия в России? Какие трудности в данном случае могут возникнуть? Какие ресурсы необходимы?
28. Охарактеризуйте понятие «банкротство». Какова процедура банкротства предприятий в России? Что такое санация? Что включают в себя мероприятия по санации предприятия?
29. Дайте определение терминам «управление» и «менеджмент».
30. Назовите функции, уровни и основные элементы менеджмента на предприятии.
- Объясните смысл следующих понятий: диверсификация производства, концентрация производства, централизация производства?

Раздел 3. ОСНОВЫ МАКРОЭКОНОМИКИ

3.1. Национальная экономика: цели и результаты развития

1. Дайте определение макроэкономики. В чем специфика объекта её изучения?
2. Как можно объяснить возникновение макроэкономики в 1930-х гг. XX века? Какое событие в это время вызвало к ней особый интерес?
3. Назовите основные макроэкономические цели. С помощью каких инструментов макроэкономической политики они достижимы?
4. Что такое макроэкономическая модель? Насколько детально макроэкономическая модель должна отражать реальность?
5. Объясните сущность следующих терминов: эндогенные переменные, экзогенные переменные; переменные потока, переменные запаса.
6. Опишите секторальную структуру национальной экономики.
7. Что собой представляют модели закрытой и открытой экономики?
8. Назовите основные формы результатов функционирования национальной экономики. В чем заключаются их особенности?
9. Дайте определение понятию «национальное богатство». Что является источником его возникновения?
10. Назовите основные макроэкономические показатели системы национальных счетов. Покажите взаимосвязь между ними.
11. Кто такие «резиденты» и «нерезиденты» страны?
12. Охарактеризуйте методы расчета валового внутреннего продукта. Почему при его расчете учитывается стоимость только конечной продукции?
13. Объясните смысл показателя «национальный доход» и опишите методику его расчета.
14. Поясните отличие личного дохода от личного располагаемого дохода.
15. В чем заключается проблема полноты учета всего совокупного общественного продукта в составе валового внутреннего продукта. Каким образом она решается?
16. Что собой представляет теневая (ненаблюдаемая) экономика и как можно учесть ее продукцию при расчете совокупного общественного продукта?
17. В чем различие между номинальным и реальным ВВП?
18. Какие индексы цен вы знаете? Опишите методику их расчета.
19. Охарактеризуйте отраслевую структуру национальной экономики.
20. Что собой представляет межотраслевой баланс? Каким образом и с какой целью он составляется?

3.2. Макроэкономическое равновесие и макроэкономическая динамика

1. Что собой представляет макроэкономическое равновесие? Охарактеризуйте ситуацию частичного и общего макроэкономического равновесия.
2. Охарактеризуйте взгляды кейнсианцев и классиков к проблеме обеспечения стабильности макроэкономического равновесия.

3. Каковы подходы кейнсианской и классической школ к анализу экономики в краткосрочном и долгосрочном периодах? Дайте определение понятию «гистерезис».
4. Дайте определение совокупному спросу. Назовите его составляющие элементы. Какие факторы вызывают динамику совокупного спроса?
5. Дайте определение совокупному предложению. Какие факторы вызывают динамику совокупного предложения?
6. В чем заключается особенность синтетической кривой предложения?
7. Какие причины могут привести к смещению кривой совокупного предложения?
8. Ситуацию макроэкономического равновесия можно графически проиллюстрировать при помощи следующих моделей: 1) «кейнсианский крест»; 2) модель AD-AS. В чем вы видите сходства и различия двух указанных моделей?
9. Согласны ли вы со следующим высказыванием: «Политика, направленная на стимулирование совокупного спроса, всегда ведет к инфляции»?
10. Чем определяется наклон кривой потребления и кривой сбережений?
11. Что такое предельная склонность к потреблению и предельная склонность к сбережению? Как объяснить то, что их сумма равна единице?
12. Что собой представляют инвестиции? Назовите факторы, влияющие на инвестиции.
13. Какая из составных частей совокупных расходов (абстрагируемся от государственных расходов и чистого экспорта) отличается большей нестабильностью – потребительские расходы или инвестиционные расходы? Аргументируйте свой ответ.
14. В чем вы видите разницу между планируемыми и фактическими инвестициями? Почему вообще возникает это расхождение?
15. Что такое инфляционный и дефляционный разрыв?
16. Что означает выражение «автономные инвестиции»? От чего независимы такого рода инвестиции?
17. Объясните действие эффекта мультипликатора автономных расходов. Ответьте, почему увеличение любого из компонентов автономных расходов вызывает рост совокупного дохода на величину, большую, чем сам прирост расходов.
18. Каким образом мультипликатор автономных расходов связан с предельной склонностью к потреблению?
19. Каким образом проявляет себя эффект мультипликатора на различных участках кривой совокупного предложения: а) при ситуации, далекой от состояния полной занятости; б) при состоянии, приближающемся к ситуации полной занятости; в) при состоянии полной занятости?
20. В чем заключается «парадокс бережливости»? Почему он проявляется себя лишь в условиях экономики с неполной занятостью?
21. Что включает в себя понятие «макроэкономическая динамика»?
22. В чем проявляются циклические колебания экономики? С помощью каких показателей можно охарактеризовать экономическую конъюнктуру?
23. В чем отличие экономического цикла от тренда? Изобразите их графически.
24. Охарактеризуйте фазы экономического цикла.
25. Какие вы знаете виды экономических циклов в зависимости от продолжительности? Противоречат ли они друг другу?
26. Охарактеризуйте факторы экономических циклов и соответствующие методологические подходы к их рассмотрению.
27. Приведите примеры нововведений, в различной степени влияющих на экономическую конъюнктуру.
28. Что такое инфляция? Чем отличается инфляция от обычного повышения цен?
29. В чем проявляется подавленная инфляция? В чем вы видите смысл эпитета «подавленная»? Как можно объяснить причины «брежневской» стабильности цен; что стало результатом этого?

30. Каковы проявления открытой инфляции? С помощью каких показателей ее можно измерить и проанализировать?
31. Назовите основные причины инфляции.
32. В чем принципиальное различие между инфляцией спроса и инфляцией издержек? Как бы вы изобразили графически инфляцию спроса и инфляцию издержек с помощью кривых совокупного спроса и совокупного предложения?
33. В чем вы видите различия между умеренной, галопирующей и гиперинфляцией? Каковы критерии их разграничения? Каков критерий гиперинфляции по Кейгену?
34. Что собой представляют инфляционные ожидания? В чем различие концепций адаптивных и рациональных инфляционных ожиданий?
35. Что демонстрирует кривая Филлипса? Как выглядит данная кривая в краткосрочном и долгосрочном периодах?
36. Каковы социально-экономические последствия инфляции?
37. Назовите методы борьбы с инфляцией в соответствии со стадиями инфляционного процесса.
38. Что понимается под экономическим ростом?
39. Назовите основные факторы экономического роста.
40. Чем определяются экстенсивный и интенсивный типы развития экономики различных стран?
41. Назовите показатели экономического роста.
42. В чем суть модели экономического роста Харрода-Домара? Что такое гарантированный и естественный темп прироста?
43. В чем заключается ограниченность модели Харрода-Домара? Каким образом в модели Солоу преодолена ограниченность модели Харрода-Домара?
44. В чем суть золотого правила накопления?
45. Каким образом увеличение темпа роста населения влияет на равновесный экономический рост?
46. Как научно-технический прогресс влияет на равновесный экономический рост? Перечислите виды нейтрального научно-технического прогресса и прокомментируйте их.
47. Назовите меры государства, способствующие росту экономики.

3.3. Деньги, кредит, банки. Кредитно-денежная политика

1. Что такое деньги?
2. Назовите и дайте объяснение функциям денег.
3. Объясните, почему при использовании денег в качестве орудия обмена издержки обращения ниже, чем при использовании бартера.
4. Как влияет инфляция на полезность денег как меры стоимости и средства накопления?
5. Опишите историю появления денег. Охарактеризуйте различные формы денег в соответствии с эволюцией их развития.
6. Каковы преимущества бумажных денег по сравнению с монетами, изготовленными из драгоценных металлов? Каковы преимущества золотых и серебряных монет? Объясните, почему бумажные деньги вытеснили из обращения золотые и серебряные монеты.
7. Охарактеризуйте особенности наличных и безналичных денег.
8. Что собой представляет денежное обращение? Какие основные показатели характеризуют денежное обращение?
9. Представьте структуру денежной массы с учетом ликвидности ее элементов.
10. Сформулируйте закон денежного обращения. Какие факторы влияют на количество денег в обращении?
11. Какой основной фактор определяет: а) спрос на деньги для сделок; б) спрос на деньги как средство накопления?

12. Как определяется равновесная ставка процента на денежном рынке? Какое воздействие на спрос на деньги для сделок и равновесную ставку процента может оказать: а) расширение использования кредитных карточек; б) уменьшение промежутка между выплатами очередной заработной платы рабочим; в) увеличение номинального ВВП?

13. Допустим, что денежный рынок изначально находился в состоянии равновесия, а затем увеличилось предложение денег. Как при этом изменилась равновесная процентная ставка? Какое влияние оказало ее изменение на объем производства, занятости, уровень цен, уровень доходности других финансовых активов? Что произойдет при уменьшении предложения денег?

14. Охарактеризуйте модель одновременного равновесия на рынках благ и денег.

15. Какие факторы являются постоянными, а какие – переменными при построении линий *IS* и *LM*?

16. Что собой представляет кредит? Какие формы кредита вы знаете?

18. Что способствует возникновению предложения и спроса на кредит?

19. Охарактеризуйте структуру современной кредитно-денежной системы. Назовите ее основные функции.

20. Каковы основные функции Центрального банка в современной кредитно-денежной системе?

21. Что собой представляет кредитно-денежная политика Центрального банка?

22. Как инструменты кредитно-денежной политики могут повлиять на ставку процента и предложение денег?

23. Назовите основные виды кредитно-денежной политики.

24. Что собой представляют коммерческие банки? Какие функции они выполняют в рамках современной кредитно-денежной системы?

25. Охарактеризуйте операции коммерческих банков.

26. Что такое банковские резервы?

27. В чем заключается сущность дилеммы «прибыльность – ликвидность», стоящей перед коммерческими банками?

28. Охарактеризуйте процесс создания кредитных денег коммерческими банками. Как наличие избыточных резервов влияет на способность банков создавать деньги? Как стремление к обеспечению ликвидности влияет на способность банков создавать деньги?

29. Что такое денежный мультипликатор и как он рассчитывается?

30. Какую функцию выполняют специализированные кредитно-финансовые учреждения в кредитно-денежной системе?

3.4. Государственные финансы и налогообложение. Бюджетно-налоговая политика

1. Охарактеризуйте сущность финансов и их функции в экономике страны.

2. Опишите структуру финансовой системы государства.

3. Объясните значение государственных финансов с точки зрения выполнения государством своих экономических, политических, социальных и иных функций.

4. Назовите основные направления расходования государственных средств и источники их финансирования.

5. Составьте основное уравнение государственных расходов и доходов.

6. Что собой представляет государственный бюджет? Объясните необходимость формирования госбюджета, опишите его структуру.

7. Охарактеризуйте процедуру принятия государственного бюджета в развитой стране.

8. Что собой представляют внебюджетные фонды? Приведите примеры внебюджетных фондов в России.

9. Охарактеризуйте понятие «бюджетный федерализм». Каким образом формируются бюджеты разных уровней и как происходит расходование привлеченных средств?

10. Какие регионы в России являются регионами-донорами, а какие – дотационными регионами?
11. Что означают понятия: «общий профицит», «первичный профицит», «общий дефицит» и «первичный дефицит»?
12. Назовите причины и виды бюджетного дефицита. Какие существуют способы сокращения бюджетного дефицита и каковы последствия их применения для национальной экономики (в частности, в чем выражаются эффекты монетаризации и вытеснения)?
13. Что собой представляет государственный долг? К каким последствиям может привести внутренний и внешний государственный долг? Может ли государство стать банкротом?
14. Существует ли, по вашему мнению, проблема перемещения государственного долга, возникающего в результате заимствований на внешних и внутренних финансовых рынках, на будущие поколения?
15. Что собой представляет управление государственным долгом? В чем проявляется цикличность данного процесса? Какие факторы существенно влияют на него?
16. Проклассифицируйте государственные ценные бумаги в соответствии с различными признаками. Может ли вызвать выпуск государственных ценных бумаг инфляционные процессы в стране?
17. Охарактеризуйте сущность налогов и их роль в национальной экономике.
18. Выскажите собственное отношение к следующим высказываниям: а) «Налоги – это дозволенная форма грабежа» (Ф. Аквинский); б) «Налоги для тех, кто их выплачивает, – признак рабства, а свободы» (А. Смит); в) «Налоги – это то, чем мы оплачиваем цивилизованное общество» (О. Холмс).
19. Назовите принципы, которыми необходимо руководствоваться при построении налоговой системы страны.
20. Охарактеризуйте налоговые теории равенства выгод и равенства жертв с точки зрения их достоинств и недостатков. Приведите примеры из реальной жизни.
21. Охарактеризуйте основные элементы налоговой системы страны.
22. Дайте классификацию налогов по различным признакам. Приведите конкретные примеры различных видов налогов из зарубежной и отечественной практики.
23. Назовите отличительные особенности прямых и косвенных налогов.
24. Обоснуйте ваше мнение относительно характера налогообложения в России – прогрессивный, пропорциональный или регрессивный.
25. В чем заключается проблема перемещения налогов? По какому из перечисленных налогов налоговое бремя может быть переложено по закону с плательщика налога на носителя налога: налог на доходы физических лиц, налог на имущество физических лиц, акцизы, налог на добавленную стоимость, налог на прибыль организаций?
26. Какая закономерность описывается кривой Лаффера?
27. Объясните, как Вы понимаете выражение «налоговая лазейка». Несут ли один и тот же социально-экономический смысл понятия «налоговая оптимизация» и «налоговое правонарушение»?
28. Как влияет размер налогов на величину ВВП? Охарактеризуйте различные подходы к данной проблеме.
29. Охарактеризуйте сущность бюджетно-налоговой политики. Назовите ее основные инструменты.
30. Что собой представляет дискреционная бюджетно-налоговая политика? Каковы пути ее реализации? В чем заключаются ее недостатки?
31. Каковы особенности недискреционной бюджетно-налоговой политики? Объясните смысл действия встроенных стабилизаторов на экономическую конъюнктуру?
32. В чем заключаются основные отличия между стимулирующей и сдерживающей бюджетно-налоговой политикой?

3.5. Мировая экономика и внешнеэкономическая политика

1. Охарактеризуйте механизм функционирования мировой экономики.
2. Каковы достоинства и недостатки открытой и закрытой экономики? С чем связана тенденция повышения открытости экономики стран?
3. Назовите виды международных экономических отношений.
4. В чем проявляется международное разделение труда? Какие факторы оказывают на него влияние? С помощью каких показателей можно определить уровень участия страны в международном разделении труда?
5. Охарактеризуйте меркантилистскую теорию международной торговли. В чем заключается ее ограниченность?
6. Сформулируйте принцип абсолютного преимущества Смита и принцип сравнительного преимущества Рикардо. Если страна имеет абсолютное преимущество в производстве какого-то товара, означает ли это, что она имеет и сравнительное преимущество в его производстве?
7. Сформулируйте теорему международной торговли Хекшера-Олина.
8. В чем заключается парадокс Леонтьева? Почему его нельзя считать полным опровержением теории Хекшера-Олина?
9. Охарактеризуйте сущность двух видов внешнеторговой политики (фритрейдерства и протекционизма) с точки зрения достоинств и недостатков. Какие могут существовать тарифные и нетарифные ограничения при реализации политики протекционизма?
10. Что такое платежный баланс и для чего он составляется? В чем заключается смысл системы двойной записи при его составлении? Какие операции регистрируются по кредиту, а какие – по дебету?
11. Охарактеризуйте структуру платежного баланса. Какой баланс называется активным, а какой – пассивным?
12. Дайте определение понятиям «валюта», «валютный рынок», «валютная система», «валютная котировка», «валютный курс». Поясните влияние девальвации и ревальвации валюты на экономику страны.
13. Каким образом определяются номинальные и реальные валютные курсы? В чем заключается суть паритета покупательной способности?
14. Сравните системы фиксированных и плавающих валютных курсов. Каковы достоинства и недостатки каждой из них?
15. Проанализируйте этапы формирования мировой валютной системы. Каковы их особенности? Как решается проблема дефицита платежного баланса в условиях: Золотого стандарта, Бреттон-Вудской системы, Ямайской системы?
16. Если курс национальной валюты повысится (понижится), как это скажется на условиях экспортной и импортной деятельности?
17. Что такое «конвертируемость национальной валюты»? Какие выделяются виды валют в зависимости от их конвертируемости? Приведите примеры.
18. В чем заключается смысл мировой экономической интеграции? Назовите ее формы. Приведите примеры.
19. Охарактеризуйте этапы формирования Европейского союза. В чем заключается смысл развития данной интеграционной группировки?
20. Охарактеризуйте деятельность международных организаций с точки зрения выполнения ими функций по мониторингу и регулированию важнейших процессов мировой экономики.

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ В ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ТЕОРИЮ

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ – это наука, изучающая и формирующая теоретические представления об экономических процессах и явлениях, о функционировании хозяйства, об экономических отношениях, которые основаны, с одной стороны, на логике и историческом опыте, а с другой – на теоретических концепциях и взглядах ученых-экономистов.

ПРИКЛАДНАЯ ЭКОНОМИКА является *точной* наукой. Она ставит перед собой практические задачи управления хозяйственной деятельностью. Ей свойственны расчеты с использованием реальной информации, конкретных показателей экономической деятельности. Прикладная экономика приближена к микроэкономике.

МИКРОЭКОНОМИКА (приставка «микро-» означает «малый») изучает экономическое поведение индивидуумов, отдельных домохозяйств, предприятий и отраслей.

МАКРОЭКОНОМИКА (приставка «макро-» означает «большой») занимается изучением законов функционирования национальной экономики в целом, а также входящих в нее так называемых агрегатов – домохозяйств, предприятий, правительственного сектора – и связей между ними. Под агрегатами понимается совокупность отдельных экономических единиц (например, домохозяйств), которые в процессе экономического анализа рассматриваются как единое целое.

ПОЗИТИВНАЯ ЭКОНОМИКА ищет объективные, или научные, объяснения функционирования экономики; она имеет дело с тем, что было, есть или может быть.

НОРМАТИВНАЯ ЭКОНОМИКА предлагает рецепты действий, основанные на субъективных оценочных суждениях; она имеет дело с тем, что должно быть.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА представляет собой комплекс мер, направленных на регулирование поведения экономических агентов (потребителей и производителей) или последствий их деятельности с целью достижения поставленных экономических целей (экономической свободы, экономического роста, полной занятости, стабилизации цен, справедливого налогообложения и др.), в достижении которых заинтересованы все макроэкономические субъекты. При реализации экономической политики государство использует административные (прямые) и экономические (косвенные) методы воздействия, эффективность которых зависит от степени учета основных принципов экономической теории и результатов ее исследований.

МЕРКАНТИЛИЗМ (от итал. слова «мерканте» – купец, торговец) – направление экономической мысли, представители которого источник богатства видели во внешней торговле (за счет активного торгового баланса).

ФИЗИОКРАТИЗМ (от греч. слова «физиократия» – власть природы) – это теоретическая школа, которая получила развитие одновременно с меркантилизмом. Представители физиократизма центральную роль в экономике отводили сельскохозяйственному производству, выражали интересы крупного капиталистического фермерства, критиковали меркантилизм.

КЛАССИЧЕСКАЯ ПОЛИТИЧЕСКАЯ ЭКОНОМИЯ (от лат. слова «классикус» – образцовый) – экономическое течение, ориентированное на решение проблем свободного предпринимательства.

ПОЛИТИЧЕСКАЯ ЭКОНОМИЯ МАРКСИЗМА возникла в XIX в. в Германии. Основоположителем экономического научного направления является Карл Маркс (основной труд – «Капитал»). Продолжил и развил идеи Маркса Фридрих Энгельс.

МАРЖИНАЛИЗМ (от фр. слова «мёжинал» – предельный, дополнительный) – направление экономической теории, которое широко использует в анализе экономических процессов и законов предельные величины. В качестве самостоятельного течения экономической мысли маржинализм оформился во второй половине XIX в. Маржинальная револю-

ция заключается в переходе от концепции классической экономической школы к неоклассической теории.

КЕЙНСИАНИЗМ – учение, получившее развитие с середины 30-х гг. XX в.

ЧИКАГСКИЙ МОНЕТАРИЗМ – экономическая теория, основанная на определяющей роли денежной массы, находящейся в обращении, на состоянии экономики в целом, а также на осуществлении политики стабилизации экономики, ее функционирования и развития.

РЕСУРСЫ – это совокупность всех материальных и нематериальных благ, используемых при создании экономических благ. Все ресурсы условно делят на два класса: свободные (неэкономические) и экономические.

СВОБОДНЫЕ (НЕЭКОНОМИЧЕСКИЕ) РЕСУРСЫ – ресурсы, находящиеся в неограниченном количестве и, как следствие, имеющие нулевую цену на рынке.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ – ресурсы, находящиеся в ограниченном количестве и, как следствие, имеющие определённую цену на рынке.

ФАКТОРЫ ПРОИЗВОДСТВА – экономические ресурсы, вовлеченные в производство.

ПОТРЕБНОСТЬ – это состояние неудовлетворенности или нужды человека в чём-либо. Именно потребности выступают внутренним побудительным фактором активной деятельности человека.

БЛАГО – это средство, непосредственно удовлетворяющее потребности. Количество потребностей наряду с редкостью (ограниченностью) блага определяет его ценность. Ценность блага есть то, что за него можно получить. Стоимость блага есть то, что за него надо отдать.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ СУБЪЕКТЫ (АГЕНТЫ) – это участники экономических отношений, возникающих в процессе производства, распределения, обмена и потребления экономических благ.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ КРУГООБОРОТ – это движение экономических благ и ресурсов между экономическими субъектами, которое сопровождается денежными потоками (доходами и расходами).

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ СТОИМОСТЬ БЛАГА – это определённая жертва для собственника блага, которая выражается в количестве другого блага, от производства которого следует отказаться, чтобы произвести определенное количество данного блага.

ПРОИЗВОДСТВО представляет собой процесс взаимодействия средств производства и людей с целью получения необходимых экономических благ. В зависимости от вида удовлетворяемых создаваемым экономическим благом потребностей различают материальное и нематериальное производство.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ предполагает определенным образом осуществляемое разделение созданного экономического блага между участниками процесса производства. В качестве известных способов распределения созданного блага выступают следующие: поровну, по потребностям, по затратам, по результатам труда, по вложенному капиталу.

ОБМЕН обеспечивает выход созданного экономического блага на рынок, связывая процессы производства и потребления. Он способствует перемещению в пространстве различных экономических благ таким образом, чтобы полнее удовлетворялись потребности экономических субъектов.

ПОТРЕБЛЕНИЕ представляет собой процесс использования экономического блага по назначению. Это конечная цель производства, его предпосылка и условие, а также собственно «производство» рабочей силы. В зависимости от функционального назначения потребляемого блага различают личное и производственное потребление.

СОБСТВЕННОСТЬ выражает объективно складывающиеся экономические отношения между людьми в процессе производства, распределения, обмена и потребления по поводу присвоения средств производства и произведенных благ.

ПРАВО СОБСТВЕННОСТИ – определенная совокупность правомочий, принадлежащих лицу-правообладателю.

ФОРМА СОБСТВЕННОСТИ – это вид собственности, характеризующийся по признаку субъекта собственности.

ЧАСТНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ выступает в качестве собственности одного или группы членов общества.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СОБСТВЕННОСТЬ выступает в качестве собственности всех членов общества. В зависимости от уровня органов власти и управления, которые распоряжаются объектом собственности, выделяют следующие ее формы: федеральную, субфедеральную (региональную), местную (муниципальную).

РАЗДЕЛЕНИЕ ТРУДА – это исторический процесс обособления различных видов трудовой деятельности в самостоятельные или взаимосвязанные производства.

ТОВАРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО – это такая общественная форма производства, при которой блага производятся не для собственного потребления, а для удовлетворения потребностей других экономических субъектов.

РЫНОЧНАЯ СИСТЕМА ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ – это система взаимосвязей между экономическими субъектами, основанная на действии механизма саморегуляции, равноправии прав частных собственников, меновых отношениях и платности всех экономических благ.

ПРИВАТИЗАЦИЯ – передача государственной собственности в частные руки. Она способствует устранению фактической монополии государственной собственности, обеспечению многообразия и равноправия различных форм собственности.

Раздел 2. ОСНОВЫ МИКРОЭКОНОМИКИ

СПРОС (D) – обобщающий термин, описывающий поведение фактических и потенциальных покупателей товара.

ЭЛАСТИЧНОСТЬ СПРОСА ПО ЦЕНЕ (E^D_P) показывает, на сколько процентов изменится объем спроса на товар при изменении его цены на один процент при условии, что прочие факторы останутся неизменными.

ПЕРЕКРЕСТНАЯ ЭЛАСТИЧНОСТЬ СПРОСА (E^{DA}_{PB}) показывает, на сколько процентов изменится объем спроса на товар A при изменении цены товара B на один процент при условии, что прочие факторы останутся неизменными.

ЭЛАСТИЧНОСТЬ СПРОСА ПО ДОХОДУ (E^D_I) показывает, на сколько процентов изменится объем спроса на товар при изменении величины доходов покупателей на один процент при условии, что прочие факторы останутся неизменными.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ (S) – обобщающий термин, описывающий поведение фактических и потенциальных продавцов товара.

ЭЛАСТИЧНОСТЬ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЦЕНЕ (E^S_P) показывает, на сколько процентов изменится объем предложения товара при изменении его цены на один процент при условии, что прочие факторы останутся неизменными.

ПЕРЕКРЕСТНАЯ ЭЛАСТИЧНОСТЬ ПРЕДЛОЖЕНИЯ (E^{SA}_{PB}) показывает, на сколько процентов изменится объем предложения товара A при изменении цены товара B на один процент при условии, что прочие факторы останутся неизменными.

ПОЛЕЗНОСТЬ (U) – это удовлетворение, получаемое людьми от потребления благ. Это понятие сугубо индивидуальное.

КРИВАЯ БЕЗРАЗЛИЧИЯ – это кривая, демонстрирующая все возможные наборы двух благ (A и B), дающие потребителю равный объем удовлетворения (т. е. они для него абсолютно равноценны).

БЮДЖЕТНАЯ ЛИНИЯ – это линия, показывающая различные наборы двух благ (А и В), которые могут быть приобретены при данной величине дохода (бюджета) и ценах благ.

ИЗЛИШЕК ПОТРЕБИТЕЛЯ (рента потребителя) – это разница между той суммой денег, которую потребитель согласен уплатить за покупаемое экономическое благо, и той суммой, которую он действительно платит.

ПРЕДПРИЯТИЕ – это самостоятельно хозяйствующий субъект, созданный в порядке, установленном действующим законодательством, и осуществляющий производство продукции, выполнение работ и оказание услуг в целях удовлетворения общественных потребностей и получения прибыли.

ПРОИЗВОДСТВО – процесс преобразования ресурсов в блага, прямо или косвенно служащих удовлетворению человеческих потребностей.

ТЕХНОЛОГИЯ – это определенная устойчивая комбинация факторов производства.

ИЗОКВАНТА – это кривая, демонстрирующая все возможные сочетания двух факторов производства, обеспечивающие один и тот же объем выпуска экономического блага (Q).

ИЗОКОСТА – это линия, показывающая различные сочетания двух факторов производства, которые обеспечивают определенную сумму общих затрат, ограниченных бюджетом производителя.

ИЗДЕРЖКИ ПРОИЗВОДСТВА – это совокупность затрат, связанных с использованием факторов для производства экономического блага.

ИЗЛИШЕК ПРОИЗВОДИТЕЛЯ (рента производителя) – это разница между той суммой денежных средств, которую он получает от реализации определенного количества экономического блага, и той суммой, на которую он согласен.

РЫНОЧНАЯ СТРУКТУРА – характеристика рынка с точки зрения его воздействия на положение и поведение производителей, а также влияния производителей на его состояние.

МОДЕЛЬ ПОВЕДЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ СОВЕРШЕННОЙ (ЧИСТОЙ) КОНКУРЕНЦИИ – модель поведения предприятия в условиях идеальных конкурентных отношений, когда предприятий много, у всех из них равные возможности и отсутствует возможность влияния на рынок и цену продукции.

МОДЕЛЬ ПОВЕДЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ЧИСТОЙ МОНОПОЛИИ – модель поведения предприятия, когда одно предприятие становится единственным производителем продукции, у которой нет близких заменителей; оно может влиять на рынок и цену продукции. Это чисто теоретическая модель. В качестве сфер деятельности, где она может наблюдаться, являются те, которые относятся к естественным монополиям.

ЦЕНОВАЯ ДИСКРИМИНАЦИЯ («ценовое разделение») – это продажа одной и той же продукции разным потребителям (группам потребителей) по разным ценам, при этом различия в ценах не обусловлены различиями в издержках производства. Смысл проведения данной ценовой политики состоит в стремлении монополиста присвоить себе излишек потребителя.

МОДЕЛЬ ПОВЕДЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ОЛИГО-ПОЛИИ – модель поведения предприятия в условиях рыночной ситуации, когда на рынке функционирует несколько производителей продукции, которые обладают определенной властью над ценой (их власть ограничена количеством производителей, поделивших рынок между собой). Эта модель характерна для сфер деятельности, которые требуют значительных капиталовложений: металлургия, электротехника, химическая промышленность, машиностроение, топливная энергетика.

МОДЕЛЬ ПОВЕДЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ МОНОПОЛИСТИЧЕСКОЙ КОНКУРЕНЦИИ – модель поведения предприятия в рыночной ситуации, которая характеризуется наличием множества производителей, производящих дифференцированную продукцию.

РЫНОК ТРУДА – это сфера взаимоотношений между продавцами и покупателями трудовых услуг, т. е. между теми, кто желает работать (в их число входят занятые и безработные), и теми, кто нанимает работников для производства товаров и услуг.

ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА – это доход от предоставления трудовых услуг.

СТАВКА ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ – цена, выплачиваемая за использование единицы труда в течение определенного периода: часа, дня и т. д.

КАПИТАЛ в широком смысле – ценность, приносящая приток дохода; самовозрастающая стоимость. Это производственные фонды предприятий, земля, ценные бумаги, банковские депозиты, человеческий капитал (накопленные профессиональные знания).

ССУДНЫЙ ПРОЦЕНТ – цена, уплачиваемая собственнику капитала за его использование в течение определенного периода времени.

ИНВЕСТИРОВАНИЕ – процесс создания или пополнения запаса капитала.

ДИСКОНТИРОВАНИЕ – процедура определения сегодняшней стоимости будущей суммы денег.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ РЕНТА – доход, получаемый собственником ресурса, предложение которого строго ограничено.

ПРИРОДНАЯ РЕНТА – доход от использования природного ресурса, предложение которого строго ограничено.

ОБЩАЯ РЕНТА – доход, который получает собственник природного ресурса. Она включает абсолютную ренту и при возможности дифференцированную.

АБСОЛЮТНАЯ РЕНТА – доход, который получают все собственники природного ресурса независимо от его качества.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ РЕНТА – дополнительный доход от использования природного ресурса, образуемый благодаря лучшим характеристикам (сверхприбыль).

ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО – сфера деятельности, предполагающая наличие способности организовывать производство, объединять факторы производства для создания продукции, создавать что-то новое, рисковать, нести ответственность за свою деятельность.

ПРИБЫЛЬ – это вознаграждение за такой человеческий ресурс, как предпринимательские способности.

УПРАВЛЕНИЕ – это сознательное воздействие на объекты и процессы, а также на участие в них людей, осуществляемое с целью придания определенной направленности хозяйственной деятельности и получения желаемых результатов.

МЕНЕДЖМЕНТ – это определенная философия, основанная на интуиции и профессионализме организаторов деятельности или процесса, умении добиваться поставленных целей при использовании труда, интеллекта, мотивов поведения других людей.

Раздел 3. ОСНОВЫ МАКРОЭКОНОМИКИ

МАКРОЭКОНОМИКА – это комплекс знаний, взглядов, идей, объясняющих поведение экономики страны как единого целого и основных ее совокупных величин.

НАЦИОНАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА представляет собой совокупность всех экономических явлений и процессов, происходящих в стране на основе действующих в ней имущественных отношений и организационных форм.

НАЦИОНАЛЬНОЕ БОГАТСТВО – это многолетний результат функционирования национальной экономики, отражающий её экономический потенциал и представляющий всю совокупность благ и ресурсов, которыми она располагает на данный момент времени.

СИСТЕМА НАЦИОНАЛЬНЫХ СЧЕТОВ (СНС) – это система взаимосвязанных показателей совокупного выпуска и совокупного дохода страны, характеризующих результаты функционирования экономики, ориентированной на рыночные отношения.

ВАЛОВОЙ ВНУТРЕННИЙ ПРОДУКТ (ВВП) (англ. GIP – Gross Internal Product) – это суммарная рыночная стоимость всех конечных товаров и услуг, произведенных в течение

ние года внутри страны предприятиями-резидентами и предприятиями-нерезидентами с использованием национальных и зарубежных факторов производства.

ВАЛОВОЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОДУКТ (ВНП) (англ. GNP – Gross National Product) – это суммарная рыночная стоимость всех конечных товаров и услуг, произведенных в течение года предприятиями-резидентами внутри страны и за ее пределами с использованием национальных факторов производства.

ЧИСТЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОДУКТ (ЧНП) (англ. NNP – Net National Product) – созданный валовой национальный продукт за вычетом той части инвестиций, которая пошла на обновление устаревших и изношенных основных фондов.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ДОХОД (НД) (англ. NI – National Income) – это совокупный доход, заработанный резидентами страны за вклад собственных факторов производства в процесс создания валового национального продукта.

ЛИЧНЫЙ ДОХОД (ЛД) (англ. PI – Personal Income) – это совокупный доход, заработанный или полученный домохозяйствами за год.

ЛИЧНЫЙ РАСПОЛАГАЕМЫЙ ДОХОД (ЛРД) (англ. DI – Domestic Income) – это доход, используемый домашними хозяйствами на потребление (осуществление текущих расходов по приобретению товаров и услуг) и сбережения (накопление богатства).

ЧИСТОЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЕ БЛАГОСОСТОЯНИЕ (ЧЭБ) – это интегральный результат функционирования внутренней экономики в определенном году, демонстрирующий благосостояние страны в целом. ЧЭБ применяется в дополнение к показателю ВВП, который не даёт точной картины экономического благосостояния.

ТЕНЕВАЯ (НЕНАБЛЮДАЕМАЯ ЭКОНОМИКА) включает в себя сферы производства, распределения, обмена и потребления товарно-материальных ценностей, денег, услуг, которые не контролируются обществом и органами государственного управления.

МЕЖОТРАСЛЕВОЙ БАЛАНС (МОБ) является одним из важных разделов современной СНС, он отражает процессы, происходящие на нынешнем этапе развития экономики, позволяет производить системный счет основных показателей СНС и анализ взаимосвязей между отраслями экономики, выявлять главные экономические пропорции, изучать структурные сдвиги и особенности ценообразования в экономике и т. д.

МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ – это равновесие национальной экономики, характеризуемое сбалансированностью и пропорциональностью экономических явлений и процессов. Макроэкономическое равновесие необходимо для обеспечения стабильности развития экономики страны и достижения макроэкономических целей.

СОВОКУПНЫЙ СПРОС (AD) – это суммарные планируемые (желаемые) расходы экономических субъектов на конечные товары и услуги, предлагаемые на рынке благ, при каждом возможном уровне цен.

СОВОКУПНОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ (AS) – реальный объем национального производства при каждом возможном уровне цен.

ПОТРЕБЛЕНИЕ (C) – это сумма денег, которая тратится домохозяйствами на приобретение потребительских благ.

СБЕРЕЖЕНИЯ (S) – это та часть личного располагаемого дохода, которая отложена для будущего потребления.

ИНВЕСТИЦИИ (I) – это расходы, связанные с обновлением и увеличением производственных мощностей и прочих капитальных активов.

ДЕНЬГИ – всеобщий эквивалент; универсальный товар, обмениваемый на любые экономические блага и пригодный для расчетов и платежей. Деньги являются общепризнанным высоколиквидным активом: на них можно всё купить.

ДЕНЕЖНОЕ ОБРАЩЕНИЕ – это денежный кругооборот, движение денег, опосредующее оборот товаров и услуг, а также финансовых активов.

ДЕНЕЖНАЯ МАССА – совокупность всего многообразия денежных средств, обращающихся в стране: обслуживающих экономические связи и принадлежащих различным экономическим субъектам.

СКОРОСТЬ ОБРАЩЕНИЯ ДЕНЕГ – это среднегодовое количество оборотов, совершаемых деньгами, находящимися в обращении. Скорость обращения денег показывает среднегодовое количество владельцев, в состав дохода которых вошла одна и та же денежная единица, или среднегодовое количество сделок, в которых она участвовала.

ДЕНЕЖНАЯ СИСТЕМА – это форма организации денежного обращения в стране, сложившаяся исторически и закреплённая национальным законодательством.

ДЕНЕЖНАЯ РЕФОРМА – полное или частичное преобразование денежной системы страны, проводимое государством в целях укрепления национальной валюты, стабилизации денежной единицы в условиях нарушения денежного обращения.

ДЕНЕЖНЫЙ РЫНОК – это рынок, на котором взаимодействуют между собой спрос и предложение денег, а также формируется равновесная цена денег (равновесная процентная ставка).

ПРОЦЕНТНАЯ СТАВКА – это цена денег, уплачиваемая за их использование. Процентная ставка бывает номинальной (R) и реальной (r). В отличие от номинальной реальная процентная ставка корректируется, или «дефлируется», в соответствии с темпом инфляции.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ДЕНЕГ (M_s) – это общее количество денег, находящихся в обращении. Предложение денег обеспечивается банковской системой страны (Центральным и коммерческими банками).

СПРОС НА ДЕНЬГИ (M_d) – это величина денежных средств, которыми желают (планируют) обладать экономические субъекты.

КРЕДИТ представляет собой особую форму движения денег, связанную с мобилизацией свободных денежных средств национальной экономики и их распределением на условиях возвратности, срочности, платности в целях расширенного воспроизводства.

КРЕДИТНЫЙ РЫНОК – это общее обозначение тех рынков, где возникают и взаимодействуют между собой спрос и предложение различных видов кредитных ресурсов.

КРЕДИТНО-ДЕНЕЖНАЯ СИСТЕМА представляет собой комплекс кредитно-финансовых учреждений, активно используемых государством в целях регулирования экономики.

ДЕПОЗИТЫ, или банковские вклады (D), – это денежные средства, переданные клиентом во временное пользование банка.

БАНК – это кредитно-финансовое учреждение, аккумулирующее денежные средства, предоставляющее кредиты, производящее денежные расчеты, осуществляющее выпуск банкнот и ценных бумаг, выступающее посредником во взаимных платежах и расчетах между государствами, предприятиями и домохозяйствами.

БАНКОВСКАЯ СИСТЕМА – совокупность банков страны. В организационном плане банковская система может быть одноуровневой и двухуровневой. Для России, как и для большинства стран мира, характерна двухуровневая банковская система: верхний уровень – Центральный банк («банк банков»), второй уровень – подконтрольные ему коммерческие банки.

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ БАНК – эмиссионный, кредитный, расчетный и валютный центр страны, а также центр кредитно-денежного регулирования экономики.

КРЕДИТНО-ДЕНЕЖНАЯ (МОНЕТАРНАЯ) ПОЛИТИКА – комплекс взаимосвязанных мероприятий, предпринимаемых Центральным банком в целях регулирования деловой активности в стране путем воздействия на кредитно-денежное обращение.

КОММЕРЧЕСКИЙ БАНК – кредитно-финансовое учреждение, наделённое исключительным правом привлекать свободные денежные средства субъектов хозяйствования и населения и размещать их от своего имени и за свой счет на условиях возвратности, срочности, платности, а также осуществлять другие банковские операции.

БАНКОВСКИЕ РЕЗЕРВЫ – это часть привлечённых на депозиты денежных средств, не выданных в качестве кредитов (не использованных в активных операциях).

ФИНАНСЫ – система отношений между экономическими субъектами по поводу формирования, распределения и использования фондов денежных средств.

ФИНАНСОВАЯ СИСТЕМА – совокупность финансовых отношений национальной экономики. С точки зрения субъектов экономики, вступающих в финансовые отношения.

ФИНАНСОВЫЙ РЫНОК – это рынок, на котором формируются спрос и предложение на все финансовые ресурсы страны и осуществляется их движение в направлении обеспечения финансовыми средствами различных сфер экономики.

РЫНОК ЦЕННЫХ БУМАГ представляет собой рынок, на котором формируются и развиваются экономические отношения по поводу выпуска и обращения ценных бумаг между его участниками.

ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ФИНАНСЫ призваны обеспечить государство денежными средствами, необходимыми для выполнения им экономических, политических и социальных функций.

ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ДОХОДЫ – денежные средства, привлечённые для реализации государственных функций.

ГОСУДАРСТВЕННЫЕ РАСХОДЫ – это часть финансовых отношений, обусловленная использованием государственных доходов.

БЮДЖЕТ ГОСУДАРСТВА – это консолидированный бюджет РФ.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ БЮДЖЕТ – это главное звено финансовой системы страны. Он представляет собой форму образования и использования централизованного фонда денежных средств для обеспечения функций органов государственной власти. На основании Конституции РФ государственный бюджет носит название федерального.

БЮДЖЕТНЫЙ ДЕФИЦИТ – ситуация превышения расходной части бюджета над доходной.

БЮДЖЕТНЫЙ ПРОФИЦИТ – ситуация превышения доходной части бюджета над расходной.

ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ВНЕБЮДЖЕТНЫЕ ФОНДЫ – это фонды денежных средств, образуемые вне государственного бюджета и предназначенные для реализации конституционных прав граждан на пенсионное обеспечение, охрану здоровья и медицинскую помощь.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДОЛГ – это величина государственной задолженности. Он равняется сумме накопленных в стране за определенный период бюджетных дефицитов за вычетом накопленных бюджетных профицитов.

НАЛОГ – обязательный и безвозмездный платёж, взимаемый в пользу государства с дохода или стоимости имущества физического и юридического лица в размере, заранее определенном и установленном в законодательном порядке.

НАЛОГОВАЯ СИСТЕМА – это совокупность всех налогов, методы и принципы их построения, способы исчисления и взимания, налоговый контроль, устанавливаемые в законодательном порядке.

БЮДЖЕТНО-НАЛОГОВАЯ (ФИСКАЛЬНАЯ) ПОЛИТИКА – это воздействие государства на уровень деловой активности в стране посредством изменения государственных расходов и налогов.

СОЦИАЛЬНАЯ ПОЛИТИКА – комплекс мер государства, направленных на обеспечение социальной справедливости и поддержание достойного уровня благосостояния населения.

СОЦИАЛЬНАЯ СПРАВЕДЛИВОСТЬ проявляется в правомерном распределении национального дохода, наличии одинаковых возможностей для получения работы согласно имеющимся способностям и профессиональной подготовке, наличии системы социальной защиты населения и социальных гарантий.

БЛАГОСОСТОЯНИЕ – это количественная и качественная характеристика условий жизнедеятельности населения. Рассмотрение сущности данного термина требует учета двух подходов.

ДОХОДЫ – совокупность денежных средств и материальных благ, которыми обладает человек, семья, социальная группа, население в целом.

ПРОЖИТОЧНЫЙ МИНИМУМ выражает минимально допустимую материальную обеспеченность, ниже которой возникает угроза воспроизводству населения страны.

ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДОХОДОВ – изъятие части доходов наиболее обеспеченных экономических субъектов в пользу менее обеспеченных.

ЗАНЯТОСТЬ – это обеспеченность населения рабочими местами.

БЕЗРАБОТИЦА – это социально-экономическое явление, при котором часть трудоспособного населения не занята в общественном производстве по причине превышения предложения рабочей силы над спросом на нее.

ЕСТЕСТВЕННАЯ БЕЗРАБОТИЦА (U') – безработица, существующая при полной занятости, которой соответствует потенциальный ВВП. Естественная безработица способствует созданию резерва рабочей силы, поддержанию конкуренции между работниками и тем самым повышению производительности труда.

СОЦИАЛЬНАЯ ЗАЩИТА – система мер, осуществляемых обществом в целом и его звеньями по обеспечению приемлемого материального и социального положения граждан.

СОЦИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ – социальная отрасль экономики, обеспечивающая людей, находящихся на длительном или постоянном иждивении государства и общества.

СОЦИАЛЬНОЕ СТРАХОВАНИЕ – важный элемент социального обеспечения населения, ориентированный на обеспечение человека экономической защитой в случае болезни и старости, в связи с несчастными случаями и болезнями по производственной причине, в связи с безработицей.

ПЕНСИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ – форма социального обеспечения, имеющая следующие цели: борьба с бедностью, компенсация утраченного заработка, обеспечение материальной достаточности гражданина.

СОЦИАЛЬНАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ – это восстановление нарушенной социальной справедливости по отношению к невинно пострадавшим. К ним относятся: жертвы протिवозаконных репрессий; жертвы войн; лица, пострадавшие от катастроф, стихийных бедствий и аварий; инвалиды по болезни, жертвы эпидемий, пострадавшие от вредности производства; вынужденные переселенцы.

СОЦИАЛЬНЫЕ ГАРАНТИИ – это система обязательств общества перед своими членами по удовлетворению их насущных потребностей.

УРОВЕНЬ ЖИЗНИ определяется, с одной стороны, количеством и качеством жизненных благ, используемых для удовлетворения потребностей населения, а с другой – степенью развития самих потребностей людей.

КАЧЕСТВО ЖИЗНИ определяется качественной стороной жизни населения – здоровьем, физическим развитием, уровнем образования, условиями труда, возможностями использования свободного времени, состоянием экологии. Применение данного показателя затруднительно из-за сложности проявления качественных характеристик жизни в количественном и стоимостном выражениях.

МАКРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА – нестабильное развитие национальной экономики.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ – это периодические взлеты и падения деловой активности, проявляющиеся во всевозможных формах несоответствия совокупного спроса и предложения.

СТАБИЛИЗАЦИОННАЯ (АНТИЦИКЛИЧЕСКАЯ) ПОЛИТИКА – комплекс мероприятий, способствующих сглаживанию негативных последствий макроэкономической динамики.

ИНФЛЯЦИЯ – это переполнение экономики страны избыточной денежной массой при отсутствии адекватного увеличения товарной массы, которое приводит к повышению общего уровня цен, обесценению денежной единицы, снижению ее покупательной способности.

ИНФЛЯЦИЯ ИЗДЕРЖЕК – инфляция, которая вызвана факторами, лежащими на стороне совокупного предложения.

ИНФЛЯЦИОННЫЕ ОЖИДАНИЯ – это оценка экономическими субъектами изменения темпов инфляции в будущем периоде. Они выражаются в показателе под названием «ожидаемый темп инфляции (π_e)».

АНТИИНФЛЯЦИОННАЯ ПОЛИТИКА – макроэкономическая политика, направленная на обеспечение стабилизации общего уровня цен, предупреждения или смягчения инфляционной напряженности.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ – долговременное устойчивое увеличение масштабов экономики, выражающееся в поступательном росте реального ВВП и улучшении других показателей деловой активности.

МИРОВАЯ ЭКОНОМИКА – это система экономических отношений, сложившаяся и развивающаяся между странами; другими словами, это вся совокупность национальных экономик в той части, которая сориентирована на внешние рынки и использует внешние ресурсы и продукцию для внутреннего развития.

ОТКРЫТАЯ ЭКОНОМИКА – это экономика страны с высокой степенью вовлеченности в мировые хозяйственные связи, предполагающая отсутствие ограничений международного обмена ресурсами и благами. Снятие внешнеэкономических ограничений способствует усилению конкуренции и тем самым повышению эффективности национальной экономики.

ЗАКРЫТАЯ ЭКОНОМИКА (автаркия) предполагает экономическую самообеспеченность страны (примеры: бывшие страны Совета Экономической Взаимопомощи, Северная Корея, Куба).

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОТНОШЕНИЯ – это система хозяйственных связей между экономиками различных стран.

МЕЖДУНАРОДНАЯ ТОРГОВЛЯ заключается в экспорте (вывозе) и импорте (ввозе) благ (товаров и услуг).

МЕЖДУНАРОДНОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ТРУДА заключается в специализации отдельных стран на производстве определенных видов благ, которыми эти страны обмениваются между собой.

АБСОЛЮТНОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО – возможность страны производить благодаря ее естественным и приобретенным преимуществам какой-либо товар с меньшими затратами труда на единицу продукции по сравнению с другими странами, производящими этот же товар.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО – это способность страны производить товар с относительно меньшими издержками замещения по сравнению с другими странами. Издержки замещения (альтернативные издержки) представляют собой соотношение абсолютных удельных затрат труда по двум видам товаров в одной стране.

ВНЕШНЕТОРГОВАЯ ПОЛИТИКА – это государственная политика в области внешней торговли. Известны два основных направления внешнеторговой политики государства: протекционизм и фритрейдерство.

ФРИТРЕЙДЕРСТВО – политика свободной торговли, которая не предполагает установление каких-либо ограничений на внешнеторговый оборот, в т. ч. взимание таможенных пошлин. Такую политику может проводить страна с высокоэффективной экономикой, в котором отечественные предприниматели способны выдерживать иностранную конкуренцию и активно внедряться на мировой рынок. Свободная торговля дает возможность открытой экономике страны и мировой экономике эффективно размещать ресурсы и повышать уровень материального благосостояния.

ПРОТЕКЦИОНИЗМ – политика государства, направленная на ограничение внешней торговли с целью защиты собственных производителей (в случае наличия более сильных иностранных конкурентов) или потребителей (в случае продажи за границу большого ко-

личества благ или ресурсов, востребованных внутри страны) путем установления тарифных и нетарифных ограничений.

ТАРИФНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ заключаются во взимании таможенных пошлин с ввозимых и вывозимых ресурсов и благ, затрудняя тем самым их движение. Таможенные пошлины увеличивают цену ресурсов и благ и снижают их конкурентоспособность на мировом рынке.

НЕТАРИФНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ – прямые административные нормы, определяющие количество, качество и номенклатуру вывозимых или ввозимых в страну ресурсов и благ.

ПЛАТЕЖНЫЙ БАЛАНС – это систематизированная запись итогов всех экономических сделок между резидентами данной страны и остальным миром в течение определенного периода времени (месяца, квартала, года).

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВАЛЮТНЫЕ ОТНОШЕНИЯ – это отношения между странами по поводу обмена валютой.

ВАЛЮТА – это денежная единица страны или группы стран (например, рубль, доллар, фунт стерлингов, евро, йена и т. д.). В узком смысле – это денежные знаки иностранных государств.

ВАЛЮТНЫЙ РЫНОК – это особый рынок, на котором осуществляются валютные сделки. Подавляющая часть денежных активов, продаваемых на валютном рынке, имеет вид депозита до востребования в крупнейших банках, осуществляющих торговлю друг с другом, лишь незначительная часть валютного рынка приходится на обмен наличных денег.

ВАЛЮТНЫЙ (ОБМЕННЫЙ) КУРС – это относительная цена валют двух стран, или валюта одной страны, выраженная в единицах другой страны.

ВАЛЮТНАЯ КОТИРОВКА – установление курса национальной денежной единицы в иностранной валюте на определенный момент времени.

ВАЛЮТНАЯ СИСТЕМА – совокупность валютных отношений, складывающихся на уровне отдельной страны, группы стран или мира в целом.

СИСТЕМА ФИКСИРОВАННЫХ ВАЛЮТНЫХ КУРСОВ – это валютная система, при которой номинальный валютный курс фиксируется Центральным банком страны.

СИСТЕМА ПЛАВАЮЩИХ (ГИБКИХ) ВАЛЮТНЫХ КУРСОВ – это валютная система, при которой номинальный валютный курс формируется на валютном рынке в результате взаимодействия спроса и предложения валют, без какого-либо вмешательства Центрального банка в этот процесс.

СИСТЕМА СМЕШАННЫХ ВАЛЮТНЫХ КУРСОВ – это валютная система, при которой номинальный валютный курс формируется на валютном рынке в результате взаимодействия спроса и предложения валют, а также валютных интервенций Центрального банка.

КОНВЕРТИРУЕМОСТЬ (ОБРАТИМОСТЬ) НАЦИОНАЛЬНОЙ ВАЛЮТЫ – способность валюты страны свободно использоваться в международном платежном обороте для совершения различных расчетов.

ВАЛЮТНАЯ ПОЛИТИКА – это совокупность государственных мероприятий в сфере международных расчетов. Она непосредственно связана с внешнеторговой политикой и состоянием денежного обращения.

МИРОВАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ – это процесс экономического взаимодействия стран, приводящий к сближению хозяйственных механизмов, принимающий форму межгосударственных соглашений и согласованно регулируемый межгосударственными органами.

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики – это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

- составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;
- перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и выпускных квалификационных работ (ВКР), а что выходит за рамки официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);
- обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);
- определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;
- при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и руководителями ВКР, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;
- все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);
- если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;
- следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьезный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить

специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;
- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;
- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис – это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта – основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование – наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

ПОДГОТОВКА ДОКЛАДА

Одной из форм текущего контроля является доклад, который представляет собой продукт самостоятельной работы студента.

Доклад - это публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

Как правило, в основу доклада ложится анализ литературы по проблеме. Он должен носить характер краткого, но в то же время глубоко аргументированного устного сообщения. В нем студент должен, по возможности, полно осветить различные точки зрения на проблему, выразить собственное мнение, сделать критический анализ теоретического и практического материала.

Подготовка доклада является обязательной для обучающихся, если доклад презентацией указан в перечне форм текущего контроля успеваемости в рабочей программе дисциплины.

Доклад должен быть рассчитан на 7-10 минут.

Презентация (от англ. «presentation» - представление) к докладу - это набор цветных слайдов на определенную тему, который хранится в файле специального формата с расширением PP.

Целью презентации - донести до целевой аудитории полноценную информацию об объекте презентации, изложенной в докладе, в удобной форме.

Перечень примерных тем докладов с презентацией представлен в рабочей программе дисциплины, он выдается обучающимся заблаговременно вместе с методическими указаниями по подготовке. Темы могут распределяться студентами самостоятельно (по желанию), а также закрепляться преподавателем дисциплины.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления.

Для этого, остановитесь на теме, которая вызывает у Вас больший интерес; определите цель выступления; подумайте, достаточно ли вы знаете по выбранной теме или проблеме и сможете ли найти необходимый материал;

- осуществить сбор материала к выступлению.

Начинайте подготовку к докладу заранее; обращайтесь к справочникам, энциклопедиям, научной литературе по данной проблеме; записывайте необходимую информацию на отдельных листах или тетради;

- организовать работу с литературой.

При подборе литературы по интересующей теме определить конкретную цель поиска: что известно по данной теме? что хотелось бы узнать? для чего нужна эта информация? как ее можно использовать в практической работе?

- во время изучения литературы следует: записывать вопросы, которые возникают по мере ознакомления с источником, а также ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;

- обработать материал.

Учитывайте подготовку и интересы слушателей; излагайте правдивую информацию; все мысли должны быть взаимосвязаны между собой.

При подготовке доклада с презентацией особо необходимо обратить внимание на следующее:

- подготовка доклада начинается с изучения источников, рекомендованных к соответствующему разделу дисциплины, а также специальной литературы для докладчика, список которой можно получить у преподавателя;

- важно также ознакомиться с имеющимися по данной теме монографиями, учебными пособиями, научными информационными статьями, опубликованными в периодической печати.

Относительно небольшой объем текста доклада, лимит времени, отведенного для публичного выступления, обуславливает потребность в тщательном отборе материала, умелом выделении главных положений в содержании доклада, использовании наиболее доказательных фактов и убедительных примеров, исключении повторений и многословия.

Решить эти задачи помогает составление развернутого плана.

План доклада должен содержать следующие главные компоненты: краткое вступление, вопросы и их основные тезисы, заключение, список литературы.

После составления плана можно приступить к написанию текста. Во вступлении важно показать актуальность проблемы, ее практическую значимость. При изложении вопросов темы раскрываются ее основные положения. Материал содержания вопросов полезно располагать в таком порядке: тезис; доказательство тезиса; вывод и т. д.

Тезис - это главное основополагающее утверждение. Он обосновывается путем привлечения необходимых цитат, цифрового материала, ссылок на статьи. При изложении содержания вопросов особое внимание должно быть обращено на раскрытие причинно-следственных связей, логическую последовательность тезисов, а также на формулирование окончательных выводов. Выводы должны быть краткими, точными, достаточно аргументированными всем содержанием доклада.

В процессе подготовки доклада студент может получить консультацию у преподавателя, а в случае необходимости уточнить отдельные положения.

Выступление

При подготовке к докладу перед аудиторией необходимо выбрать способ выступления:

- устное изложение с опорой на конспект (опорой могут также служить заранее подготовленные слайды);
- чтение подготовленного текста.

Чтение заранее написанного текста значительно уменьшает влияние выступления на аудиторию. Запоминание написанного текста заметно сковывает выступающего и привязывает к заранее составленному плану, не давая возможности откликаться на реакцию аудитории.

Короткие фразы легче воспринимаются на слух, чем длинные.

Необходимо избегать сложных предложений, причастных и деепричастных оборотов. Излагая сложный вопрос, нужно постараться передать информацию по частям.

Слова в речи надо произносить четко и понятно, не надо говорить слишком быстро или, наоборот, растягивать слова. Надо произнести четко особенно ударную гласную, что оказывает наибольшее влияние на разборчивость речи.

Пауза в устной речи выполняет ту же роль, что знаки препинания в письменной. После сложных выводов или длинных предложений необходимо сделать паузу, чтобы слушатели могли вдуматься в сказанное или правильно понять сделанные выводы. Если выступающий хочет, чтобы его понимали, то не следует говорить без паузы дольше, чем пять с половиной секунд.

Особое место в выступлении занимает обращение к аудитории. Известно, что обращение к собеседнику по имени создает более доверительный контекст деловой беседы. При публичном выступлении также можно использовать подобные приемы. Так, косвенными обращениями могут служить такие выражения, как «Как Вам известно», «Уверен, что Вас

это не оставит равнодушными». Выступающий показывает, что слушатели интересны ему, а это самый простой путь достижения взаимопонимания.

Во время выступления важно постоянно контролировать реакцию слушателей. Внимательность и наблюдательность в сочетании с опытом позволяют оратору уловить настроение публики. Возможно, рассмотрение некоторых вопросов придется сократить или вовсе отказаться от них.

После выступления нужно быть готовым к ответам на возникшие у аудитории вопросы.

Стоит обратить внимание на вербальные и невербальные составляющие общения. Небрежность в жестах недопустима. Жесты могут быть приглашающими, отрицающими, вопросительными, они могут подчеркнуть нюансы выступления.

Презентация

Презентация наглядно сопровождает выступление.

Этапы работы над презентацией могут быть следующими:

- осмыслите тему, выделите вопросы, которые должны быть освещены в рамках данной темы;
- составьте тезисы собранного материала. Подумайте, какая часть информации может быть подкреплена или полностью заменена изображениями, какую информацию можно представить в виде схем;
- подберите иллюстративный материал к презентации: фотографии, рисунки, фрагменты художественных и документальных фильмов, материалы кинохроники, разработайте необходимые схемы;
- подготовленный материал систематизируйте и «упакуйте» в отдельные блоки, которые будут состоять из собственно текста (небольшого по объему), схем, графиков, таблиц и т.д.;
- создайте слайды презентации в соответствии с необходимыми требованиями;
- просмотрите презентацию, оцените ее наглядность, доступность, соответствие языковым нормам.

Требования к оформлению презентации

Компьютерную презентацию, сопровождающую выступление докладчика, удобнее всего подготовить в программе MS Power Point.

Презентация как документ представляет собой последовательность сменяющих друг друга слайдов. Чаще всего демонстрация презентации проецируется на большом экране, реже – раздается собравшимся как печатный материал.

Количество слайдов должно быть пропорционально содержанию и продолжительности выступления (например, для 5-минутного выступления рекомендуется использовать не более 10 слайдов).

На первом слайде обязательно представляется тема выступления и сведения об авторах.

Следующие слайды можно подготовить, используя две различные стратегии их подготовки:

1-я стратегия: на слайды выносятся опорный конспект выступления и ключевые слова с тем, чтобы пользоваться ими как планом для выступления. В этом случае к слайдам предъявляются следующие требования:

- объем текста на слайде – не больше 7 строк;
- маркированный/нумерованный список содержит не более 7 элементов;
- отсутствуют знаки пунктуации в конце строк в маркированных и нумерованных списках;
- значимая информация выделяется с помощью цвета, кегля, эффектов анимации.

Особо внимательно необходимо проверить текст на отсутствие ошибок и опечаток. Основная ошибка при выборе данной стратегии состоит в том, что выступающие заменяют свою речь чтением текста со слайдов.

2-я стратегия: на слайды помещается фактический материал (таблицы, графики, фотографии и пр.), который является уместным и достаточным средством наглядности, помогает в раскрытии стержневой идеи выступления. В этом случае к слайдам предъявляются следующие требования:

- выбранные средства визуализации информации (таблицы, схемы, графики и т. д.) соответствуют содержанию;
- использованы иллюстрации хорошего качества (высокого разрешения), с четким изображением (как правило, никто из присутствующих не заинтересован вчитываться в текст на ваших слайдах и всматриваться в мелкие иллюстрации).

Максимальное количество графической информации на одном слайде – 2 рисунка (фотографии, схемы и т.д.) с текстовыми комментариями (не более 2 строк к каждому). Наиболее важная информация должна располагаться в центре экрана.

Обычный слайд, без эффектов анимации, должен демонстрироваться на экране не менее 10 - 15 секунд. За меньшее время аудитория не успеет осознать содержание слайда.

Слайд с анимацией в среднем должен находиться на экране не меньше 40 – 60 секунд (без учета времени на случайно возникшее обсуждение). В связи с этим лучше настроить презентацию не на автоматический показ, а на смену слайдов самим докладчиком.

Особо тщательно необходимо отнестись к оформлению презентации. Для всех слайдов презентации по возможности необходимо использовать один и тот же шаблон оформления, кегль – для заголовков - не меньше 24 пунктов, для информации - не менее 18.

В презентациях не принято ставить переносы в словах.

Наилучшей цветовой гаммой для презентации являются контрастные цвета фона и текста (белый фон – черный текст; темно-синий фон – светло-желтый текст и т. д.).

Лучше не смешивать разные типы шрифтов в одной презентации.

Рекомендуется не злоупотреблять прописными буквами (они читаются хуже).

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ

Практико-ориентированные задания выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций. Это могут быть ситуации, требующие применения умений и навыков, специфичных для соответствующего профиля обучения (знания содержания предмета), ситуации, требующие организации деятельности, выбора её оптимальной структуры личностно-ориентированных ситуаций (нахождение нестандартного способа решения).

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач. Они строятся на основе ситуаций, возникающих на различных уровнях осуществления практики и формулируются в виде производственных поручений (заданий).

Под практико-ориентированными заданиями понимают задачи из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни, в том числе с использованием элементов производственных процессов.

Цель практико-ориентированных заданий – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практико-ориентированных заданий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Важными отличительными особенностями практико-ориентированных заданий от стандартных задач (предметных, межпредметных, прикладных) являются:

- значимость (познавательная, профессиональная, общекультурная, социальная) получаемого результата, что обеспечивает познавательную мотивацию обучающегося;
- условие задания сформулировано как сюжет, ситуация или проблема, для разрешения которой необходимо использовать знания из разных разделов основного предмета, из другого предмета или из жизни, на которые нет явного указания в тексте задания;
- информация и данные в задании могут быть представлены в различной форме (рисунков, таблица, схема, диаграмма, график и т.д.), что потребует распознавания объектов;
- указание (явное или неявное) области применения результата, полученного при решении задания.

Кроме выделенных четырех характеристик, практико-ориентированные задания имеют следующие:

1. по структуре эти задания – нестандартные, т.е. в структуре задания не все его компоненты полностью определены;
2. наличие избыточных, недостающих или противоречивых данных в условии задания, что приводит к объемной формулировке условия;
3. наличие нескольких способов решения (различная степень рациональности), причем данные способы могут быть неизвестны учащимся, и их потребуется сконструировать.

При выполнении практико-ориентированных заданий следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для выполнения практико-ориентированного задания необходимо внимательно прочитать задание, повторить лекционный материал по соответствующей теме, изучить рекомендуемую литературу, в т.ч. дополнительную;

- выполнение практико-ориентированного задания включает постановку задачи, выбор способа решения задания, разработку алгоритма практических действий, программы, рекомендаций, сценария и т. п.;

- если практико-ориентированное задание выдается по вариантам, то получить номер варианта исходных данных у преподавателя; если нет вариантов, то нужно подобрать исходные данные самостоятельно, используя различные источники информации;

- для выполнения практико-ориентированного задания может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. ВВЕДЕНИЕ В ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ТЕОРИЮ

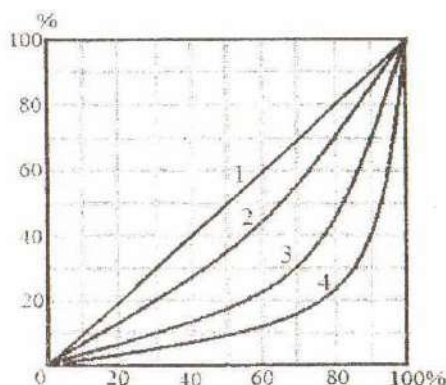
1.3. Общая характеристика рыночной системы хозяйствования

Благосостояние. Распределение доходов

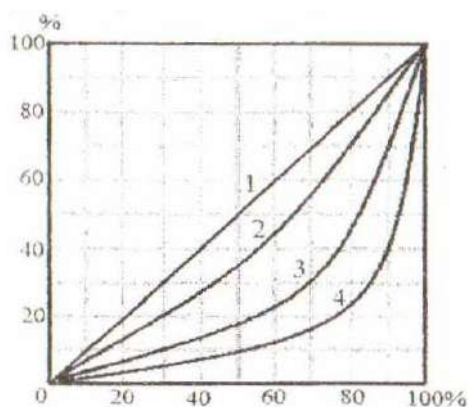
1. На основании следующих данных постройте кривую Лоренца; обозначьте точки, через которые вы ее строили. Какие действия государства могли бы приблизить кривую Лоренцу: а) к линии абсолютного равенства; б) к линии абсолютного неравенства?

Доли населения, по 20%	Доля доходов, %
Первая (низшая)	2
Вторая	8
Третья	10
Четвертая	15
Пятая (высшая)	65

2. Распределение доходов в обществе иллюстрирует линия 3. Если предельная ставка прогрессивного налога на доход любого домохозяйства будет снижена, то кривая Лоренца сместится в положение...



3. Наименьшее неравенство в распределении доходов в обществе отражает линия...



4. В таблице представлены данные по распределению доходов между группами населения в двух странах. В какой стране степень неравенства больше? Почему? Постройте кривую Лоренца для страны А.

Доли населения, по 20%	Доля доходов, %	
	Страна А	Страна В
Первая (низшая)	5	2
Вторая	10	8
Третья	17	10

Четвертая	28	15
Пятая (высшая)	40	65

5. При оценке степени неравенства в персональном распределении доходов с помощью кривой Лоренца следует обращать внимание на форму кривой. На рис. 1 и 2 представлены кривые Лоренца для двух стран с одинаковым коэффициентом Джини. О чем говорят представленные формы кривых: а) степень неравенства больше в стране А; б) степень неравенства больше в стране Б; в) в странах одинаковая степень неравенства? Выберите правильный ответ и поясните.

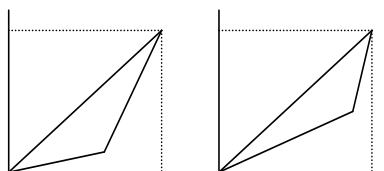


Рис. 1. Страна А Рис. 2. Страна Б

6. Проанализируйте ситуацию неравенства в распределении доходов в России в период 1991–2000 гг., учитывая, что условно допустимое значение коэффициента Джини составляет 0,3.

Коэффициент Джини в России

1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
0,260	0,289	0,398	0,409	0,381	0,375	0,375	0,379	0,394	0,400	0,400	0,400

Примеры решения типовых задач

1. В таблице представлены данные по распределению доходов между группами населения в конкретной стране. Рассчитайте на основании представленной информации квинтильный коэффициент, демонстрирующий степень неравенства в стране.

Доля населения, по 20 %	1	2	3	4	5
Доля доходов, %	5	10	18	27	40

Решение. Квинтильный коэффициент позволяет осуществлять сопоставление доходов, в среднем получаемых наиболее и наименее обеспеченными группами населения, каждая из которых составляет 20 % от общей численности населения: $K.к. = 40 \% / 5 \% = 8$ раз.

2. Ниже представлено распределение семей граждан страны по уровню годового дохода. Постройте кривую Лоренца.

Группы семей по уровню доходов	Доля от общей суммы доходов, %
Беднейшие 20%	3,7
Вторые 20%	9,0
Средние 20%	15,0
Четвертые 20%	23,0
Высшие 20%	49,3

Решение. Кривая Лоренца представляет собой графический метод определения неравномерности распределения совокупного дохода общества между различными группами населения. Построение кривой происходит следующим образом. Вначале все население страны и совокупный доход общества делятся на 5 частей – квинтилей (квинтиль – это 1/5 часть исследуемой совокупности), т.е. по 20 %. Далее определяется, какой % дохода получают каждые 20 % населения. На основании этих данных производятся расчеты кумулятивных (накопленных) долей и строится кумулятивная кривая, которая показывает фактическое распределение дохода в обществе.

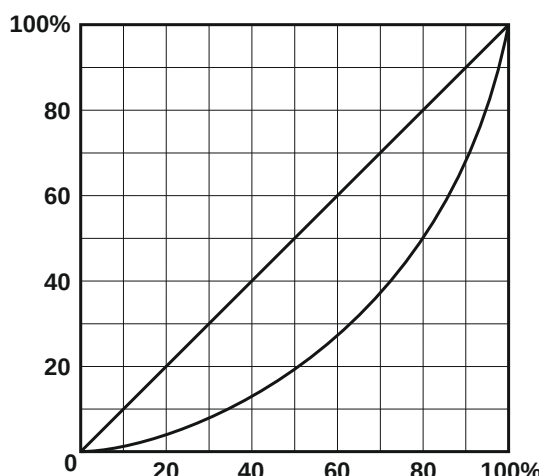
Прямая линия, проводимая из начала осей координат (биссектриса), дает представление о равном распределении дохода. Это линия абсолютного равенства. Линия абсолютного неравенства идет под прямым углом (ломаная линия). Точки на ней означают, что все население не получает никакого дохода, кроме одного – единственного, последнего в ряду человека, который присваивает 100 % всего дохода.

Следует отметить, что чем больше кривая Лоренца отклоняется от линии абсолютного равенства и, соответственно, становится ближе к линии абсолютного неравенства, тем больше неравенство в персональном распределении доходов в обществе.

Учитывая то, что построение кривой Лоренца осуществляется с использованием кумулятивного метода, представим имеющиеся данные в виде, необходимом для графического изображения.

Группы семей по уровню доходов	Доля от общей суммы доходов, %	Доля от общей численности семей нарастающим итогом, %	Доля от общей суммы доходов нарастающим итогом, %
Беднейшие 20%	3,7	20	3,7
Вторые 20%	9,0	40	12,7
Средние 20%	15,0	60	27,7
Четвертые 20%	23,0	80	50,7
Высшие 20%	49,3	100	100

Используя две последних колонки таблицы, строим кривую Лоренца.



Раздел 2. ОСНОВЫ МИКРОЭКОНОМИКИ

Тема 2.1. Спрос и предложение. Формирование рыночной цены

Спрос и эластичность спроса

1. Известно, что товар X приобретается всего двумя потребителями, и при этом спрос первого потребителя описывается функцией $Qd_1 = 90 - P$, а спрос второго – функцией $Qd_2 = 240 - 2P$. Чему будет равна цена при величине рыночного спроса 42?

2. Как изменится спрос на товар, если изменится цена на товар-субститут: а) спрос на уголь (при росте цены на нефть); б) спрос на чай (при росте цены на кофе); в) спрос на мясо кур (при снижении цены на мясо говядины). В каком направлении сдвинется кривая спроса на эти товары, т. е. уголь, чай, мясо кур?

3. Как изменится спрос на товар, если изменится цена на товар-комплемент: а) спрос на ягоды (при росте цены на сахар); б) спрос на фотоаппараты (при росте цены на

фотопленку); в) спрос на энергоемкие марки автомобилей (при росте цены на бензин). В каком направлении сдвинется кривая спроса на эти товары, т. е. ягоды, фотоаппараты, автомобили?

4. По цене $P_1 = 100$ руб. было продано 100 000 т картофеля, а когда цену повысили до $P_2 = 120$ руб., то – 80 000 т. Определите коэффициент эластичности спроса на картофель по цене.

5. В результате повышения цены товара с 5 до 7 ден. ед. объем спроса на него сократился с 9 до 7 млн шт. Определите коэффициент эластичности спроса на товар по цене.

6. При повышении цены на товар с 20000 до 40000 руб. за 1 шт. объем спроса на него сократился со 100 до 50 шт. в день. Определите, чему в этом случае будут равны коэффициент эластичности спроса на товар по цене и изменение общей выручки продавца.

7. Коэффициент эластичности спроса на данный товар по цене равен 0,8, по доходу – 0,4. В предстоящем периоде доходы населения увеличатся на 10 %, цена товара снизится на 5 %. На сколько процентов изменится объем спроса на данный товар?

8. Коэффициент эластичности спроса на данный товар по цене равен – 0,5, а по доходу + 0,9. В предстоящем периоде доходы населения увеличатся на 4 %, а цена товара уменьшится на 3 %. Как изменится объем спроса на данный товар?

9. Коэффициент перекрестной эластичности спроса на товар X по цене товара Y равна +1,5. Что вы можете сказать об этих двух товарах? О чем свидетельствует величина коэффициента эластичности?

Предложение и эластичность предложения

10. На рынке товара три производителя, предложение которых задано следующими уравнениями: $Q_{s1} = 2P - 10$; $Q_{s2} = 3P$; $Q_{s3} = P + 5$. Определите и исследуйте эластичность во всех трех случаях.

11. На рынке товара все производители имеют одинаковые индивидуальные функции предложения $Q_s = 2P - 10$. Рассчитайте коэффициент эластичности предложения товара по цене, если $P = 45$ руб. и число производителей на рынке равно: а) 20; б) 50; в) 100.

Микроэкономическое равновесие

12. Предположим, что общий объем спроса и предложения пшеницы в месяц характеризуется данными, представленными в таблице.

Таблица

P, \$/т	Qd, тыс. т	Qs, тыс. т
3,4	85	72
3,7	80	73
4,0	75	75
4,3	70	77
4,6	65	79
4,9	60	81

А. Какова будет равновесная цена пшеницы? Каков равновесный объем? Покажите графически.

Б. Допустим, правительством установлен потолок цены 3,7 \$ за 1 т. Какие последствия влечет данная цена? Покажите графически.

В. Допустим, правительством установлен пол цены 4,6 \$ за 1 т. Какие последствия влечет данная цена? Покажите графически.

13. Функция спроса на товар А: $Q_d = 8 - 2P$, а функция предложения: $Q_s = -7 + 3P$. Определите равновесную цену товара и равновесный объем продаж. Что произойдет, если правительство установит цену на уровне 5 руб.?

14. На рынке соевых бобов функции спроса и предложения следующие: $Q_d = 100 - 10P$; $Q_s = 20 + 5P$, где Q_d – величина спроса, кг; Q_s – величина предложения, кг; P – цена,

долл. Каков будет результат при назначении правительством нижнего уровня цены в 7 долл.?

15. Спрос и предложение на рынке некоторого продукта описываются уравнениями: $Q_d = 25 - 0,2P$ и $Q_s = 4P - 80$, где Q_d – объем спроса (тыс. шт.); Q_s – объем предложения (тыс. шт.), P – цена, ден. ед. Государство вмешалось и установило минимальную цену на товар в размере 30 ден. ед. за 1 тыс. шт.

Задание 1. Выберите из предложенных ниже вариантов один правильный ответ и вставьте в предложение.

Примером рынка с таким участием государства может служить рынок _____.

Варианты: крепких спиртных напитков; товаров первой необходимости; пшеницы в сверхурожайный год; горюче-смазочных материалов.

Задание 2. Выберите из предложенных ниже вариантов два правильных ответа и вставьте в предложение.

Установление минимальной цены имеет целью помочь _____ и приведет к ситуации _____ товара на рынке.

Варианты: дефицита, потребителям, товаропроизводителям, излишка.

Задание 3. Решите задачу.

До вмешательства государства рынок характеризовался как равновесный с объемом продаж _____ тыс. шт.

16. Рынок цемента характеризуется следующими функциями спроса и предложения: $Q_d = 12 - P$; $Q_s = -3 + 2P$. Определите: 1) какая сумма налога будет собрана с продажи цемента, если государство установит 50 % налога с оборота (выручки); 2) насколько возрастет объем продажи цемента при отмене налога?

Примеры решения типовых задач

1. Товар X приобретается потребителями, принадлежащими к двум разным группам. Численность первой группы 100 чел., а второй – 200 чел. Спрос типичного потребителя, принадлежащего к первой группе, описывается функцией $Q_{d1} = 50 - P$, ко второй – $Q_{d2} = 60 - 2P$. Чему равна величина рыночного спроса при значении цены 22?

Решение. Рыночный спрос определяется как сумма индивидуальных спросов всех потребителей на рынке данного товара. Поэтому для определения величины рыночного спроса необходимо суммировать обе функции, учитывая количество потребителей в каждой группе: $100(50 - P) + 200(60 - 2P) = 5000 - 100P + 12000 - 400P = 17000 - 500P$. Подставив вместо P значение цены, равное 22, определяем величину спроса, которая составит 96.

2. Является ли предложение товара эластичным, если известно следующее:

Таблица

Рыночные данные		
Цена, руб.	1500	1700
Объем предложения, шт.	30000	34000

Решение. Определяем коэффициент эластичности предложения по цене товара с использованием следующей формулы:

$$E_s = \frac{\Delta P}{\Delta Q} \cdot \frac{P_1 + P_2}{Q_1 + Q_2}.$$

Получаем, что

$$E_s = \frac{(34000 - 30000)}{(1500 + 1700)} = \frac{4000}{3200} = 1.$$

$$(17000 - 15000) (30000 + 34000) \quad 200 \quad 64000$$

Таким образом, мы имеем дело с предложением единичной эластичности по цене.

3. Функция спроса на товар $Q_d = 2500 - 200P$, а предложения – $Q_s = 1000 + 100P$. Определите равновесную цену и равновесный объем товара. Что произойдет в случае, если правительство зафиксировало цену товара на уровне 3 руб.?

Решение. В условиях рыночного равновесия объем спроса и объем предложения равны. Поэтому мы можем приравнять обе функции: $Q_d = Q_s$, т. е. $2500 - 200P = 1000 + 100P$. Решив это уравнение, найдем равновесную цену: $P^* = 5$ руб. Подставив значение цены в любую из функций, определим равновесный объем товара: $Q^* = 1500$ ед.

Если правительство зафиксировало цену товара на уровне 3 руб., объем спроса (Q_d) будет равен 1900 ед., а объем предложения (Q_s) – 1300 ед. Иначе говоря, на рынке образуется товарный дефицит, равный разнице между объемом спроса и объемом предложения: $Q_s - Q_d = 1300 - 1900 = -600$ ед.

4. Допустим, функциями спроса и предложения холодильников «Север» являются соответственно $Q_d = 400 - P$ и $Q_s = 2P - 260$, где Q_d – величина спроса на холодильники, тыс. шт.; Q_s – величина предложения холодильников, тыс. шт.; P – цена, ден. ед. Определите, к чему приведет введение налога с оборота (выручки) в размере 12,5 % от цены.

Решение. До введения налога равновесная цена товара на рынке составляла 220 ден. ед., а *равновесное* количество – 180 тыс. шт. (пояснения в предыдущей задаче). После введения налога в распоряжении производителя остается $7/8$ цены, что уменьшает предложение: $Q_s = 2(7/8)P - 260$. Поэтому новая цена равновесия равна 240 ден. ед., а объем продаж – 160 тыс. шт. При этом общая выручка уменьшается с 39,6 до 38,4 млн ден. ед., а выручка, оставшаяся в распоряжении производителя, – с 39,6 до 33,6 млн ден. ед.

Тема 2.2. Теория потребительского выбора

Количественная теория полезности

1. Если некто потребляет 8 единиц товара при совокупной полезности 38 ютилей и 9 единиц при совокупной полезности 45 ютилей, чему равна предельная полезность (в ютилях) 9-й потребленной единицы?

2. Заполните пустые ячейки таблицы и постройте кривые общей и предельной полезности товара.

Таблица

Полезность товара		
Номер единицы товара	Общая полезность	Предельная полезность
1	?	20
2	37	?
3	51	?
4	?	11
5	71	9

3. Цена товара A составляет 3 руб., цена товара B – 1,5 руб. Потребитель максимизирует удовлетворение от покупки товаров A и B . При этом он оценивает предельную полезность товара B в 60 единиц. Как потребитель оценивает предельную полезность товара A ?

4. В таблице предельная полезность каждого продукта для потребителя считается независимой от количества другого продукта. Цена продукта X составляет 2 долл., а цена продукта Y – 1 долл.

А. Изобразите кривые предельной и общей полезности блага X .

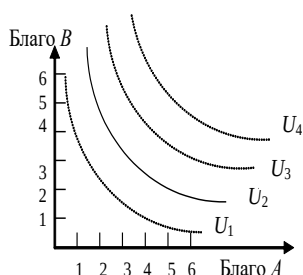
Б. Ответьте, сколько единиц каждого продукта купит потребитель при доходе в 12 долл.?

Таблица

Предельная полезность продуктов			
Продукт X		Продукт Y	
номер единицы	предельная полезность	номер единицы	предельная полезность
1	40	1	22
2	35	2	20
3	30	3	18
4	25	4	16
5	20	5	14
6	15	6	12
7	10	7	10
8	5	8	8

Сравнительная теория полезности

5. На рисунке представлена карта кривых безразличия.



А. Каков экономический смысл кривой безразличия?

Б. Что означает форма и положение кривой U_2 , т. е. ее отрицательный наклон и выпуклость по отношению к началу координат?

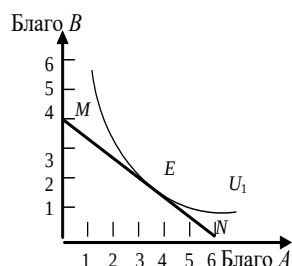
В. Что означают кривые безразличия, расположенные выше и ниже U_2 ?

Г. Могут ли пересекаться кривые безразличия?

Рис. Карта кривых безразличия

6. Допустим, некий потребитель считает, что ему одинаково полезно еженедельно выпивать как 8 стаканов молока и 3 стакана кефира, так и 6 стаканов молока и 4 стакана кефира. Чему в этом случае равна предельная норма замещения кефира молоком?

7. На рисунке представлены кривая безразличия и бюджетная линия.



А. Каков экономический смысл бюджетной линии MN ? Чем определяется ее наклон? Если благо B подешевеет, как изменится наклон MN ?

Б. Каковы возможности потребления в каждой точке на бюджетной линии?

В. Что означает для потребителя касание кривой безразличия U_1 и MN в точке E ?

Г. Возможно ли касание U_1 линией MN в другой точке? Какие условия должны при этом измениться?

Д. Как можно выразить условия потребительского равновесия с помощью уравнения?

Рис. Касание кривой безразличия бюджетной линии

8. Потребитель имеет доход 3000 руб. На рисунке показаны две бюджетные линии и соответствующие им кривые безразличия.

А. Определите цену товара Y .

Б. Определите координаты двух точек линии спроса данного потребителя на товар X .

В. Напишите уравнения обеих бюджетных линий.

Г. Каков был бы доход потребителя, если бы цена товара Y равнялась 100 руб.?

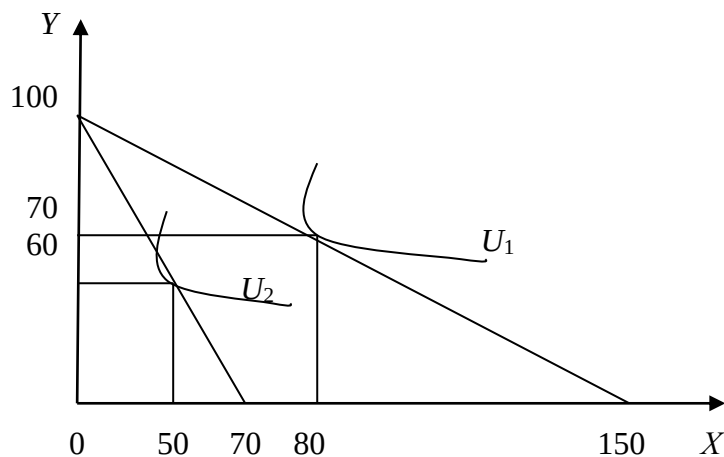


Рис. Ситуации равновесия потребителя

Эффекты спроса

9. На рис. 8 представлена кривая спроса.

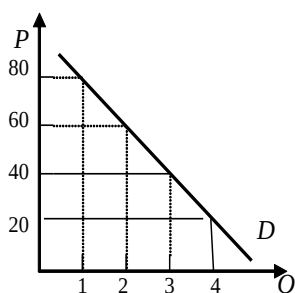


Рис. Кривая спроса

А. Какова рыночная цена первой, второй и третьей единиц блага при объеме рыночного спроса в 4 единицы блага?

Б. По какой максимальной цене потребитель оценивает каждую дополнительную единицу блага?

В. Сформулируйте понятие «излишек потребителя» и определите его величину при покупке 2, 3 и 4 единиц блага.

10. Функция спроса на товар задана уравнением $Q_d = 50 - 2P$, а функция предложения уравнением $Q_s = 5 + 3P$. Определите величину излишка потребителя.

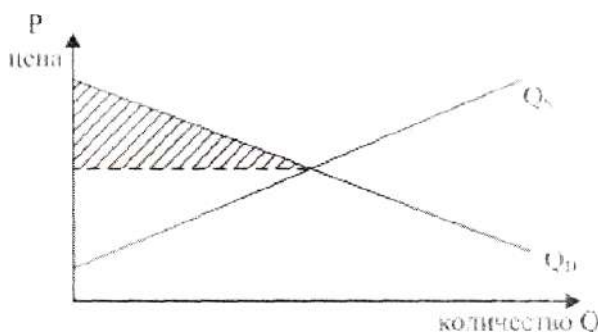


Рис. 9. Излишек потребителя

Примеры решения типовых задач

1. Используя данные рисунка, определите излишек потребителя при покупке трёх единиц блага.

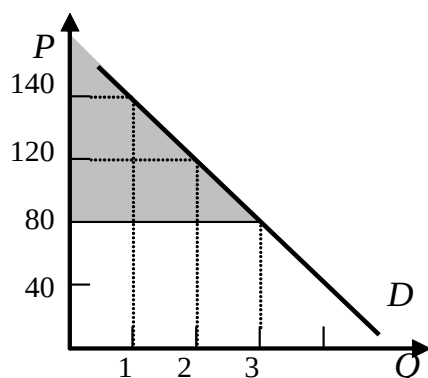


Рис. Излишек потребителя

Решение. На рисунке излишек потребителя – это окрашенная область, ограниченная сверху кривой спроса, а снизу – линией рыночной цены. Чем ниже цена, тем больше величина излишка потребителя.

При покупке трех единиц товара излишек потребителя составит:

$$(140 + 120 + 80) - (80 + 80 + 80) = 100 \text{ ден. ед.}$$

Примеры решения типовых задач

2. Представим гипотетическую ситуацию. Вы пришли в магазин за покупками, имея определенное количество денег (350 руб.). В магазине имеется два интересующих вас блага: благо *A* и благо *B*, цены которых соответственно равны 50 и 100 руб.

Таблица

Информация по предпочтениям покупателя

Номер единицы блага	Благо <i>A</i>		Благо <i>B</i>	
	MU_A	MU_A/P_A	MU_B	MU_B/P_B
1	5		9	
2	4		6	
3	3		5	
4	2		3	
5	1		1	
6	0,5		0,8	

Решение. Рассчитаем отношение предельной полезности к цене для каждого из благ.

Таблица

Отношение предельной полезности к цене для каждого из благ

Номер единицы блага	Благо <i>A</i> ($P_A = 50$ руб.)		Благо <i>B</i> ($P_B = 100$ руб.)	
	MU_A	MU_A/P_A	MU_B	MU_B/P_B
1	5	0,1	9	0,09
2	4	0,08	6	0,06
3	3	0,06	5	0,05
4	2	0,04	3	0,03
5	1	0,02	1	0,01
6	0,5	0,01	0,8	0,008

Второй закон Г. Госсена гласит, что при максимизации общей полезности отношения предельных полезностей к цене для каждого из благ должны быть равны. Из табл. 9 видно, что данное условие соблюдается при комбинациях: 1) $3A + 2B$; 2) $6A + 5B$.

Проверим достаточность располагаемых средств для приобретения каждой из этих комбинаций:

1) необходимый бюджет = $3 \cdot 50 + 2 \cdot 100 = 350$;

2) необходимый бюджет = $6 \cdot 50 + 5 \cdot 100 = 800$.

Таким образом, при комбинации $3A + 2B$ общая полезность от покупки и потребления двух благ окажется максимальной.

3. На перемене студент решает выпить сок и/или съесть 1–2 порции салата. Проанализируйте его бюджетные возможности, если стакан сока стоит 50 руб., порция салата – 100 руб., а денежные средства, которые он готов потратить на еду, ограничиваются 200 руб.

Решение. Если студент потратит все деньги на сок, то он сможет приобрести 4 стакана ($200 : 50 = 4$), если же он все деньги потратит на салаты, то сможет максимум купить 2 порции ($200 : 100 = 2$).

Отложим на графике полученные точки и соединим их прямой, получим бюджетную линию. Совокупность потребительских наборов, лежащих левее и ниже данной прямой, будет являть собой бюджетную область рассматриваемого потребителя.

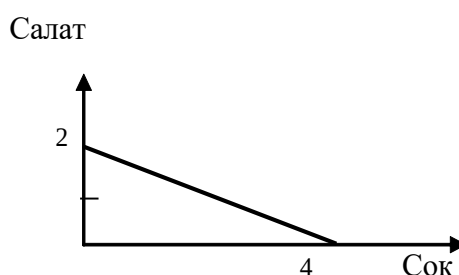


Рис. Бюджетная линия

Тема 2.3. Производство экономических благ. Издержки и прибыль предприятия

1. Если производственная функция определяется уравнением $Q = 100 + 12K + 10L$, то какой вид имеют уравнения предельного продукта капитала и предельного продукта труда?

2. Заполните пустые ячейки табл. 10. На основе имеющихся данных изобразите кривые TP_L , MP_L , AP_L . Объясните действие закона убывающей отдачи.

Таблица

Общие, предельные и средние продукты труда

K	L	TP_L	MP_L	AP_L
10	0	0		
10	1	15		
10	2	40		
10	3	63		
10	4	76		
10	5	85		
10	6	90		
10	7	91		
10	8	88		

3. Заполните пропуски в таблице

Таблица

Общие, предельные и средние продукты труда

Объем применения	Общий выпуск	Предельный	Средний
------------------	--------------	------------	---------

переменного ресурса	продукции	продукт	продукт
3	9	-	?
4	?	30	?
5	140	?	?
6	?	?	25

4. Фирма использует в производстве товара капитал (K) и труд (L), при этом $MP_K = 8$, а $MP_L = 20$. Цены единиц факторов производства: $P_K = 4$, $P_L = 10$. Является ли оптимальным использование ресурсов фирмой с точки зрения минимизации издержек?

5. В производстве некоего вида товара требуется два фактора: труд и земля. В каких из нижеперечисленных случаев достигается минимизация издержек?

Таблица

Предельные продукты и цены факторов производства

Случай	Предельный продукт земли	Цена земли	Предельный продукт труда	Цена труда
1	6	2	9	3
2	16	8	15	5
3	9	2	8	2
4	20	5	16	4

6. Предположим, что конкурирующая фирма использует 2 фактора в производственном процессе: труд и капитал. Предельный продукт труда составляет 10 ед. продукции, а предельный продукт капитала – 25 ед. Чему будет равна цена ед. капитала, если цена труда равна 5 ден. ед. и предприятие максимизирует прибыль?

7. Предположим, что производительность труда и капитала равны значениям, указанным в табл. 13. Цена единицы продукции, производимой с помощью этих факторов производства, равна 1\$. Цена единицы труда составляет 2\$, цена единицы капитала – 3\$. Определите, каково соотношение труда и капитала, обеспечивающее предприятию: а) минимальные издержки; б) максимальную прибыль?

Таблица

Цены и предельные продукты капитала и труда

K	MP_K	MRP_K	MRP_K/P_K	L	MP_L	MRP_L	MRP_L/P_L
1	24			1	22		
2	21			2	18		
3	18			3	16		
4	15			4	14		
5	9			5	12		
6	6			6	8		
7	3			7	2		
8	1			8	1		

8. Заполните пустые ячейки табл. 14.

Таблица 14

Определение предельного продукта труда в денежном выражении

Единицы труда	Совокупный продукт	Предельный продукт	Цена, руб.	Совокупный доход	Предельный продукт в денежной форме, руб.
1	10		5		
2	19		5		
3	27		5		

4	34		5		
5	40		5		
6	45		5		
7	49		5		
8	52		5		
9	54		5		
10	55		5		

9. В нижеприведенных примерах MRP_L и MRP_K – величины предельных продуктов в денежном выражении труда и капитала, а P_L и P_K – цены на них. Определите, соответствуют ли в каждом случае условия для достижения предприятием максимальной прибыли. Если нет, то укажите, какие ресурсы следует использовать в большем или меньшем количестве.

А. $MRP_L = 8\$$; $P_L = 4\$$; $MRP_K = 8\$$; $P_K = 4\$$.

Б. $MRP_L = 10\$$; $P_L = 12\$$; $MRP_K = 14\$$; $P_K = 9\$$.

В. $MRP_L = 6\$$; $P_L = 6\$$; $MRP_K = 12\$$; $P_K = 12\$$.

Г. $MRP_L = 12\$$; $P_L = 26\$$; $MRP_K = 16\$$; $P_K = 19\$$.

10. Дана производственная функция: $Q = 7x_1 + 4x_2 - 3$. Цена выпускаемой продукции равна 5. Найдите: а) предельный продукт факторов x_1 и x_2 ; б) предельный доход факторов x_1 и x_2 ; в) предельную норму технологического замещения фактора x_1 фактором x_2 .

11. Что собой представляет изокванта? Назовите и поясните свойства изокванты. Каких видов она бывает? Постройте изокванту по следующим данным: $3x_1 + 5x_2 = 15$.

12. Объем производства увеличивается. Проследите, как изменяются общие, постоянные, переменные и др. издержки. Что вы понимаете под этими издержками? Заполните таблицу, показав, как рассчитываются все виды издержек.

Таблица

Определение различных видов издержек производства

Выпуск продукции (в шт.) Q	Общие издержки TC	Общие постоянные издержки TFC	Общие переменные издержки TVC	Средние общие издержки ATC	Средние постоянные издержки AFC	Средние переменные издержки AVC	Предельные издержки MC
0	20						
1	30						
2	50						
3	80						
4	120						
5	170						

13. Заполните пустые ячейки таблицы

Таблица

Определение различных видов издержек производства

Q	FC	VC	TC	AFC	AVC	ATC	MC
0	60	0					
1	60	45					
2	60	85					
3	60	120					
4	60	150					
5	60	185					
6	60	225					
7	60	270					

8	60	325					
9	60	390					
10	60	465					

А. Изобразите кривые FC , VC , TC . Объясните, каким образом закон убывающей отдачи воздействует на форму кривых VC и TC .

Б. Изобразите кривые AFC , AVC , ATC , MC . Объясните, почему кривая MC пересекает кривые ATC и AVC в точках их минимума?

14. В краткосрочном периоде фирма производит 500 ед. продукции. Средние переменные издержки – 20 руб., средние постоянные издержки – 5 руб. Чему будут равны общие издержки?

15. В краткосрочном периоде фирма производит 500 ед. продукции. Средние переменные издержки составляют 2 долл., средние постоянные издержки – 0,5 долл. Чему будут равны общие издержки?

Примеры решения типовых задач

1. Заполните пропуски в таблице, отражающей зависимость результативности производства от объема используемого труда.

Таблица

Зависимость результативности производства от объема используемого труда

Объем труда, L	Объем выпуска, Q	Предельный продукт труда, MP_L	Средний продукт труда, AP_L
1	?	?	1000
2	?	1000	?
3	2790	?	?
4	?	610	?
5	?	?	770

Решение. Предельный продукт труда, или предельная производительность труда – это количество экономического блага, произведенное при использовании дополнительной единицы труда. Его величина определяется по формуле $MP_L = \Delta Q / \Delta L$.

Если известен MP_L , то $\Delta Q = MP_L \cdot \Delta L$, а $Q_1 = Q_0 + \Delta Q$.

Средний продукт, или средняя производительность, труда – это количество экономического блага, приходящееся на единицу труда. Его величина определяется по формуле $AP_L = Q / L$.

Если известен AP_L , то $Q = AP_L \cdot L$.

Сделаем необходимые расчёты и заполним пропуски в табл.

Таблица

Зависимость результативности производства от объема используемого труда

Количество труда, L	Объем выпуска, Q	Предельный продукт труда, MP_L	Средний продукт труда, AP_L
1	1000	-	1000
2	2000	1000	1000
3	2790	790	930
4	3400	610	850
5	3850	450	770

2. Производственные функции фирм A и B заданы соответствующими уравнениями: $Q_A = 7K^2 + 8L^2 - 5KL$ и $Q_B = 2KL^2 + 400$, где K – количество единиц оборудования; L – количество труда рассматриваемых фирм. У какой фирмы предельная производи-

тельность труда выше, если на обоих производствах используется 5 ед. оборудования и 10 ед. труда?

Решение. Предельная производительность труда по фирме *A*:

$MP_L = Q_A'(L) = 16L - 5K$. При $L = 10$ ед., $K = 5$ ед.: $MP_L = 16 \cdot 10 - 5 \cdot 5 = 185$.

Предельная производительность труда по фирме *B*:

$MP_L = Q_B'(L) = 4KL$. При $L = 10$ ед., $K = 5$ ед.: $MP_L = 4 \cdot 5 \cdot 10 = 200$.

Таким образом, у фирмы *B* предельная производительность труда выше.

Задача 3. Вы создали собственную фирму. По окончании года, по расчетам бухгалтера, прибыль составила 8 млн руб. Насколько прибыльным оказался ваш бизнес, с вашей точки зрения, принимая во внимание тот факт, что вам пришлось оставить работу, которая приносила ежегодный доход в 3 млн руб. Кроме того, для создания фирмы вы вложили собственные денежные средства в размере 10 млн руб. Ставка процента составляет 20 % годовых. Будете ли вы иметь экономическую прибыль и чему она будет равна?

Решение. Экономическая прибыль = бухгалтерская прибыль – внутренние (неявные) издержки.

Внутренние (неявные) издержки = $3 + 10 \cdot 0,2 = 5$ млн руб.

Экономическая прибыль = $8 - 5 = 3$ млн руб.

Задача 4. Задана зависимость валовых издержек предприятия (TC) от выпуска продукции (Q).

Таблица

Зависимость валовых издержек предприятия от выпуска продукции

Выпуск продукции	0	1	2	3	4	5	6
Валовые издержки	60	100	130	155	190	245	335

Рассчитайте: постоянные (FC), переменные (VC), предельные (MC), средние общие (ATC), средние постоянные (AFC), средние переменные (AVC) издержки.

Решение. Постоянные издержки (FC) – это издержки, величина которых не изменяется при изменении объема производства. $FC = TC$ при $Q = 0$.

Переменные издержки (VC) – это издержки, величина которых изменяется при изменении объема производства. $VC = TC - FC$.

Средние издержки (ATC) – это издержки на производство единицы экономического блага. $ATC = TC/Q$.

Средние постоянные издержки: $AFC = FC/Q$.

Средние переменные издержки: $AVC = VC/Q$.

Предельные издержки (MC) – это издержки, связанные с производством дополнительной единицы продукции. $MC = \Delta TC / \Delta Q$.

Сделаем необходимые расчёты и запишем все данные в табл.

Таблица

Определение издержек производства

Q	TC	FC	VC	MC	ATC	AFC	AVC
0	60	60	0	–	–	–	–
1	100	60	40	40	100,0	60	40,0
2	130	60	70	30	65,0	30	35,0
3	155	60	95	25	51,7	20	31,7
4	190	60	130	45	47,5	15	32,5
5	245	60	185	55	49,0	12	37,0
6	335	60	275	90	55,8	10	45,8

Задача 5. Предприятие находится в условиях совершенной конкуренции. Цена продукции, создаваемой фирмой, установилась на уровне 10 руб. Зависимость валовых издержек от выпуска продукции представлена в таблице. Какой объем производства выберет предприятие, максимизирующее прибыль?

Таблица

Зависимость валовых издержек от выпуска продукции						
Выпуск продукции	10	11	12	13	14	15
Валовые издержки	80	86	93	102	112	125

Решение. Конкурентное предприятие постоянно старается пребывать в состоянии равновесия, которому соответствует оптимальный объем производства, обеспечивающий максимальную экономическую прибыль или минимальные убытки. Экономическая прибыль (убытки) = $TR - TC$. Если $TR > TC$, то главной целью предприятия является максимизация экономической прибыли, если $TR < TC$, то минимизация убытков.

Условием равновесия предприятия является равенство предельных издержек и предельного дохода, т. е. $MC = MR$. В условиях совершенной конкуренции $MR = P$. Поэтому для решения задачи будем учитывать условие: $P = MR$.

Определим предельные издержки по формуле $MC = \Delta TC / \Delta Q$, где Q – объем выпуска, TC – валовые издержки. Запишем полученные данные в таблице

Таблица

Зависимость предельных издержек от выпуска продукции						
Выпуск продукции	10	11	12	13	14	15
Предельные издержки	–	6	7	9	10	12

Таким образом, объем производства, который выберет предприятие, максимизирующее прибыль, равен 14 ед., так как при данном объеме достигается равенство цены продукции и предельных издержек.

Тема 2.4. Поведение предприятия в условиях совершенной и несовершенной конкуренции

Предприятие в условиях совершенной конкуренции

1. Предприятие находится в условиях совершенной конкуренции. Цена установилась на уровне 10 руб. Зависимость общих затрат от выпуска продукции представлена в таблице

Таблица

Зависимость общих затрат от выпуска продукции	
Q	TC
10	80
11	86
12	93
13	102
14	113
15	125

Какой объем производства выберет это предприятие, если оно максимизирует прибыль?

2. Заполните пустые ячейки таблицы. Определите:

а) какой объем производства обеспечивает конкурентному предприятию максимальную экономическую прибыль;

б) не обнаруживает ли динамика экономических показателей развития данного предприятия действие закона убывающей отдачи;

в) при каком соотношении MR и MC данное предприятие примет решение о прекращении наращивания объемов производства.

Таблица

Определение оптимального объема производства

Q	P	TR	TC	$TR - TC$	MR	MC
0	40		50			
1	40		100			
2	40		128			
3	40		148			
4	40		162			
5	40		180			
6	40		200			
7	40		222			
8	40		260			
9	40		305			
10	40		360			
11	40		425			

3. Кривая долгосрочных средних общих издержек фирмы ($LATC$), функционирующей в некоторой отрасли, имеет следующий вид:

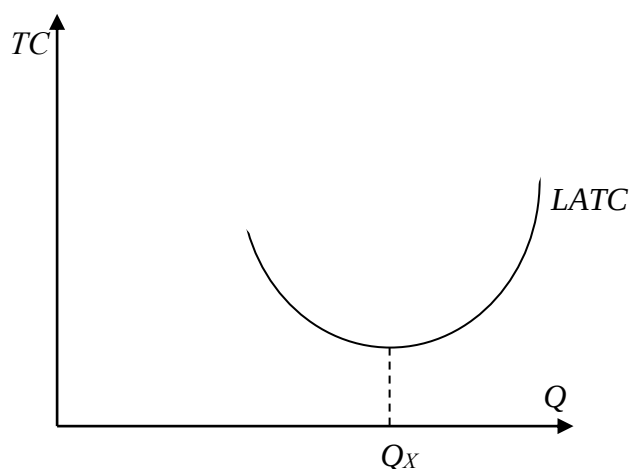


Рис. Кривая долгосрочных средних общих издержек фирмы

и задана функцией $LATC = Q^2 - 4Q + 14$, где Q – количество продукции. Каждая единица продукции в краткосрочном периоде реализуется по цене 20 ден. ед.

Задание 1. Выберите из предложенных ниже вариантов один правильный ответ и вставьте в предложение.

Фирмы, работающие на таком рынке, функционируют в условиях _____.

Варианты: совершенной конкуренции; монополистической конкуренции; олигополии; монополии.

Задание 2. Выберите из предложенных ниже вариантов не менее двух правильных ответов и вставьте в предложение.

Форма кривой долгосрочных средневальных издержек определяется _____ и до точки Q_x иллюстрирует действие _____.

Варианты: эффекта масштаба производства; отрицательного эффекта масштаба производства; закона убывающей отдачи; положительного эффекта масштаба производства.

Задание 3. Решите задачу.

Цена в долгосрочном периоде установится на уровне _____ ден. ед.

4. Фирма, функционирующая на рынке совершенной конкуренции, выпекает 4 млн буханок хлеба в месяц. Если средние переменные издержки составляют 2,5 руб., а средние постоянные издержки – 0,5 руб., то какую прибыль фирма получит за месяц при цене 3,5 руб. за буханку?

Предприятие в условиях несовершенной конкуренции

5. Функция спроса монополиста имеет вид $P = 40 - 4Q$, а функция совокупных издержек $TC = 5Q^2 + 4Q + 750$. Определите объем производства (в тыс. ед.) фирмы в условиях краткосрочного равновесия.

6. Спрос на продукцию монополизированной отрасли описывается функцией $Q = 200 - P$, а восходящий отрезок кривой предельных издержек выражен функцией $MC = 5Q - 10$. При какой цене монополист обеспечит себе максимальную экономическую прибыль?

7. Функция рыночного спроса имеет вид $P = 42 - Q$, а функция совокупных издержек фирмы $TC = Q^2 + 2Q + 35$. Определите оптимальный объем производства и цену в условиях совершенной конкуренции и чистой монополии.

8. Предприятие-монополист, у которого постоянные издержки равны 7500 тыс. руб., запланировало на следующий год следующие показатели:

Таблица

Показатели предприятия-монополиста

P , руб./шт.	400	375	350	325	300
Q , тыс. шт.	40	50	70	95	105
TC , тыс. руб.	17500	19700	22800	26000	28000

Определите наиболее выгодные для предприятия P и Q с помощью двух методов: сопоставление TR и TC , сопоставление MR и MC . Дайте графическую иллюстрацию полученным результатам.

9. Функция спроса на продукцию монополиста имеет вид $P = 14 - 5Q$, а функция совокупных издержек – $TC = 2Q^2 + 80$. Определите коэффициент рыночной власти данной фирмы.

10. Среди участников отраслевого рынка представлены 4 компании, которые занимают следующие доли: 10, 20, 32 и 38 %. Определите индекс концентрации данной отрасли.

Примеры решения типовых задач

1. Если общие издержки производства описаны в таблице, то какой объем производства выберет фирма в условиях совершенной конкуренции при сложившейся цене одной ед. в 60 руб. и размере постоянных издержек 60 руб.?

Таблица

Зависимость общих затрат от выпуска продукции

Q	1	2	3	4	5	6
TC	100	130	170	222	281	351

Решение. Заполним таблицу данными о предельных издержках, рассчитав их по формуле $MC = \Delta TC / \Delta Q$.

Таблица

Зависимость общих и предельных затрат от выпуска продукции

Q	1	2	3	4	5	6
-----	---	---	---	---	---	---

<i>TC</i>	100	130	170	222	281	351
<i>MC</i>	40	30	40	52	59	70

Фирма – совершенный конкурент – выберет такой объем производства, при котором предельные издержки не превышают цену (равны или чуть ниже ее уровня). Отсюда находим объем производства: он равен 5 ед. Выручка составит 300 руб. = 5 ед. · 60 руб., а затраты 281 руб. Отсюда прибыль равна 19 руб.

2. На рынке в условиях совершенной конкуренции действуют 10 фирм, общие издержки которых описываются одинаковой функцией $TC = Q^2 - 10Q + 35$. Рыночный спрос задан функцией $Q = 110 - P$. Найти равновесную цену (P^*) и объем производства (Q^*) для каждой из этих фирм.

Решение. Определим предельные издержки как первую производную общих издержек: $MC = 2Q - 10$. Учитывая, что $MC = P$, рассчитаем индивидуальное предложение каждой из фирм: $P = 2Q - 10$; $Q = 0,5P + 5$. Рыночное предложение: $Q = 10(0,5P + 5) = 5P + 50$. Условием равновесия является равенство спроса и предложения: $110 - P = 5P + 50$; $P^* = 10$; $Q^* = 100$; объем производства отдельной фирмы $Q = 100/10 = 10$.

3. Функция спроса монополиста имеет вид $P = 50 - 10Q$, а функция совокупных издержек $TC = 5Q^2 + 20Q + 5$. Определите объем производства, обеспечивающий фирме максимальную прибыль.

Решение. Поскольку условием максимизации прибыли является равенство предельных издержек и предельных доходов, определим их величину и приравняем друг к другу.

Предельные издержки выводятся из функции совокупных издержек: $MC = TC'(Q) = 10Q + 20$.

Предельные доходы выводятся из функции совокупных доходов и функции спроса: $TR = P \cdot Q = (50 - 10Q)Q = 50Q - 10Q^2$; $MR = TR'(Q) = 50 - 20Q$.

Приравняем полученные функции предельных издержек и предельных доходов и определим величину оптимального объема производства: $10Q + 20 = 50 - 20Q$; $30Q = 30$; $Q^* = 1$ тыс. ед.

Оптимальная цена выводится из функции спроса:

$$P = 50 - 10Q = 50 - 10 \cdot 1; P^* = 40 \text{ руб.}$$

4. Функция спроса монополиста имеет вид $P = 5000 - 17Q$, функция совокупных издержек – $TC = 75000 + 200Q - 17Q^2 + Q^3$. Определить: объем производства, обеспечивающий фирме максимальную прибыль; оптимальную рыночную цену; величину совокупной прибыли.

Решение. Условием максимизации прибыли является $MC = MR$. Найдём MC и MR из данных уравнений:

$$1. TR = PQ = (5000 - 17Q)Q = 5000Q - 17Q^2.$$

$$MR = (TR)' = dTR/dQ = 5000 - 34Q.$$

$$2. MC = (TC)' = dTC/dQ = 200 - 34Q + 3Q^2.$$

$$3. MC = MR; 200 - 34Q + 3Q^2 = 5000 - 34Q; 3Q^2 = 4800; Q^* = 40.$$

Оптимальный объем производства равен 40. Оптимальная рыночная цена находится путем подстановки оптимального объема производства (Q^*) в функцию спроса: $P = 5000 - 17Q$; $P = 5000 - 17 \cdot 40 = 4320$ руб.

Совокупная прибыль может быть найдена как разница между TC и TR при $Q^* = 40$. Прибыль = $TR - TC = 52000$ руб.

2. На рынке кондитерских изделий России конкурируют российские и зарубежные производители. Доля рынка представлена в таблице.

Таблица

Российские и зарубежные производители на рынке
кондитерских изделий России

Компания	Доля рынка по стоимости, в %
<i>Nestle</i>	25,2

Объединенные кондитеры, в т. ч.	18,0
кондитерский концерн «Бабаевский»	8,4
фабрика «Красный октябрь»	6,0
фабрика «Рот Фронт»	3,6
<i>Kraft Foods</i>	12,9
<i>Mars</i>	11,2

Среди участников рынка шоколадной продукции важное место занимает кондитерский холдинг «Объединенные кондитеры», созданный в 2005 году. Индекс концентрации крупнейших иностранных корпораций, производящих кондитерские изделия, на российском рынке составляет более ____ %. (Ответ запишите с точностью до десятых).

Решение. Степень концентрации (индекс) рассчитывается как сумма рыночных долей крупнейших продавцов, действующих на рынке данного товара: $I = \sum S_i$, где S – рыночная доля производства (продаж) каждого предприятия отрасли. Из табл. 29 видно, что *Nestle*, *Kraft Foods*, *Mars* производят более 10 % каждая. Их суммарная доля составит: $I = 25,2 + 12,9 + 11,2 = 49,3$.

Раздел 3. ОСНОВЫ МАКРОЭКОНОМИКИ

Тема 3.1. Национальная экономика: цели и результаты развития

Система национальных счетов и её показатели

1. При производстве автомобилей на сумму 3,5 млн руб. фирма использовала полуфабрикаты на сумму 1 млн руб., выплатила рабочим заработную плату в размере 2 млн руб. Кроме того, она зачислила в амортизационный фонд 300 тыс. руб. Чему равна добавленная стоимость?

2. Производство одного трикотажного изделия проходит несколько этапов и на каждом этапе имеет свою стоимость: 1) овцеводческая ферма – 50 ден. ед.; 2) шерстеперерабатывающая фабрика – 100 ден. ед.; 3) трикотажное ателье – 200 ден. ед.; 4) предприятие оптовой торговли – 250 ден. ед.; 5) предприятие розничной торговли – 350 ден. ед. Найдите: стоимость конечного продукта, суммарную добавленную стоимость, величину исключаемого повторного счёта при расчёте ВВП.

3. Предположим, что продажные цены материалов и продукции для производства шерстяного костюма составили: шерсть – 60 ден. ед., шерстяная ткань – 100 ден. ед., костюм (цена производителя) – 125 ден. ед., костюм (оптовая цена) – 175 ден. ед., костюм (розничная цена) – 250 ден. ед. Найдите: стоимость конечного продукта, суммарную добавленную стоимость, величину исключаемого повторного счёта при расчёте ВВП.

4. На основании имеющихся статей расходов и доходов страны определите валовой национальный продукт по расходам, чистый национальный продукт, национальный доход, личный доход.

Показатели	Значения, млрд руб.
1. Государственные закупки товаров и услуг	70
2. Конечное потребление населения	220
3. Доходы от собственности	30
4. Чистый экспорт	34
5. Амортизационные отчисления	25
6. Дивиденды	10
7. Заработная плата наемных работников	200
8. Косвенные налоги на бизнес	15
9. Чистые внутренние инвестиции	28

10. Трансфертные выплаты	10
11. Налоги на доходы корпораций	28
12. Проценты на вложенный капитал	12
13. Прибыли корпораций	60
14. Рента	15

5. Определите личный располагаемый доход при наличии следующих данных (в ден. ед.): национальный доход – 3000, взносы на социальные нужды – 400, налоги на прибыль корпораций – 140, нераспределенная прибыль – 60, трансфертные платежи – 180, дивиденды – 40, подоходный налог – 20, налог на имущество физических лиц – 15.

6. Определите ВВП исходя из следующих данных (в ден. ед.): личные потребительские расходы – 300, зарплата наемных работников – 220, амортизация – 20, чистый экспорт – 15, прибыли корпораций – 55, госзакупки товаров и услуг – 60, чистые инвестиции – 28.

7. Определите чистый валовой продукт исходя из следующих данных (в ден. ед.): зарплата наемных работников – 300, арендная плата – 10, процент – 20, доход от собственности – 200, прибыль корпораций – 70, косвенные налоги – 16, амортизация – 13.

8. Известны следующие данные (в ден. ед.): ВВП – 5000, потребительские расходы – 3200, государственные расходы – 900, экспорт – 350, чистый экспорт – 80, амортизация – 150, косвенные налоги – 150. Найти: валовые инвестиции, величину импорта, чистый национальный продукт, национальный доход.

9. Известны следующие данные (в ден. ед.): государственные закупки – 57, личные потребительские расходы – 1810, экспорт – 367, импорт – 338, валовые инвестиции – 437, амортизация – 307, зарплата – 1442, рента – 33, процент на капитал – 201, косвенные налоги – 275, чистый факторный доход – 25. Найти валовой национальный продукт (ВНП).

10. Определите чистый национальный продукт (ЧНП) исходя из следующих данных: личные потребительские расходы – 255, зарплата наемных работников – 230, амортизация – 22, чистый экспорт – 5, прибыли корпораций – 56, госзакупки товаров и услуг – 70, чистые инвестиции – 38, трансферты – 15, чистый факторный доход – 3.

11. Известны следующие данные (в ден. ед.): государственные расходы – 70; потребительские расходы – 200; экспорт – 40; импорт – 30; валовые инвестиции – 100; амортизация – 30; зарплата – 170; рента – 50; процент на капитал – 80; косвенные налоги – 40; чистый факторный доход – 10. Найти чистый национальный продукт (ЧНП).

12. ВВП страны равен 4000 ден. ед., потребление – 2500, инвестиции – 400, государственные расходы – 1200, экспорт – 200. Чему равна величина импорта?

13. ВВП страны равен 5000 ден. ед., потребительские расходы – 3200, государственные расходы – 900, чистый экспорт – 80. Рассчитайте величину валовых инвестиций.

Индексы цен

14. Если номинальный ВВП страны за 2010 год составил 5 млрд ден. ед., а дефлятор ВВП в 2010 году равен 1,05, то реальный ВВП составил _____ млрд ден. ед.

15. Если номинальный ВВП страны за 2010 год равен 64 млрд ден. ед., а темп инфляции в 2010 году – 28 %, то реальный ВВП составил _____ млрд ден. ед.

16. В 1990 году номинальный ВВП составил 300 млрд долл. Через год дефлятор ВВП увеличился в 1,2 раза, а реальный ВВП вырос на 10 %. Определите номинальный ВВП в 1991 году, если 1990 год – базовый.

17. Предположим, что номинальный ВВП увеличился с 500 до 600 млрд долл., а дефлятор ВВП – со 125 до 150 %. Чему равна величина реального ВВП?

18. Допустим, что в экономике производится и потребляется три товара. Определите индекс потребительских цен в 2006 году, если 2005 год – базисный.

Товар	2005 год		2006 год	
	объем выпуска	цена	объем выпуска	цена
А	1500	4	1200	8

Б	1200	6	0	10
В	1200	10	1500	6

19. В экономике производятся только три товара: груши, гитары и гетры. Рассчитайте реальный ВВП и дефлятор ВВП в 2003 году, приняв за базовый 2002 год.

Товар	2002 год		2003 год	
	объем выпуска	цена	объем выпуска	цена
Груши	3	20	3	25
Гитары	35	6	40	5
Гетры	14	10	15	8

20. В стране производится только два товара: чай и кофе. Подсчитайте индекс Фишера 2003 года, приняв за базовый 2002 год.

Товар	2002 год		2003 год	
	объем выпуска	цена	объем выпуска	цена
Чай	1100	9	1000	6
Кофе	1200	4	1500	10

21. Рассчитайте дефлятор ВВП, если были произведены огурцы, помидоры и кабачки в количестве 100, 75 и 50 т соответственно и проданы по цене 100, 150 и 75 ден. ед. за 1 кг. В предыдущем году цены были: 60, 90 и 80 ден. ед. за 1 кг соответственно.

Межотраслевой баланс

22. Пусть по экономике страны, которая состоит только из трех отраслей, для отчетного года построен межотраслевой баланс и рассчитаны коэффициенты прямых затрат. Определить конечный спрос на продукцию трех отраслей.

Отрасль экономики	Коэффициенты прямых затрат продукции i -й отрасли на единицу продукции j -й отрасли (a_{ij})			Конечный спрос (y_{ij})	Выпуск (x_{ij})
	отрасль 1	отрасль 2	отрасль 3		
1	$a_{11}=0,250$	$a_{12}=0,400$	$a_{13}=0,083$	$y_1 = ?$	$x_1=140$
2	$a_{21}=0,140$	$a_{22}=0,120$	$a_{23}=0,100$	$y_2 = ?$	$x_2=110$
3	$a_{31}=0,800$	$a_{32}=0,600$	$a_{33}=0,133$	$y_3 = ?$	$x_3=420$

23. Пусть по экономике страны, которая состоит только из двух отраслей, для отчетного года построен межотраслевой баланс и рассчитаны коэффициенты прямых затрат. Определить конечный спрос на продукцию двух отраслей.

Отрасль экономики	Коэффициенты прямых затрат продукции i -й отрасли на единицу продукции j -й отрасли (a_{ij})		Конечный спрос (y_{ij})	Выпуск (x_{ij})
	отрасль 1	отрасль 2		
1	$a_{11}=0,2$	$a_{12}=0,3$	$y_1 = ?$	$x_1=476$
2	$a_{21}=0,5$	$a_{22}=0,5$	$y_2 = ?$	$x_2=836$

24. В экономике, состоящей из трех отраслей, технология производства характеризуется коэффициентами прямых затрат a_{ij} , представленными в таблице. При полном использовании производственных мощностей отрасль I может произвести 717,51; отрасль II – 1338,98; отрасль III – 1389,83 ед. продукции. Каков должен быть спрос на конечную продукцию этих отраслей, чтобы их производственные мощности использовались полностью?

Отрасль	I	II	III
I	0,1	0,2	0,2
II	0,3	0,2	0,4
III	0,3	0,4	0,1

Примеры решения типовых задач

1. Предположим, что имеется четырехстадийное производство, конечный продукт которого – 1 кг хлеба: 1-я стадия – агропитомник продает агрофирме выращенные семена пшеницы и удобрения для производства зерна за 10 ден. ед.; 2-я стадия – агрофирма производит зерно, затрачивая при этом 60 ден. ед., и продает его за 70 ден. ед.; 3-я стадия – мельница покупает у агрофирмы зерно, производит муку, затратив 30 ден. ед., и продает ее пекарне за 100 ден. ед.; 4-я стадия – пекарня выпекает хлеб, прибавив к стоимости муки 50 ден. ед., и продает его магазину за 150 ден. ед. Магазин, в свою очередь, продает 1 кг хлеба населению за 170 ден. ед. Найдите: стоимость конечного продукта, суммарную добавленную стоимость, величину исключаемого повторного счёта при расчёте ВВП.

Решение. В качестве конечного продукта в данном случае выступает 1 кг хлеба, который приобретают потребители и используют его по назначению – употребляют в пищу. Его стоимость – 170 ден. ед.

Суммарная добавленная стоимость равна стоимости конечного продукта. Порядок её формирования представлен ниже.

Стадия производства и реализации продукции	Стоимость продукции или сырья, ден. ед.	Добавленная стоимость, ден. ед.
1. Выращивание семян пшеницы и производство удобрений	10	$10 - 0 = 10$
2. Производство зерна	70	$70 - 10 = 60$
3. Помол муки	100	$100 - 70 = 30$
4. Выпекание хлеба и оптовая продажа	150	$150 - 100 = 50$
5. Розничная продажа	170	$170 - 150 = 20$
Всего	500	170

Величина исключаемого повторного счёта при расчёте ВВП равна сумме стоимостей промежуточной продукции – продукции, по отношению к которой цикл производства не завершён или она подлежит перепродаже: $10 + 70 + 100 + + 150 = 330$ ден. ед.

2. Дано (в млрд руб.): личные потребительские расходы – 245; трансфертные платежи – 12; арендная плата – 14; амортизация – 27; взносы на социальные нужды – 20; проценты – 13; доход от собственности – 31; дивиденды – 16; чистый экспорт – 3; заработная плата наемных работников – 221; косвенные налоги на бизнес – 18; индивидуальные налоги – 26; нераспределенная прибыль корпораций – 21; прибыль корпораций – 56; налог на прибыль корпораций – 13; чистые инвестиции – 33; государственные закупки товаров и услуг – 72; чистый факторный доход – 4. Необходимо рассчитать: ВВП (по расходам и по доходам), ВНП, ЧНП, НД, ЛД, ЛРД.

Решение. Вначале рассчитаем ВВП с использованием метода по расходам по следующей формуле:

$$GIP = C + I_g + G + X_n,$$

где C – личные потребительские расходы (потребление), ден. ед.;

I_g – валовые инвестиции в экономику (инвестиции-брутто), ден. ед.; $I_g = I_n + I_r$;

I_n – чистые инвестиции (инвестиции-нетто), ден. ед.;

I_r – инвестиции замещения (направляются на обновление устаревших и изношенных основных фондов; финансируются за счёт амортизационных отчислений: $I_r = D$), ден. ед.;

D – амортизационные отчисления (амортизация), ден. ед.;

G – государственные закупки товаров и услуг и др., ден. ед.;

X_n – чистый экспорт, ден. ед.; $X_n = X - Z$;

X – экспорт, ден. ед.;

Z – импорт, ден. ед.

Итак, $GIP = 245 + (33 + 27) + 72 + 3 = 380$ млрд руб.

Рассчитаем ВВП с использованием метода по доходам по следующей формуле:

$$GIP = W + R + r + P + D + T_{ind},$$

где W – заработная плата наемных работников и надбавки к ней, ден. ед.;

R – рентные доходы, получаемые домохозяйствами в результате сдачи в аренду имущества (арендная плата), ден. ед.;

r – процент на ссудный капитал, ден. ед.;

P – доходы от собственности и прибыль корпораций, ден. ед.;

D – амортизационные отчисления, ден. ед.;

T_{ind} – косвенные налоги (налог на добавленную стоимость, акцизы, таможенные пошлины), ден. ед.

$GIP = 221 + 14 + 13 + (31 + 56) + 27 + 18 = 380$ млрд руб.

Валовой национальный продукт (ВНП) определяется по формуле

$$GNP = GIP + NFP,$$

где NFP – чистый факторный доход, ден. ед.

$GNP = 380 + 4 = 384$ млрд руб.

Чистый национальный продукт (ЧНП) определяется по формуле

$$NNP = GNP - D,$$

$NNP = 384 - 27 = 357$ млрд руб.

Национальный доход (НД) определяется по формуле

$$NI = NNP - T_{ind},$$

$NI = 357 - 18 = 339$ млрд руб.

Личный доход (ЛД, PI) рассчитывается следующим образом:

ЛД = национальный доход – взносы на социальные нужды – налог на прибыль корпораций – нераспределенная прибыль корпораций + дивиденды + трансфертные платежи.

$PI = 339 - 20 - 13 - 21 + 16 + 12 = 313$ млрд руб.

Личный располагаемый доход (ЛРД, DI) рассчитывается следующим образом:

ЛРД = ЛД – индивидуальные налоги (подходный налог с физических лиц, налог на имущество физических лиц).

$DI = 313 - 26 = 287$ млрд руб.

3. Допустим, что в экономике производится и потребляется три товара. Определите индекс Фишера в 2006 году, если 2005 год – базисный.

Товар	2005 год		2006 год	
	объем выпуска	цена	объем выпуска	цена
А	2000	10	1100	11
Б	1500	2	1200	10
В	1200	10	1500	6

Решение. Индекс Фишера – индекс, представляющий собой среднегеометрическое значение из индексов Ласпейреса и Пааше: $I_F = \sqrt{I_L \cdot I_P}$.

Индекс Ласпейреса – индекс, где в качестве весов представлен неизменный набор благ (потребительская корзина), определяется по формуле

$$I_L = \sum(p^i_1 \cdot q^i_0) / \sum(p^i_0 \cdot q^i_0),$$

где q^i_0 – количество блага i -го вида в базисном году;

p^i_0 – цена блага i -го вида в базисном году;

p^i_1 – цена блага i -го вида в текущем году.

$I_L = (11 \cdot 2000 + 10 \cdot 1500 + 6 \cdot 1200) / (10 \cdot 2000 + 2 \cdot 1500 + 10 \cdot 1200) = 1,263$, или 126,3 %.

Индекс Пааше – индекс цен, где в качестве весов берутся количества благ, созданных в текущем году (изменяющийся набор благ), определяется по формуле

$$I_P = \sum(p^i_1 \cdot q^i_1) / \sum(p^i_0 \cdot q^i_1),$$

где q^i_1 – количество блага i -го вида в текущем году.

$I_P = (11 \cdot 1100 + 10 \cdot 1200 + 6 \cdot 1500) / (10 \cdot 1100 + 2 \cdot 1200 + 10 \cdot 1500) = 1,165$, или 116,5 %.

$I_F = \sqrt{1,263 \cdot 1,165} = 1,213$, или 121,3 %.

4. Пусть по экономике страны, которая состоит только из двух отраслей, для отчетного года построен межотраслевой баланс и рассчитаны коэффициенты прямых затрат. Определить конечный спрос на продукцию двух отраслей.

Отрасль экономики	Коэффициенты прямых затрат продукции i -й отрасли на единицу продукции j -й отрасли (a_{ij})		Конечный спрос (y_i)	Выпуск (x_i)
	отрасль 1	отрасль 2		
1	$a_{11}=0,2$	$a_{12}=0,3$	$y_1 = ?$	$x_1 = 440$
2	$a_{21}=0,5$	$a_{22}=0,5$	$y_2 = ?$	$x_2 = 840$

Решение. Межотраслевой баланс, построенный с использованием модели «затраты – выпуск», характеризуется следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} x_1 = a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + y_1 \\ x_2 = a_{21} \cdot x_1 + a_{22} \cdot x_2 + y_2, \end{cases}$$

где x_i – количество продукции i -й отрасли, ед.;

y_i – количество конечной продукции i -й отрасли, ед.

Отсюда $y_1 = x_1 - a_{11} \cdot x_1 - a_{12} \cdot x_2$,

$y_2 = x_2 - a_{21} \cdot x_1 - a_{22} \cdot x_2$.

Итак, $y_1 = 440 - 0,2 \cdot 440 - 0,3 \cdot 840 = 100$ ед.;

$y_2 = 840 - 0,5 \cdot 440 - 0,5 \cdot 840 = 200$ ед.

Тема 3.2. Макроэкономическое равновесие и макроэкономическая динамика

Модель AD-AS

1. В классической интерпретации модели AD-AS потенциальный ВВП равен 1200. В базисном году прямая совокупного спроса описывалась функцией: $Y = 1800 - 3P$, в текущем году: $Y = 1500 - 3P$, где P – уровень цен, %. На сколько изменился уровень цен в текущем году по сравнению с базисным при учёте эффекта храповика.

2. В кейнсианской интерпретации модели AD-AS уровень цен зафиксирован на уровне 130 %. В базисном году прямая совокупного спроса описывалась функцией: $Y = 1400 - 2P$, в текущем году: $Y = 1600 - 2P$. Как поменялся фактический ВВП в текущем году по сравнению с базисным? Решите задачу аналитическим и графическим методами.

3. Совокупное предложение характеризуется данными, представленными ниже.

Уровень цен	250	225	200	175	150	125	125	125
Реальный ВВП	2000	2000	1900	1700	1400	1000	500	0

Совокупный спрос представлен тремя вариантами.

Уровень цен		250	225	200	175	150	125	100
Реальный ВВП	I	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
	II	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500
	III	400	500	600	700	800	900	1000

Постройте график совокупного предложения и графики совокупного спроса, соответствующие трем вариантам. Определите равновесный объем ВВП и равновесный уровень цен для каждого из трех вариантов. Дайте их характеристику.

Модель Кейнса

4. Если при увеличении личного располагаемого дохода с 400 до 800 млн руб. сбережения домохозяйств увеличились с 40 до 160 млн руб., то на сколько процентов увеличилась средняя склонность к сбережению?

5. Линейные уравнения для графиков потребления и сбережения имеют следующую общую форму: $C = a + b \cdot Y$, $S = -a + (1 - b) Y$.

А. Постройте графики потребления и сбережений, используя данные таблицы:

Y, ден. ед.	0	100	200	300	400
C, ден. ед.	80	140	200	260	320

Б. Составьте уравнение потребления и сбережений. Определите равновесный уровень национального дохода для условий односекторной экономики.

В. Предположим, что объем сбережений при данном уровне Y падает на 20 ден. ед., а величины b, (1 - b) остаются неизменными. Составьте уравнение потребления и сбережений с новыми числовыми значениями и найдите фактор, который мог бы вызвать это изменение. Определите новый равновесный уровень национального дохода.

Г. Определите мультипликатор личных потребительских расходов.

6. Функция потребления имеет вид: $C = 100 + 0,8Y$.

а) рассчитайте потребительские расходы (потребление) и сбережения при данных значениях дохода:

Доход	Потребление	Сбережение
600		
800		
1000		
1200		
1400		

б) постройте графики потребления и сбережений;

в) определите предельную склонность к потреблению и предельную склонность к сбережению;

г) определите равновесный уровень национального дохода;

д) рассчитайте мультипликатор личных потребительских расходов.

7. Увеличение национального дохода на 10 млрд долл. произошло в результате первоначальных инвестиций некой величины. Если MPS равна 0,2, то каков был размер этих первоначальных инвестиций?

8. В базовом году ВВП составил 2400 ден. ед., в текущем году – 2200 ден. ед. Снижение ВВП связано с уменьшением инвестиций на 40 ден. ед. при неизменности прочих компонентов совокупных расходов. Чему равна предельная склонность к сбережению?

9. Если функция сбережений описывается формулой: $S = -30 + 0,1Y$, а автономные инвестиции равны 125 ден. ед., то каков будет равновесный уровень национального дохода в условиях двухсекторной экономики?

10. В экономике страны функция инвестиций определяется уравнением: $I = 40 + 0,4Y$, а функция сбережений – уравнением: $S = -20 + 0,6Y$. Определите равновесный уровень национального дохода.

11. Инвестиционный спрос в стране описывается функцией: $I = 1000 - 5000r$, где r измеряется в дол. ед. Функция потребления имеет вид: $C = 100 + 0,7Y$. Процентная ставка равна 10 %. Найти: а) объем инвестиций; б) равновесный уровень национального дохода.

12. Если реальный ВВП увеличился с 466 до 490 млрд ден. ед., расходы домашних хозяйств возросли на 10 млрд ден. ед. и инвестиционные расходы возросли на 6 млрд ден. ед., то чему равна величина мультипликатора инвестиционных расходов.

13. Реальный национальный доход изменился с 600 до 760 млрд ден. ед., предельная склонность к потреблению равна 0,7, потребительские расходы базового периода равны 360 млрд ден. ед. Чему равна средняя склонность к потреблению отчетного года?

14. Если предельная склонность к сбережению равна 0,3, средняя склонность к сбережению в базовом периоде – 0,4, потребительские расходы изменились с 400 до 472 млрд ден. ед., то чему равен реальный национальный доход в текущем периоде?

15. Если мультипликатор равен 5, то чему равна предельная склонность к потреблению?

16. Если уравнение потребления имеет вид $C = 200 + 0,8Y$, то при увеличении автономных инвестиций на 30 млрд ден. ед. равновесный ВВП увеличится на _____ млрд ден. ед.

17. Функция потребления задана формулой: $C = 100 + 0,2Y$. Определите величину равновесного национального дохода для односекторной экономики страны.

18. Если функция сбережений описывается формулой: $S = -40 + 0,2Y$, а инвестиции равны 100 ден. ед., то какова будет величина равновесного национального дохода в условиях двухсекторной экономики страны?

19. Сбережения в экономике описываются следующей функцией: $S = -90 + 0,4Y$, $I = 40$. Чему равен совокупный доход в условиях равновесия двухсекторной экономики?

20. Потребление в экономике описывается следующей функцией: $C = 90 + 0,8Y$, инвестиции равны 60 ден. ед. Чему равен совокупный доход в условиях равновесия двухсекторной экономики?

21. Инвестиционный спрос в стране описывается функцией: $I = 530 - 20r$, где r – процентная ставка, %. Функция потребления имеет вид: $C = 30 + 0,7Y$. Реальная процентная ставка равна 10 %. Найти величину равновесного национального дохода.

22. Функция сбережения задана формулой: $S = -80 + 0,2Y$. Инвестиции равны 90 ден. ед, государственные закупки товаров и услуг – 40, экспорт – 30, импорт – 20. Определите величину равновесного национального дохода для односекторной, двухсекторной, трехсекторной и четырехсекторной экономики страны; покажите графически.

23. Заполните таблицу и сделайте соответствующие выводы.

Y	C	S	ΔY	ΔC	ΔS	MPC	MPS
1000		0					
1100		10					
1200		30					
1300		60					
1400		110					

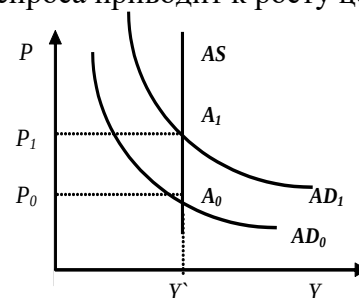
Примеры решения типовых задач

1. В классической интерпретации модели AD-AS потенциальный ВВП равен 2000 ден. ед. В базовом году прямая совокупного спроса описывалась функцией: $Y = 2200 - 2P$, в

текущем году: $Y = 2400 - 2P$, где P – уровень цен, %. Как поменялся уровень цен в текущем году по сравнению с базисным? Решите задачу аналитическим и графическим методами.

Решение. В классической интерпретации модели $AD-AS$ кривая совокупного предложения выглядит как вертикальная прямая, проводимая на уровне потенциального ВВП ($Y^* = 2000$ ден. ед.). В данной ситуации увеличение совокупного спроса приводит к росту цен.

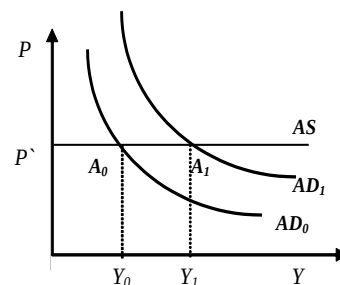
Находим уровень цен в базовом году, приравнявая совокупный спрос и совокупное предложение ($AD = AS$): $2000 = 2200 - 2P$, $P = 100$ %. Подобным образом определяем уровень цен в текущем году: $2000 = 2400 - 2P$, $P = 200$ %. Таким образом, уровень цен вырос на 100 %, или в 2 раза.



2. В кейнсианской интерпретации модели $AD-AS$ уровень цен зафиксирован на уровне 150 %. В базовом году прямая совокупного спроса описывалась функцией: $Y = 2100 - 2P$, в текущем году: $Y = 2200 - 2P$, где P – уровень цен, %. Как поменялся реальный ВВП в текущем году по сравнению с базисным? Решите задачу аналитическим и графическим методами.

Решение. В кейнсианской интерпретации модели $AD-AS$ кривая совокупного предложения выглядит как горизонтальная прямая, проводимая на уровне фиксированного индекса цен ($P^* = 150$ %). В данной ситуации изменение совокупного спроса не влияет на уровень цен, но приводит к изменению реального ВВП.

Находим реальный ВВП в базовом году, подставляя в уравнение совокупного спроса фиксированное значение индекса цен: $Y = 2100 - 2 \times 150 = 1800$ ден. ед. Подобным образом определяем реальный ВВП в текущем году: $Y = 2200 - 2 \times 150 = 1900$ ден. ед. Таким образом, реальный ВВП вырос на 100 ден. ед.



3. Доход домохозяйства после уплаты налогов возрос по сравнению с прошлым годом с 200 до 220 млрд ден. ед., при этом потребление увеличилось на 15 млрд ден. ед. Определите предельную склонность к сбережению и предельную склонность к потреблению.

Решение. Предельная склонность к потреблению (MPC) – это часть прироста дохода, которая потребляется. MPC определяется по следующей формуле:

$$MPC = \Delta C / \Delta Y,$$

где ΔC – прирост потребления, ден. ед.;

ΔY – прирост дохода, ден. ед.

Предельная склонность к сбережению (MPS) – это часть прироста дохода, которая сберегается. MPS определяется по следующей формуле:

$$MPS = \Delta S / \Delta Y,$$

где ΔS – прирост сбережений, ден. ед.

Так как $C + S = Y$, то $\Delta C + \Delta S = \Delta Y$, $\Delta C / \Delta Y + \Delta S / \Delta Y = 1$, $MPC + MPS = 1$. Отсюда, $MPS = 1 - MPC$.

Используя выше представленные формулы, рассчитаем необходимые показатели: $MPC = 15 / (220 - 200) = 0,75$; $MPS = 1 - 0,75 = 0,25$.

4. Каков должен быть прирост инвестиций при $MPS = 0,5$, чтобы обеспечить прирост дохода в 4000 ден. единиц? В 2000 ден. единиц?

Решение. Инвестиционный мультипликатор указывает на то, что если происходит приращение общей суммы инвестиций (осуществляются автономные инвестиции), то национальный доход увеличивается на сумму (ΔY), в m раз большую, чем сам прирост инвестиций (ΔI): $m = \Delta Y / \Delta I$.

По формуле $m = 1 / MPS$ находим значение инвестиционного мультипликатора: $m = 1/0,5 = 2$. Таким образом, для того чтобы получить прирост дохода в 4000 ден. ед., необходим прирост инвестиций в 2000 ден. ед. ($2000 \cdot 2 = 4000$), в 2000 ден. ед. – прирост инвестиций должен составить 1000 ден. ед. ($1000 \cdot 2 = 2000$).

5. Предельная склонность к сбережению составляет 0,25, автономное потребление – 100 ден. ед. Инвестиции равны 50 ден. ед, государственные закупки товаров и услуг – 200, экспорт – 140, импорт – 70. Определите величину равновесного национального дохода для односекторной, двухсекторной, трехсекторной и четырехсекторной экономики страны.

Решение. Условие равновесия национальной экономики: $Y = E$. Левая часть уравнения представляет собой национальный доход (Y), или совокупное предложение, правая часть иллюстрирует планируемые совокупные расходы (E), или совокупный спрос.

Условие равновесия односекторной экономики: $Y = C$. Учитывая типовую функцию потребления: $C = a + b \cdot Y$, где a – автономное потребление, $b = MPC$, и то, что $MPC = 1 - MPS$, получаем: $C = 100 + 0,75Y$. Находим величину равновесного национального дохода для односекторной экономики: $Y = 100 + 0,75Y$, $Y^*_1 = 400$ ден. ед.

Условие равновесия двухсекторной экономики: $Y = C + I$. Находим величину равновесного национального дохода: $Y = 100 + 0,75Y + 50$, $Y^*_2 = 600$ ден. ед.

Условие равновесия трехсекторной экономики: $Y = C + I + G$. Находим величину равновесного национального дохода: $Y = 100 + 0,75Y + 50 + 200$, $Y^*_3 = 1400$ ден. ед.

Условие равновесия четырехсекторной экономики: $Y = C + I + G + X_n$. Находим величину равновесного национального дохода: $Y = 100 + 0,75Y + 50 + 200 + (140 - 70)$, $Y^*_4 = 1680$ ден. ед.

6. Заполните таблицу и сделайте соответствующие выводы.

Y	C	S	ΔY	ΔC	ΔS	MPC	MPS
4000	3110						
5000	4000						
6000	4850						
7000	5600						
8000	6200						
9000	6730						

Решение. Используя следующие формулы: $S = Y - C$, $MPC = \Delta C / \Delta Y$, $MPS = \Delta S / \Delta Y$, заполним пустые ячейки таблицы.

Y	C	S	ΔY	ΔC	ΔS	MPC	MPS
4000	3110	890	–	–	–	–	–
5000	4000	1000	1000	890	110	0,89	0,11
6000	4850	1150	1000	850	150	0,85	0,15
7000	5600	1400	1000	750	250	0,75	0,25
8000	6200	1800	1000	600	400	0,60	0,40
9000	6730	2270	1000	530	470	0,53	0,47

Динамика MPC и MPS подтверждает действие основного психологического закона Кейнса: при росте личного располагаемого дохода абсолютно увеличиваются потребление и сбережения, но при этом относительная доля потребления уменьшается, а относительная доля сбережений увеличивается.

Темп инфляции

1. Имеются следующие данные о динамике уровня цен в стране: $ИПЦ_{1998} = 120\%$, $ИПЦ_{1999} = 122\%$, $ИПЦ_{2000} = 128\%$, $ИПЦ_{2001} = 136\%$, $ИПЦ_{2002} = 140\%$. Проследите динамику уровня инфляции за представленный период.

2. В условную потребительскую корзину входят следующие продукты питания: 3 кг хлеба, 2 л молока, 1 кг колбасы. Цены продуктов питания представлены ниже.

Продукт	Цена базисного периода, ден. ед.	Цена текущего периода, ден. ед.
1 кг хлеба	5	6
1 л молока	7	9
1 кг колбасы	8	10

Индекс цен базисного периода – 110 %. Рассчитать темп инфляции за рассматриваемый период.

3. В условную потребительскую корзину входят следующие товары: еда (5 ед.), жилье (3 ед.), развлечения (4 ед.). Цены базового периода: 1 ед. еды – 14 долл.; 1 ед. жилья – 10 долл.; 1 ед. развлечения – 5 долл. Цены текущего периода: 1 ед. еды – 30 долл.; 1 ед. жилья – 20 долл.; 1 ед. развлечения – 6 долл. Индекс цен базового периода – 100 %. Рассчитать темп инфляции в текущем периоде.

4. Предположим, что индекс потребительских цен учитывает только два товара: еду и жилье. Доля продуктов питания – 0,33, а жилья – 0,67. Цены на продукты питания выросли на 20 %, а на жилье снизились на 2 %. Каков темп инфляции за год?

5. Инфляционным налогом называют часть доходов, сгорающих в огне инфляции. Инженер подрядился сделать работу в течение месяца за 2000 руб. Определите «инфляционный налог», или сколько потеряет инженер, потому что не получил плату вперед, при инфляции, равной 50% в месяц.

6. На основании следующих данных рассчитайте инфляционный налог: темп инфляции составляет 40 % в год, наличность – 5 млн руб., депозиты – 15 млн руб. Номинальная процентная ставка – 30 %.

7. Как изменится темп инфляции в стране, если при фактическом уровне безработицы 7 %, ожидаемом темпе инфляции 9,5 % и коэффициенте эластичности инфляции по уровню безработицы 0,8 естественный уровень безработицы снизился с 6 до 5 %? Что при этом произойдет с кривой Филлипса?

Показатели экономического роста

8. Заполните пустые ячейки таблицы.

Показатели	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год
Номинальный ВВП, трлн руб.	500	622	600	880	980
Индекс цен (дефлятор)	1,2	1,3	0,9	1,4	1,1
Реальный ВВП, трлн руб.					
Темп роста номинального ВВП, %					
Темп роста реального ВВП, %					
Темп прироста номинального ВВП, %					
Темп прироста реального ВВП, %					

Примеры решения типовых задач

1. Рассчитайте темп инфляции для каждого года, если базовым годом считать каждый предыдущий, и сделайте вывод о виде наблюдаемой инфляции.

Годы	Индекс цен, %
------	---------------

1	100
2	114
3	125
4	129

Решение. При расчёте темпа инфляции используем формулу

$$\pi = ((P_1 - P_0) / P_0) \cdot 100 \%,$$

где P_1 и P_0 – индексы (уровни) цен текущего и базисного периодов соответственно, %.

В качестве базисного периода рассматриваем предыдущий год. Получаем результаты, представленные в таблице.

Годы	Индекс цен, %	Темп инфляции, %
1	100	–
2	114	14,00
3	125	9,65
4	129	3,20

В зависимости от темпов инфляции, она делится: на умеренную (ползучую) – до 10 % в год; галопирующую – от 10 до 200 % в год; гиперинфляцию – свыше 200 % в год. В данном случае наблюдается умеренная инфляция.

2. Объем депозитов в 3 раза превышает объем наличности при денежной массе, равной 5000 млрд руб. Рассчитайте величину инфляционного налога, если темп инфляции равен 20 % в год, а номинальная ставка процента 18 % годовых.

Решение. Денежная масса, равная 5000 млрд. рублей, состоит из наличности(C)и депозитов(D), что, исходя из условий задачи, соответствует 1250 + 3750. Расчет инфляционного налога ведется по формуле

$$IT = \pi \cdot C + (\pi - i) \cdot D,$$

где IT – сумма инфляционного налога, ден. ед.;

π – темп инфляции, дол.ед.;

i – номинальная ставка процента, дол. ед.

Подставив в данную формулу исходные данные, получим

$$IT = 0,2 \cdot 1250 + (0,2 - 0,18) \cdot 3750 = 325.$$

Таким образом, величина инфляционного налога составляет 325 млрд руб.

3. Реальный ВВП страны в 2005 г. составил 150 ден. ед., в 2006 г. – 160 ден. ед. Определить темпы роста и прироста ВВП.

Решение.

$$\text{Темп роста ВВП} = (Y_1 / Y_0) \cdot 100 \%,$$

где Y_1 – объем реального ВВП в отчетном периоде, ден. ед.;

Y_0 – объем реального ВВП в базисном периоде, ден. ед.

$$\text{Темп роста ВВП} = (160 / 150) \cdot 100 \% = 106 \, \%.$$

$$\text{Темп прироста ВВП} = ((Y_1 - Y_0) / Y_0) \cdot 100 \, \%.$$

$$\text{Темп прироста ВВП} = ((160 - 150) / 150) \cdot 100 \% = 6 \, \%.$$

Тема 3.3. Деньги, кредит, банки. Кредитно-денежная политика

Денежное обращение

1. Если реальный ВВП увеличится в 1,12 раза, а денежная масса возрастет на 14 %, то что произойдет с уровнем цен при стабильной скорости обращения денег?

2. В таблице приведены данные о номинальном объеме ВВП и денежной массе США (млрд долл.).

Год	M_1	M_2	Номинал. ВВП	V_1	V_2
1969	209	392,5	963,9		
1971	234	471,9	1102,7		
1973	270,5	571,4	1359,3		
1975	295,5	664,7	1598,4		
1977	338,5	809,5	1990,5		

Сравните скорость обращения денег в США, исчисленную на основе M_1 и M_2 , за указанный в таблице период.

3. В среднем за год денежный агрегат M_2 и ВВП в РФ составили величину, представленную в таблице. Рассчитайте коэффициент монетизации и скорость денежного обращения за указанные годы, сделайте соответствующие выводы.

Показатели	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
M_2 , трлн руб.	12,9	13,0	15,3	20,0	24,5	27,4	31,4
ВВП, трлн руб.	33,2	41,3	38,8	46,3	56,0	62,2	66,8

Денежный рынок. Спрос на деньги. Предложение денег

4. Трансакционный спрос на деньги составляет 300 млрд долл. Спекулятивный спрос на деньги представлен в таблице.

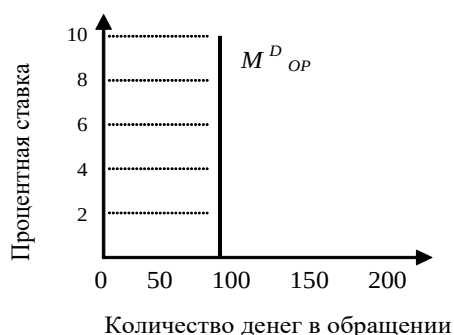
Ставка процента, %	Объем спроса на деньги, млрд долл.	
	спекулятивный	общий
14	30	?
13	50	?
12	70	?
11	90	?

А. Определите общий спрос на деньги.

Б. Предложение денег составляет 370 млрд долл. Определите равновесную процентную ставку.

В. Определите величину равновесной процентной ставки, если предложение денег сократилось до 350 млрд долл.

5. Рассмотрите графики операционного и спекулятивного спроса на деньги. Постройте график общего спроса на деньги, найдите точку равновесия на денежном рынке при предложении денег 250 млрд долл.



6. Трансакционный спрос на деньги составляет 400 млрд долл.

А. Определите общий спрос на деньги при имеющихся данных по спекулятивному спросу.

Ставка процента, %	Спекулятивный спрос на деньги, млрд долл.
--------------------	---

11	90
10	110
9	130
8	150

Б. Предложение денег составляет 510 млрд долл. Определите равновесную процентную ставку.

В. Определите равновесную процентную ставку, если предложение денег возросло до 530 млрд долл.

7. Предположим, что каждый доллар США, предназначенный для сделок, обращается в среднем 5 раз в год. Номинальный ВВП составляет 2000 млрд долл.

А. Определите величину спроса на деньги для сделок.

Б. В таблице показана величина спроса на деньги в целях накопления при различных ставках процента. Определите общий спрос на деньги.

Ставка процента, %	Объем спроса на деньги как средство накопления, млрд долл.
15	20
14	40
13	60
12	80
11	100
10	120
9	140

В. Предложение денег составляет 460 млрд руб. Определите равновесную ставку процента.

Модель IS-LM

8. Спрос домашних хозяйств на отечественные блага характеризуется функцией $C = 50 + 0,5Y$, а спрос предпринимателей на инвестиции задан формулой $I = 400 - 50r$. Государство закупает товаров и услуг на 100 ед. Вывести уравнение линии IS.

9. Заданы функции, определяющие поведение экономических субъектов на рынках благ и денег: $C = 50 + 0,6Y$; $I = 200 - 20r$; $M_{OP}^D = 0,4Y$; $M_{SP}^D = 500 - 50r$, где r – реальная процентная ставка, %. В обращении находится 400 ден. ед. Определите ситуацию совместного равновесия на рынках благ и денег.

10. Заданы функции, определяющие поведение экономических субъектов на рынках благ и денег: $C = 50 + 0,6Y$; $I = 200 - 20r$; $M_{OP}^D = 0,4Y$; $M_{SP}^D = 500 - 50r$, где r – реальная процентная ставка, %. В обращении находится 400 ден. ед. Как они распределятся между M_{OP}^D и M_{SP}^D при достижении совместного равновесия на рынках благ и денег?

Кредит. Создание кредитных денег

11. Какие формы кредита используются в каждом из нижеперечисленных случаев?

- 1) молодая семья берет кредит в банке сроком на несколько лет для покупки мебели;
- 2) государство выпускает облигационный заем для частичного погашения дефицита госбюджета;
- 3) завод по производству автомобильных двигателей поставляет автомобильному заводу партию своего товара с отсрочкой платежа;
- 4) коммерческий банк берет у другого коммерческого банка кредит.

12. В коммерческий банк внесен депозит на сумму 5000 руб. Норма обязательного банковского резервирования равна 5 %. Определить: а) какой максимальный кредит может

выдать данный коммерческий банк; б) какой кредит может выдать банковская система в целом.

13. Чему будет равен общий прирост денежной массы в стране, если при норме обязательного банковского резервирования 20 % первоначальное увеличение депозитов составило 500 долл.?

14. Норма обязательного банковского резервирования равна 0,25. Объем депозитов в два раза больше наличности. Подсчитайте денежный мультипликатор с учетом наличности.

Коммерческие банки

15. Собственный капитал банка равен 7 млн руб., заемный – 23 млн руб.; ставка процента по ссудам (кредитный процент) – 14 %, по вкладам (депозитный процент) – 7 %. Расходы банка по выдаче кредита составляют 0,8 млн руб., по приему вкладов – 0,3 млн руб. Определите прибыль банка, если в кредит отдается 20 млн руб.

16. На основе баланса коммерческого банка определить следующее: 1) величину высоколиквидных активов банка, не приносящих ему доход; 2) величину кредитного портфеля банка; 3) величину инвестиционного портфеля банка; 4) величину собственных средств банка; 5) размер заемных средств банка; 6) величину обязательных и избыточных резервов банков, если норма обязательных резервов составляют 10 %.

АКТИВ		ПАССИВ	
Наличные деньги	200	Уставный капитал	200
Резервы в ЦБ	200	Вклады до востребования	100
Кредиты	200	Срочные вклады	250
Ценные бумаги	100	Нераспределенная прибыль	150
БАЛАНС	700	БАЛАНС	700

17. Даны балансы двух коммерческих банков. Необходимо оценить их деятельность с точки зрения дилеммы «прибыльность – ликвидность».

Банк А				Банк В			
АКТИВ		ПАССИВ		АКТИВ		ПАССИВ	
Наличные деньги	100	Уставный капитал	200	Наличные деньги	80	Уставный капитал	100
Резервы	50	Счета до востребования	500	Резервы	60	Счета до востребования	540
Ссуды	350			Ссуды	350		
Ценные бумаги	200			Ценные бумаги	150		
	700		700		640		640

Примеры решения типовых задач

1. Если реальный ВВП увеличится в 1,2 раза, а денежная масса возрастет на 8 %, то что произойдет с уровнем цен при стабильной скорости обращения денег?

Решение. Используем модификацию уравнения Фишера, отражающую «монетарное правило» М. Фридмена:

$$\Delta M + \Delta V = \Delta P + \Delta Y,$$

где ΔM – прирост количества денег в обращении, %;

ΔV – прирост скорости обращения денег, %;

ΔP – прирост общего уровня цен (темпы инфляции), %;

ΔY – прирост реального объема производства, т.е. реального ВВП, %.

Таким образом, $\Delta P = \Delta M + \Delta V - \Delta Y$, $\Delta P = 8 \% + 0 \% - 20 \% = -12 \%$. Уровень цен снизится на 12 %.

2. По данным, представленным ниже, определите по годам скорость обращения денег в России за указанный период и коэффициент монетизации, сделайте соответствующие выводы.

Показатели	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
M_2 , трлн руб.	0,4	0,7	4,0	21,9	65,2	159,3	255,4
ВВП, трлн руб.	0,6	1,4	19,0	171,5	611,0	1658,3	2145,3

Решение. Скорость обращения денег рассчитываем на основании использования уравнения И. Фишера:

$$M \cdot V = P \cdot Y,$$

где M – прирост количества денег в обращении, ден. ед.;

V – скорость обращения денег, количество оборотов в год;

P – общий уровень цен, дол. ед.;

Y – реальный объем производства, т.е. реальный ВВП, ден. ед.

Таким образом, $V = P \cdot Y / M$.

Учитывая, что коэффициент монетизации является обратной величиной скорости обращения денег и выражается в %, получаем следующую формулу: $k = (M \cdot 100 \%) / (P \cdot Y)$.

Итоги расчётов представлены ниже.

Показатели	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
V	1,50	2,00	4,75	7,83	9,37	10,41	8,40
k , %	67	50	21	13	11	10	12

На основании полученных результатов можно сделать соответствующие выводы. С 1990 по 1995 гг. наблюдался рост скорости обращения денег и одновременно снижение коэффициента монетизации, что свидетельствует о том, что величина денежной массы уменьшалась по сравнению со стоимостью создаваемой продукции. Улучшение ситуации наблюдалось в 1996 г.

3. Операционный спрос на деньги составляет 500 млрд руб. Спекулятивный спрос в зависимости от процентной ставки представлен в таблице.

Ставка процента, %	Спекулятивный спрос на деньги, млрд долл.
14	30
13	50
12	70
11	90
10	110
9	130
8	150

А. Определите общий спрос на деньги.

Б. Предложение денег составляет 630 млрд руб. Определите равновесную ставку процента.

В. Определите величину равновесной ставки процента, если предложение денег выросло до 650 млрд руб.; сократилось до 550 млрд руб.

Решение.

А. Суммируя последовательно спекулятивный и операционный спрос на деньги, получим следующие значения общего спроса на деньги:

Ставка процента, %	Спекулятивный спрос на деньги, млрд долл.	Общий спрос на деньги, млрд долл.
14	30	530
13	50	550
12	70	570
11	90	590
10	110	610
9	130	630
8	150	650

Б. Равновесная ставка процента характеризует равновесие на денежном рынке, что предполагает равенство общего спроса на деньги и предложения денег. При предложении денег в 630 млрд руб. равновесная ставка процента, как видно из таблицы, будет равна 9 %.

В. При увеличении предложения денег до 650 млрд руб. и сокращения до 550 млрд руб. равновесная ставка процента будет соответственно составлять 8 и 13 %.

4. В коммерческий банк внесен депозит на сумму 10000 руб. Норма обязательного банковского резервирования равна 25 %. Определить, какой максимальный кредит может выдать: а) данный коммерческий банк; б) банковская система в целом.

Решение. Максимальный кредит, который может выдать данный коммерческий банк, определяется по формуле

$$K = D - R_{об},$$

где D – первоначальный депозит, ден. ед.;

$R_{об}$ – обязательные резервы коммерческого банка, ден. ед.;

$$R_{об} = r_{об} \cdot D,$$

где $r_{об}$ – норма обязательного банковского резервирования, дол. ед.

$$K = 10000 - 0,25 \cdot 10000 = 7500 \text{ руб.}$$

Под максимальным кредитом, который может выдать банковская система в целом, понимается созданная кредитно-денежная масса (M) в результате внесения денежных средств в банковскую систему:

$$M = D \cdot 1/r_{об},$$

где $1/r_{об}$ представляет расчёт банковского (депозитного) мультипликатора, показывающего, во сколько раз созданная кредитно-денежная масса больше первоначального депозита.

Итак, $M = 10000 \cdot 1/0,25 = 40000$ руб.

5. Даны балансы двух коммерческих банков. Необходимо их оценить с точки зрения решения дилеммы «прибыльность – ликвидность».

Банк А

АКТИВ, ден. ед.		ПАССИВ, ден. ед.	
Наличные деньги	200	Уставный капитал	100
Резервы в ЦБ	200	Вклады до востребования	100
Кредиты	100	Срочные вклады	350
Ценные бумаги	100	Прибыль банка	50
БАЛАНС	600	БАЛАНС	600

Банк Б

АКТИВ, ден. ед.		ПАССИВ, ден. ед.	
Наличные деньги	50	Уставный капитал	100
Резервы в ЦБ	100	Вклады до востребования	200
Кредиты	450	Срочные вклады	400
Ценные бумаги	200	Прибыль банка	100

БАЛАНС	800	БАЛАНС	800
--------	-----	--------	-----

Решение. Основными показателями, характеризующими деятельность коммерческого банка, являются: *платежеспособность (ликвидность)* – способность банка своевременно и в полном объеме обеспечивать выполнение своих обязательств перед клиентами – и *прибыльность* – способность банка получать от своей деятельности прибыль. Обеспечение полной платежеспособности (ликвидности) банком возможно в ситуации неиспользования вкладов клиентов (невыдачи кредитов). Однако прибыльность банковской деятельности как раз и обеспечивается привлечением средств по низкой процентной ставке и последующей выдачей кредитов по более высокой процентной ставке. Поэтому перед банком всегда существует дилемма «прибыльность – ликвидность».

Банк А больше ориентирован на обеспечение своей ликвидности (платежеспособности), так как доля его высоколиквидных активов, не приносящих ему доход больше, чем доля доходных активов, обеспечивающих прибыльность банка:

$$(200 + 200) / 600 > (100 + 100) / 600, 2/3 > 1/3.$$

Банк Б больше ориентирован на обеспечение своей прибыльности, так как доля его доходных активов, обеспечивающих прибыльность банка, больше доли высоколиквидных активов, не приносящих ему доход:

$$(50 + 100) / 800 < (450 + 200) / 800, 3/16 < 13/16.$$

6. В экономике с постоянным уровнем цен ($P = 4$) и отсутствием государственного вмешательства предприниматели ежегодно инвестируют в производство 100 ед. независимо от уровня реальной процентной ставки, а коэффициент чувствительности инвестиций к динамике процентной ставки равен 20. Население имеет предельную склонность к потреблению 0,5, а когда его доход достигнет 180 ед., оно доводит свой объем сбережений до 40 ед. В обращении находится 320 денежных единиц. Операционный спрос на деньги представлен функцией: $M_{OP}^D = 0,8Y$, спекулятивный спрос на деньги: $M_{SP}^D = 120 - 40r$.

А. Составьте уравнение *IS*.

Б. Составьте уравнение *LM*.

В. Определите долю операционного и спекулятивного спроса в общем объеме спроса на деньги в условиях совместного равновесия на рынках благ и денег.

Решение.

А. Составляем уравнение *IS*.

На основании представленных данных выводим функции: инвестиций $I = 100 - 20r$, потребления $C = 50 + 0,5Y$, сбережений $S = -50 + 0,5Y$.

Условие равновесия на рынке благ: $I = S$.

$$100 - 20r = -50 + 0,5Y, \text{ отсюда уравнение } IS: Y = 300 - 40r.$$

Б. Составляем уравнение *LM*.

$$M^D = M_{SP}^D + M_{OP}^D. \text{ Так как } M_{OP}^D = 0,8Y \text{ и } M_{SP}^D = 120 - 40r, \text{ то } M^D = 0,8Y + (120 - 40r).$$

Условие равновесия на рынке денег: $M^S = M^D$.

$$320 = 0,8Y + (120 - 40r). \text{ Уравнение } LM: Y = 250 + 50r.$$

В. Решаем систему уравнений: $Y = 300 - 40r$, $Y = 250 + 50r$. При решении системы уравнений находим равновесный национальный доход ($Y^* = 278$ ден. ед.) и равновесную процентную ставку ($r^* = 0,56\%$).

Отсюда $M_{OP}^D = 0,8 \cdot 278 = 222,4$ ден. ед. (или 69,5 % от денежной массы страны), $M_{SP}^D = 120 - 40 \cdot 0,56 = 97,6$ ден. ед. (или 30,5 % от денежной массы страны).

7. С использованием модели *IS-LM* представьте последствия наступления следующих событий:

- снижение предельной склонности к сбережению;
- при каждой ставке процента объем инвестиций увеличивается;
- скорость обращения денег снижается;

- г) предложение денег увеличивается;
 д) спрос на деньги как средство накопления снижается;
 е) подоходный налог увеличивается;
 ж) экспорт страны увеличивается.

Решение. Последствия наступления представленных событий отражены ниже.

Событие	На состоянии какого рынка отразится	График какой функции и как изменится	Что произойдет на графике модели IS-LM	Направление изменения Y	Направление изменения r
а	благ	$C \uparrow$	IS вверх-вправо	$\uparrow$	$\uparrow$
б	благ	$I \uparrow$	IS вверх-вправо	$\uparrow$	$\uparrow$
в	денег	$M^s \downarrow$	LM вверх-влево	$\downarrow$	$\uparrow$
г	денег	$M^s \uparrow$	LM вниз-вправо	$\uparrow$	$\downarrow$
д	денег	$M^D_{SP} \downarrow$	LM вниз-вправо	$\uparrow$	$\downarrow$
е	благ	$C \downarrow$	IS вниз-влево	$\downarrow$	$\downarrow$
ж	благ	$Xn \uparrow$	IS вверх-вправо	$\uparrow$	$\uparrow$

Тема 3.4. Государственные финансы и налогообложение. Бюджетно-налоговая политика

Налоги

1. В таблице приведены данные о размере налогооблагаемого дохода и уровне предельных ставок налога. На основании имеющихся данных заполните таблицу. Сопоставьте динамику предельных и средних ставок налога. Сделайте выводы о характере данного налога (прогрессивный, пропорциональный, регрессивный).

Доход, млnden.ед.	Налог, млnden.ед.	Средняя налоговая ставка, %	Предельная налоговая ставка, %
12,5	2,50		-
22,5	4,95		24,5
32,5			26,0
42,5			28,5
52,5			32,0
62,5			36,0

2. Рассчитайте средние и предельные налоговые ставки по данным таблицы и укажите, является ли налог прогрессивным, регрессивным или пропорциональным.

Y	T	ATR	MTR
1 000	0		
2200	220		
4800	576		
6400	896		

3. Имеются следующие данные о размере налогооблагаемой базы и общей суммы уплачиваемого налога.

Размер налогооблагаемой базы, млн ден. ед.	10	30	50	80
Общая сумма налога, млн ден. ед.	1.2	4.5	8.8	20

Чему равна средняя ставка налога для 10, 30, 50 и 80млн ден. ед.? Чему равна предельная ставка налога при изменении налогооблагаемой базы от 10 до 30, от 30 до 50, от 50 до 80 млн ден. ед.? Определите тип системы налогообложения.

4. Приведенная ниже таблица представляет данные о гипотетической налоговой системе.

Скорректированный совокупный доход, руб.	Вычеты из дохода и освобождение от уплаты налога, руб.	Налогооблагаемый доход, руб.	Личный подоходный налог, руб.
5000	5000		0
10000	9000		150
20000	12000		1200
50000	20000		4500
100000	30000		14500
500000	100000		97000

Просчитайте предельные и средние ставки налогов для каждого значения налогооблагаемого дохода в таблице. Определите, налоговая система является прогрессивной, пропорциональной или регрессивной?

5. Рассчитайте величину добавленной стоимости, налога на добавленную стоимость (НДС) и цену продукции с учётом НДС, если ставка налога 18 %.

Наименование производственной стадии	Покупатель продукции на каждой производственной стадии	Цена продукции, ден. ед.
1. Добыча боксита	Глиноземный завод	50
2. Производство глинозема	Алюминиевый завод	80
3. Выплавка алюминия	Металлургический завод	110
4. Металлопрокат	Потребитель	255

Государственный бюджет

6. ВВП в условиях полной занятости составляет 30 млрд долл. Фактический объем ВВП = 26 млрд долл. Сумма налогов составляет 10 % от величины ВВП. Государственные расходы на товары и услуги равны 1,8 млрд долл., государственные трансферты – 0,1 млрд долл., выплаты по государственному долгу – 0,2 млрд долл. Определите сальдо государственного бюджета в условиях неполной и полной занятости.

7. ВВП в условиях полной занятости составляет 50 млрд долл. Фактический объем ВВП равен 44 млрд долл. Налоговые поступления в госбюджет составляют 30 % от величины ВВП. Государственные расходы на закупку товаров и услуг равны 9,2 млрд долл., государственные трансферты – 2 млрд долл. Определите сальдо государственного бюджета в условиях неполной и полной занятости.

8. В таблице приведены данные об уровне цен и государственном бюджете. Основываясь на этой информации, заполните таблицу полностью.

Год	Уровень цен, дол.ед.	Налоги, ден. ед.	Гос. расходы, ден. ед.	Сальдо госбюджета, ден. ед.	Номинальный гос. долг, ден. ед.	Реальный гос. долг, ден. ед.
1	1,00	100	120			
2	1,11	110	140			
3	1,20	120	130			
4	1,30	130	135			
5	1,52	140	145			

Бюджетно-налоговая политика

10. Предположим, что стимулирующая бюджетно-налоговая политика, в рамках которой государственные расходы увеличиваются на 20 млн руб., приводит в краткосрочном периоде к росту национального дохода на 80 млн руб. Определите величину мультипликатора государственных расходов.

11. Модель экономики страны А характеризуется следующими исходными данными: $C = 100 + 0,7Y$, где C – плановые потребительские расходы, Y – располагаемый доход; $G = 200$, G – государственные расходы; $I = 100$, I – валовые инвестиции. Определите величину мультипликатора государственных расходов.

12. Предположим, что равновесный объем ВВП равен 2000 ден. ед., $MPC = 0,5$. Правительство решает увеличить государственные закупки на 200 ден. ед., но при этом не менять уровень равновесного ВВП. Как этого добиться?

13. Пусть $MPC = 0,5$. Определите, чему равен мультипликатор государственных расходов и налоговый мультипликатор. Почему налоговый мультипликатор меньше мультипликатора государственных расходов?

14. Функция потребления имеет вид $C = 100 + 0,8Y$. Государственные расходы выросли на 2. Чему равно изменение равновесного уровня национального дохода?

15. Функция потребления имеет вид: $C = 100 + 0,8Y$. Налоги сократились на 2. Чему равно изменение равновесного уровня дохода?

16. Модель экономики страны А характеризуется следующими исходными данными:

C – плановые потребительские расходы, $C = 200 + 0,8Y$;

Y – национальный доход, $Y = GIP - T$;

G – государственные расходы, $G = 300$;

I – частные плановые инвестиции, $I = 200$.

А. Постройте кривую плановых потребительских расходов для экономики страны А.

Б. Постройте кривую совокупных расходов для экономики страны А.

В. Рассчитайте и покажите на рисунке равновесный объем ВВП для закрытой модели экономики.

Г. Определите величину мультипликатора государственных расходов.

Д. Определите величину налогового мультипликатора.

Е. Определите новый равновесный объем ВВП, если государственные расходы выросли до 600 ден. ед., а все прочие показатели развития экономики страны А остались без изменения.

Ж. Определите новый равновесный объем ВВП, если инвестиции возросли до 500 ден. ед., а все прочие совокупные расходы в экономике страны А остались без изменения.

З. Определите новый равновесный объем ВВП, если налоги выросли до 600 ден. ед., а все прочие показатели остались без изменения.

И. Определите новый равновесный объем ВВП, если одновременно произошло увеличение налогов до 600 ден. ед. и государственных расходов до 600 ден. ед., а все прочие показатели остались без изменения.

Примеры решения типовых задач

1. В таблице приведены условные данные о размере налогооблагаемого дохода и уровне предельных ставок налога. На основании имеющихся данных заполните таблицу. Сопоставьте динамику предельных и средних ставок налога. Сделайте выводы о характере данного налога.

Доход, ден. ед.	Налог, ден. ед.	Средняя налоговая ставка, %	Предельная налоговая ставка, %
125	25	20	–
225	50	22,2	25,0
325			26,0
425			28,5

525			32,0
-----	--	--	------

Решение. Предельная налоговая ставка – ставка обложения налогом дополнительной единицы дохода или стоимости имущества– определяется как отношение прироста выплачиваемых налогов (ΔT), поделенного на прирост дохода (ΔY): $MTR = (\Delta T / \Delta Y) \cdot 100 \%$.

Используя формулу предельной налоговой ставки, определяем прирост выплачиваемых налогов: $\Delta T = MTR \cdot \Delta Y / 100 \%$. Учитывая то, что $\Delta Y = 100$ ден. ед., получаем $\Delta T = MTR$ (ден. ед.). Находим величину выплачиваемых налогов по формуле: $T_{t+1} = T_t + MTR_{t+1}$.

Средняя налоговая ставка – ставка обложения всей суммы налогооблагаемого дохода или стоимости имущества– определяется как отношение величины выплачиваемых налогов (T), поделенной на величину дохода (Y): $ATR = (T / Y) \cdot 100 \%$.

Результаты расчётов приведены в таблице. Так как наблюдается рост налоговой ставки по мере возрастания величины объекта налогообложения, налог является прогрессивным.

Доход, ден. ед.	Налог, ден. ед.	Средняя налоговая ставка, %	Предельная налоговая ставка, %
125	25,0	20,0	–
225	50,0	22,2	25,0
325	76,0	23,4	26,0
425	104,5	24,6	28,5
525	136,5	26,0	32,0

2. ВВП в условиях полной занятости равен 20 млрд долл. Фактический объем ВВП составляет 16 млрд долл. Сумма налогов составляет 10 % от величины ВВП. Государственные расходы на товары и услуги равны 1,8 млрд долл., государственные трансферты – 0,1 млрд долл. Определите фактическое, структурное и циклическое сальдо государственного бюджета.

Решение. Фактическое сальдо государственного бюджета – разница между фактическими доходами и расходами государственного бюджета (в условиях неполной занятости):

$$C_{\phi} = T_{\phi} - (G + TR),$$

где T_{ϕ} – сумма налогов в условиях неполной занятости, ден. ед.; $T_{\phi} = 0,1Y$; итак, $T_{\phi} = 0,1 \cdot 16 = 1,6$ млрд долл.

$C_{\phi} = 1,6 - (1,8 + 0,1) = -0,3$ млрд долл. Наблюдается фактический бюджетный дефицит.

Структурное сальдо государственного бюджета – разница между доходами и расходами государственного бюджета, рассчитанная для уровня национального дохода, соответствующего полной занятости, т. е. потенциального ВВП:

$$C_c = T_c - (G + TR),$$

где T_c – сумма налогов в условиях неполной занятости, ден. ед.; $T_c = 0,1Y$; итак, $T_c = 0,1 \cdot 20 = 2$ млрд долл.

$C_c = 2 - (1,8 + 0,1) = 0,1$ млрд долл. Наблюдается структурный бюджетный профицит.

Циклическое сальдо государственного бюджета – разница между фактическим и структурным сальдо государственного бюджета:

$$C_{\pi} = C_{\phi} - C_c.$$

$C_{\pi} = -0,3 - 0,1 = -0,4$ млрд долл. Наблюдается циклический бюджетный дефицит.

3. Предположим, что фактический ВВП равен 2000 ден. ед., равновесный ВВП составляет 2600 ден. ед., $MPC = 0,75$. Какие изменения в бюджетно-налоговой политике должны произойти, чтобы экономическая система пришла в состояние макроэкономического равновесия?

Решение. Для того чтобы экономическая система пришла в состояние макроэкономического равновесия путём прироста ВВП на 600 ден. ед., необходимо осуществить стимулирующую бюджетно-налоговую политику, предполагающую рост государственных расходов или снижение налогов.

Если государственные расходы увеличиваются на ΔG , то ВВП возрастает на величину $\Delta Y = \Delta G \cdot m_g$, где m_g – мультипликатор государственных расходов. Отсюда $\Delta G = \Delta Y / m_g$.

Для определения мультипликатора государственных расходов может быть использована следующая формула:

$$m_g = 1 / (1 - b),$$

где $b = MPC$ – предельная склонность к потреблению, дол.ед.

Таким образом, $m_g = 1 / (1 - 0,75) = 4$.

$\Delta G = 600 / 4 = 150$ ден. ед.

Если налоговые отчисления снижаются на ΔT , то ВВП возрастает на величину $\Delta Y = \Delta T \cdot m_t$, где m_t – налоговый мультипликатор. Отсюда $\Delta T = \Delta Y / m_t$.

Для определения налогового мультипликатора может быть использована следующая формула:

$$m_t = -b / (1 - b).$$

Таким образом, $m_t = -0,75 / (1 - 0,75) = -3$.

$\Delta T = 600 / (-3) = -200$ ден. ед.

Для того чтобы экономическая система пришла в состояние макроэкономического равновесия, необходимо или увеличить государственные расходы на 150 ден. ед., или снизить налоги на 200 ден. ед.

Тема 3.5. Мировая экономика и внешнеэкономическая политика

Теории международной торговли

1. Допустим, что Россия производит 360 электровозов и 2400 вагонов, а Украина – 160 электровозов и 800 вагонов. Если бы Россия производила только электровозы, то их ежегодный выпуск составил бы 600 шт., а если бы только вагоны, то выпустила бы их 6000 шт. Соответственно, Украина могла бы производить либо 200 электровозов, либо 4000 вагонов.

Определите, какая страна обладает абсолютным и сравнительным преимуществом в производстве этих видов продукции; к каким выгодам приводят специализация и внешняя торговля?

2. В Казахстане один работник производит 1 т мяса или 20 ц пшеницы в год, а в Кыргызстане – 2 т мяса или 10 ц пшеницы. Всего в Казахстане на производстве мяса и пшеницы специализируются 400 тыс. человек, а в Кыргызстане – 100 тыс. человек. Президенты Казахстана и Кыргызстана подписывают соглашение об экономическом сотрудничестве, включая эффективное разделение труда в производстве пшеницы и мяса. Как будут выглядеть кривые производственных возможностей двух государств по производству мяса и пшеницы?

3. Россия и Германия производят два вида товара: каждая – велосипеды и очки. В России общее количество труда, расходуемое на их производство, составляет 1000 час, а в Германии – 1200 час. В России необходимо затратить 5 час на производство каждого велосипеда и 2 час – на каждые очки. В Германии и на велосипед, и на очки требуется по 3 час.

А. Покажите графически границу производственных возможностей при одновременном производстве двух товаров отдельно для России и Германии.

Б. Подсчитайте относительную цену велосипедов, выраженную через цену очков, в России и Германии.

В. Изобразите графически расширение возможностей потребления и велосипедов, и очков в России и Германии в результате торговли.

4. Предположим, что страны *A* и *B* производят только два товара – велосипеды и очки. Уровень затрат труда на их производство характеризуется данными таблицы, а предельные издержки замещения остаются неизменными при любых объемах производства.

Страна	Затраты на выпуск 1 велосипеда, час	Затраты на выпуск 1 очков, час
<i>A</i>	100	20
<i>B</i>	160	40

А. Какая из стран имеет абсолютное преимущество в производстве велосипедов (очков)?

Б. Какая из стран имеет сравнительное преимущество в производстве велосипедов (очков)?

В. Какие товары будут экспортировать и импортировать страны *A* и *B* в условиях свободной торговли?

Г. В каких пределах должна установиться соотношение мировых цен на велосипед и очки в условиях свободной торговли между странами *A* и *B*?

5. Ознакомьтесь с характеристиками производственных возможностей стран *X* и *Y*. Предположим, что структура спроса такова, что при отсутствии внешней торговли в стране *X* производится и потребляется 8 тыс. автомобилей и 3 тыс. т риса, а в стране *Y* – 8 тыс. автомобилей и 9 тыс. т риса.

Продукт	Производственные возможности страны <i>X</i>					
Автомобиль, тыс.шт.	10	8	6	4	2	0
Рис, тыс. т	0	3	6	9	12	15
	Производственные возможности страны <i>Y</i>					
Автомобиль, тыс.шт.	20	16	12	8	4	0
Рис, тыс. т	0	3	6	9	12	15

А. Изобразите графики производственных возможностей стран *X* и *Y* при учете того, что издержки замещения постоянны.

Б. На производстве каких товаров выгодно специализироваться странам *X* и *Y*? Почему?

В. Каков будет прирост мирового производства автомобилей и риса, полученный в результате такой специализации?

Г. В каких пределах может установиться мировая цена одного автомобиля?

Д. Предположим, что мировая цена устанавливается на уровне «1 автомобиль за 1 т риса» и что объемы внешней торговли составляют 10 тыс. автомобилей и 10 тыс. т риса. Каким будет выигрыш от специализации и торговли для каждой страны?

6. Ознакомьтесь с характеристиками производственных возможностей стран *X* и *Y*. Предположим, что структура спроса такова, что при отсутствии внешней торговли в стране *X* производится и потребляется 6 тыс. т пшеницы и 9 тыс. т кукурузы, а в стране *Y* – 16 тыс. пшеницы и 6 тыс. т кукурузы.

Продукт, тыс. т	Производственные возможности страны <i>X</i>						
Пшеница	12	10	8	6	4	2	0
Кукуруза	0	3	6	9	12	15	18
	Производственные возможности страны <i>Y</i>						
Пшеница	24	20	16	12	8	4	0
Кукуруза	0	3	6	9	12	15	18

А. Изобразите графики производственных возможностей стран *X* и *Y* при учете того, что издержки замещения постоянны.

Б. На производстве каких товаров выгодно специализироваться странам *X* и *Y*? Почему?

В. Каков будет прирост мирового производства пшеницы и кукурузы, полученный в результате такой специализации?

Г. В каких пределах может установиться мировая цена 1 т пшеницы и 1 т кукурузы?

Тарифные и нетарифные ограничения

7. Россия производит и потребляет постоянные магниты. Их внутреннее предложение: $Q^S = 50 + 5P$, а спрос: $Q^D = 400 - 10P$. Мировая цена на магниты составляет 10 долл. Правительство вводит квоту, ограничивающую импорт магнитов в размере 50 шт.

А. Сколько магнитов и по какой цене Россия будет производить в условиях свободы торговли?

Б. Каков будет объем их импорта при мировой цене на магниты 10 долл.?

В. Как импортная квота повлияет на внутренние цены магнитов?

Г. Насколько увеличатся доходы импортеров, получивших право на импорт в рамках квоты, от ее введения?

Д. Каковы будут потери потребителей?

8. Россия производит 70, потребляет 20 и экспортирует 50 легких спортивных самолетов в год по цене 6000 долл. за самолет. Правительство, считая самолетостроение перспективной отраслью, предоставляет производителям субсидию в размере 15% от стоимости самолета, в результате чего внутренняя цена самолета увеличивается до 6450 долл., а его цена на внешнем рынке сокращается до 5550 долл.

А. Почему внутренняя цена на самолет увеличилась меньше, чем размер субсидии?

Б. Как введение субсидии отразилось на объемах внутреннего производства и экспорта самолетов?

В. Как повлияло введение субсидии на потребителей и доходы бюджета?

Г. Какое воздействие оказало введение субсидии на условия торговли России?

9. Говядина стоит 5,4 долл. за 1 кг. По этой цене российские фермеры производят 20 тыс. т, тогда как спрос на российском рынке достигает 60 тыс. т. В странах ближнего зарубежья, являющихся экспортерами говядины в Россию, ее цена составляет 3,6 долл. за 1 кг. По такой цене российские фермеры смогут произвести только 5 тыс. т при спросе, увеличивающемся до 65 тыс. т. Для защиты внутреннего рынка Россия вводит импортную квоту, лицензия на получение которой стоит как раз столько, сколько составляет разница между внутренней ценой говядины и ее ценой в странах ближнего зарубежья, то есть 1,8 долл. за 1 кг.

А. Каков объем импорта говядины при свободе торговли и при защите внутреннего рынка импортной квотой?

Б. Как скажется введение квоты на потребителей и на производителях?

В. Каков доход импортеров, получивших разрешение на импорт в рамках квоты, от ее введения?

Платежный баланс

10. К какому счету – счету текущих операций или счету движения капиталов – Выотнесли бы: а) покупку японцами гостиницы в США; б) покупку американцами японских установок для опреснения морской воды? Учитывая, что и гостиница, и опреснительная установка с точки зрения экономической теории являются товарами, установите, в чем состоит их различие?

11. Классифицируйте каждую из названных операций (отток или приток капитала) с точки зрения российской экономики: а) «новый русский» приобретает виллу в Испании; б) крупный московский банк предоставляет правительству Казахстана ссуду в 100 тыс. долл.; в) российский импортер вина берет краткосрочный займ в одном из итальянских банков для оплаты приобретаемой им партии итальянского ликера; г) кондитерская фабрика в Самаре приобретает акции американской корпорации по производству шоколадных конфет.

12. На основании приведенных статей составьте платежный баланс страны «Дельта», классифицируя каждую из операций как кредит или дебет, выделяя основные его разделы – текущий баланс и баланс движения капиталов, определяя сальдо по итогам каждого счета и итоговое сальдо. Экспорт нефти 6 млн долл. Импорт зерна 5 млн долл. Экспорт оружия 2 млн долл. Доходы от туризма иностранцев в «Дельте» 6 млн долл. Денежные пе-

реводы иностранцам из «Дельты» 2 млн долл. Покупка акций частных корпораций страны «Альфа» 6 млн долл. Покупка золота у иностранных граждан 1 млн долл.

13. На основании приведенных статей составьте платежный баланс страны «Альфа», классифицируя каждую из операций как кредит или дебет.

Операция	Сумма, млрд руб.
Экспорт нефти	90
Импорт зерна	60
Экспорт оружия	30
Доходы от туризма иностранцев в «Альфе»	70
Денежные переводы иностранцам из «Альфы»	35
Покупка акций частных корпораций страны «Дельта»	70
Покупка золота у иностранных граждан	15

14. Европейская компания закупает автомобили в США по цене 12000 долл. Валютный курс составляет: 1 евро = 1,2 долл. Какими будут последствия повышения курса евро по отношению к доллару США на 10 % для импортера?

15. Допустим, курс доллара к евро составляет 1:3, следовательно, один и тот же товар стоит в США, например, 400 долл., а в Европе 1200 евро. Какой экспортер получит дополнительный доход (США или европейская страна), если курс доллара искусственно понизится до 1:2? Определите величину дополнительного дохода.

16. Допустим, корзина американского потребителя стоит 200 долл., а российского – 7500 руб. Номинальный валютный курс американского доллара составляет: 1 долл. = 30 руб. Чему равен реальный валютный курс?

17. Два одинаковых по своим качествам автомобиля – российский и американский – стоят соответственно 210 тыс. руб. и 10 тыс. долл. Номинальный обменный курс американского доллара составляет 30 руб.

А. Чему равен реальный обменный курс доллара?

Б. Как должен измениться номинальный обменный курс американской валюты, чтобы реальный обменный курс составил 1?

В. Из-за высокой инфляции российский автомобиль стал стоить 270 тыс. руб. Как при этом изменился реальный обменный курс, если номинальный курс остался прежним? Как должен измениться номинальный обменный курс, чтобы реальный обменный курс остался неизменным?

18. Спрос домашних хозяйств на отечественные блага выражается формулой: $C = 1000 + 0,6Y$, а на импортные: $Z = 0,2Y$. Объем инвестиций представлен функцией: $I = 5000 - 1250r + 0,1Y$. Государственные расходы в точности равны сумме подоходного налога, ставка которого составляет 25 %. Экспорт страны равен 10000 ден. ед. В обращении находится 20000 ден. ед., а операционный и спекулятивный спрос на деньги соответственно представлен формулами: $M_{OP}^D = 0,5Y$; $M_{SP}^D = 20625(r - 1,5) - 2000$. Определить состояние торгового баланса страны при достижении совместного равновесия на рынках благ и денег.

Примеры решения типовых задач

1. Предположим, что страны *A* и *B* производят только два товара – сахар и сталь. Уровень затрат труда на их производство характеризуется данными таблицы, а предельные издержки замещения остаются неизменными при любых объемах производства.

Страна	Затраты на выпуск 1 т стали, час	Затраты на выпуск 1 т сахара, час
<i>A</i>	150	100
<i>B</i>	120	120

А. Какая из стран имеет абсолютное преимущество в производстве стали (сахара)?

Б. Какая из стран имеет сравнительное преимущество в производстве стали (сахара)?

В. Какие товары будут экспортировать и импортировать страны *A* и *B* в условиях свободной торговли?

Г. В каких пределах должно установиться соотношение мировых цен на сталь и сахар в условиях свободной торговли между странами *A* и *B*?

Решение.

А. Абсолютное преимущество – возможность страны производить благодаря ее естественным и приобретенным преимуществам какой-либо товар с меньшими издержками труда на единицу продукции по сравнению с другими странами, производящими этот же товар. Абсолютным преимуществом в производстве стали обладает страна *B* ($120 \text{ т/час} < 150 \text{ т/час}$), в производстве сахара – страна *A* ($100 \text{ т/час} < 120 \text{ т/час}$).

Б. Сравнительное преимущество – способность страны производить товар или услугу с относительно меньшими издержками замещения по сравнению с другими странами. Издержки замещения представляет собой соотношение абсолютных удельных затрат труда по двум видам товаров в одной стране.

Издержки замещения стали определяются по формуле

$$Za = a/b,$$

Где a – удельные затраты труда на производство стали, час./т стали;

b – удельные затраты труда на производство сахара, час./т сахара.

Страна *B* имеет сравнительное преимущество в производстве стали, так как издержки замещения у неё минимальны:

$$Za(\text{страна } A) = 150 \text{ час/т стали} : 100 \text{ час/т сахара} = 1,5 \text{ т сахара /т стали};$$

$$Za(\text{страна } B) = 120 \text{ час/т стали} : 120 \text{ час/т сахара} = 1 \text{ т сахара /т стали} \rightarrow \min.$$

Издержки замещения сахара определяются по формуле

$$Zb = b/a.$$

Страна *A* имеет сравнительное преимущество в производстве сахара, так как издержки замещения у неё минимальны:

$$Zb(\text{страна } A) = 100 \text{ час/т сахара} : 150 \text{ час/т стали} = 0,67 \text{ т стали/т сахара} \rightarrow \min;$$

$$Zb(\text{страна } B) = 120 \text{ час/т сахара} : 120 \text{ час/т стали} = 1 \text{ т стали/т сахара}.$$

В. Международная торговля является выгодной в том случае, если две страны торгуют товарами, которые каждая из стран производит с меньшими издержками, чем страна-партнер. Страны должны экспортировать те товары, которые они производят с меньшими издержками, и импортировать те товары, которые производятся другими странами с меньшими издержками.

В условиях свободной торговли страна *A* будет экспортировать сахар и импортировать сталь, страна *B* будет экспортировать сталь и импортировать сахар.

Г. В условиях свободной торговли мировая цена стали установится в следующих пределах: $1 \text{ т сахара} < 1 \text{ т стали} < 1,5 \text{ т сахара}$; мировая цена сахара: $0,67 \text{ т стали} < 1 \text{ т сахара} < 1 \text{ т стали}$.

2. В стране внутренний спрос на товар $Q^D = 50 - P$ и внутреннее предложение $Q^S = -10 + P$, а мировая цена на товар составляет 20 долл. Какова будет цена товара на внутреннем рынке при импортной квоте, равной 10 ед. товара?

Решение. В условиях закрытой экономики равновесный объем товара будет равен 20 ед. при равновесной цене 30 долл.:

$$Q^D = Q^S; 50 - P = -10 + P, P = 30, Q = 20.$$

В условиях открытой экономики внутренняя цена товара установится на уровне мировой цены 20 долл. Отсюда: внутренний спрос $Q^D = 50 - 20 = 30$ ед. больше предложения товара отечественных производителей $Q^S = -10 + 20 = 10$ ед. на величину импорта в размере 20 ед.

Политика импортного квотирования приводит к увеличению цены товара на внутреннем рынке до 25 долл.: $Q^D = 50 - 25 = 25$ ед., $Q^S = -10 + 25 = 15$ ед.; $Q^D - Q^S = 25 - 15 = 10$ ед.

3. Платежный баланс условной страны Скорпио за год представлен в таблице (млрд долл.).

- Каково сальдо торгового баланса?
- Каково сальдо баланса текущих операций?
- Каково сальдо баланса движения капиталов?
- Каково сальдо баланса официальных расчетов страны?
- Каково изменение официальных резервов страны?

Экспорт товаров	+ 40
Импорт товаров	– 30
Экспорт услуг	+ 15
Импорт услуг	– 10
Доходы от зарубежных инвестиций	+ 20
Доходы на зарубежные инвестиции	– 10
Трансферты из-за границы	+ 1
Трансферты за границу	– 6
Приток капитала	+ 10
Отток капитала	– 40

Решение. Представим платежный баланс условной страны Скорпио за год в следующем виде (млрд долл.):

Платежный баланс условной страны Скорпио за год выглядит следующим образом (млрд долл.):

КРЕДИТ (+)		ДЕБЕТ (–)	
I. Счет текущих операций			
1. Экспорт товаров	+ 40	2. Импорт товаров	– 30
Сальдо торгового баланса + 10			
3. Экспорт услуг	+ 15	4. Импорт услуг	– 10
5. Доходы от зарубежных инвестиций +20		6. Доходы на зарубежные инвестиции -10	
7. Трансферты из-за границы	– 6	8. Трансферты за границу	+ 1
Сальдо баланса текущих операций + 20			
II. Счет движения капитала			
9. Приток капитала	+ 10	10. Отток капитала	– 40
Сальдо баланса движения капитала – 30			
Сальдо баланса текущих операций и движения капитала (сальдо баланса официальных расчетов)– 10			
11. Изменение официальных валютных резервов + 10			

Таким образом, платежный баланс условной страны Скорпио, имея отрицательное итоговое сальдо, является пассивным.

4. Два одинаковых по своим качествам автомобиля – российский и американский – стоят соответственно 210 тыс. руб. и 10 тыс. долл. Номинальный обменный курс американского доллара составляет: 1 долл. = 30 руб. Чему равен реальный обменный курс доллара?

Решение. Реальный обменный курс определяем по формуле

$$\varepsilon = P / (e \cdot P^*),$$

где ε – реальный обменный курс;

P – цена отечественного товара, руб.;

P^* – цена товара за рубежом, долл.;

e – номинальный обменный курс, руб./долл.

Реальный обменный курс составит: $210 \text{ тыс. руб.} / (30 \text{ руб./долл.} \times 10 \text{ тыс. долл.}) = 0,7$. Значит, за 1 российский автомобиль можно приобрести 0,7 американского. $0,7 < 1 \rightarrow$ отечественный товар является более конкурентоспособным.

5. Ниже приведена карта спроса и предложения на рынке фунтов стерлингов (£):

Цена £, \$	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
Объем предложения £, млн	160	170	180	190	200	220
Объем спроса на £, млн	200	190	180	170	160	150

А. Федеральная резервная система США устанавливает валютный курс на уровне: $1 \text{ £} = 2,1 \text{ \$}$. Должна ли ФРС в этой ситуации покупать или продавать фунты стерлингов? Если да, то какое количество?

Б. Что произойдет в этом случае с официальными валютными резервами США?

Решение.

А. В соответствии с имеющимися данными при валютном курсе $1 \text{ £} = 2,1 \text{ \$}$ существует дефицит фунтов стерлингов в размере 20 млн ($170 - 190$). Таким образом, для поддержания фиксированного валютного курса Федеральная резервная система США должна продавать 20 млн фунтов стерлингов.

Б. Официальные валютные резервы уменьшатся на 20 млн фунтов стерлингов.

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответ на имеющиеся эталоны ответов. При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

1. готовясь к тестированию, проработать информационный материал по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;

2. четко выяснить все условия тестирования заранее. Студент должен знать, сколько тестов ему будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов и т. д.;

3. приступая к работе с тестами, внимательно и до конца нужно прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов; выбрать правильные (их может быть несколько); на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам;

- в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задания. Это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант;

- не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, нужно переходить к другим тестовым заданиям; к трудному вопросу можно обратиться в конце;

- обязательно необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ В ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ТЕОРИЮ

Тема 1.2. Сущность и типы экономических систем. Отношения собственности

1. Правильная последовательность фаз (стадий) общественного производства такова:

- а) производство, распределение, обмен, потребление;
- б) производство, обмен, распределение, потребление;
- в) распределение, производство, обмен, потребление;
- г) распределение, потребление, производство, обмен.

2. Воспроизводство, которое связано с привлечением дополнительных экономических ресурсов, называется:

- а) простым;
- б) сокращающимся;
- в) интенсивным;
- г) экстенсивным.

3. Непрерывное возобновление процесса создания благ и услуг в увеличивающихся размерах называется:

- а) расширенным воспроизводством;
- б) воспроизводством;
- в) производством;
- г) простым воспроизводством.

4. Из приведенных ниже комбинаций включает различные факторы производства только следующая:

- а) нефть, нефтяник, владелец нефтяной компании, газ;
- б) работник конвейера, конвейер, автомобиль;
- в) поле, трактор, фермер-предприниматель, доярка;
- г) банкир, компьютер, деньги.

5. Капитал как фактор производства – это:

- а) оборудование, орудия труда, машины, сырье, с помощью которых производятся товары;
- б) накопления и сбережения физических и юридических лиц;
- в) деньги и ценные бумаги;
- г) денежные средства, используемые в расчетах между покупателем и продавцом.

6. Что вы понимаете под экономической категорией «собственность»:

- а) обладание материальными или духовными благами;
- б) юридически закрепленное право владеть, распоряжаться, использовать принадлежащие людям материальные или духовные блага;
- в) отношения между людьми по поводу присвоения материальных и духовных благ;
- г) комплекс прав владельца блага.

7. «Пучок прав собственности» предполагает:

- а) право на исключение из доступа к ресурсам других агентов;
- б) право на получение ресурса;
- в) право на получение дохода от ресурса;

г) право на передачу всех предыдущих полномочий.

8. Владение – это:

- а) право производительно или лично потреблять вещь;
- б) право физического обладания вещью;
- в) право определения способа использования вещи.

9. Общественная собственность НЕ может выступать в форме:

- а) акционерной;
- б) коллективной;
- в) государственной;
- г) общенародной.

10. В какой из вариантов включены основные вопросы, решаемые любой экономической системой:

- а) что производится, как производится, для кого производится;
- б) что потребляется, как производится, кто производит;
- в) что потребляется, как потребляется, кем потребляется;
- г) что производится, как потребляется, кем производится?

11. Главным критерием дифференциации экономических систем является:

- а) характер распределяемых доходов;
- б) основная форма собственности;
- в) предпосылки для экономического роста;
- г) состояние рыночного обмена.

12. Стихийный способ координации деятельности экономических агентов характерен:

- а) для рыночной экономики;
- б) плановой экономики;
- в) традиционной экономики;
- г) любой экономической системы.

13. Одно из преимуществ административно-командной экономики состоит в следующем:

- а) возможности быстрой концентрации ресурсов в государственном секторе;
- б) свободном выборе хозяйствующими субъектами видов деятельности;
- в) возможности полного удовлетворения потребностей общества;
- г) формировании цен на основе взаимодействия спроса и предложения.

14. Когда экономические проблемы решаются частично рынком, частично государством, то экономика:

- а) административно-командная;
- б) рыночная;
- в) натуральная;
- г) смешанная.

15. К трансакционным издержкам НЕ относятся:

- а) издержки, связанные с поиском информации;
- б) издержки, связанные с оплатой сырья и материалов;
- в) издержки оппортунистического поведения;
- г) издержки, связанные со спецификацией и защитой прав собственности.

Тема 1.3. Общая характеристика рыночной системы хозяйствования

1. Какой из ниже перечисленных элементов является наиболее важным для рыночной экономики:

- а) эффективные профсоюзы;
- б) продуманное государственное регулирование;
- в) ответственные действия предпринимателей;
- г) активная конкуренция на рынке.

2. К характеристике рыночной экономики НЕ относится:

- а) централизованное планирование;
- б) предпринимательская деятельность;
- в) частная собственность;
- г) конкуренция.

3. Проблема «как производить» в рыночной экономике решается:

- а) через стремление производителей к получению прибыли и, следовательно, к минимизации издержек производства;
- б) на основе широкого использования в экономике средств производства;
- в) на основе динамики и объема потребительского спроса, которые определяются через цены на конечные продукты;
- г) на основе специализации, которая используется при применении разных технологических способов производства;
- д) нет верного ответа.

4. Фиаско рынка проявляется в ...

- а) отсутствии стимулов к производству товаров и услуг коллективного пользования;
- б) неспособности уравнивать экономические интересы продавцов и покупателей;
- в) отсутствии механизмов «вымывания» неконкурентоспособных предприятий;
- г) неспособности информировать фирмы об объемах и структуре производства.

5. К функциям рынка не относится ...

- а) социальная;
- б) ценообразующая;
- в) стимулирующая;
- г) посредническая.

6. Рынок не обеспечивает:

- а) удовлетворения потребностей всех членов общества;
- б) экономического стимулирования эффективности производства;
- в) установления ценностных эквивалентов для обмена;
- г) согласования производства и потребления по структуре.

7. Роль государства в экономике в период развития капитализма свободной конкуренции определялась взглядами ...

- а) классической политэкономии;
- б) монетаризма;
- в) институционализма;
- г) кейнсианства.

8. Натуральной форме общественного хозяйства НЕ присущи отношения:

- а) обмена;
- б) распределения;
- в) потребления;
- г) производства.

9. Товарное производство непременно предполагает:

- а) обособленность товаропроизводителей;
- б) господство государственной собственности;
- в) преобладание ручного труда;
- г) непосредственную связь производства и потребления.

10. Главным критерием при разделении рынка на легальный и нелегальный является:

- а) степень конкурентности рынков;
- б) экономическое назначение объектов рыночных отношений;
- в) уровень насыщенности рынков;
- г) степень соответствия законодательству;
- д) территориальный (географический) признак.

11. Рыночная инфраструктура НЕ включает:

- а) товарные биржи;
- б) фондовые биржи;
- в) бюджет государства;
- г) банки и кредитные организации;
- д) биржи труда.

12. Классический рынок характеризуется...

- а) неограниченным числом участников и свободной конкуренцией между ними;
- б) отсутствием самостоятельности в коммерческой деятельности;
- в) монополизмом производителя;
- г) государственным регулированием.

13. Решение проблемы внешних эффектов, предложенное Р. Коузом, предполагает, кроме всего прочего, что величина _____ издержек незначительна, или они отсутствуют.

- а) транзакционных;
- б) социальных;
- в) внешних;
- г) предельных.

14. Международный пример решения проблемы загрязнения окружающей среды как проблемы внешних эффектов под названием «Киотский протокол» предусматривает...

- а) создание рынка прав на загрязнение;
- б) введение платы за выбросы;
- в) введение корректирующих налогов;
- г) запрет на применение отходных технологий.

15. Общественные блага характеризуются _____ в потреблении.

- а) неисключаемостью и неконкурентностью;
- б) неисключаемостью и конкурентностью;
- в) неконкурентностью и исключаемостью;
- г) исключаемостью и конкурентностью.

Раздел 2. ОСНОВЫ МИКРОЭКОНОМИКИ

Тема 2.2. Теория потребительского выбора

1. Условная единица полезности, введенная сторонниками количественного подхода для измерения удовлетворения от потребления блага, называется:

- а) ютиль;
- б) эцю;
- в) тратта;
- г) сеньораж.

2. Под предельной полезностью понимается:

- а) способность товаров и услуг удовлетворять человеческие потребности;
- б) субъективная оценка благ людьми;
- в) добавочная полезность или удовлетворение, извлекаемое потребителем из одной дополнительной единицы конкретного продукта;
- г) объективное свойство экономических благ;
- д) нижний предел цены.

3. Закон уменьшающейся предельной полезности констатирует, что:

- а) предельная полезность товара X падает по мере приобретения дополнительных единиц других товаров;
- б) общая полезность товара X повышается при потреблении последующих единиц этого товара;
- в) общая полезность максимизируется, когда выполняется условие $MU_x/P_x = MU_y/P_y$;
- г) приобретение каждой дополнительной единицы товара X приносит все меньше удовлетворения покупателю.

4. Теория потребительского поведения предполагает, что потребитель стремится максимизировать:

- а) разницу между общей и предельной полезностью;
- б) общую полезность;
- в) предельную полезность;
- г) каждую из перечисленных величин.

5. Общая полезность блага максимальна, если предельная полезность его дополнительной единицы:

- а) увеличивается;
- б) уменьшается;
- в) является величиной положительной;
- г) является величиной отрицательной;
- д) равна 0.

6. Чтобы максимизировать полезность, потребитель должен так распределить доход, чтобы:

- а) предельная полезность каждого потребленного товара была одинаковой;
- б) общая полезность каждого товара в расчете на единицу товара была одинаковой;
- в) предельная полезность каждого товара, полученная в расчете на 1 руб. была одинаковой;
- г) приобретать максимальное количество товаров, не являющихся заменителями.

7. Кривая безразличия:

- а) представляет совокупность набора товаров, для приобретения которой используется весь доход потребителя;
- б) отражает объективные рыночные характеристики, касающиеся величины дохода и цен;
- в) меняет свой наклон, если изменяется доход потребителя;
- г) введена в экономический анализ Вальрасом;
- д) это линия, каждая точка которой представляет комбинацию товаров, дающую потребителю равный объем удовлетворения потребности.

8. Предельная норма замещения:

- а) всегда положительна;
- б) представляет собой отношение предельных полезностей товаров-заменителей;
- в) показывает, от какого количества одного блага потребитель должен отказаться для приобретения единицы другого блага так, чтобы уровень общей полезности не изменился;
- г) характеризует наклон бюджетной линии.

9. Бюджетная линия:

- а) характеризует предельную полезность товара;
- б) показывает общую полезность;
- в) при изменении цен товаров не меняет своего наклона;
- г) представляет все доступные комбинации товаров при заданных ценах и величине дохода потребителя;
- д) определяет субъективную информацию потребителя о его предпочтениях.

10. Потребительское равновесие на карте безразличия – это:

- а) любое пересечение бюджетной линии и кривой безразличия;
- б) любая точка на самой высокой из кривых безразличия;
- в) та точка, в которой наклон бюджетной линии равен наклону касательной к ней кривой безразличия;
- г) любая точка, расположенная на бюджетной линии;
- д) любая точка, расположенная на пространстве, ограниченном бюджетной линией.

11. Эффект дохода гласит, что...

- а) при постоянном доходе снижение цены увеличивает покупательную способность;
- б) при постоянном доходе снижение цены вызовет уменьшение покупательной способности;
- в) в определенных ситуациях закон спроса нарушается, а кривая спроса получает положительный наклон;
- г) с ростом дохода потребитель начинает приобретать только «престижные» товары.

12. Эффект замещения – это...

- а) изменение объема и структуры потребления вследствие изменения относительной цены и перемещения из одной точки кривой безразличия в другую;
- б) изменение объема и структуры потребления вследствие перемещения на более высокую или низкую кривую безразличия;
- в) вытеснение из потребления низкокачественных товаров более качественными и дорогостоящими;
- г) демонстрационное потребление с положительной зависимостью между ценой и количеством спроса на товар.

13. Под эффектом Веблена понимается...

- а) демонстрационное потребление, т. е. увеличение потребительского спроса, связанное с тем, что товар имеет более высокую цену;
- б) спонтанный спрос, управляемый сиюминутным желанием;
- в) изменение спроса группы людей из-за того, что другие люди потребляют данный товар;
- г) изменение спроса на товар, обусловленное качествами, присущими самому товару.

14. Ситуация, когда снижение цены приводит к уменьшению спроса, а увеличение цены – повышению спроса на некачественный или низший товар, который занимает значительное место в структуре потребления, называется эффектом ...

- а) Гиффена;
- б) Веблена;
- в) сноба;
- г) дохода.

15. Излишек потребителя – это сумма денег:

- а) которая не нужна потребителю;
- б) которую государство забирает у потребителя при помощи налогов;
- в) которую выигрывает потребитель из-за разницы между ценой, которую он готов уплатить, и рыночной ценой;
- г) которую потребитель желает отдать тем фирмам-производителям, у которых наиболее высококачественная продукция.

Раздел 3. ОСНОВЫ МАКРОЭКОНОМИКИ

Тема 3.1. Национальная экономика: цели и результаты развития

1. Специфическим методом макроэкономики является:

- а) метод индукции;
- б) агрегирование;
- в) метод синтеза;
- г) метод научной абстракции;
- д) метод функционального анализа.

2. Функцией предпринимательского сектора в рамках модели экономики страны является:

- а) предложение факторов производства;
- б) потребление экономических благ;
- в) предложение общественных экономических благ;
- г) предложение денег;
- д) предложение частных экономических благ.

3. В модели кругооборота экономики страны в качестве доходов государственного сектора выступают:

- а) трансферты;
- б) факторные доходы;
- в) налоги и сборы;
- г) сбережения;
- д) инвестиции.

4. Национальное богатство в широком понимании:

- а) стоимость имущества, которым владеет страна: лесов, рек, полей, фабрик, заводов, имущества ее граждан;
- б) стоимость всех факторов производства;
- в) совокупность всех ценностей, которыми располагает страна на каждом этапе развития.

5. Повторный счет при расчете ВВП устраняется путем исключения из его величины:

- а) стоимости конечной продукции;
- б) стоимости промежуточной продукции;
- в) добавленной стоимости;
- г) государственных субсидий;
- д) косвенных налогов.

6. Какие из нижеперечисленных доходов вы включили бы в ВВП?

- а) зарплату репетитора на дому;
- б) продажу старого холодильника;
- в) доход владельца автозаправочной станции;
- г) денежный перевод внуку от бабушки, живущей в другом городе.

7. Для расширения производственного потенциала страны необходимо, чтобы:

- а) ВНП превышал ЧНП на величину амортизации;
- б) НД превышал объем потребительских расходов населения и государства;
- в) инвестиции превышали величину амортизации;
- г) ЧНП превышал НД.

8. При расчете стоимости потребительской корзины базового года учитываются: (два ответа)

- а) цены произведенных товаров и услуг базового года;
- б) цены произведенных товаров и услуг текущего года;
- в) объемы производства товаров и услуг базового года;
- г) объемы производства товаров и услуг текущего года.

9. Если объем номинального ВВП и уровень цен повысились, то:

- а) реальный ВВП не изменился;
- б) реальный ВВП увеличился, но в меньшей степени, чем цены;
- в) реальный ВВП сократился;
- г) эта информация не позволяет определить динамику реального ВВП.

10. К третичному сектору экономики относится следующий вид экономической деятельности:

- а) образование;
- б) лесное хозяйство;
- в) обрабатывающее производство;
- г) добыча полезных ископаемых;
- д) производство и распределение электроэнергии, газа и воды.

11. Межотраслевые пропорции отражают количественные соотношения между:

- а) различными отраслями национальной экономики;
- б) отдельными производствами отрасли;
- в) накоплением и потреблением;
- г) национальными отраслями производства различных стран.

12. Законная, но официально не зарегистрированная деятельность – это:

- а) криминальная экономическая деятельность;
- б) скрытая (квази-легальная) экономическая деятельность;
- в) нелегальная экономическая деятельность;
- г) неформальная экономическая деятельность.

Тема 3.2. Макроэкономическое равновесие и макроэкономическая динамика

1. Согласно кейнсианской модели для повышения совокупного спроса при нарушении макроэкономического равновесия, применяются...

- а) отвлечение потенциальных расходов;
- б) инъекции;
- в) повышение учетной ставки;
- г) изъятия в виде сбережений.

2. Какое из перечисленных утверждений о кривой AD является ошибочным?

- а) отрицательная зависимость между уровнем цен и объёмом выпуска выводится из уравнения количественной теории денег при условии фиксированного предложения денег и скорости их обращения;
- б) кривая AD имеет положительный наклон;
- в) когда Центральный банк увеличивает предложение денег, изменения в экономике могут быть описаны движением от одной точки на стационарной кривой AD до другой;
- г) при движении вдоль кривой AD предполагается, что предложение денег остаётся постоянным;
- д) каждая точка на кривой AD представляет собой объём товаров и услуг, который потребители могут приобрести при данном уровне цен.

3. Нарушение равновесия в результате увеличения совокупного спроса на кейнсианском отрезке совокупного предложения приведет к росту:

- а) объема производства и росту цен;
- б) объема производства и снижению цен;
- в) объема производства при неизменных ценах;
- г) цен при неизменном объеме производства.

4. Воздействие отрицательного шока совокупного предложения отражается:

- а) сдвигом кривой AS влево – вверх;
- б) сдвигом кривой AS вправо – вниз;
- в) движением вдоль кривой AS;
- г) изменением наклона кривой AS.

5. Отношение объема потребления к объему дохода является формальным выражением...

- а) акселератора;
- б) предельной склонности к потреблению;
- в) мультипликатора инвестиций;
- г) средней склонности к потреблению.

6. Валовые инвестиции – это...

- а) затраты на средства производства, предназначенные на возмещение стоимости потребленного основного капитала и его прирост;
- б) затраты на средства производства;

- в) затраты на средства производства, предназначенные на возмещение стоимости потребленного основного капитала;
- г) затраты на повышение уровня квалификации наемных работников.

7. Эффект мультипликатора при ситуации неполной занятости:

- а) действует не в полную силу;
- б) проявляется максимально;
- в) отсутствует;
- г) действует, но не всегда.

8. Потребительские расходы: $C = 100 + 0,8Y$; национальный доход $Y = 1000$; объем сбережений:

- а) 200;
- б) 800;
- в) 400;
- г) 100.

9. Согласно монетаристской концепции обратная зависимость между инфляцией и безработицей существует...

- а) в краткосрочном периоде;
- б) в долгосрочном периоде;
- в) как в краткосрочном, так и в долгосрочном периоде;
- г) только в странах с переходной экономикой.

10. Если для удвоения цен необходимо 10 лет, среднегодовой темп инфляции:

- а) 17 %;
- б) 10 %;
- в) 3 %;
- г) 7 %.

11. Инфляция, сопровождаемая всеобщим государственным контролем, называется ...

- а) подавленная;
- б) открытая;
- в) ожидаемая;
- г) сбалансированная.

12. Ярко выраженная антиинфляционная политика предполагает:

- а) повышение уровня налогообложения и сокращение государственных расходов;
- б) рост налогов и более высокий уровень государственных расходов;
- в) снижение налогов и более высокий уровень государственных расходов;
- г) постоянство уровня и государственных расходов, и налоговых поступлений.

13. Если индекс цен в базовом году составил 182,5 %, в текущем – 232,5 %, то темп инфляции в текущем году равен:

- а) 50 %;
- б) 127 %;
- в) 1,27;
- г) 27,4 %.

14. Если в стране за текущий год реальная заработная плата увеличилась на 8 % при уровне инфляции 3 %, то номинальная оплата труда:

- а) повысилась на 5 %;
- б) повысилась на 11 %;
- в) снизилась на 3 %;
- г) повысилась на 3,67 %.

15. К среднесрочным экономическим циклам относят циклы:

- а) Кондратьева;
- б) Митчелла;
- в) Китчина;
- г) Жуглара.

16. Величина реального ВВП в (t-1)-й год составила 15932,3 млрд. руб., в t-й год 16802,8. Чему будут равны темп роста и темп прироста?

- а) 105,76% и 5,76%;
- б) 105,96% и 5,96%;
- в) 104,58% и 4,58%;
- г) 105,46% и 5,46%;
- д) 103,89% и 3,89%.

17. К интенсивным факторам экономического развития НЕ относятся:

- а) использование достижений НТП;
- б) увеличение количества используемых ресурсов;
- в) повышение квалификации работников;
- г) рост производительности труда;
- д) повышение фондоотдачи и снижение материалоемкости.

Тема 3.3. Деньги, кредит, банки. Кредитно-денежная политика

1. Что не относится к функциям денег?

- а) измерять стоимость товаров и услуг;
- б) сохранять богатство;
- в) способствовать обороту товаров и услуг;
- г) улучшать благосостояние людей.

2. В состав денежного агрегата МЗ не входят:

- а) бумажные деньги;
- б) облигации государственного займа;
- в) акции предприятий;
- г) металлические деньги.

3. Бумажные деньги отличаются от кредитных тем, что:

- а) бумажные деньги – это наличные, а кредитные деньги существуют в форме записей на банковских счетах;
- б) бумажные деньги не подлежат вывозу за пределы страны;
- в) бумажные деньги имеют принудительную покупательную способность, а кредитные деньги – это векселя эмиссионного банка;
- г) бумажные деньги предназначены для оплаты недорогих товаров, а кредитные используются при оплате дорогостоящих товаров и услуг.

4. Равновесие на денежном рынке имеет место при:

- а) равенстве предложения и спроса на деньги;

- б) равенстве операционного и спекулятивного спроса;
- в) равенстве реальных кассовых остатков и предложения денег;
- г) равенстве операционного спроса на деньги и предложения денег;
- д) равенстве спекулятивного спроса на деньги и предложения денег.

5. Функцией деятельности Центрального банка является:

- а) получение прибыли;
- б) кредитование предприятий;
- в) первичный учет векселей;
- г) поддержка устойчивости и покупательной способности национальной валюты.

6. Депозиты...

- а) составляют основную часть ресурсов коммерческих банков;
- б) представляют собой отношение суммы вкладов к сумме выданных кредитов;
- в) являются основной сферой приложения капитала пенсионных фондов;
- г) являются элементом регулирования банковской системы, защищая вкладчиков от потерь при банкротстве банков.

7. Снижение учётной ставки Центрального банка свидетельствует о проведении политики.

- а) рестрикционной фискальной;
- б) рестрикционной монетарной;
- в) экспансионной фискальной;
- г) экспансионной монетарной.

8. Допустим, Вы разместили имеющуюся у Вас сумму денег в размере 100 тыс. руб. в банке под 10 % годовых. Таким образом, через год Вы получили 110 тыс. руб. Инфляция за этот период времени составила 15 %. Вывод о выгодности размещения Ваших денежных средств таков:

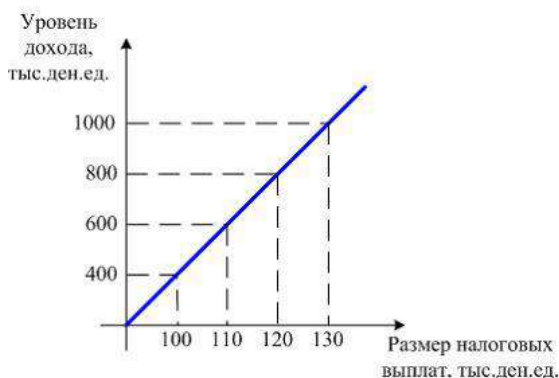
- а) удачно, реальная процентная ставка равна 25 %;
- б) не удачно, реальная процентная ставка равна (- 5 %);
- в) не удачно, реальная процентная ставка равна (- 10 %);
- г) удачно, реальная процентная ставка равна 5 %.

Тема 3.4. Государственные финансы и налогообложение. Бюджетно-налоговая политика

1. Основной принцип налогообложения:

- а) неравенство налогообложения;
- б) независимость производства от уровня налогообложения;
- в) равенство и справедливость;
- г) независимость налоговых изъятий от величины дохода.

2. На основании данных графической модели определите тип налоговой системы по характеру начисления налога...



- а) регрессивная;
- б) прогрессивная;
- в) пропорциональная;
- г) фиксированная.

3. К бюджетным расходам относятся:

- а) государственные займы;
- б) эмиссия денег;
- в) трансфертные платежи;
- г) налоговые платежи.

4. Дефицит госбюджета составлял 250 ден. ед., налоговые поступления выросли на 200 ден. ед., при прочих равных условиях:

- а) дефицит бюджета сократился до 50 ден. ед.;
- б) возник профицит бюджета в 50 ден. ед.;
- в) дефицит бюджета вырос на 50 ден. ед.;
- г) госбюджет стал сбалансированным.

5. Предположим, что фактический ВВП равен 200 ден. ед., равновесный ВВП составляет 240 ден. ед., $MPC = 0,8$. Какие изменения в бюджетно-налоговой политике должны произойти, чтобы экономическая система пришла в состояние макроэкономического равновесия?

- а) увеличение государственных расходов на 8 ден. ед.;
- б) уменьшение государственных расходов на 8 ден. ед.;
- в) увеличение государственных расходов на 40 ден. ед.;
- г) увеличение налогов на 10 ден. ед..

6. Увеличение правительственных расходов в краткосрочном периоде приводит к:

- а) снижению совокупного спроса;
- б) увеличению ВВП;
- в) снижению ВВП;
- г) росту цен.

7. Увеличение предложения денег вызовет:

- а) сдвиг кривой IS вправо;
- б) сдвиг кривой IS влево;
- в) сдвиг кривой LM вправо;
- г) сдвиг кривой LM влево;
- д) сдвиги обеих кривых вправо.

8. Инструментом стимулирующей бюджетно-налоговой политики является:

- а) повышение налогов и сокращение государственных расходов;
- б) сокращение налогов и государственных расходов;
- в) повышение налогов и государственных расходов;
- г) снижение налогов и повышение государственных расходов.

Тема 3.5. Мировая экономика и внешнеэкономическая политика

1. Бреттон-Вудская валютная система действовала:

- а) с 1867 по 1944 гг.;
- б) с 1881 по 1922 гг.;
- в) с 1944 по 1976 гг.;
- г) с 1935 по 1953 гг.

2. При плавающем валютном курсе наблюдается следующее:

- а) предсказуемость и стабильность;
- б) фиксация валютного курса на одном уровне;
- в) автоматическая корректировка платежного баланса;
- г) возможность возникновения избыточного спроса или избыточного предложения иностранной валюты.

3. Исходя из паритета покупательной способности, если телефон продается за 400 долларов в США и за 10000 рублей в РФ, то обменный курс, выраженный в количестве рублей, приходящихся на 1 доллар, составит...

- а) 25;
- б) 1;
- в) 40;
- г) 0,04.

4. Внутренняя конвертируемость валюты – это:

- а) обратимость валюты для нерезидентов;
- б) обратимость валюты для резидентов;
- в) возможность использования валюты при осуществлении любых видов внешне-экономических операций;
- г) возможность использования валюты при осуществлении некоторых видов внешне-экономических операций.

5. Парадокс Леонтьева заключается в том, что:

- а) страны экспортируют те товары, которые они производят с меньшими удельными издержками труда, и импортируют те товары, которые производятся другими странами с меньшими удельными издержками труда;
- б) в экспорте развитой страны при относительно избыточном факторе капитала преобладают относительно более трудоемкие товары, а в импорте – капиталоемкие;
- в) в импорте развитой страны при относительно избыточном факторе капитала преобладают относительно более трудоемкие товары, а в экспорте – капиталоемкие;
- г) страны с одинаковой обеспеченностью факторами производства выигрывают от внешней торговли при специализации на тех производствах, в которых наблюдается эффект масштаба.

6. К мерам государственного протекционизма относится...

- а) введение таможенных пошлин на импортируемые товары;
- б) введение налоговых льгот для филиалов зарубежных компаний;

- в) отмена любых ограничений на экспорт товаров;
- г) полная отмена таможенных пошлин на импортируемые товары.

7. Основной целью существования Всемирной торговой организации является:

- а) надзор за валютными курсами и макроэкономической политикой стран-членов и развитием международной экономики в целом;
- б) выявление тенденции в экономическом развитии стран-членов, влияния военных действий в сфере экономики на платежные балансы других стран;
- в) регулирование торговли товарами и услугами между странами;
- г) предоставление кредитов развивающимся странам и странам с переходной экономикой для осуществления мероприятий структурной политики;
- д) осуществление банковского надзора и международных расчетов.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к экзамену по дисциплине «Экономика» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «Экономика».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на экзамене особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на экзамене (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к экзамену на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
С. М. Упоров



МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«ФИЗИКА ГОРНЫХ ПОРОД»

специальность

21.05.03 Технология геологической разведки

форма обучения: очная, заочная

год набора: 2018, 2019, 2020

Автор: Земцов Н.С. к.г.-м.н.

Одобен на заседании кафедры

Геофизики

(название кафедры)

Зав.кафедрой


(подпись)

Талалай А. Г.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 12 от 05.03. 2020

(Дата)

Рассмотрен методической комиссией
факультета

(название факультета)

Председатель


(подпись)

Бондарев В. И.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 20.03. 2020

(Дата)

Екатеринбург
2020

Петрофизика-это одна из наук о Земле, изучающая физические свойства минералов, горных пород и руд. Целью изучения петрофизических характеристик является установление состава, структуры и состояния пород, особенностей дифференциации физических свойств горных пород, околорудных зон и полезных ископаемых при решении задач поисков и разведки МШИ, геологического картирования, геотектоники, геодинамики, инженерной геологии геологии.

Петрофизические исследования позволяют обосновать возможность применения отдельных геофизических методов и комплекса геофизических исследований. Наряду с этим петрофизика позволяет решать широкий класс задач прикладного и теоретического характера, от изучения состава и генезиса рудных и акцессорных минералов (магнитная минералогия, петрофизика полупроводниковых минералов) до опробования полезных ископаемых (скважинная и шахтная геофизика), от стратиграфии осадочных комплексов (палеомагнитология) до прогнозирования состояния вещества в глубинных частях Земли (экспериментальная и теоретическая петрофизика).

Современная петрофизика изучает широкий спектр Физических свойств минералов, горных пород и полезных ископаемых: коллекторские (пористость, проницаемость, влажность, влагоемкость, нефте- и газонасыщенность), плотностные, магнитные (магнитная восприимчивость, остаточная намагниченность, температура Кюри), электрические (Удельное сопротивление, диэлектрическая проницаемость, вызванная поляризация, диффузионно-адсорбционная активность, терма—ЭДС), тепловые (теплоемкость, теплопровод—ность), ядернофизические (естественная радиоактивность, сечения взаимодействия и параметры переноса излучений), упругие (упругие модули, скорости распространения упругих волн).

Курс петрофизики в УГГГА читается на 5 семестре, опережая или параллельно с основными методами разведочной геофизики. Малый объем часов (около 40 лекционных) не позволяет подробно изложить все традиционные разделы петрофизики, обычно рассматриваемые в учебниках. Поэтому автор рассматривает физические свойства, лежащие в основе гравirazведки, магниторазведки, электроразведки,

сейсморазведки. Главное внимание уделяется факторам, определяющим петрофизические характеристики горных пород, связям физических свойств с петрографическими характеристиками. Петрофизические модели месторождений полезных ископаемых рассмотрены на отдельных примерах, методики и аппаратура петрофизических исследований вынесены на лабораторный практикум и учебно-методическую практику,

1. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Когда ставится задача изучения каких—либо физических свойств

(например, плотности или магнитной восприимчивости) массива магматических или определенного горизонта осадочных горных пород, то из этих объектов (обнажений, горных выработок, керна буровых скважин) отбирается некоторое количество образцов, у которых измеряются соответствующие Физические характеристики. При этом оказывается, что измеренные значения у разных образцов различны.

Эти различия не связаны с погрешностями измерений, а есть результат вариаций физических свойств изученных образцов, т.е. следствие неоднородности объекта исследования. Дело в том, что формирование горных пород (и соответственно их физических свойств)

происходит под воздействием большого числа факторов внутренних и внешних. Например, при образовании массивов магматических пород состав и структура будут определяться такими главными факторами:

- 1.Изменением глубины кристаллизации расплава.
- 2.Неоднородностью распределения давления и температуры в пределах магматического тела.
- 3.Фракционной и гравитационной дифференциацией.
- 4.Перемешиванием расплава.
- 5.Взаимодействием магмы с вмещающими породами различного состава.

Каждый из перечисленных факторов в свою очередь является сложной функцией от координат и времени. Результатом будет неоднородность состава, размера зерен, структуры и текстуры в пределах массива и как следствие, неоднородность физических свойств. Многообразие действующих факторов, их неопределенность во времени и пространстве позволяют рассматривать их как случайные события, а физические свойства — как случайные величины, к которым может быть применен аппарат математической статистики.

При образовании осадочных (например, обломочных) пород главными факторами являются:

1. Вещественный состав пород источника сноса, характер и степень их выветривания

2. Удаленность бассейна осадконакопления, глубина его, гидродинамические характеристики.

3. Химический состав и степень минерализации вод, окислительно-восстановительный потенциал, РН и т.д.

В процессе Формирования породы эти факторы изменяются в связи с изменениями источников сноса, глубин, гидродинамических и гидрохимических условий, что приводит к изменениям состава обломков, размеров и степени отсортированности зерен, количества и типа цемента и т.д. Возникает первичная неоднородность физических свойств.

На первичную неоднородность может накладываться вторичная, связанная с процессами преобразования: выветриванием, трещиноватостью, метаморфизмом, привносом и выносом вещества и т.д.

Учитывая, что студентам будет читаться специальный курс "Теоретические основы обработки результатов геофизических измерений", ниже приводятся только самые элементарные сведения по статистической обработке результатов изучения физических свойств горных пород, необходимые для понимания последующих разделов.

Предположим, что мы имеем М измерений некоторого физического параметра X, среди которых присутствуют максимальное X_{max} и минимальное X_{min} значения. Разобьем весь диапазон измеренных значений на n интервалов с шириной каждого ΔX :

$$\Delta X = (X_{max} - X_{min})/n, \quad (1.1)$$

Количество интервалов n связано с объемом выборки N и обычно определяется формулой Старджеса:

$$n = 3.3 * \lg N + 1$$

где n округляется до целого числа.

Подсчитаем N_i - число измерений, параметр X которых попадает в i-й интервал ($i=1, 2, \dots, n$). Строится график зависимости N_i или $(N_i/N) * 100\%$ от X. В каждом интервале рассчитанное значение изображается в виде отрезка горизонтальной линии (гистограмма). На рисунке 1.1 приведен пример гистограммы для $N=40$, $n=5$.

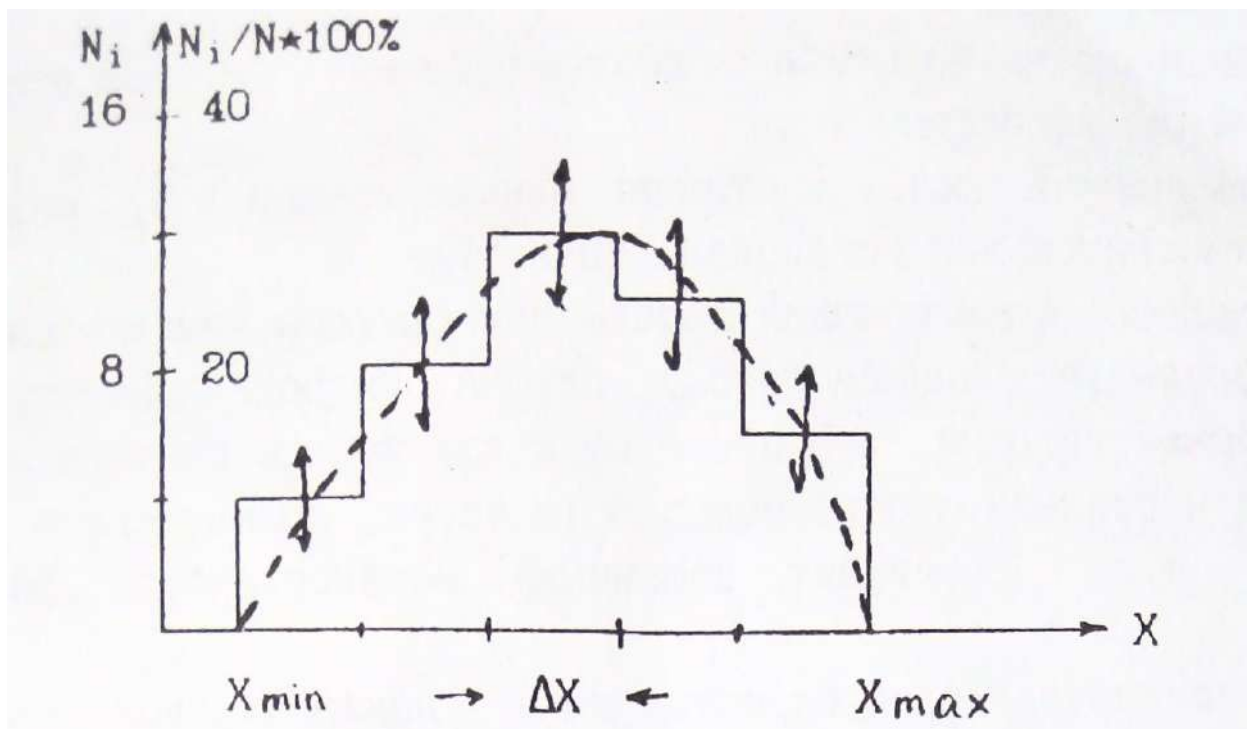


Рис.1.1. Гистограмма распределения параметра X

Гистограмма содержит в себе все статистические характеристики объекта исследования. В частности, величина $(N_i/N) \cdot 100\%$ представляет вероятность (в %) для данного объекта существования значения параметра X в пределах 1-го интервала. При построении реальных гистограмм не следует абсолютизировать полученный результат. Дело в том, что мы всегда имеем дело с ограниченными выборками и каждое значение N_i получено с погрешностью, вероятное значение которой приближенно оценивается как $\pm\sqrt{N_i}$ (на рис. показано стрелками).

При неограниченном возрастании объема выборки ($N \rightarrow \infty$), число интервалов (n) также стремится к бесконечности, а ширина интервала (ΔX) к нулю и мы получаем непрерывную кривую распределения, КОТОРУЮ часто называют вариационной кривой. Приближенно вариационную кривую можно получить путем визуального сглаживания гистограммы таким образом, чтобы площади между осью абсцисс и гистограммой и осью абсцисс и вариационной кривой были равны (изображено пунктирной линией).

Опыт Изучения физических свойств показывает, что часто распределения их подчиняется двум законам: нормальному и логнормальному — ПРИ нормальном законе кривая распределения $P(X)$ описывается выражением:

$$F(X) = \frac{\exp\left[-\frac{(X_K - MX)^2}{2\sigma^2}\right]}{\sigma\sqrt{2\pi}}, \quad (1.2)$$

где MX —мода параметра или значение его в максимуме распределения (для нормального закона совпадает со средним значением параметра:

$$MX = \bar{X} = \frac{\sum X_k}{N} \quad k=(1,2...N).$$

σ —среднеквадратичное отклонение (σ^2 —называют стандартом).

Нормальному закону подчиняется обычно распределение плотности, пористости, скорости продольных волн. На рис.1.2 приведен пример нормального распределения с двумя различными значениями стандарта.

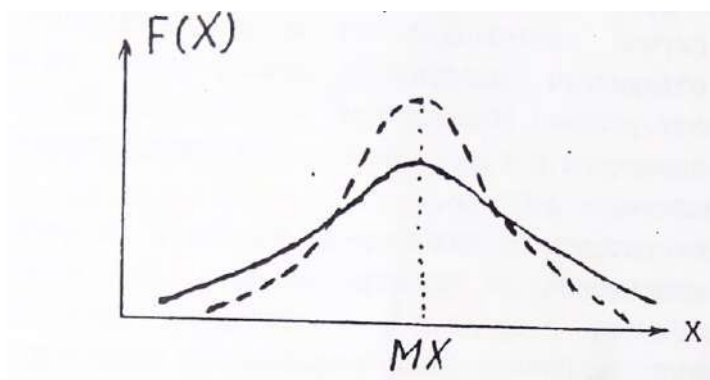


Рис.1.2. Нормальное распределение параметра X

Кривая характеризуется симметрией относительно моды и полностью определяется двумя величинами MX и σ . Логнормальный закон соответствует случаю, когда нормальному закону подчиняется логарифм параметра ($\log X$). Этому закону обычно подчиняется распределение магнитной восприимчивости, удельного электрического сопротивления, нефтенасыщенности. Для практического построения гистограмм или вариационных кривых в предположении существования лог-нормального закона измеренным значениям X_k вычисляются значения $\log X_k$, которые обрабатываются способом, описанным выше.

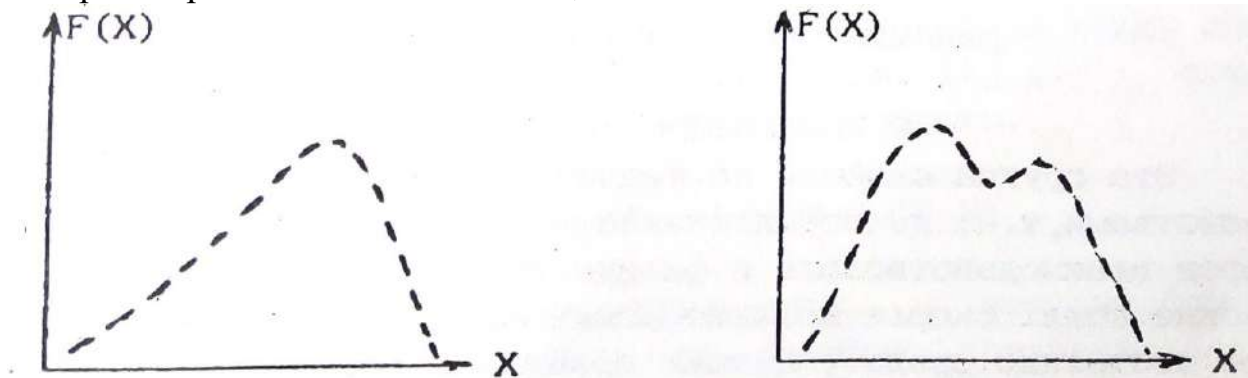


Рис.1.3.Примеры реальных кривых распределения

Реальные кривые распределения часто отличаются от теоретических. Они могут быть асимметричными и даже иметь два и более максимумов (рис. 1.3).

В первом случае появляются новые характеристики распределения (одна или более), например параметр асимметрии. В любом случае выборки считаются статистически одинаковыми если все (!) статистические параметры их одинаковы. Асимметрия обычно связана со вторичными процессами изменения физических свойств в результате выветривания, регионального или локального метаморфизма и т.д.

Второй случай свидетельствует о неоднородности выборки; в одну группу объединены различные по каким—либо характеристикам породы (возраст, условия образования, минеральный состав, структура, степень изменения и т.д.). Необходимы дополнительные исследования для разделения выборки.

Важным следствием из изложенного является то, что все петрофизические зависимости не функциональные, а статистические, то есть выполняются в среднем с определенной вероятностью отклонения от среднего. Пример такой зависимости приведен на рис.1.4.

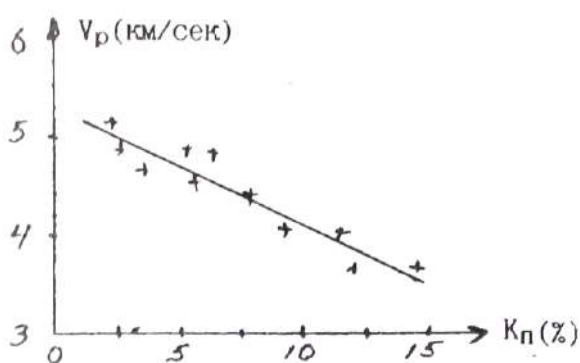


Рис.1.4. Зависимость скорости продольных волн (V_p) от коэффициента пористости (K_n)(+ - экспериментальные значения)
2.КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА

Эта группа свойств не является в строгом смысле физическими свойствами, т.к. непосредственно не определяет способности горных

пород взаимодействовать с физическими полями или создавать физические поля. Скорее коллекторские свойства характеризуют физическое состояние среды. В тоже время коллекторские свойства влияют на другие Физические свойства (плотностные, электрические. Упругие) и определяют корреляционные связи между ними. С другой стороны,

коллекторские свойства, такие как пористость, проницаемость. водо-, нефте- и газонасщенность. это важнейшие характеристики решенных месторождений углеводородов и подземных вод, определяющие запасы и условия эксплуатации этих месторождений сведения о коллекторских свойствах могут быть получены через плотностные, электрические и упругие свойства. Поэтому коллекторские свойства рассматриваются во всех учебниках и курсах петрофизики.

2. 1. ПОРИСТОСТЬ

Пористостью называется совокупность пространства в горной породе, не занятого твердой фазой. Оно заполнено газами, жидкостями (вода, нефть) или их смесями. Количественно пористость выражают через коэффициенты пористости K : отношение объема пор ($V_{пор}$) к объему горной породы ($V_{г.п.}$) в процентах. Общий объем горной породы равен сумме объемов пор и твердой фазы ($V_{г.п.} = V_{пор} + V_{т.ф.}$). При всем этом выделяют:

а) Коэффициент общей пористости ($K_{п}$) — отношение объема всех пор ($V_{пор}$) к объему породы:

$$K_{п} = (V_{пор}/V_{г.п.}) * 100\%, (2.1)$$

б) Коэффициент открытой пористости ($K_{п.о.}$) .- отношение объема открытых пор ($V_{о.пор}$) к объему породы:

$$K_{п.о.} = (V_{о.пор}/V_{г.п.}) * 100\%. (2.2)$$

Открытыми порами называются поры, сообщающиеся между собой.

в) Коэффициент динамической пористости ($K_{п.д.}$) - отношение

объема динамических пор ($V_{д,пор}$) к объему породы.

$$K_{п.д} = (V_{д.пор}/V_{г.п.}) * 100\%. (2. 3)$$

динамическими порами называются поры, по которым происходит движение жидкостей или газов при наличии градиента-давления. Часть открытых пор может быть представлена тупиковыми порами или водой, прочно связанной с поверхностью твердой фазы, и не участвует в переносе жидкостей или газов. Очевидно, что $K_p > K_{п.о}$ $K_{п.д}$.

2.1.1. Классификация пор.

1) По происхождению поры подразделяются на первичные и вторичные. Первичные возникают при образовании породы и представлены структурными порами — промежутками между частицами обломочных „о-род (грубообломочных, песчанистых, алевроитовых, глинистых), межкристаллическими промежутками магматических и метаморфических пород и т. д. При уплотнении цементации, перекристаллизации, метаморфизме форма и размеры первичных пор могут меняться. Вторичные поры образуются при последующих воздействиях на породы процессов выветривания, выщелачивания, кристаллизации, тектонических нагрузок и т.д.

2) По форме поры могут быть близкими к **ромбоздальным** (рыхлые отсортированные обломочные осадочные породы), близкими к **тетраэдрическим** (те же, но уплотненные породы), **щелевидным** (порода состоит из пластинчатых минералов: слюды, глины), в виде **канальцев** переменного сечения (плохо отсортированные обломочные породы), **трещеновидные** (магматические, метаморфические, плотные осадочные породы, испытавшие воздействие сильных тектонических нагрузок), **каверновидные** (карбонатные породы, подвергшиеся процессам растворения и выщелачивания), **пузырчатые** (магматические породы), **ячеистые** (известковые и кремнистые туфы), **каналовидные** (лёссы).

3) По размерам выделяют а) **сверхкапиллярные** - эффективный (средний) диаметр сечения пор $d_{э.ф.}$ более 0,1 мм. (грубообломочные породы типа галечников и гравия, крупно— и среднезернистые пески, оолитовые известняки, выщелоченные карбонаты). В сверхкапиллярных порах доля воды, связанной с поверхностью твердой фазы, не велика, вода в основном свободная и перемещается по законам гидродинамики. б) Капиллярные - эффективный диаметр пор $d_{э.ф.}$ $1 \cdot 10^{-4}$ - $1 \cdot 10^{-1}$ мм. (мелкозернистые, менее отсортированные, сцементированные пороли: мелкозернистые пески и песчаники, некоторые карбонатные породы)-

В **Капиллярных** порах более высокое содержание связанной воды И возможен ее подъем в силу поверхностного натяжения. в) **Субкапиллярные** - $d_{з.ф.} < 1 \cdot 10^{-4}$ мм. (глины, микрокристаллические известняки, туфы). Практически вся вода перового пространства связана на поверхности твердой фазы, перемещения воды почти нет.

2.1.2. ПОРИСТОСТЬ ОБЛОМОЧНЫХ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Основными факторами определяющими пористость обломочных пород являются: 1) форма и размер обломков, 2) степень отсортированности 3) степень уплотнения и цементации.

1) Влияние Формы и размера частиц иллюстрируется таблицей, в которой приведены значения K_p (%) для искусственных пород:

Таблица 1

Размер частиц (мм.)	Кварц окатанный	Кварц остроуг.	Ортоклаз остроуг.	Слюда
2-1	33	38	45	80
0.5-0.25	33	41	49	72
0.1-0.06	39	45	52	68

Отмечается малое влияние размера частиц и существенно большее формы (пористость возрастает в 2-2.5 раза при переходе от изометричных зерен к пластинчатым).

2) Степень отсортированности характеризует распределение обломков по размерам и количественно выражается через коэффициент отсортированности G_f :

$$G_f = \frac{d_{cp} - \sum V_i \delta d_i}{d_{cp}}, \quad (2.4)$$

где V_i — объемное содержание частиц диаметра d_i в породе,

δd_i — отклонение от среднего диаметра 1-й группы, '

d_{cp} - средний диаметр частиц.

Коэффициент отсортированности меняется от 1 (хорошо отсортированная порода, все частицы одного размера) до 0 (плохо отсортированная порода, размеры частиц равномерно распределены от 0 до d_{max}).

присутствие в породе частиц разного размера приводит к тому, что мелкие частицы заполняют промежутки между крупными и уменьшение коэффициента G_f (ухудшение отсортированности) ведет к уменьшению коэффициента пористости.

На рис.2.1 приведен пример такой зависимости.

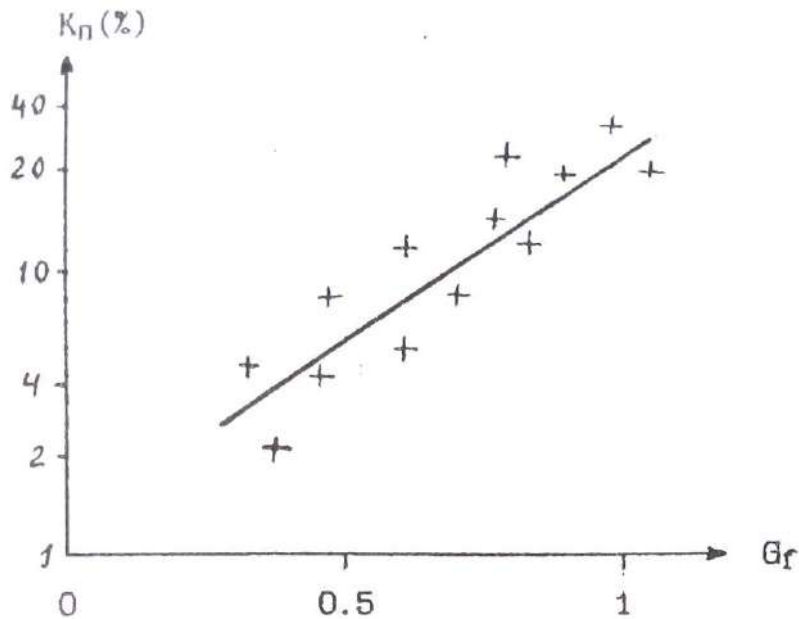


Рис.2.1. Зависимость коэффициента пористости от коэффициента отсортированности песчаников и алевролитов Туймазинской площади

Изменение отсортированности может приводить к изменению пористости на порядок. В связи с этим интересно рассмотреть изменение пористости песчано—глинистых образований в зависимости от состава (рис.2,2). . '

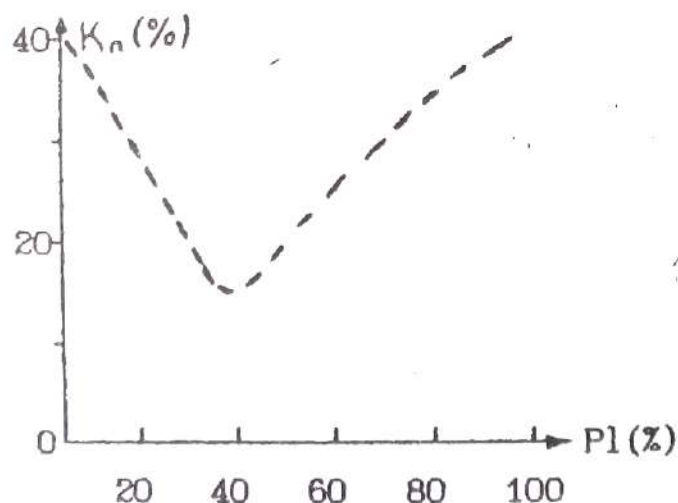


Рис.2.2. Зависимость коэффициента пористости от глинистости (P_1) песчано—глинистых отложений (теоретическая зависимость)

Положим, что песчаная и глинистая фракции представлены однородными по размерам частицами каждая (песчаная крупными, глинистая мелкими). Коэффициенты пористости каждой фракции около 40%. При увеличении глинистости (P_1) в породе будет происходить уменьшение пористости в результате частичного заполнения глинистыми частицами промежутков между крупным песчинками. При достижении 40% глинистости все эти промежутки (поры) будут заполнены глинистым материалом (минимальная отсортированность), а K_p равен $0.4 \cdot 0.4 = 0.16$ (16%). При дальнейшем увеличении глинистости отсортированность и коэффициент пористости будут возрастать.

3) Под действием нагрузки вышележащих пород первичные рыхлые осадки уплотняются, что приводит к уменьшению их пористости. В начале уплотнение связано с перемещением отдельных частиц и более компактным их взаимным расположением. Затем происходит частичное разрушение и сшивание обломков (ухудшение отсортированности). Этот процесс идет при нагрузках, превышающих несколько тысяч кг/см². Наиболее сильно уплотняются глины, коэффициент пористости которых под нагрузкой может меняться от 50% до 5%. В результате для многих районов, сложенных обломочными породами, наблюдается корреляционная связь K_p и глубины залегания породы:

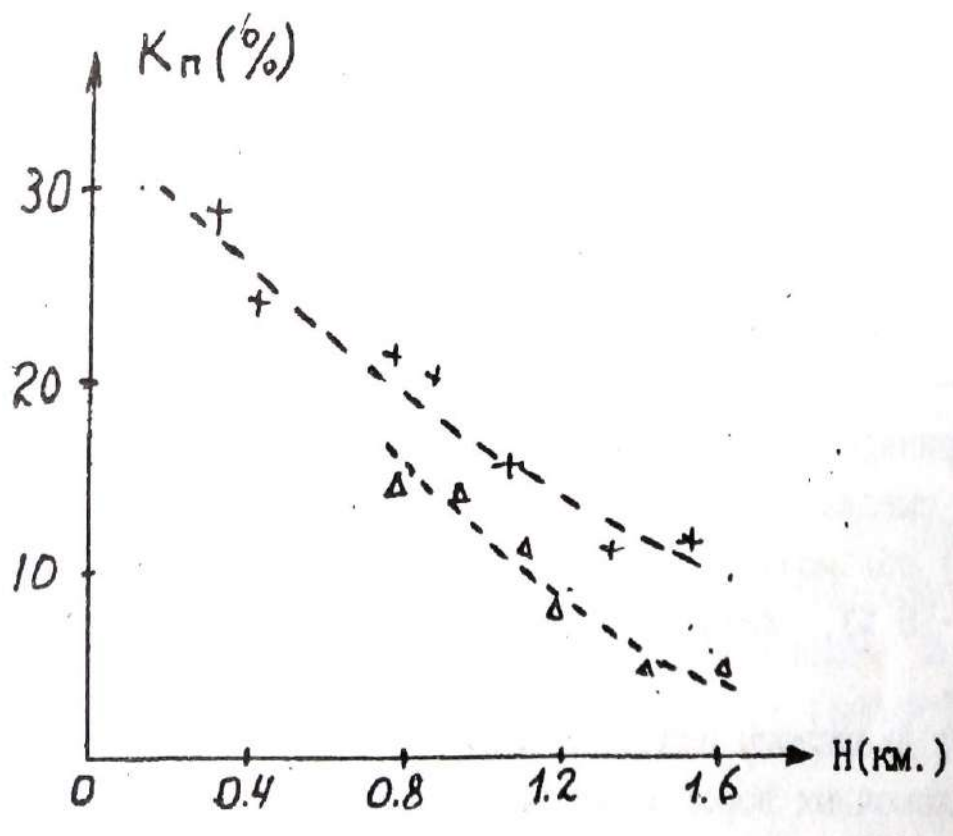


Рис.2,3. Зависимость K_p от глубины залегания H ;
 + - глины, Δ - алевролиты

$$K_p(H) = K_p(0) * \exp(-\beta H), (2.5)$$

где $K_p(0)$ — коэффициент пористости вблизи поверхности,
 β - константа, зависящая от типа отложений ($\beta=0.05$).

Уравнения типа (2.5) позволяют прогнозировать изменения пористости с глубиной, что очень важно при интерпретации результатов геофизических съемок, т.к. величина пористости определяет ряд других физических свойств: плотность, удельное электрическое сопротивление, скорость упругих волн.

Процесс цементации заключается в выпадении вторичных минералов (карбонаты, опал, глинистые минералы и т.д.) в поровом пространстве из поровых вод. В результате пористость уменьшается вплоть до нескольких процентов.

В заключение приведем данные по пористости некоторых типов обломочных пород.

Таблица 2

Порода	$K_p(\%)$	
	Пределы	Наиболее вероятные

Пески	5-55	20-35
Песчаники	0.5-40	5-30
Лессы	40-55	40-55
Алевриты	1-40	3-25
Глины	1-75	20-50
Аргиллиты	1-30	1.5-15

Приведенные в таблице данные позволяют сделать следующие основные выводы:

1) обломочные породы обычно характеризуются средней ($K_p=10-15\%$), повышенной ($K_p=15-20\%$) и высокой ($K_p>20\%$) пористостью.

2) диапазоны значений коэффициентов пористости различных типов обломочных пород в значительной степени перекрываются. Следует подчеркнуть, что данные таб.2 обобщают сведения о пористости пород всей страны в целом. В конкретных районах, у конкретных пластов диапазон колебания K_p может быть существенно уже. Например,

пласты – коллекторы AB_{2-5} одного из нефтяных районов Тюменской области имеют $K_p=20-30\%$

2.1.3. ПОРИСТОСТЬ КАРБОНАТНЫХ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

первичные карбонатные осадки (известковые и доломитовые илы) имеют высокую пористость ($K_p=60-80\%$). По мере их уплотнения пористость резко уменьшается ($K_p=0.5—15\%$). В дальнейшем появляется вторичная пористость, обусловленная перекристаллизацией, трещиноватостью и выщелачиванием карбонатных пород. Характерная особенность карбонатных пород - неравномерность распределения пористости в пространстве. Поэтому, при изучение карбонатных коллекторов необходимо отбирать - большое количество образцов с различных интервалов по глубине и площади. Значения пористости основных типов карбонатных пород приведены в таблице 3.

Таблица 3

Порода	$K_p(\%)$	
	пределы	Наиболее вероятные
Известковый ил	65-85	-

Известняки	0.5-48	1.5-15
Известковый туф	20-30	-
Мел	10-55	40-50
Доломиты	0.1-37	3-20

2. 1.4 ПОРИСТОСТЬ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД.

В отличие от двух предыдущих групп пород, гидрохимические

осадки характеризуются пониженными и низкими значениями коэффициентов пористости. Так у ангидритов $K_p=0.2—15\%$ у гипсов 1-25 %,

У каменной соли 0-5 %.

2.1.5 ПОРИСТОСТЬ МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Для этой категории пород характерна низкая пористость. Исключение составляют кайнотипные эффузивы, которые в силу особенности образования (быстрое остывание, не полный отход летучих компонент), могут иметь повышенную и высокую пористость. Таблица 4 иллюстрирует значения коэффициента общей пористости магматических и метаморфических пород.

Таблица 4

Порода	Кп(%)
	Пределы
Граниты	0.3-4
Габбро	0.3-3
Пироксенит	0.2-2
Базальт	0.5-40
Диабаз	0.2-3
Порфирит	0.4-6
Гнейс	0.2-6

Сланец хлорит.	0.2-1
Амфиболит	0.1-6

данные относятся к невыветрелым породам. В процессе выветривания пористость возрастает (образование вторичной пористости) и может достигать 20 - 40 %.

Другая особенность данной группы пород состоит в существенном преобладании закрытой пористости над открытой.

2.1.6 ПОРИСТОСТЬ ГИДРОТЕРМАЛЬНО ИЗМЕНЕННЫХ ПОРОД

К гидротермально измененным породам приурочены месторождения рудных полезных ископаемых. Многочисленные исследования показали, что зоны развития этих пород характеризуются повышенными значениями пористости по сравнению с неизмененными породами. Вероятно это связано с тем, что гидротермальные растворы могут перемещаться в средах с повышенной пористостью и проницаемостью. Таким образом, зоны повышенной пористости являются своеобразным индикатором

гидротермальных процессов и, косвенно, признаком оруденения.

На рисунке 2.4 приведен пример распределения пористости в районе медноколчеданного оруденения.

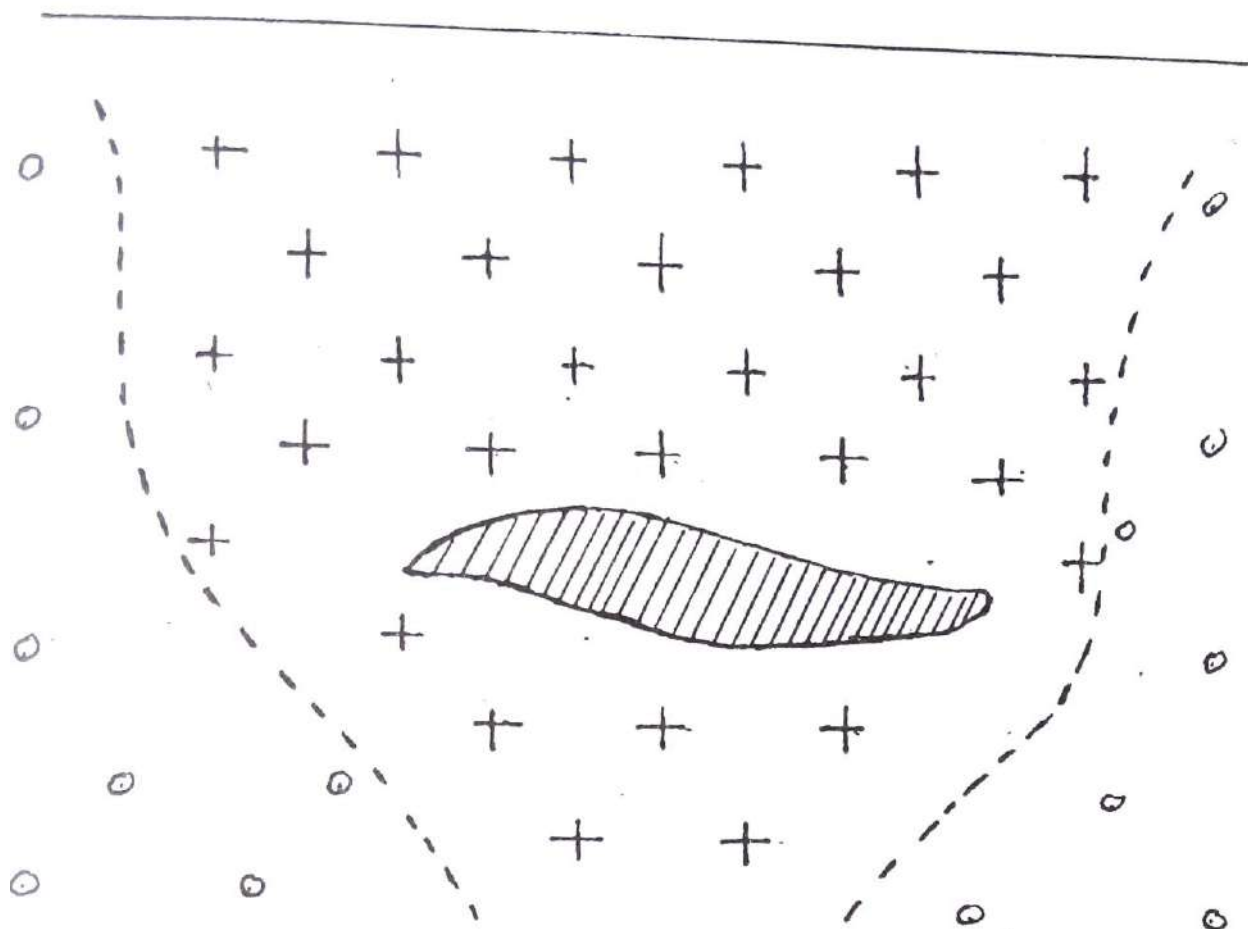


Рис.2.4. Распределение коэффициента открытой пористости на месторождении Аabei-Саз (Башкирия)

-  -рудное тело
-  -Кп.о=0.5-3 %
-  -Кп.о<0.2%

2.2. ВЛАЖНОСТЬ. ВЛАГОЕМКОСТЬ

Влажность определяется, как количество воды в горной породе, а **влагоемкость**, как способность горной породы удерживать воду. Вода в горных породах может присутствовать в различных видах:

а) **Прочно связанная вода** - слои воды толщиной в несколько молекул. непосредственно примыкающий к стенке порового канала. Эта вода силами Ван-дер—Ваальса прочно связана с твердой фазой породы, Не может перемешаться, обладает аномальными физическими свойствами

(плотность до 2 г/см³, температура замерзания до -78 С°, повышенная вязкость, плохая растворимость солей).

б) **Рыхло связанная вода** - непосредственно примыкает к слою прочно связанной воды, менее прочно связана с твердой фазой. В частности, образуется в углах пор в силу поверхностного натяжения (стыковая вода). Толщина слоя рыхло связанной воды составляет десятки и более молекул, она имеет повышенную плотность и пониженную температуру замерзания.

в) **Свободная вода** - обычная вода, которая свободно перемещается в поровом пространстве по законам гидродинамики.

Выделяют несколько типов влагоемкости:

а) **Машинальная гигроскопическая влагоемкость** ($W_{\text{мг}}$) - максимальное количество парообразной влаги (в процентах к весу абсолютно сухой породы), которое способна поглотить порода из воздуха влажностью 94%. Эта влагоемкость включает в себя прочно связанную и часть рыхло связанной воды.

б) **Капиллярная влагоемкость** — полное количество воды, которое присутствует в породе в силу явления капиллярного подъема.

в) **Полная влагоемкость** - максимальное количество связанной и свободной воды, которое может присутствовать в горной породе.

Соотношение между связанной и свободной водой при полном заполнении порового пространства определяется сечением поровых каналов и составом твердой фазы породы. Относительное количество свободной воды уменьшается с уменьшением сечения пор и увеличением содержания глинистых минералов. В случае чистых глин в порах присутствует только связанная вода, а в грубообломочных породах (галечники, крупнозернистые пески) почти вся вода представлена свободной.

Двойной электрический слой.

Поверхность твердой фазы порового пространства адсорбирует ионы одного знака из поровых растворов. Эти ионы удерживаются на ней силами Ван—дер—Ваальса, создавая слой не компенсированных зарядов (слой потенциал-определяющих ионов). В результате электростатического взаимодействия из порового раствора к нему будут притягиваться ионы противоположного знака (слой противоионов), что в совокупности создает двойной электрический слой. Противоионы образуют сложную пространственную структуру. На расстоянии порядка размера молекулы противоионы прочно удерживаются силами электростатического взаимодействия и не могут перемещаться, образуя плотную часть двойного слоя. Дальше от поверхности твердой

фазы их концентрация убывает и они не столь сильно связаны с потенциал-определяющим слоем. Эта область называется диффузионной частью двойного слоя и может перемещаться при движении жидкости в поровом пространстве примерная структура двойного слоя приведена на рис. 2.5.

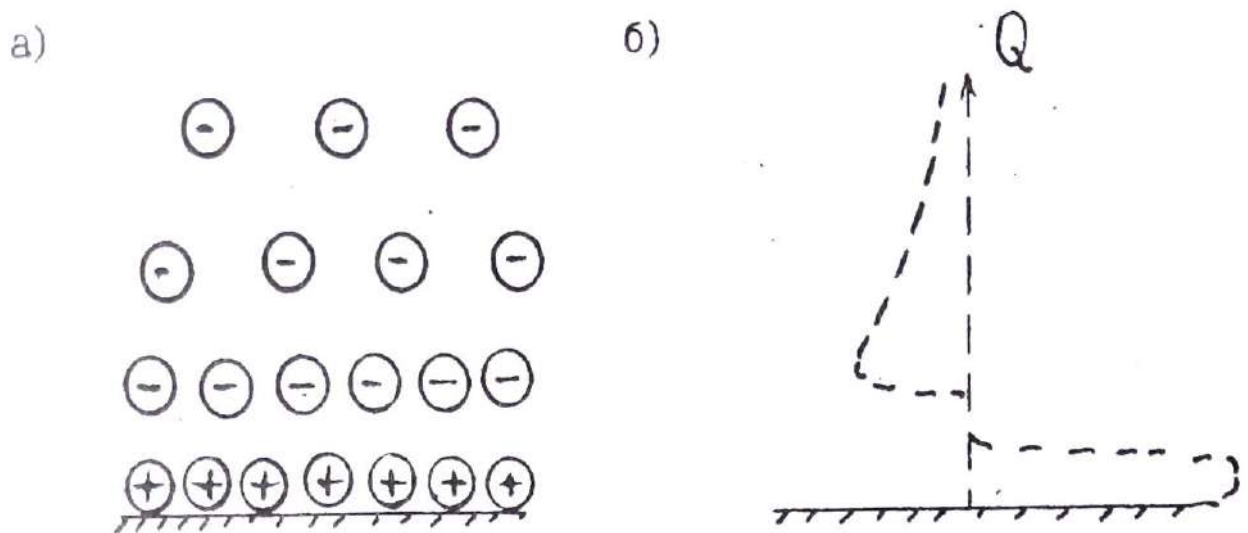


Рис.2.5. Строение двойного электрического слоя (а) и распределение заряда Q в пределах двойного слоя (б)

Область, занятая двойным слоем, примерно соответствует или несколько больше слоя прочно и рыхло связанной воды.

2. 3. ПРОНИЦАЕМОСТЬ

Проницаемостью называется способность горной породы пропускать жидкости, газы или их смеси при наличии градиента давления. Выделяют физическую или абсолютную и фазовую проницаемости.

2.3. 1. ФИЗИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ

Это способность горных пород пропускать **однородные** жидкости или газы. Представим себе трубку, в которую помещен образец цилиндрической формы (Рис.2.б). На верхней грани образца давление P_1 на нижней P_2 . Градиент давления равен $\frac{\Delta P}{L}$, где $\Delta = P_1 - P_2$, L -длина образца. Через нижнюю границу будет вытекать жидкость. раскол которой

равен Q (см³/сек). Обозначим площадь поперечного сечения образца через S и введем удельный расход $V=Q/S$ (расход через единицу площади поперечного сечения). Соотношение между этими величинами описывается законом Дарси: V прямо пропорционален градиенту давления и обратно пропорционален вязкости (μ).

$$V = K_{\text{пр}} \frac{\frac{P_1 - P_2}{L}}{\mu} \quad (2,6)$$

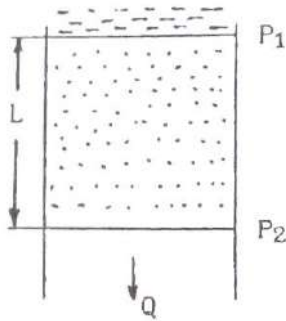


Рис.2.6. К определению коэффициента проницаемости

Коэффициент пропорциональности в этом уравнении (кпд) называется коэффициентом проницаемости, он является количественно характеристикой физической проницаемости. Единицей $K_{\text{пр}}$ в системе СИ служит мг. Существует вне системная единица - Дарси, которая соответствует проницаемости породы, у которой удельный расход воды равен 1 см³/сек при градиенте давления 1 атм/см. $1 \text{ м}^2 \approx 1 * 10^{12} \text{ Д}$ или $1 \text{ Д} \approx 1 * 10^{-12} \text{ м}^2 = 1 \text{ мкм}^2$.

Дарси крупная единица, обычно для характеристики проницаемости горных пород используют тысячную долю Дарси – 1мД, $1 \text{ мД} = 1 \text{ фм}^2$

2.3.2. СВЯЗЬ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЗИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ С КОЭФФИЦИЕНТОМ ПОРИСТОСТИ И СТРУКТУРОЙ ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА

Для простейшей модели строения порового пространства в виде трубчатых капилляров (рис.2.7) выведено простое соотношение -

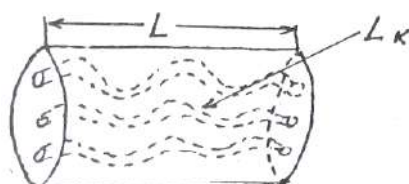


Рис.2.7. К пояснению формулы Козени—Кармана

формула Козени-Кармана

$$K_{\text{пр}} = \frac{K_{\text{пд}}^3}{S_{\text{ф}}^2 \cdot T^2 \cdot f}, \quad (2.7)$$

Где $K_{\text{пд}}$ – коэффициент динамической пористости.

$S_{\text{ф}}$ – удельная поверхность порового пространства (площадь поверхности пор в единице объема горной породы).

$T = L_{\text{к}}/L$ – удельная извилистость поровых каналов (отношение средней длины порового канала $L_{\text{к}}$ в пределах образца, к длине образца L).

f – некоторый параметр, зависящий от формы сечения порового канала (лежит в пределах от 2 до 3).

(Предупреждение. В литературе в формулах типа 2.7 часто используют обозначение $K_{\text{п}}$ или термин пористость вместо динамической пористости необходимо представлять, что движение флюидов возможно только по динамическим порам.)

Из формулы 2.7 следует сильная зависимость коэффициента проницаемости от коэффициента пористости (третья степень) и структуры порового пространства, которая для данной модели определяется величинами T и $S_{\text{ф}}$. На рис. 2.8 приведены примеры зависимости $K_{\text{пр}}$ от $K_{\text{пд}}$ (экспериментальные данные)

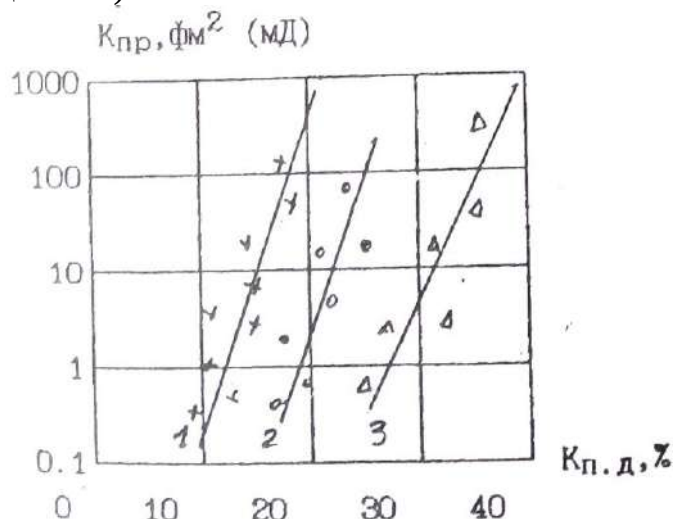


Рис.2.8. Зависимость коэффициента проницаемости от коэффициента динамической пористости 1 - песчаник, нижний вилькокс, 2 – песчаник слабо сцементированный, 3 - песчаник тонкозернистый

Линейный вид зависимостей в полулогарифмическом масштабе и угол наклона подтверждают зависимость $K_{\text{пр}}$ от третьей степени $K_{\text{пд}}$. Смещение линий в горизонтальном направлении обусловлено влиянием структуры порового пространства. Величина удельной по-

нием поровых каналов, и возрастает с уменьшением сечения. У обломочных пород сечение каналов связано с размером зерен. Например в случае отсортированной породы с изометричными обломками со средним диаметром d :

$$S_{\phi} \approx 3.6/d \quad (2.8)$$

Таким образом, уменьшение размера зерен приводит к уменьшению проницаемости. Это объясняет непроницаемость глин (тонкодисперсные породы), хотя коэффициент пористости у них составляет десятки процентов. Рис. 2.9 иллюстрирует подобную зависимость.

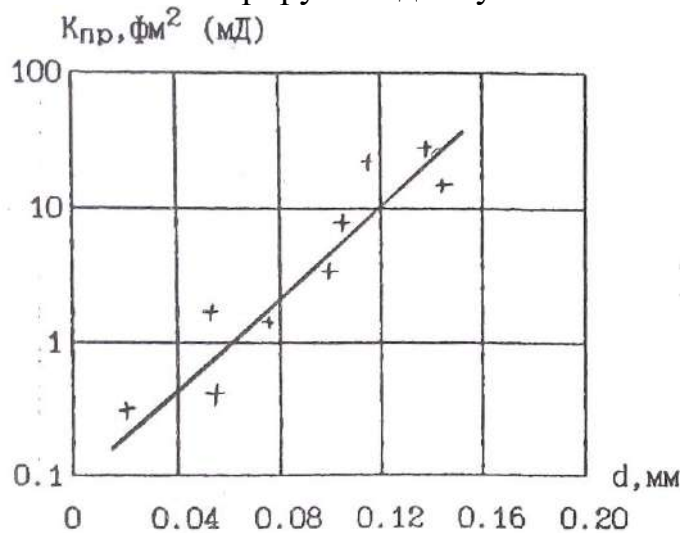


Рис. 2.9, Зависимость коэффициента проницаемости от среднего диаметра и зерен песчано—алевритово—глинистых пород

В случае трещинной пористости проницаемость определяется приближенным выражением:

$$K_{пр} \approx 8.45 b^2 \quad (2.9)$$

где b — средний размер поперечного сечения трещин (раскрытость трещин) в мкм,

$K_{пт}$ - коэффициент трещиной пористости в %.

По величине коэффициента проницаемости все породы подразделяются на три группы:

1. Проницаемые — грубообломочные породы (галечники, гравии), хорошо отсортированные, слабо сцементированные песчано—алевритовые породы, кавернозные и трещиноватые карбонатные породы, трещиноватые магматические породы, Это породы с высоким коэффициентом пористости (20-40%). сверхкапиллярными и капиллярными порами, существенным преобладанием свободной воды в поровом пространстве, Коэффициент проницаемости их лежит в пределах $10 - 10^6$ фм² (мД).

2. Полупроницаемые — менее отсортированные песчано-алевритово-глинистые породы, мелкотрещинные меловидные карбонатные породы. поровое пространство представлено субкапиллярными порами, преобладает связанная вода. $K_{пр}$ в пределах 0,1-10 фм² (мД).

3. Практически непроницаемые - глины, аргиллиты, сильно сцементированные песчаники и алевролиты, неветрелые кристаллические карбонатные и магматические породы. $K_{пр} < 0,1$ фм² (мД).

2. 3. 3. ФАЗОВАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ

Это способность горной породы, насыщенной неоднородной жидкостью или смесью жидкостей и газов, пропускать ту или иную фазу при наличии градиента давления. Для обычных в горных породах фаз (вода, нефть, газ) количественно фазовая проницаемость характеризуется коэффициентами Фазовой проницаемости для воды ($K_{пр.в}$), нефти ($K_{пр.н}$) и газа ($K_{пр.г}$), которые являются коэффициентами пропорциональности в аналогах уравнения Дарси:

$$V_B = K_{пр.в} \frac{\Delta P}{L} \frac{1}{\mu_n} \quad V_H = K_{пр.н} \frac{\Delta P}{L} \frac{1}{\mu_n} \quad V_G = K_{пр.г} \frac{\Delta P}{L} \frac{1}{\mu_n}, \quad (2.10)$$

где V_B , V_H , V_G - удельные расходы воды, нефти и газа соответственно.

Часто используют коэффициенты **относительной** фазовой проницаемости, которые определяют как отношение коэффициента фазовой проницаемости к коэффициенту абсолютной проницаемости в процентах. Например, коэффициент относительной Фазовой проницаемости воды ($\bar{K}_{пр.в}$) запишется:
$$\bar{K}_{пр.в} = \left(\frac{K_{пр.в}}{K_{пр}} \right) 100 \, \%.$$

Фазовая проницаемость отличается рядом особенностей, которые мы проиллюстрируем примером двухфазной смеси вода-нефть (Рис.2.10). На рис. Представлены зависимости коэффициентов относительной фазовой проницаемости ($\bar{K}_{пр.в}$, $\bar{K}_{пр.н}$) от соотношения фаз.

Последнее выражено через коэффициент вод насыщенности порового пространства (K_B) — отношение объема воды в поровом пространстве к объему пор. Полагаем, что все поровое пространство заполнено смесью вода—нефть, следовательно коэффициент нефтенасыщенности $K_H = 1 - K_B$. Отметим:

1) Графики зависимостей имеют в целом вогнутость вниз, т.е.

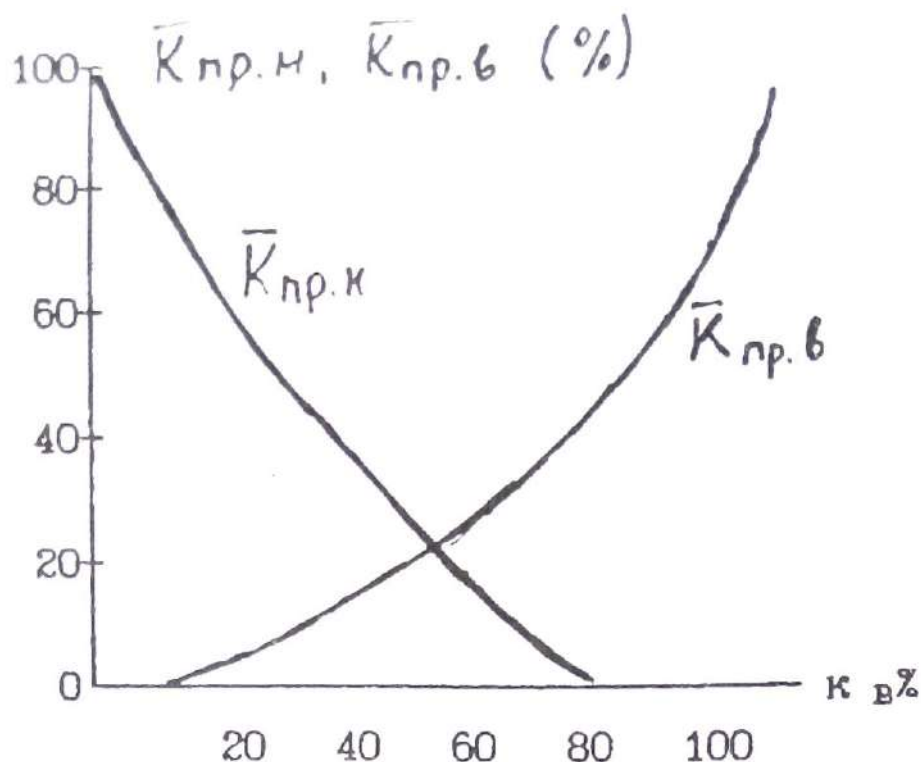


Рис.2.10. Зависимость коэффициентов относительной проницаемости по воде ($K_{пр.в}$) и нефти ($K_{пр.н}$) от соотношения фаз в смеси вода-нефть

сумма $K_{пр.в} + K_{пр.н} < 100$. Смеси фильтруются хуже, чем однородные жидкости.

2) При определенном соотношении фаз возможен расход какой-либо одной фазы (при $K_{в} < 20\%$ вода не фильтруется через породу, а при $K_{в} > 80\%$; не фильтруется нефть).

3. ПЛОТНОСТНЫЕ СВОЙСТВА

Эта группа свойств определяет возможность применения ряда геофизических методов. Например, гравиразведки для изучения геологических структур, поисков и разведки полезных ископаемых, ядерно-геофизических методов (гамма—гамма-каротаж) для расчленения разрезов скважин.

3.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Плотность - это масса единицы объема вещества. **Удельный вес** - вес единицы объема вещества. По определению плотность (δ):

$$\delta = \frac{m}{V}, (3.1)$$

Удельный вес (Δ):

$$\Delta = \frac{P}{V}, \quad (3.2)$$

где m , P , V - соответственно масса, вес и объем вещества. Так как $P=mg$ (g - ускорение силы тяжести), то плотность это константа а удельный вес зависит от силы тяжести. В системе СИ единицей плотности является кг/м^3 удельного веса - Н/м^3 . В системе СГС единица массы — грамм ($г$), внесистемная единица веса граммсила ($Г$) единицы объема - см^3 . Плотности в системе СГС (г/см^3) и удельный вес во внесистемных единицах (Г/см^3) численно совпадают на поверхности Земли с точностью до 0.2-0.4% (изменения удельного веса связаны с изменениями ускорения силы тяжести по поверхности Земли).

Понятия плотность и удельный вес, строго говоря, применимы для однородных сред. Для неоднородных сред вводятся усредненные характеристики — объемная плотность (δ) и объемный вес (d), которые определяются также по Формулам (3.1 и 3.2). Следует иметь в виду, что при определении объемных параметров размер изучаемого объекта должен быть много больше размеров неоднородностей. Соотношение между единицами в различных системах:

$$1\text{Г/см}^3 = 1000\text{ кг/м}^3, \quad 1\text{Г/см} = 9810\text{ Н/м}^3.$$

Используют так же понятие **минеральная плотность** (δ_m) — масса единицы объема твердой фазы минерала или горной породы. Следует отметить, что наряду с системой СИ в литературе при описании плотностных свойств широко используется и система СГС, которую мы будем использовать при дальнейшем изложении материала. Кроме того общепринятым является использование терминов плотность и удельный вес вместо объемная плотность и объемный вес.

3. 2 ПЛОТНОСТЬ МИНЕРАЛОВ

Плотность минералов определяется химическим составом, строением электронных оболочек атомов, составляющих различные минералы. а также условиями их образования. Эти факторы определяют соотношение в минералах атомов с различными атомными массами, характер кристаллической связи, конституцию кристаллов. Большая часть породообразующих минералов имеет ионную или ковалентную

форму кристаллической связи, состоят из атомов с низкими средними атомными массами и имеют плотность порядка $2.2 - 3.5 \text{ г/см}^3$, Среди рудных минералов преобладает ионно-металлическая и ковалентно-металлическая форма связи, часто присутствуют элементы с высокими атомными массами, ЧТО обуславливает повышение плотности до $3.5 - 7.5 \text{ г/см}^3$.

Средняя атомная масса основных породообразующим минералов (кварц, полевые шпаты, плагиоклазы, карбонаты) почти постоянна и несколько повышается в пироксенах и железистых оливинах. В связи с этим главным фактором определяющим плотность этих минералов является плотность упаковки атомов в кристаллической решетке. Например каркасные структуры силикатов (кварц, полевые шпаты, плагиоклазы) обуславливают низкую плотность. У цепочечных силикатов (пироксены) плотность выше. Еще выше плотность минералов с островной структурой (оливины). Для породообразующих минералов характерны явления **изоморфизма** и **полиморфизма**. Изоморфизм это изменение состава без изменения структуры кристаллической решетки. Целые группы минералов магматических и метаморфических пород (плагиоклазы, амфиболы, пироксены, оливины, гранаты) образуют непрерывные изоморфные ряды. Например плагиоклазовый ряд начинается с альбита ($\text{NaAl}_2\text{Si}_3\text{O}_8$) с плотностью 2.61 г/см^3 и заканчивается анортитом ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) с плотностью 2.76 г/см^3 . Соотношение между Na и Ca в ряду может быть любым, при этом образуется непрерывный ряд минералов (олигоклаз, андезин, лабрадор, битовнит) с промежуточными значениями плотности. Увеличение плотности от альбита к анортиту связано с более высокой атомной массой Ca (40) по сравнению с Na (23). В тоже время при замещении Na в альбите на K имеем минерал ортоклаз ($\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}$) с меньшей плотностью (2.57), хотя атомная масса K (39) выше, чем Na. Это связано с большим ионным радиусом K, что обуславливает менее плотную пространственную упаковку атомов. Полиморфизм - это изменение структуры кристаллической решетки без изменения состава. Классическим примером полиморфизма являются минералы графит (плотность 2.2) и алмаз (плотность 3.52). Оба минерала имеют одинаковый состав (C), но графит имеет рыхлую слоистую структуру кристаллической решетки, а алмаз кубическую центрогранную. Полиморфизм особенно характерен для минералов метаморфических горных пород.

Плотность некоторых минералов приведена в таблице 5.

Таблица 5

Минерал	Состав	$\delta \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right)$
Кварц	SiO_2	2.65
Альбит	$\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	2.61
Анортит	$\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$	2.76
Ортоклаз	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	2.57
Нефелин	$\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$	2.62
Роговая обманка	$\text{NaCa}_2(\text{Mg,Fe})_4(\text{Fe,Al})^* (\text{OH,F})_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22}$	3.25
Пироксены:		
Авгит	$\text{Ca}(\text{Mg,Fe,Al})[(\text{Si,Al})_2\text{O}_6]$	3.4
Геденбергит	$\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	3.55
Эгирин	$\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	3.53
Оливин	$(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$	3.35
Мусковит	$\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$	2.85
Биотит	$\text{K}(\text{Mg,Fe})_3[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}][\text{OH,F}]_2$	3.05
Сerpентенит	$\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_8$	2.55
Кальцит	CaCO_3	2.715
Магнезит	MgCO_3	2.96
Доломит	$\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$	2.87
Барит	BaSO_4	4.5
Гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2.3
Ангидрит	CaSO_4	2.96
Магнетит	Fe_3O_4	5.11
Ильменит	FeTiO_3	4.79
Хромит	FeCr_2O_4	4.2
Пирит	FeS_2	5.1
Халькопирит	CuFeS_2	4.2
Сфалерит	ZnS	3.95
Галенит	PbS	7.57
Циркон	ZrSiO_4	4.68

Приведены средние значения плотности наиболее чистых разновидностей минералов. Можно сделать следующие выводы:

1) Плотности основных породообразующих минералов ниже плотности рудных.

2) Темноцветные породообразующие минералы (пироксены, оливины, роговые обманки) имеют более высокую плотность по сравнению со светлыми минералами (кварц, полевые шпаты, плагиоклазы)

3.3 ПЛОТНОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД

Общее выражение для плотности горной породы можно записать в виде:

$$\delta = \frac{m_T + m_{ж} + m_{г}}{V_T + V_{ж} + V_{г}}, (3.3)$$

где m_T — масса твердой фазы, $m_{ж}$ — масса жидкой фазы. $m_{г}$ - масса газовой фазы породы, $V_T, V_{ж}, V_{г}$ — объемы твердой, жидкой и газовой фаз. Сумма объемов жидкой и газовой фаз равна объему порового пространства. Масса твердой фазы равна сумме масс слагающих породу минералов, а массы жидкой и газовой фаз сосредоточены в поровом пространстве. Тогда выражение (3.3) можно преобразовать к ВИДУ:

$$\delta = (1 - K_{п}) \sum \delta_i V_i + \sum K_{п} K_{жк} \delta_{жк} + \delta_{г} \delta_{г} \quad (3.4)$$

где $K_{п}$ коэффициент пористости, δ_i и V_i - минеральная плотность и объемное содержание в твердой фазе i —го минерала, $\delta_{жк}$ плотность k —й жидкости. $K_{жк}$ —объемное содержание k —й жидкости в поровом пространстве, $\delta_{г}$ - плотность газа, $K_{г}$ - объемное содержание газа в поровом пространстве. Из 3.4 следует, что плотность горной породы зависит от минерального состава. заполнения порового пространства. Факторов может быть различной.

3.3.1 МАГМАТИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

Общим для магматических пород является их образование путем остывания магматического расплава. Классификация этих пород основана на двух основных признаках: а) условия образования, б) состав. По условиям образования выделяют; 1) **интрузивные** -породы, образовавшиеся при медленном остывании расплава на значительной глубине при низком теплообмене с вмещающими породами. При этом

первичный расплав теряет большую часть летучих компонентов (жидкая и газовая фазы). Формируются низкопористые полнокристаллические породы (см. Таб №4). 2) **Эффузивные** – породы, образовавшиеся при быстром остывании расплава в приповерхностных условиях (на поверхности, под водой, на малых глубинах). Расплав не успевает терять значительную часть летучих. Формируются пористые породы со стекловатой или частично кристаллической структурой. Среди эффузивов выделяют **кайнотипные** – сравнительно молодые породы в значительной степени сохранившие свой первичный облик и **палеотипные** – древние породы, подвергшиеся значительным изменениям (широко известно зеленокаменное изменение эффузивов) минерального состава и структуры. В частности типичными является уменьшение пористости с образованием миндалекаменных структур.

Состав определяется содержанием SiO_2 и номером плагиоклазов (соотношение Ca и Na). Нормальный (щелочноземельный) ряд магматических пород представлен всеми разновидностями от кислых (содержание SiO_2 около 70%), до ультраосновных (содержание SiO_2 около 40%). Щелочной ряд представлен ограниченным набором пород типа сионитов с составом, соответствующим средним -основным породам.

Таблица 6

Порода	$\delta \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right)$	Порода	$\delta \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right)$
Гранит	2.57	Сиенит	2.62
фанерозоевский		Сиенит	2.66
Гранит	2.59	нефелиновый	
докембрийский		Липарит	2.35
Гранодиорит	2.69	Кварцевый	2.60
Диорит кварцевый	2.75	порфир	
Диорит	2.81	Андезит	2.49
Габбро	2.95	Андезит-й	2.73
Пироксенит	3.2	порфирит	
Перидотит	3.2	Базальт	2.54
		Диабаз	2.79

В таб. 6 приведены средние значения плотности основных типов магматических пород. По этим данным составлена диаграмма (рис. 3.1) зависимости средней плотности от состава магматических пород. Состав выражен через содержание SiO_2 . В нижней части диаграммы приведены названия интрузивных, кайнотипных эффузивных и палеотипных эффузивных пород соответствующего состава.

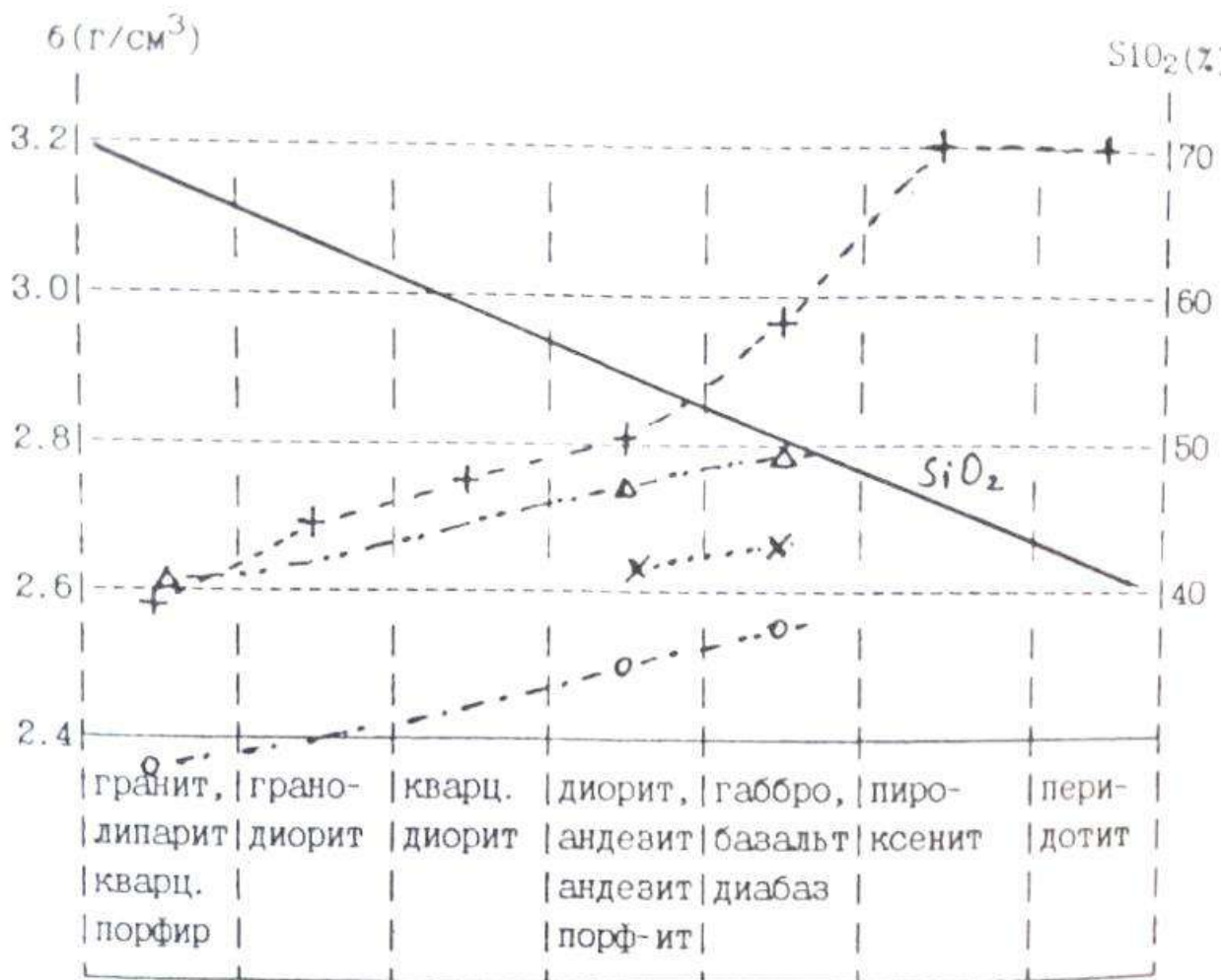


Рис.3.1. Зависимость средней меткости магматических пород от состава. (+ интрузивные породы щелочноземельного ряда, x интрузивные породы щелочного ряда, o кайнотипные эффузивы, Δ палеотипные эффузивы).

Сделаем основные вывод:

1. Из таблицы и диаграммы следует закономерное возрастание плотности по мере увеличения основности (уменьшения содержания SiO_2), что обусловлено возрастанием количества плотных темноцветных минералов.
2. Разница в средних плотностях между соседними группами по основности составляет около $\pm 0.1 \text{ г/см}^3$. т.е. является **значимой** (например, позволяет разделять эти породы по уровню гравитационного поля над ними).
3. Графики зависимости плотности от состава интрузивных и палеотипных эффузивных пород практически совпадают. Причина этого – близость составов и пористости. Исключение составляют породы основного

ионного состава. причины этого будут рассмотрены ниже.

4. Бросается в глаза существенно меньшие плотности кайнотипных зффузивов. Причина — высокая пористость.

Вероятные отклонения от средних значений в каждой группе интрузивных и палеотипных зффузивных пород составляют 0.1 г/см^3 , у кайнотипных зффузивов 0.15 г/см^3 . Эти отклонения связаны с влиянием двух основных факторов;

1. В каждой петрографической группе объединены по сути различные породы. Например. среди гранитов выделяют аляскитовые, мусковитовые, двуслюдяные, роговообманковые и т.д. Таким образом, в пределах группы возможны вариации состава породообразующих, минералов и, следовательно, плотности. Так, среди пород типа габбро есть и анортозиты (состоят на 90-95%. из плагиоклаза — лабрадора) с плотностью 2.69 г/см^3 , и оливинное габбро (плагиоклаз и до 20 % оливина) с плотностью 3.07 г/см^3 .

2. Любая порода, кроме породообразующих, содержит и акцессорные (второстепенные) минералы. В кислых породах это апатит ($\delta = 3.19$), циркон ($\delta = 4.7$), магнетит ($\delta = 5.1$), ильменит ($\delta = 4.79$). В породах основного состава это магнетит, титаномagnetит ($\delta = 4.72$), сульфиды ($\delta = 4.7 - 4.9$). В ультраосновных - магнетит, титаномagnetит. Количество акцессорных минералов может меняться от тысячных долей процента до нескольких процентов, что и приводит к вариациям плотности для ряда районов установлено увеличение содержания акцессорных минералов в рудоносных магматических комплексах, что может служить поисковым признаком.

Процессы автометаморфизма (серпентинизация, амфиболизация) оказывают существенное влияние на плотность магматических пород. При серпентинизации массивов ультраосновных пород пироксены и оливин преобразуются в серпентин — минерал, содержащий гидроксильную группу. с плотностью 2.55 г/см^3 . На рис. 3.2 представлен график зависимости плотности от степени серпентинизации. Нацело серпентинизированные породы имеют плотность, соответствуют кислым магматическим породам, это обстоятельство приходится учитывать при интерпретации данных гравиразведки. дальнейший процесс метаморфизма связан с карбонатизацией, при которой плотность возрастает.

Амфиболизация характерна для пород основного состава и проявляется в преобразовании пироксена в амфиболы и плагиоклазы с выделением хлорита, эпидота, серицита — минералов с меньшей плотностью.

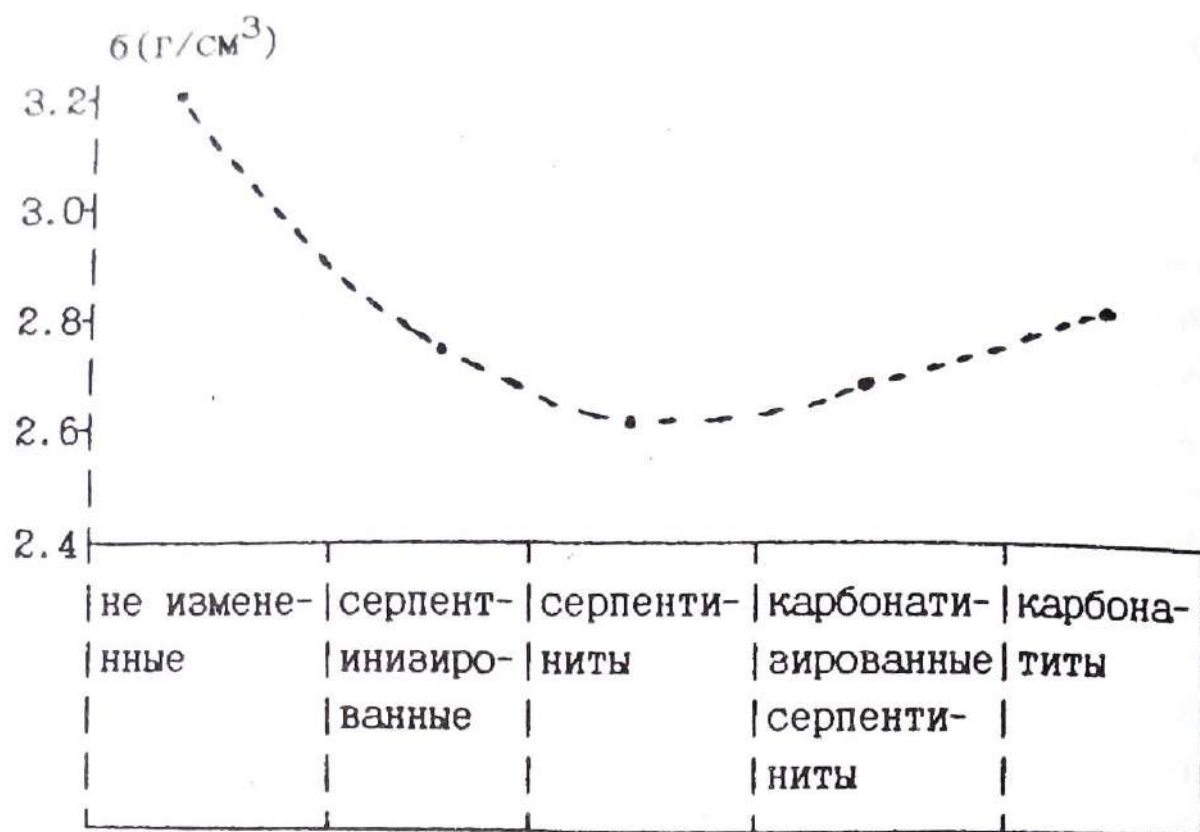


Рис 3.2. Изменение плотности ультраосновных пород в процессе серпентинизации и карбонатизации

Таким образом, амфиболизация сопровождается уменьшением плотности. Обратите внимание, что на рис. 3.1 плотность диабазов меньше плотности их интрузивного аналога — габбро. Диабаз это порода, претерпевшая метаморфические изменения, и её плотность соответствует амфиболизированному габбро. Процессы локального метаморфизма (метасоматоза) могут сопровождаться как уменьшением, так и увеличением плотности. В таблице 7 приведены данные по изменению плотности для типичных процессов.

Таблица 7

Порода	$\delta \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right)$ измененных	Процесс	$\delta \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right)$ не измененных
Гранодиорит	2.65	Серицитизация	2.55
Гранодиорит	2.67	Хлоритизация	2.61
Порфирит	2.76	Окварцевание	2.65
Диорит	2.8	Альбитизация	2.63
Гранит	2.6	Грейзенизация	2.77
Порфирит	2.7	Эпидотизация	2.85

Локальные изменения плотности используются как поисковый признак, так как процессы рудообразования сопровождаются локальным метасоматозом.

3.3.2. ОСАДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

ОБЛОМОЧНЫЕ ОСАДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

В таблице 8 приведены значения минеральной плотности (плотность твердой Фазы) основных типов обломочных пород.

Порода	$\delta_{\text{ср}} \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right)$	$\delta_{\text{min}} \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right)$	$\delta_{\text{max}} \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right)$
Песчаник	2.67	2.58	2.76
Алеврит	2.69	2.62	2.76
Аргилит	2.68	2.69	2.78
Глина	2.68	2.58	2.78

Отметим близкие значения $\delta_{\text{в}}$, из чего следует зависимость плотности в основном от пористости и характера заполнения порового пространства. Для водонасыщенных и газонасыщенных пород плотность ($\delta_{\text{в}}$, $\delta_{\text{г}}$) соответственно равна:

$$\delta_{\text{в}} = (1 - K_{\text{п}})\delta_{\text{т}} + K_{\text{п}} \delta_{\text{т}} \quad (3.5)$$

$$\delta_{\text{г}} = (1 - K_{\text{п}})\delta_{\text{т}} \quad (3.6)$$

где $K_{\text{п}}$ - коэффициент пористости, $\delta_{\text{т}}$ - плотность твердой фазы, плотность воды. Учитывая постоянство минеральной плотности, в обоих случаях имеем линейную зависимость плотности от пористости. На рис. 3.3 приведены зависимости, рассчитанные для $\delta_{\text{т}}=2.68 \text{ г/см}^3$ и результаты изучения плотности реальных пород. Расчетные и экспериментальные данные достаточно близки. Изменение пористости на 1% приводит к изменению плотности на 0.03 и 0.02 г/см³, соответственно для газонасыщенных и водонасыщенных пород. Эти цифры полезно запомнить поскольку они определяют требования к точности измерения плотности геофизическими методами (гамма—гамма каротаж, акустический каротаж) с целью оценки пористости коллекторов.

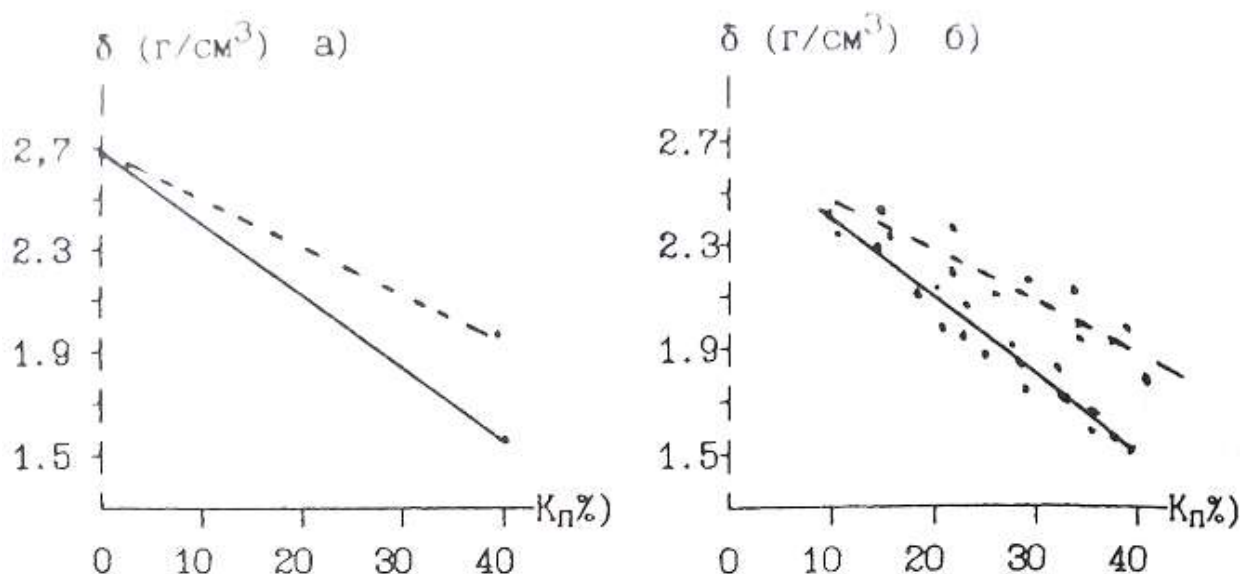


Рис. 3.3. Зависимость плотности обломочных осадочных пород от пористости, а) расчет, б) экспериментальные данные для песчано-глинистых отложений. - водонасыщенные - газонасыщенные

Как отмечалось ранее, в результате уплотнения под нагрузкой вышележащих слоев происходит закономерное уменьшение пористости обломочных пород. Если в выражении 3.5 и 3.6 подставить значения пористости из 2.5, то получим зависимость плотности от глубины залегания:

$$\delta_r(H) = \delta_T(1 - K_p(0) * \exp(-0.45 H)) \quad (3.7)$$

$$\delta_B(H) = \delta_T + K_p(0) * (1 - \delta_T) * \exp(-0.45 H) \quad (3.8)$$

где $K_p(0)$ - пористость на поверхности, H — глубина в км.

Таблица 9

Порода	$\delta \left(\frac{г}{см^3} \right)$ пределы	$\delta \left(\frac{г}{см^3} \right)$ наиб. вероят.
Глины	1.20-2.40	-
Аргилиты	1.70-2.90	2.30-2.40
Пески	1.30-2.00	1.50-1.70
Песчаники	2.00-2.90	2.50-2.65
Алевриты	1.80-2.80	2.30-2.50
Конгломераты	2.10-3.00	-

В таблице 9 приведены значения плотности обломочных осадочных пород.
Основные выводы:

- 1) Плотность обломочных осадочных горных пород (вероятные значения) ниже плотности магматических пород.
- 2) Плотность меняется в широких пределах. что связано с широким диапазоном возможных значений пористости.
- 3) Интервалы плотности основных типов обломочных пород в значительной степени перекрываются.

КАРБОНАТНЫЕ ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ

В таб.10 приведены значения минеральной плотности карбонатных пород.

Таблица 10

Порода	$\delta_{\text{ср}} \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right)$	$\delta_{\text{min}} \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right)$	$\delta_{\text{max}} \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right)$
Мел	2.69	2.56	2.80
Известняк	2.72	2.62	2.80
Доломит	2.80	2.76	2.88
Мергель	2.70	2.58	2.80

Отмечаются значимые различия средних плотностей. Поэтому плотность карбонатных пород будет определяться минеральным составом, пористостью и характером заполнения порового пространства. Представления о плотности этих пород иллюстрируются таб. 11.

Таблица. 11

Порода	$\delta \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right)$ пределы	$\delta \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right)$ наиб. вероят.
Известняки	1.80-2.90	2.60-2.70
Доломиты	1.90-3.00	2.60-2.80
Мергели	1.50-2.80	2.20-2.40

Для этой группы пород остаются справедливыми пункты 2 и 3 выводов, которые получены для обломочных пород. Дополнительно отметим более высокую плотность известняков и доломитов, которая близка к плотности кислых и средних магматических пород.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ ,

Для этих пород характерна низкая пористость, и их плотность в основном определяется минеральным составом. Плотность гипсов лежит в пределах $2.10 — 2.50 \text{ г/см}^3$, ангидритов $2.50—2.90 \text{ г/см}^3$, каменной соли $2.15 — 2.30 \text{ г/см}^3$. Приведем пример соотношения плотностей осадочных комплексов с вытекающими из этого особенностями геофизических полей. Среди структур, вмещающих углеводородное сырье, существуют так называемые диапировые структуры или структуры протыкания. Они образуются в результате выжимания ("Всплывания") соляных куполов сквозь толщ обломочных осадочных пород. Соотношение плотностей приведено на рис. 3.4 а).

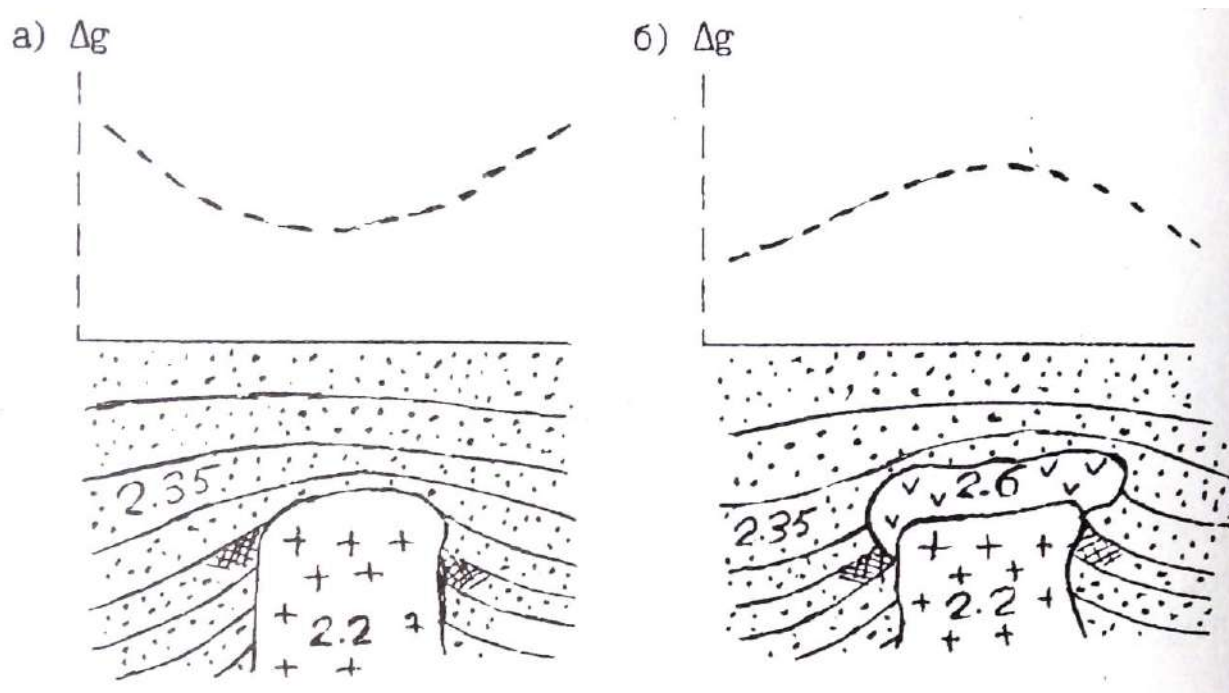


Рис. 3.4. Характер распределения плотности и ускорение силы тяжести над соляно-купольными структурами (• - песчано-глинистые отложения, + - каменная соль, v — ангидрит, - - - - приращение ускорения силы тяжести, // - нефтеносность)

Плотность каменной соли (2.20 г/см^3) меньше плотности песчано-глинистых отложений (2.35 г/см^3). Это обуславливает недостаток масс соляного купола над структурой наблюдается Уменьшение силы тяжести (Кривая Δg , рис.3.4. а)). Однако, возможно и более сложное строение соляных куполов (рис.3.4. б)). В верхней части купола образуется покрывка сложенная ангидритами ("каменная шляпа") с плотностью 2.60 г/см^3 .

Избыток масс покрывки может превосходить действие недостатка масс соляного купола, и над структурой наблюдается увеличение силы тяжести. Возможно ситуация баланса этих двух факторов, и над структурой существенного изменения гравитационного поля не будет.

3.3.3. МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

Метаморфические породы образуются в результате регионального (охватывающего значительные площади и объемы пород) преобразования магматических и осадочных пород под действием высокой температуры и давления. В основу классификации метаморфических пород положены условия (фаия) метаморфизма, структурно-текстурные особенности и состав породы. В порядке возрастания термодинамических условий выделяют следующие фации: зеленых сланцев, эпидот-амфиболитовую, амфиболитовую, гранулитовую, эклогитовую. В начальный этап регионального метаморфизма происходит уплотнение первичных осадочных пород в результате уменьшения пористости под действием давления (катагенеза). В фацию зеленых сланцев наблюдается некоторое разуплотнение исходных магматических и подвергнутых катагенезу осадочных пород в результате образования минералов, содержащих кристаллизационную и конституционную воду. Дальнейший метаморфизм сопровождается увеличением плотности за счет полиморфных преобразований минералов. Образуются новые минералы с уплотненными кристаллическими решетками. данные о плотности метаморфических пород Приведены в таблице 12. При общем закономерном возрастании плотности с увеличением степени метаморфизма, в пределах каждой отмечаются существенные колебания плотности, что отражает влияние минерального состава пород. Интересно отметить, что при так называемом ультраметаморфизме (протекает в условиях относительно пониженного давления и высоких температур, сопровождается полной перекристаллизацией и частичным расплавлением пород) отмечаются существенное уменьшение плотности. Так амфиболиты (3.0 г/см^3) преобразуются в метасоматические граниты (2.6 г/см^3). Процесс гранитизации сопровождается кремний-калиевым метасоматозом с преобразованием плотных минералов (амфиболы, гранаты, биотит) в менее плотные (кварц, микроклин).

Таблица 12

Фация	Порода	$\delta_{\text{ср}} \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right)$	$\delta_{\text{min}} \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right)$	$\delta_{\text{max}} \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right)$
Зеленых сланцев	Филит	2.45	2.40	2.70
	Сланец:			
	Кварцево- серицитовый	2.57	2.50	2.64
	Кремнистый	2.60	2.58	2.62
	Хлоритовый	2.76	2.72	2.80
	Слюдистый	2.65	2.60	2.75
Эпидот- амфиболитовая	Сланец кристаллический:			
	Биотитовый	2.63	2.62	2.63
	Роговообманковый	2.77	2.75	2.80
	Кварцит	2.64	2.62	2.65
	Мрамор	2.70	2.68	2.72
Амфиболитовая	Гнейс:			
	Биотитовый	2.63	2.60	2.68
	Амфиболовый	2.78	2.75	2.82
	Амфиболит:			
	Полевошпатовый	2.87	2.80	2.95
	Гранатовый	3.10	3.00	3.20
Гранулитовая	Гранулит	2.72	2.60	2.85
	гиперстеновый Сланец	3.05	2.90	3.25
Эклогитовая	Эклогит	-	3.20	3.40

3.3.4. ВЛИЯНИЕ ВЫВЕТРИВАНИЯ НА ПЛОТНОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД.

Процессы гипергенеза в результате химического и механического выветривания приводят к существенному изменению состава и состояния пород. Образуется вторичная пористость в результате растрескивания и выщелачивания, которая достигает 20-30%.

Образующиеся коры выветривания глинисто-сланцевого и хлоритогидросланцевого состава с гидроокислами железа, обломками кварца, микроклина, биотита имеют пониженную плотность порядка 2.1-2.5 г/см³.

Вопросы для самопроверки:

1. *Какие причины создают неоднородность физических свойств горных пород?*
2. *Как строятся гистограммы распределения физических свойств горных пород?*
3. *Типы пористости.*
4. *Какие факторы определяют пористость обломочных пород?*
5. *Назовите группы пород с низкой и повышенной пористостью.*
6. *Как изменяется пористость с глубиной?*
7. *Что такое влажность и влагоемкость?*
8. *В каком виде присутствует вода в горных породах?*
9. *Какими особенностями обладает связанная вода?*
10. *Что такое проницаемость?*
11. *Отличие физической проницаемости от фазовой?*
12. *Как классифицируются породы по проницаемости?*
13. *Как образуется двойной электрический слой?*
14. *Каким параметром характеризуется нефтенасыщенность?*
15. *Что такое плотность и минеральная плотность?*
16. *От чего зависит плотность минералов?*
17. *Назовите основные факторы, определяющие плотность магматических (интрузивных и эффузивных) и осадочных (обломочных, карбонатных и гидрохимических) пород.*
18. *Рассчитайте плотность водонасыщенного и газонасыщенного песчаника с коэффициентом пористости 25%.*

Литература:

1. В.М. Добрынин, В.Ю. Вендельштейн, Д.А. Кожевников. Петрофизика: Учебник для вузов. -М: Недра, 1991.
2. В.Н. Кобранова. Петрофизика: Учебник для вузов -М: Недра, 1986.

Оглавление

Введение.....	3
1. Статистическая природа физических свойств.....	4
2. Коллекторские свойства.....	8
2. 1. Пористость.....	9
2.1.1. Классификация пор.....	10
2.1.2. Пористость обломочных осадочных пород.....	11
2.1.3. Пористость карбонатных осадочных пород.....	14
2.1.4. Пористость гидрохимических осадочных пород.....	15
2.1.5. Пористость магматических и метаморфических пород.....	15
2.1.6. Пористость гидротермально измененных пород.....	16
2.2. Влажность, влагоемкость.....	17
2. 3. Проницаемость	19
2.3.1. Физическая проницаемость	19
2.3.2. Связь коэффициента проницаемости с коэффициентом пористости и структурой порового пространства.....	20
2.3.3. Фазовая проницаемость	23
3. Плотностные свойства	24
3.1. Основные понятия и определения	24
3.2. Плотность минералов	25
3.3. Плотность горных пород	28
3.3.1. Магматические породы	28
3.3.2. Осадочные породы	33
3.3.3. Метаморфические породы	37
3.3.4. Влияние выветривания на плотность пород	38
Вопросы для самопроверки	39
Литература	39

Игорь Иванович Бреднев

ПЕТРОФИЗИКА

Часть 1. Коллекторские и плотностные свойства горных пород

Учебно-методическое пособие по дисциплине «Петрофизика»
для студентов профилизации «Геофизические методы поисков и разведки
МПИ» (РФ) направления 650200 «Технологии геологической разведки»

Конспект лекций

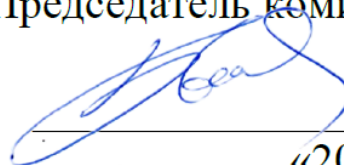
Корректурa кафедры геофизики

Подписано в печать 09.09.2004г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60x84 1/16. Печать на ризографе.
Печ.л. 2,8. Уч-изд. л. 2,39. Тираж 100 экз. Заказ №130.

Издательство УГГГА
620144. г. Екатеринбург. УЛ- Куйбышева 30
Уральская государственная горно-геологическая академия
Лаборатория множительной техники

И. Г. Сквородников

ОДОБРЕНО
методической комиссией
факультета геологии и геофизики
Председатель комиссии



В. И. Бондарев
«20» марта 2020 г.

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ «ТЕХНОЛОГИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ»

Курс лекций для студентов всех форм обучения

Специальность:

21.05.03 Технология геологической разведки

Специализация № 1:

«Геофизические методы поиска и разведки
месторождений полезных ископаемых»

Специализация № 2:

"Геофизические методы исследования скважин"

форма обучения: очная, заочная

**Екатеринбург
2020**

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



И. Г. Сковородников

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ «ТЕХНОЛОГИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ»

Курс лекций для студентов всех форм обучения

Специальность:

21.05.03 Технология геологической разведки

Специализация № 1:

«Геофизические методы поиска и разведки
месторождений полезных ископаемых»

Специализация № 2:

"Геофизические методы исследования скважин"

форма обучения: очная, заочная

УДК 550.8
С 44

Рецензент: Г. В. Иголкина, доктор геолого-минералогических наук, зав. лабораторией промысловой геофизики Института геофизики им. Ю. П. Булашевича УрО РАН.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета.

Сковородников И. Г.

С 44 Введение в специальность «Технологии геологической разведки»: курс лекций // И. Г. Сковородников; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2020. 137 с.

ISBN 978-5-8019-0361-3

Дисциплина «Введение в специальность» носит ознакомительный характер, это первая встреча студентов с их будущей специальностью – «Технология геологической разведки».

В курсе лекций рассматривается роль минерального сырья в жизни современного общества, описываются виды минерального сырья и его источники, приводятся краткие сведения о способах разведки и добычи полезных ископаемых, о внутреннем строении Земли и даются определения основных геологических терминов.

Более подробно рассмотрены физические основы всех основных отраслей разведочной геофизики.

УДК 550.8

© Сковородников И. Г., 2020

ISBN 978-5-8019-0361-3

© Уральский
государственный горный
университет, 2020

Лекция 1

В 1988 г. в издательстве «Недра» была опубликована небольшая книжица Гелия Сергеевича Вахромеева «Введение в разведочную геофизику». Книга стала прекрасным учебником для студентов-геофизиков по курсу «Введение в специальность». К огромному сожалению, в 2000 г. Г. С. Вахромеев умер.

Но курс «Введение в специальность» остался в учебном плане согласно Государственному образовательному стандарту 2011 г., который, в частности, требует, чтобы учебники по изучаемым дисциплинам были не старше 10 лет.

Эти обстоятельства вынудили автора подготовить к печати курс лекций по «Введению в специальность», который он читает на факультете геологии и геофизики УГГУ студентам геофизических специальностей (а теперь – специализаций) начиная с 1997 г.

РОЛЬ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Какой бы предмет мы ни взяли из окружающей нас обстановки, в его изготовлении обязательно задействованы минеральные ресурсы.

Возьмем, например, мебель в нашей аудитории, она состоит в основном из древесины, и, казалось бы, минеральные ресурсы здесь ни при чем. Однако чтобы спилить дерево, разделать его на доски или шпон, нужны пилы, а пилы – это железо, его выплавляют из железной руды. Для перевозки древесного сырья и уже готовой мебели нужны автомобили, а это тоже железо. Кроме того, для перевозки нужен бензин, а его производят из нефти, которую добывают из недр. Из нефти также производят и резину, которая нужна для изготовления шин автомобилей.

Если возьмем другой предмет, скажем, телевизор, у которого мы проводим часть своего свободного времени, то телевизор весь изготовлен из минерального сырья: транзисторы и диоды – это полупроводники (германий, кремний и др.), трансформаторы – это железные сердечники и медные обмотки, кинескоп – это стекло, все провода – это медь и т. д.

Если взять такой продукт, как хлеб, то и он не может быть изготовлен без участия минерального сырья.

Как известно, хлеб выпекают из муки. Но чтобы вырастить пшеницу или рожь, из которой делают муку, нужно вспахать поле. А для этого нужны машины – тракторы и, следовательно, железо и горючее (опять-таки нужна нефть). Чтобы урожай был хороший, поле нужно удобрить, т. е. опять необходимо минеральное сырье: калийные соли, фосфориты и пр. Для того

чтобы скосить пшеницу или рожь, обмолотить их, перемолоть зерно в муку, опять нужны машины, а значит, железо и горючее. Горючее необходимо также и для выпечки хлеба (либо непосредственно, либо после получения с его помощью электричества). И так обстоит дело буквально с каждым предметом.

Природные материалы были необходимы человеку на всех этапах развития человеческого общества.

При этом чем более развито общество в техническом отношении, тем больше минерального сырья, приходящегося на душу населения, оно потребляет.

В первобытном обществе грубые орудия труда и простые приспособления изготавливались человеком из камня, дерева и кости.

Когда люди научились обрабатывать камень, придавать ему нужную форму, начался **каменный** век.

По мере того, как открывались способы извлечения металлов из руд, человечество вступало последовательно в **медный, бронзовый и железный** век, а затем в век **стали, в атомный** век.

На каждом этапе развития общества добываемые из недр материалы приобретали все более важное значение, возрастало и количество добываемого сырья.

Как показывает статистика, в настоящее время в развитых странах на душу населения расходуется примерно 1 т угля в год. А ведь кроме угля нужны еще нефть, металлы, строительные материалы и другие виды минерального сырья.

Понятие *минерального сырья* объединяет все, что извлекается из недр для последующего использования в жизнедеятельности человека. Минеральное сырье, еще не извлеченное из недр, называется **полезным ископаемым**.

Различают следующие виды полезных ископаемых:

- горючие (нефть, газ, горючие сланцы, уголь, торф);
- рудные, включающие руды:
 - черных металлов (Fe, Mn, Ti, Cr, V);
 - цветных металлов (Cu, Zn, Pb, Al, Sn, Ni, Co, Mg, Hg);
 - редких и рассеянных металлов (W, Mo, Li, Be, Nb, Ta, Zr, Cd и др.);
 - радиоактивных металлов (U, Ra, Th, K);
 - благородных металлов (Au, Ag, Pt);
- нерудные:
 - строительные материалы (песок, глина, известняк, гранит, асбест);
 - агрохимическое сырье (калийные соли, фосфориты, апатит);

- камнесамоцветное сырье (алмазы, бериллы, янтарь, яшма, малахит и пр.);
- прочие нерудные (флюорит, тальк, сера, графит, слюды, каменная соль);
- подземные воды.

О подземных водах следует сказать особо.

Еще в 20-х годах прошлого века академик А. П. Карпинский назвал подземные воды полезным ископаемым № 1. В наше время мы убеждаемся в справедливости этого высказывания. В связи с загрязнением поверхностных источников пресных вод роль подземных вод в обеспечении населения, промышленного и сельскохозяйственного производства возрастает с каждым годом. В развитых странах (Германия, Франция и др.) потребность в пресной воде обеспечивается более чем наполовину за счет подземных вод.

Интересно посмотреть, как распределяется стоимость различных видов добытого минерального сырья.

По данным Бюро горных работ в США за 1975 год, 77 % стоимости добытого минерального сырья пришлось на горючие полезные ископаемые, 8 % – на рудные и 15 % – на нерудные. Общая стоимость минеральной продукции за тот год в США составила 62 млрд долларов (Вахромеев, 1988).

По европейским странам в среднем 60 % стоимости приходится на стройматериалы.

В настоящее время минеральные ресурсы по своему значению в жизнеобеспечении общества занимают *второе место*, уступая только продукции сельского хозяйства.

При этом они отличаются еще и тем, что являются невозобновляемыми.

Сельскохозяйственные, лесные и водные ресурсы относятся к возобновляемым. При правильном ведении хозяйства поле и лес будут давать урожай каждый год. Водные ресурсы возобновляются за счет круговорота воды в природе.

Большая часть минеральных ресурсов расходуется без остатка. После сжигания угля остается только зола, после сжигания газа и продуктов перегонки нефти практически ничего не остается (кроме газообразных веществ), без остатка расходуется агрохимическое сырье и стройматериалы. Исключение составляют только металлы. Они не расходуются без остатка и потому допускают повторное использование. Так, например, 30 % железа в мире выплавляется из железного лома. Идет в переплавку и лом цветных металлов.

Способы добычи полезных ископаемых

За историю развития науки и техники разработано немало способов добычи полезных ископаемых. Как правило, добыча осуществляется с помощью горных выработок: карьеров, шахт (штолен) и скважин.

Карьеры – это открытые горные выработки, есть смысл использовать их при относительно небольшой (до 500-600 м) глубине залегания полезных ископаемых. С их помощью добывают строительные материалы, уголь, некоторые виды рудного и камнесамоцветного сырья. Так, например, угольный карьер Коркино (Челябинская область) имеет глубину 470 м; карьер для добычи алмазов в г. Мирном (Якутия) имеет диаметр 1,5 км и глубину 500 м, ниже разработка ведется шахтами до глубины 1220 м. Алмазный карьер на месторождении Айхал (Якутия) имеет глубину более 600 м. Карьер-гигант по добыче медных руд в США – Бингем достигает отметки 700 м от дневной поверхности. Но самый глубокий карьер в мире – Big Hole в Южно-Африканской Республике в провинции Кимберли, его глубина 854 м. Примечательно, что он был вырыт добытчиками алмазов с помощью кирки и лопаты без применения какой-либо тяжелой техники.

Шахты сооружают при более глубоком залегании полезных ископаемых. Шахты – это более дорогой вид горных выработок, так как их нужно крепить и оснащать вентиляционным, насосным и спуско-подъемным оборудованием. Глубина шахт может достигать до 1-3 км. Так, шахты на СУБРе (Северо-Уральском бокситовом руднике), который дает около 70 % российских бокситов, имеют глубину более 900 м и ежегодно углубляются на 15-20 м. Угольные шахты в Донбассе достигают до 1,5 км. В ЮАР, в провинции Витватерсранд, золотодобывающая шахта достигает глубины 3 км. А самая глубокая шахта в мире находится в Индии в окрестностях г. Колар, её глубина около 4 км, и служит она также для добычи золота.

Штольни, как и шахты, относятся к подземным горным выработкам, но их проходят в горных местностях, и располагаются они горизонтально или с небольшим уклоном.

Буровые скважины используются в основном для добычи жидких и газообразных полезных ископаемых: нефти, газа, подземных вод. Глубина нефтяных и газовых скважин в Западной Сибири составляют около 2-2,5 км, на Оренбургском нефтегазовом конденсатном месторождении – до 5 км. Следует отметить, что с помощью скважин возможна добыча и твердых полезных ископаемых.

Так, например, добыча каменной соли через скважины известна ещё с XII-XIV веков. Для этого соль предварительно растворяли, закачивая в неё воду, а

затем извлекали раствор (**метод подземного растворения**), который потом выпаривали.

В 1891 г. американцем Г. Фрашем был предложен метод добычи серы посредством **подземного расплавления**. Для этого в пласты серы закачивают перегретую до 160°C воду, а затем откачивают из них расплавленную серу (рис. 1.1, *а*). Сейчас этим способом добывается большая часть серы в мире.

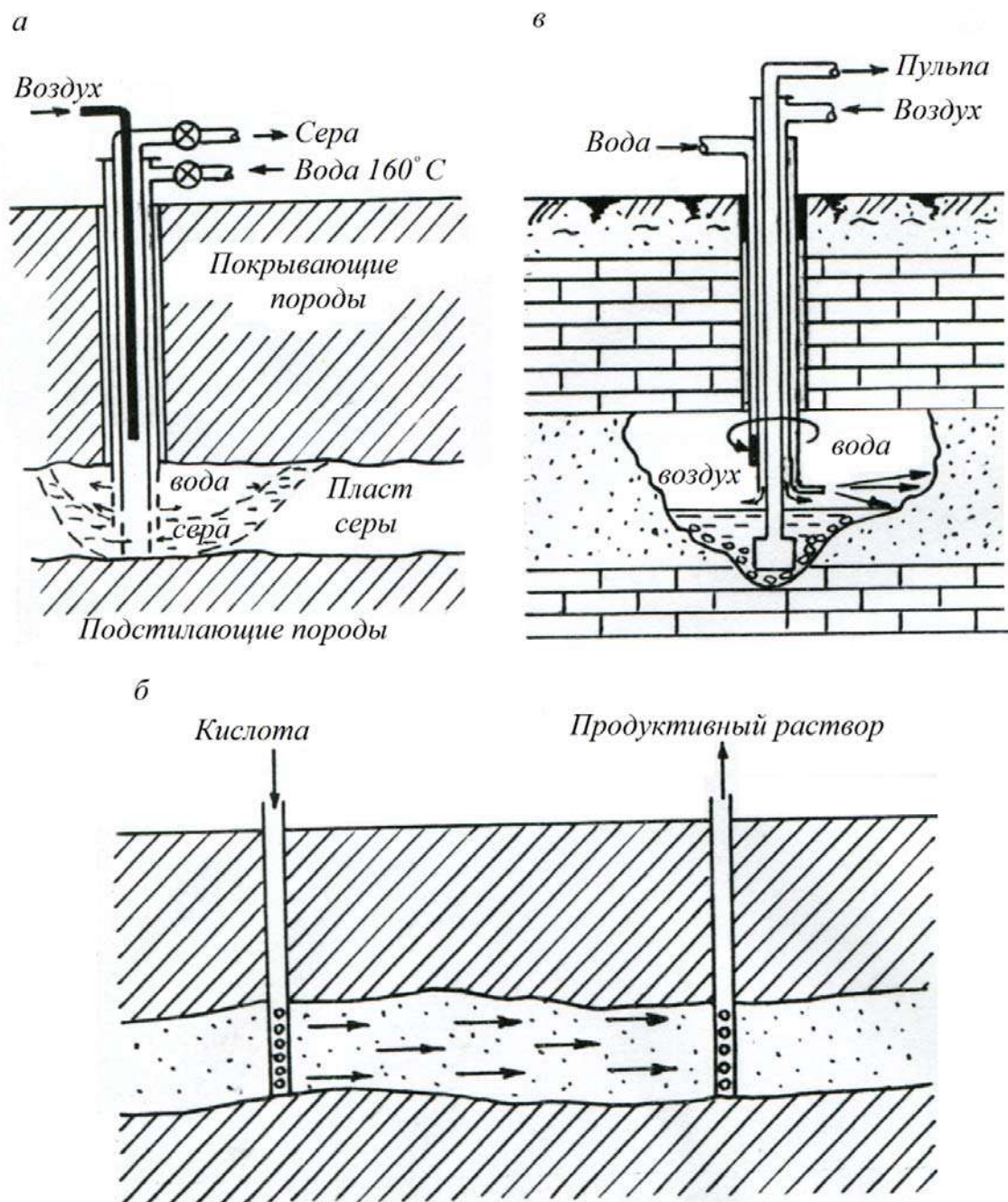


Рис. 1.1. Способы добычи твердых полезных ископаемых с помощью скважин, по (Аренс, 1975):

а – подземная выплавка серы (способ Г. Фраша); *б* – подземное выщелачивание; *в* – скважинная гидродобыча

Разработана также технология **подземного выщелачивания**, согласно которой через одни скважины в залежь полезного ископаемого закачивают реагент, например, раствор какой-либо кислоты, а через другие скважины откачивают этот раствор, но уже обогащенный полезным ископаемым (рис 1.1, б).

Впервые способ был применен в XVI веке для добычи меди на руднике Кананеа (Мексика). В 1939-1942 гг. способ применялся на медноколчеданных месторождениях Урала. Сейчас этим способом в мире получают около 20 % меди (Аренс, 1975).

С 1957 г. метод подземного выщелачивания применяется для добычи урана из месторождений инфильтрационного типа.

Известен также способ **скважинной гидродобычи**, который применяется для разработки рыхлых и слабосцементированных руд. В соответствии с ним в скважины закачивают под большим давлением воду, струи которой разрушают массив руды, а образовавшуюся пульпу откачивают на поверхность (рис. 1.1, в). Таким методом разрабатывается, например, Ломоносовское месторождение алмазов в Архангельской области.

Разработан также способ **подземной газификации**, который имеет большие перспективы при добыче газа («сланцевый газ») из горючих сланцев, большие запасы которых известны как на Американском континенте, так и в Европе, и в России.

Скважинные технологии всегда более привлекательны, чем добыча полезных ископаемых с помощью карьеров или шахт, не только по экономическим соображениям (их сооружение ведется гораздо быстрее и обходится намного дешевле), но и по экологическим причинам. Скважинная добыча причиняет гораздо меньший ущерб окружающей среде.

Масштабы добычи минерального сырья

Масштабы добычи минерального сырья поражают воображение. Ежегодно на планете добывается около 100 млрд т различного минерального сырья, из них одной только нефти около 3 млрд т. Чтобы представить себе, насколько это много, сделаем небольшой расчет вслед за профессором Вахромеевым Г. С. Если загрузить эту нефть в железнодорожные цистерны по 50 т каждая, то 1 состав из 60 цистерн вместит 3000 т нефти и при этом будет иметь длину около 800 м. Для всей добытой нефти понадобится $3 \cdot 10^9$: $3 \cdot 10^3 = 10^6$ таких составов, а их общая длина будет $0,8 \cdot 10^6$ км = 800 тыс. км. Если учесть, что длина окружности Земли по экватору всего 40 тыс. км, то такой состав опояшет Землю целых 20 раз!

Конечно, перевозки нефти железнодорожным транспортом – это удовольствие слишком дорогое, и в настоящее время большая часть нефти (и газа тоже) транспортируются к местам переработки или потребления по трубопроводам.

Однако твердое и сыпучее минеральное сырьё по-прежнему приходится перевозить колёсным или водным транспортом.

Расчёты показывают, что для перевозки всего добытого за один год в мире угля понадобится не меньше вагонов, чем для перевозки добытой нефти.

Аналогично обстоит дело и с объемами добычи рудных полезных ископаемых. Одной только железной руды добывается за год более 1 млрд т. Хотя самих металлов (в чистом виде) извлекается значительно меньше, чем ископаемого угля, объемы добытой руды очень велики из-за того, что в разработку вовлекаются руды с очень небольшим содержанием металлов. Так, например, промышленным содержанием меди в руде считается 2 %, урана – 0,03 %, золото выгодно добывать уже при содержании 2÷3 г/т, а алмазы – при содержании 0,5 карата на 1 м³ породы (карат = 0,2 г). Ну, и количество добытых стройматериалов не уступает количеству рудной массы.

Источники минерального сырья

Основными источниками минерального сырья являются его скопления в земной коре – так называемые **«месторождения полезных ископаемых»**. Их поисками и разведкой и занимаются вместе с геологами специалисты по разведочной геофизике и бурению скважин.

Распределение месторождений по странам мира

Месторождения полезных ископаемых крайне неравномерно распределены по территории Земли. Как известно, около 40 % мировых запасов нефти и газа локализуется на Ближнем Востоке (Саудовская Аравия, Кувейт, Иран, Ирак). Очень богата полезными ископаемыми южная часть африканского континента: там сосредоточены более 90 % мировых запасов хрома, около 60 % запасов золота и платины (всё в ЮАР). Недаром ЮАР занимает первое место в мире по добыче золота – 603 т в 1990 г. (газета «Уральский рабочий» от 21.03.91). До 60 % мировых запасов алмазов находится в ЮАР, Заире и Ботсване и до 60 % кобальта в Заире. Три четверти мировых запасов олова сосредоточены в Юго-Восточной Азии (Таиланд, Малайзия, Индонезия).

Нет ни одной страны в мире, которая полностью обеспечивала бы свою промышленность и сельское хозяйство минеральным сырьем из своих собственных месторождений. Уникальной страной в этом отношении был Советский Союз. В СССР не было только крупных месторождений алмазов. Но

в 1954 г. на территории Якутии была открыта геологом Ларисой Попугаевой первая кимберлитовая трубка «Зарница», в 1955 г. последовало открытие трубки «Мир» (геологи Хабардин Ю. И. и Елагина Е. Н.), а затем в Якутии было открыто ещё более 20 алмазоносных кимберлитовых трубок.

А в 70-80-х годах XX века кимберлитовые трубки были обнаружены и на территории европейской части СССР – в Архангельской области.

Полная обеспеченность СССР своим собственным минеральным сырьем объяснялась двумя причинами: во-первых, огромной территорией, занимаемой страной (всё-таки шестая часть суши – не шутка!), а во-вторых, хорошей организацией геологической службы в стране (Козловский, 1980). И недаром каждый год в первое воскресенье апреля население всего Советского Союза праздновало День геолога.

Минерально-сырьевая база России

С обеспечением Российской Федерации минеральным сырьем дело обстоит тоже неплохо. Благодаря большой территории ей досталось значительная часть месторождений Советского Союза.

В России осталось 90-95 % всесоюзных запасов каменного угля, (Восточная часть Донбасса, Кузбасс, Подмосковный и Иркутско-Черемховский бассейны, Воркута, Южно-Якутские месторождения, Сучан на Дальнем Востоке и др.).

Остались крупнейшие месторождения нефти и газа в Волго-Уральской провинции, Республике Коми, в Западной Сибири, в Якутии. Разведанные запасы в России составляют, по разным источникам, от 12,9 млрд т (газета «Аргументы и факты». 2011. № 38) до 29 млрд т (та же газета. 2014. № 5). Наиболее достоверными нам представляются данные, которые приводит в своём учебнике В. П. Максаковский, – 14,7 млрд т. Это пятое место в мире. А по добыче нефти Россия уступает только Саудовской Аравии, причем время от времени даже обгоняя её.

Годовая добыча нефти в России в последние годы составляет около 500 млн т: точнее, в 2010 г. – 505 млн т, а в 2013-м – 532,2 млн т, что на 47,8 млн т больше, чем в Саудовской Аравии.

А по запасам и добыче газа Россия бесспорно на первом месте в мире.

Российская нефть и газ идут почти во все страны Центральной Европы и в бывшие республики СССР – Украину, Белоруссию, Молдавию, прибалтийские республики. Действуют крупнейшие трубопроводы из России в Европу: проложенный через территорию Украины и по дну Балтийского моря, строится

новый трубопровод через Черное море от побережья Кавказа до берегов Болгарии. Увеличивается экспорт газа в Азию – Китай, Японию, Индию.

Бюджет России наполняется в основном за счет поступлений от продажи углеводородного сырья.

В нашей стране находятся крупнейшие месторождения железных руд: на Урале, на КМА, в Восточной Сибири (Ангара-Илимская группа месторождений), в Кемеровской области и др.

У нас много медных месторождений: на Урале (Сибай, Бурибай, Межозерное, Тарньерское, Михеевское и др.), на севере Западной Сибири (Норильское медно-никелевое месторождение), в Забайкалье (Удокан).

Достаточно месторождений золота: на Урале (Берёзовское, Воронцовское, Кочкарское месторождения и др.), в Восточной Сибири (Забайкалье, Магаданская область, Чукотка); большие запасы алюминиевых руд (Северный Урал, Восточная Сибирь); крупнейшие в мире месторождения агрохимического сырья (калийных солей на Урале, апатитов в Хибинских горах).

Тем не менее Россия уже не может полностью покрыть все свои потребности в минеральном сырье за счет собственных источников.

Так, в бывших союзных республиках остались крупнейшие эксплуатируемые месторождения марганцевых руд (Никопольское на Украине и Чиатурское в Грузии), в Казахстане остались месторождения хрома (Кемпирсай и Хромтау). Из семи действовавших в СССР горно-химических комбинатов, добывавших уран, в России остался только один (Краснокаменский на юге Читинской области).

Так что Россия вынуждена ввозить уран (из Казахстана и даже из Австралии), марганец с Украины и хром из Казахстана.

Кроме того, поскольку во времена СССР сложилась общая система хозяйствования, то сейчас России выгоднее завозить некоторые виды минерального сырья из близких заграничных месторождений, чем везти со своих, но расположенных где-нибудь на дальнем конце страны. Так, например, экономически выгоднее везти железную руду для Магнитогорского металлургического комбината из Казахстана, с Соколовско-Сарбайских месторождений, чем из Восточной Сибири или с КМА. Для тепловых электростанций на Урале завозится уголь из Экибастуза (Казахстан), это ближе и выгоднее, чем везти его из Ростовской области или Кузбасса.

Другим странам, даже располагающим крупными территориями, приходится ввозить минерального сырья много больше, чем России.

Так, например, Соединенные Штаты Америки ввозят до 30 % потребляемой нефти (несмотря на то, что имеют свои очень крупные месторождения; они их «придерживают» на черный день), их собственная

добыча составляет около 400 млн т в год; ввозят все металлы группы платины, кобальт, хром. США также вынуждены импортировать 90 % всего необходимого им количества цветных металлов или соответствующих им руд (Патури, 1979).

Неравномерность распределения запасов минерального сырья по странам мира не раз приводила к тяжелым политическим последствиям.

Ещё в далеком прошлом страны нередко вели войны за обладание месторождениями золота и др. металлов. В недавней истории подобных примеров ещё больше.

Так, в 1973 г. в Чили было свергнуто социалистическое правительство Сальвадора Альенде. Одна из причин – национализация этим правительством месторождений полезных ископаемых. На территории Чили имеется ряд очень крупных месторождений меди, которыми владели известные американские и межнациональные компании, не пожелавшие мириться с потерей своих доходов. В Чили при поддержке американского капитала был организован вооруженный переворот, который и привел к свержению избранного народом правительства и гибели президента Альенде.

В 2003 г. войска США в результате непродолжительной войны оккупировали территорию арабского государства – Ирака. Предлог – предполагаемое наличие у правительства запрещенного ООН оружия массового поражения. Причина же этой войны – наличие в Ираке крупных запасов нефти, ежегодная добыча которой составляла более 170 млн т (до 90 % её шло на экспорт). Страна была захвачена, президент Саддам Хусейн расстрелян, оружие массового уничтожения так и не найдено.

Более свежий пример – события в Ливии. Ливия по запасам нефти занимает 8-е место в мире. При поддержке западных государств, США, Франции и др. в стране был организован мятеж, правитель страны – полковник Муамар Каддафи убит без суда и следствия, а организаторы и спонсоры мятежа прибрали к рукам нефтяные месторождения Ливии и доходы от них.

Крупные запасы углеводородного сырья в Российской Федерации вызывают зависть правительств других стран. Бывший госсекретарь правительства США при президенте Дж. Буше-младшем Мадлен Олбрайт договорилась до того, что в одном из публичных выступлений заявила, что такие огромные богатства не должны быть собственностью одного государства, они должны принадлежать всем странам (!?).

Так что, если Россия не будет сильной, охотники до её богатств объявятся очень быстро, и её вполне может ожидать судьба того же Ирака.

А предлог всегда найдется...

Контрольные вопросы

1. Что такое минеральное сырье?
2. На какие виды подразделяют полезные ископаемые?
3. Какова примерная масса минерального сырья, добываемого ежегодно в мире?
4. Какова ежегодная мировая добыча нефти?
5. Сколько нефти в год добывает Россия?
6. Какое полезное ископаемое в настоящее время можно считать самым важным?
7. Какое место занимает минеральное сырье в жизни современного общества?
8. Что можно сказать о возобновляемости минерального сырья?
9. В какой стране находится самая глубокая скважина? Какова её глубина?
10. Где находится самая глубокая шахта?
11. Где находится самый глубокий карьер?
12. Какие горные выработки обходятся дороже всего: карьеры, шахты или скважины?
13. Перечислите способы добычи твердых полезных ископаемых с использованием буровых скважин.
14. Укажите преимущества скважинных способов перед добычей ископаемых с помощью карьеров и шахт.
15. Дайте определение: что называется месторождением полезных ископаемых.
16. В каких странах находятся самые большие запасы нефти?
17. Какое место в мире по запасам нефти занимает Россия?
18. Подсчитайте, на сколько лет хватит разведанных запасов России при сохранении нынешних объемов добычи.
19. Дефицит каких полезных ископаемых испытывает Россия?
20. Из каких стран Россия ввозит недостающее минеральное сырье?
21. Приведите примеры международных конфликтов, связанных с неравномерностью расположения источников минерального сырья на территории Земли.

Лекция 2

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Добыча и потребление минерального сырья непрерывно увеличиваются во всем мире.

По расчетам экспертов ООН во главе с Василием Леонтьевым, темпы валового роста добычи составят в ближайшем будущем по развитым странам около 5 %, а по развивающимся более 7 % в год (Г. С. Вахромеев).

Между тем месторождения полезных ископаемых постепенно истощаются, а некоторые и вовсе вырабатываются.

Почти все рудные месторождения Европы, упомянутые в известном труде Г. Агриколы «О месторождениях и рудниках в старое и новое время», полностью выработаны, о них остались только воспоминания. Месторождения песка и гравия в Европе истощатся приблизительно через 20 лет.

Уже в настоящее время мировая промышленность ощущает нехватку серебра, алюминия, ртути, свинца, платины, цинка и олова (Патури, 1929).

По этой причине возникает вопрос о том, хватит ли имеющихся месторождений полезных ископаемых для жизнеобеспечения человеческого общества. Не ограничит ли недостаток полезных ископаемых научно-технический прогресс?

Вопрос несправедливый и неновый. Ещё 2,5 тыс. лет назад греческие философы, а через 500 лет древнеримские задавались вопросом о том, хватит ли железа для нужд цивилизации того времени.

Месторождения полезных ископаемых, как мы уже отмечали, относятся к разряду невозполнимых природных ресурсов. Проблемы обеспечения промышленности минеральным сырьем активно обсуждаются на страницах мировой печати и в настоящее время.

По пессимистическим оценкам зарубежных специалистов (Д. Медоуза, В. Леонтьева и др.), некоторых видов минерального сырья хватит человечеству только до 2050 г. (Вахромеев, 1988).

По прогнозам отечественных ученых, запасы минеральных ресурсов не будут тормозом для развития мировой экономики не только в ближайшие 50, но и в последующие годы.

Оптимистические оценки нам представляются более правильными. И вот почему.

Практически ежегодно за последние 50 лет в США делались заявления о том, что запасов жидкой нефти при существующих объёмах добычи им хватит

лишь на 10-15 лет. Однако за этот период добыча возросла на 75 %, а нефть все ещё добывается, т. е. запасы не иссякли. Это объясняется тем, что одновременно с добычей полезных ископаемых ведется их разведка, и прирост запасов покрывает или даже опережает их истощение вследствие добычи.

Кроме того, с развитием науки и техники появляются новые технологии, которые позволяют вовлечь в разработку те месторождения, эксплуатация которых ранее была нерентабельной.

Рассмотрим нетрадиционные источники минерального сырья несколько подробнее.

Техногенные месторождения

В качестве таких месторождений, но не природного, а техногенного происхождения, могут рассматриваться отвалы, отходы переработки руд, накопленные за предшествующие годы. Добывать полезные ископаемые из них даже выгоднее, чем из природных месторождений, несмотря на малые содержания в них полезного компонента. Это объясняется тем, что они уже извлечены из недр и раздроблены.

Так, например, уже существуют и используются технологии извлечения золота и др. металлов из отвалов медноколчеданных рудников, извлечения магния из отвалов асбестовых рудников, изготовления белого портландцемента из пиррофиллитсодержащих пород, находящихся в отвалах уральских медноколчеданных месторождений (Семячков, Руднов, 2013), изготовления строительных материалов (шлакоблоков) из золоотвалов тепловых электростанций, извлечения скандия из золы Экибастузских углей, на которых, в частности, работает Рефтинская ГРЭС на Урале и др.

Мировой океан

Крупнейшим источником минерального сырья является Мировой океан.

Мировой океан – это совокупность всех морей и океанов Земли. Он занимает около 71 % земной поверхности. Объем воды в Мировом океане, по расчетам академика В. И. Вернадского, – 1370 млн км³ (исходя из средней глубины 3,8 км).

Морская вода содержит в растворенном виде большое количество различных химических элементов. По данным норвежского океанолога Харальда Свердрупа, в 1 л морской воды содержится 19 г хлора; 10,5 г натрия; 1,3 г магния; небольшие количества железа, золота, урана, меди, никеля, кобальта и др. – всего около 50 элементов.

Учитывая огромную массу воды Мирового океана, даже этих небольших содержаний достаточно для обеспечения потребностей всего человечества на многие годы.

Ещё 4 тыс. лет тому назад морскую соль начали добывать в Китае, позднее – в Испании и Италии. Сейчас более 30 % поваренной соли, добываемой в мире, приходится на морскую соль. Растет добыча из морской воды калия, магния и брома, из морских водорослей добывают йод. Делались успешные попытки добывать из морской воды золото и уран, но пока это оказалось слишком дорого.

В настоящее время на долю Мирового океана приходится 2 % мировой добычи минерального сырья и, для сравнения, около 1 % потребляемых продуктов питания (Ф. Р. Паули).

Но главную ценность среди ресурсов Мирового океана представляет пресная вода. Как сказал американский геохимик Д. Хорн, «в не очень отдаленном будущем наиболее важным веществом, добываемым из океана, может стать **пресная вода**... В 1 куб. миль морской воды содержится пресной воды на сумму 10^{10} долларов, а золота всего на сумму 10^5 . Золото – роскошь, а без воды мы погибнем» (Вахромеев, 1988).

Пресная вода уже сегодня дефицитна во многих странах мира. Она потребна не только для жизнеобеспечения населения, но и для промышленных нужд. В среднем на выпуск 1 т каменного угля затрачивается 2 т воды, на 1 т стали – 20 т воды, серной кислоты – 80 т, вискозы – 400 т, хлопчатобумажной ткани – 1100 т и т. д. Пресную воду транспортируют на сотни километров по каналам и трубопроводам, везут в танкерах и цистернах. Новая Зеландия снабжает водой из озера Манапури засушливый Бахрейн, Германия закупает воду в Швейцарии, США – в Канаде. В Японии всерьез рассматривают проекты буксировки айсбергов из Антарктиды. Американские гидрогеологи подсчитывают запасы солёных и солоноватых подземных вод: в США полагают, что добывать эти воды в засушливых штатах и опреснять их здесь же обойдется дешевле, чем доставлять воду из других регионов.

Интересно отметить, что одна из первых в мире мощных опреснительных установок действовала в СССР. Она опресняла воду, взятую из Каспийского моря, для снабжения населения города Форт Шевченко на восточном берегу Каспия (ныне это город Актау).

В настоящее время в мире действует более 100 крупных опреснительных установок.

Кроме воды и растворенных в ней элементов с Мировым океаном связано ещё несколько источников минерального сырья. Это прибрежные россыпи,

полезные ископаемые морского дна и месторождения, скрытые в породах ниже морского дна.

Морские россыпи. В прибрежной зоне солнце, ветер, прибойные волны разрушают монолитные горные породы и освобождают из них зерна наиболее устойчивых в химическом отношении минералов: олова (касситерит), титана (рутил, ильменит), хрома (хромит), железа (магнетит, титаномagnetит), редкоземельных элементов (монацит), а также самородного золота и платины, алмазов, янтаря. Эти минералы не уносятся далеко в море, а оседают на дно в прибрежной зоне.

Морские и береговые россыпи касситерита (SnO_2) известны в Индонезии, Таиланде, Малайзии, а также в Европе, на полуостровах Корнуолл (Великобритания) и Бретань (Франция). Именно в россыпях юго-восточной Азии сосредоточены почти три четверти мировых запасов олова.

Россыпи ильменита (FeTiO_3), рутила (TiO_2), часто с монацитом (Ce,LaPO_4) и цирконом (Zr SiO_4), разрабатываются в Норвегии, США, Бразилии, Мексике, Индии и некоторых других странах.

Магнетит (Fe_3O_4) и титаномagnetит ($\text{Fe(FeTi)}_2\text{O}_4$) добывают из морских россыпей в Канаде, Новой Зеландии Японии, России. В Японии они обеспечивают 20 % потребностей в железной руде (Вахромеев, 1988).

Морские россыпи янтаря разрабатываются со средних веков на Балтике, в их числе крупные россыпи в Калининградской области России.

В последние годы аналогичные россыпи янтаря обнаружены у берегов арктических морей в России и в Канаде.

Месторождения морского дна. Из месторождений морского дна наибольший интерес представляют железо-марганцевые конкреции, фосфориты и строительные материалы.

Железо-марганцевые конкреции – это ещё недостаточно изученные образования. Впервые такие конкреции были извлечены с морского дна в южной части Тихого океана вместе с донными пробами глубинного морского грунта во время исследовательского плавания британского корвета «Челенджер» в 1872-1873 гг.

В 1898 г. подобные «черные клубни» были обнаружены на дне Атлантического океана в ходе экспедиции германского исследовательского судна.

Конкреции представляют собой округлые объекты черного цвета диаметром до 8 см. В разрезе они имеют концентрическую слоистость. Это свидетельствует о том, что они образовались путём наращивания слоёв вокруг кристаллического центра (рис. 2.1, а) и, следовательно, сформировались не вдруг, а в процессе длительного роста (Патури, 1979).

В отдельных местах конкреции покрывают дно глубоководных морских долин (абиссалий) сплошным слоем (рис. 2.1, б). Удивительно, что они никогда не располагаются в два или более слоев и, несмотря на большой вес, не проваливаются в ил, на котором они лежат. Ещё более удивительно, что конкреции двигаются, хотя на дне долин, где они находятся, не бывает никаких морских течений. По строению их concentрических слоев удалось выяснить, что конкреции время от времени поворачиваются.

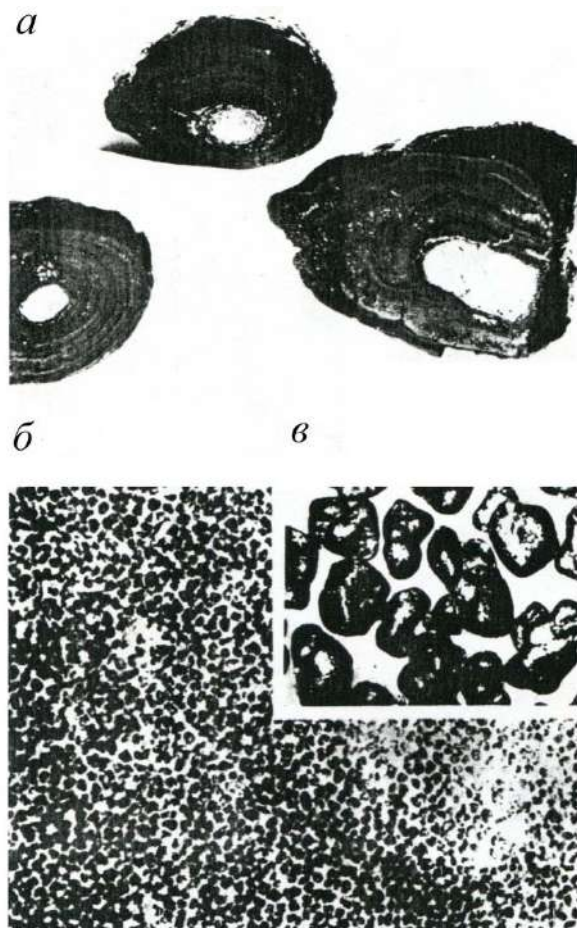


Рис. 2.1. Слоистое строение железо-марганцевых конкреций (а); фотография дна глубоководной долины (5100 м) в Тихом океане, покрытого слоем железо-марганцевых конкреций (б), и фотография конкреций из пробы, отобранной со дна океане (в), по (Патури, 1979)

Причины такого поведения конкреций, так же как и причины их образования, остаются неизвестными. Зато хорошо изучен их состав: они содержат 25-35 % марганца, 5-35 % железа, 1-14 % никеля, 1-16 % меди, 0,5-0,3 % кобальта. Запасы конкреций в Тихом и Атлантическом океанах в сумме превышают 1700 млрд т. Подсчитано, что в них содержится в 150 раз больше меди, в 1500 раз больше никеля, в 5000 раз больше кобальта и в 4000 раз больше марганца, чем во всех материковых месторождениях этих металлов.

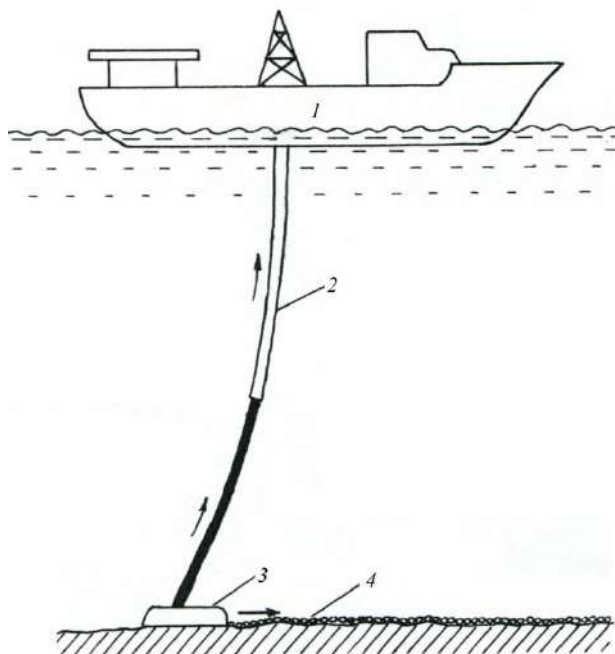
Наиболее богатые залежи конкреций находятся на глубине от 3 до 6 км.

Уже разработаны и испытаны способы добычи конкреций со дна океана. Так, например, способ, разработанный американской компанией «Deer Sea

Ventures» реализуется с помощью грузового судна-матки и самоходного устройства для сбора конкреций, которые соединяются с судном эрлифтной системой (рис. 2.2).

Рис. 2.2. Способ добычи железо-марганцевых конкреций, разработанный фирмой «Deep Sea Ventures» (по Ф. Р. Патури):

1 – судно-матка; 2 – подъёмная эрлифтная система; 3 – самоходное устройство для сбора конкреций; 4 – слой конкреций на дне океана



Интересный способ добычи конкреций был предложен в Свердловском горном институте коллективом авторов под руководством профессора А. Д. Матвеева (авторское свидетельство на изобретение № 1369387, 1987). Способ заключается в том, что с грузового судна опускается на дно океана трубопровод (шланг), по которому закачивают хладагент. Хладагент вызывает замораживание воды; образующийся лед обволакивает конкреции и вместе с ними всплывает на поверхность. Остается собрать их мелкочаеистым тралом.

Фосфоритовые конкреции обнаружены на шельфе на глубине от 80 до 300 м.

Известные месторождения фосфоритов, расположенные на суше, также имеют морское происхождение. Об этом свидетельствуют морские окаменелости, которые в них находятся.

Строительные материалы со дна моря обходятся дешевле, чем аналогичные материалы (песок, гравий, ракушечник), добытые из месторождений на суше.

Англичане первые из народов западной Европы начали драгирование со дна моря сырья для производства строительных материалов. Сейчас они предлагают гравий для поставки в прибрежные районы ФРГ по цене, меньшей, чем стоит отечественный германский гравий.

В России песком, добытым со дна Черного моря, намыывают пляжи на курортах кавказского побережья. «Менее чем через два десятилетия море станет для многих стран единственным экономичным источником строительных материалов», – писал Феликс Р. Патури ещё в 1979 г.

Конечно, запасы песка и гравия в пустынных и полупустынных областях Земли практически неограниченны, но транспортировка их к густонаселенным районам, где существует основная потребность в строительных материалах, обойдется чересчур дорого.

Месторождения под дном Мирового океана. В настоящее время в разных странах мира существуют более 100 горных предприятий, ведущих добычу угля, медно-никелевых и других руд из-под дна моря. Морские угольные месторождения разрабатываются в Японии, Великобритании, на острове Шпицберген (Норвегия). В Японии подобные месторождения дают около 38 % от всего добываемого угля, в Великобритании – 10 % (Вахромеев, 1988).

Но самую большую ценность из месторождений под дном Мирового океана представляют месторождения углеводородного сырья.

Разведанные запасы морских нефтяных месторождений достигают 20 млрд т из 85-90 млрд т всех разведанных мировых запасов.

Понятно, что добыча нефти из-под морского дна обходится значительно дороже, чем на сухопутных месторождениях, тем не менее в настоящее время доля нефти, добытой из морских месторождений, составляют более 20 % от общемировой добычи. Пионером морской добычи был Советский Союз. В послевоенные годы в СССР была развернута добыча нефти на акватории Каспийского моря в районе Баку (г. Нефтяные Камни). Буровые вышки нефтяных скважин устанавливались на стальных эстакадах, уходивших от берега туда, где глубина моря достигала до 85 м.

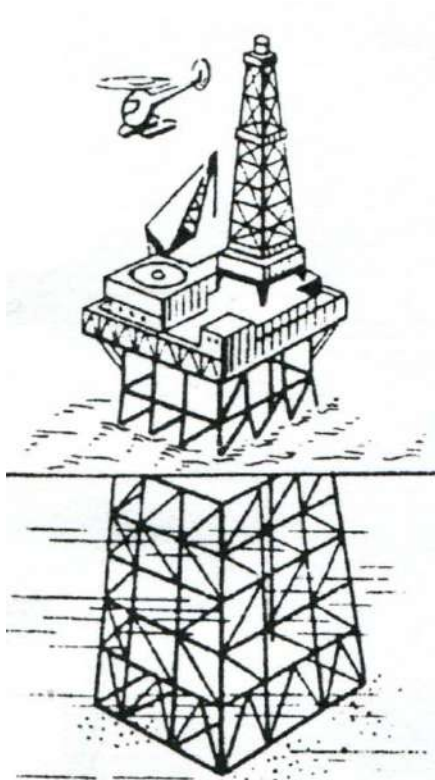
Сейчас нефть из морских месторождений добывают с помощью специальных буровых платформ. Разрабатываются месторождения, находящиеся под толщей воды до 300 м, проектируются платформы для глубины в 2,5 км.

В настоящее время в Мировом океане работают около 4000 установок. Различные типы этих установок представлены на рис. 2.3.

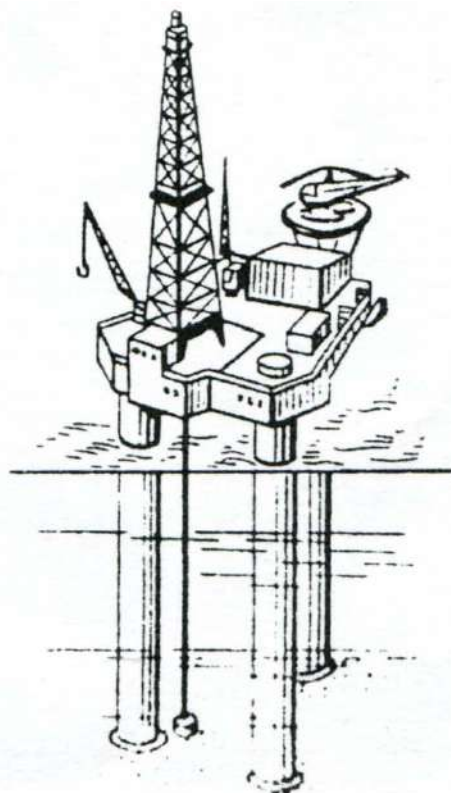
Особые трудности доставляет добыча нефти из-под дна арктических морей. Эти трудности связаны с замерзанием моря зимой и последующим движением льдов весной и летом – движущийся лед легко смещает платформу, установленную на домкратах подвышечного основания или полупогружного типа.

В таких районах приходится прибегать к созданию искусственного острова, на котором затем и устанавливается буровая платформа.

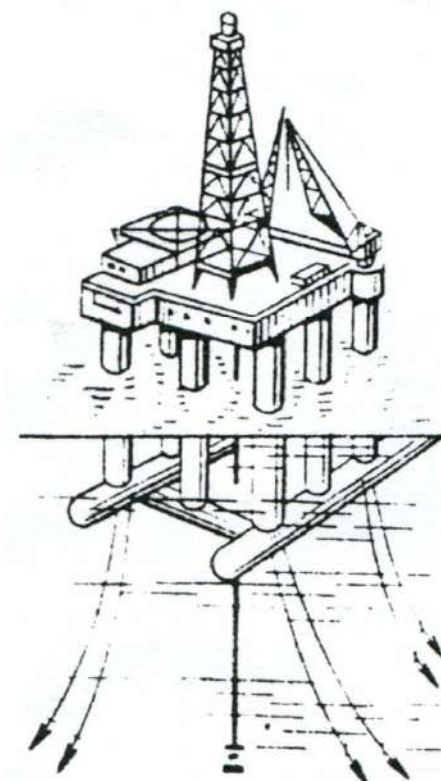
Примером может служить нефтедобывающая платформа «Малипак», сооруженная группой зарубежных компаний у берегов острова Сахалин в 1996 г.



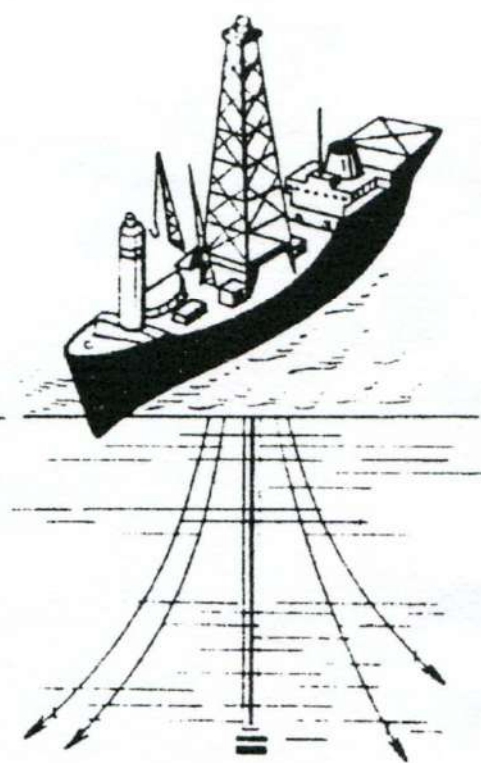
*Платформа для бурения,
закрепленная на морском дне*



*Передвижная платформа для
бурения на глубине до 90 м*



*Плавучая полупогруженная
платформа для бурения
на глубине до 200 м и более*



*Судно с буровой вышкой для
бурения в открытом море*

Рис. 2.3. Типы установок для морского бурения

Аналогичную конструкцию имеет платформа «Приразломная» в Баренцевом море, которую в 2013 г. пытались штурмовать активисты движения «Green peace».

Скопления бедных руд

Кроме ресурсов Мирового океана существует ещё один резерв минерального сырья – крупные скопления «бедных» руд, имеющих низкие содержания полезного компонента. В принципе все необходимые химические элементы человек со временем сможет извлекать из «пустых» пород, т. е. из обычных гранитов, пироксенитов, песчаников и известняков. Суммарное содержание химических элементов в «пустых» породах во много раз выше, чем во всех месторождениях Земли, вместе взятых. Так, например, в 1 км³ обычного гранита присутствуют 250 тыс. т меди, что приблизительно соответствует среднему по запасам месторождению; 100 тыс. т олова, что эквивалентно крупному месторождению; 75 тыс. т кобальта. Такими запасами кобальта обладает только уникальное месторождение Шинколобве в Центральной Африке.

Извлечение металлов из обычных горных пород потребует огромных затрат энергии, но в принципе эта задача вполне решаема.

Так что абсолютное истощение минеральных ресурсов человечеству практически не угрожает и не может рассматриваться в качестве тормоза научно-технического прогресса (Вахромеев, 1988).

Контрольные вопросы

1. Перечислите нетрадиционные источники минерального сырья.
2. Приведите примеры техногенных месторождений.
3. Источником каких видов минерального сырья может служить мировой океан?
4. Какие элементы и соединения элементов добываются из морской воды в настоящее время?
5. Какова доля минерального сырья, извлекаемого из вод Мирового океана в общемировом потреблении его?
6. Что такое морские и прибрежные россыпи?
7. Что такое железо-марганцевые конкреции? Каков их состав?
8. На какой глубине находятся скопления железо-марганцевых конкреций?
9. На какой глубине находятся фосфоритовые конкреции?
10. Какие полезные ископаемые добывают из-под дна морей и океанов?

11. С помощью каких сооружений добывают нефть на морских месторождениях?
12. Какова доля нефти, добытой из морских месторождений, в общемировой нефтедобыче?
13. Какие химические элементы могут быть извлечены из обычных горных пород?

Лекция 3

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Обнаружение новых месторождений полезных ископаемых становится все более трудным делом и требует совершенствования методов поисков и увеличения затрат.

Причина этого очевидна: в настоящее время территория материков уже в достаточной степени опойскавана, и все месторождения, залегающие на небольшой глубине, давно выявлены, а многие уже и выработаны. Поиски же глубокозалегающих месторождений требуют больших затрат и разработки новых методов.

Современная система поисково-разведочных работ включают четыре основные группы методов: геологические, технические, геофизические и геохимические.

Традиционно эти методы применялись на поверхности Земли, но в последние 50 лет геофизические методы стали использовать для измерений с воздуха и из космоса, а также при исследовании акваторий морей и океанов.

В первом случае говорят о дистанционных или аэрокосмических методах, во втором – о морской геологии и геофизике.

Все перечисленные группы методов при правильной организации работ используются в комплексе и дополняют друг друга (Вахромеев, 1988).

Геологические методы

Как мы уже отмечали, с самых первых этапов развития человеческое общество нуждалось в продуктах неживой природы: сначала в определенных сортах камня, затем в рудах металлов, позднее – в каменном угле и нефти, а в настоящее время ещё и в энергетическом сырье для атомных электростанций.

По этой причине поиски полезных ископаемых – это одна из древнейших профессий.

О том, что древние геологи знали толк в своём деле, свидетельствуют находки остатков древних выработок, в нашей стране это так называемые «чудские копи». И эти выработки всегда располагаются над богатыми рудными залежами и являются надежным поисковым признаком для современных геологов.

Согласно греческой мифологии, именно Прометей, который не только подарил людям огонь, но и научил их распознавать минералы и выплавлять металл из них, может считаться первым геологом.

Среди многочисленных трудов древнегреческого философа Аристотеля (384-322 до н. э.) есть работы по минералогии.

Первую классификацию минералов составил ученик Аристотеля – Теофраст (372-287 до н. э.). По классификации Теофраста все минералы делились по физическим свойствам на 8 категорий: цветные камни, плавкие, негорючие, горючие, драгоценные, легкоразрезаемые, землистые и, наконец, просто камни.

В 1546 г. немецкий врач и металлург Георгий Агрикола (1494-1555) из города Яхимов (ныне этот город на территории Чехии) в своем солидном труде «О месторождениях и рудниках в старое и новое время» в 2-х книгах собрал все сведения о месторождениях, содержащиеся в трудах ученых и писателей Древней Греции и Рима (всего 47 авторов).

Позднее Г. Агрикола в своем новом труде, опубликованном в 1550 году, «О горном деле и металлургии» в 12-ти книгах обобщил имевшиеся в то время сведения о геологии, способах добычи руд и выплавке металла из них.

Большое влияние на развитие геологии имели труды М. В. Ломоносова (1711-1765): «О слоях земных», «Слово о рождении металлов от трясения Земли», «Первые основы металлургии или рудных дел» (1763). Ломоносов рассматривал Землю и все процессы, происходящие в ней, как нечто развивающееся во времени. Он считал, что в образовании горных пород принимает участие и подземный жар, и механические перемещения, в том числе и надвигания древних слоев на молодые. Ломоносов предложил способ определения относительного возраста рудных жил по их взаимному пересечению.

В Западной Европе в то время в геологии шла дискуссия между представителями двух направлений: нептоунистов и плутонистов.

Нептоунисты полагали, что Землю некогда покрывал океан, из которого последовательно осаждались гнейсы, граниты, сланцы и др. породы.

Плутонисты считали, что горные породы и полезные ископаемые образуются в глубинах Земли при высоких температурах из расплавленной магмы.

Родоначальником современной геологии на Западе считают Абраама Готлоба Вернера (1750-1817), профессора Фрайбергской горной академии. Он возглавлял направление нептоунистов. Вернер А. Г. разработал классификацию минералов и горных пород по внешним признакам и разделил геологию (она

тогда называлась минералогией) на две самостоятельные науки – минералогию и геогнозию (т. е. познание Земли).

Огромный вклад в развитие геологической науки внесли российские ученые А. П. Карпинский (1846-1936), В. А. Обручев (1863-1956), В. И. Вернадский (1863-1945), А. Е. Ферсман (1883-1943), И. М. Губкин (1871-1939), С. С. Смирнов (1895-1947) и др.

Современная геология распадается на целый ряд составляющих её дисциплин, таких как минералогия, петрография, гидрогеология и т. д.

Издавна девизом геологов было «*mente et malleo*» (лат.) – что означает «умом и молотком».

Но сейчас на вооружении геологов кроме молотка, компаса и собственных органов чувств находятся весьма чувствительные приборы и методы исследования: поляризационные и электронные микроскопы, рентгено-структурный, нейтронно-активационный и спектральный анализы и пр.

До сих пор именно геологи определяют общую стратегию разведки и принимают участие в геологоразведочном процессе на всех его этапах.

Геологу всегда необходим непосредственный контакт с горными породами и минералами (Вахромеев, 1988).

Однако в большинстве случаев коренные горные породы бывают перекрыты слоем наносов и открываются только на обнажениях – склонах гор, крутых берегах рек, бортах оврагов и т. п.

Там, где толща наносов невелика, геологи создают искусственные обнажения: роют канавы, «бьют» шурфы или бурят скважины, т. е. прибегают к помощи технических методов. Там, где и технические методы бессильны, применяют геофизические и геохимические методы.

Технические методы

Технические методы включают проходку различных горных выработок, которые позволяют геологу добраться до объектов исследования: коренных горных пород, руд, угольных пластов, нефтяных залежей и т. д. К разведочным горным выработкам относятся канавы, шурфы («дудки»), шахты, штольни и буровые скважины.

Канавы задаются для вскрытия коренных пород при небольшой мощности (т. е. толщине слоя) наносов от 0,5 до 2 м. Располагают канавы, как говорят геологи, вкрест простирания (т. е. поперек простирания) горных пород.

Пример разведки неглубокозалегающего месторождения с помощью канав представлен на рис. 3.1.

В степных и других равнинных областях проходку канав осуществляют с помощью военных траншеекопателей на гусеничном ходу.

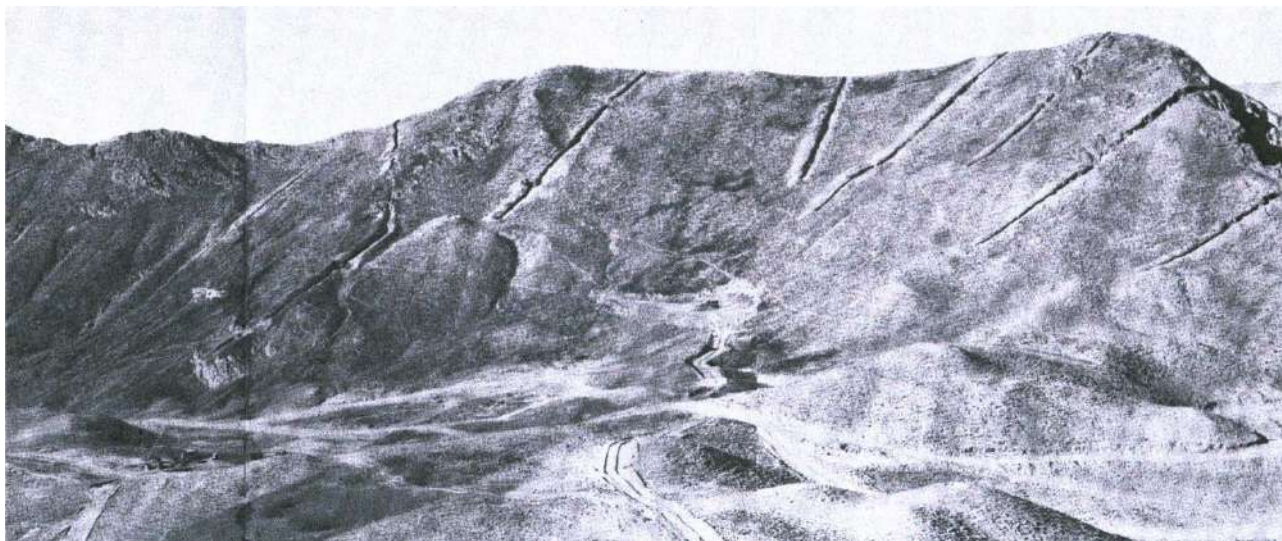


Рис. 3.1. Панорама разведки месторождения меди Айнак (Афганистан).
По материалам В/О «Техноэкспорт»

Шурфы проходят при толщине слоя наносов до 10-15 м. Обычно они имеют прямоугольное сечение, как колодцы. При проходке шурфов необходимо крепление ствола и наличие подъемного оборудования для транспортировки грунта с забоя шурфа на поверхность.

На Урале распространена разновидность шурфов круглого сечения – это так называемые «дудки».

Разведочные шахты сооружают при мощности наносов в несколько десятков метров. Обычно их задают с таким расчетом, чтобы в случае успешных результатов разведки их можно было использовать и для добычи полезного ископаемого.

Штольни – это горизонтальные горные выработки, аналогичные тоннелям, проходят их в склонах гор.

Буровые скважины. Бурить скважины люди умели ещё в глубокой древности. Например, около 6 тыс. лет тому назад в Египте бурили скважины при сооружении пирамид.

Начиная с XI-XII века в России бурили скважины с целью добычи растворов поваренной соли. Эти «рассолоподъемные трубы» имели диаметр до 1 м и глубину до 100 м.

Первые скважины на нефть тоже были пробурены в России – в 1846 г. на месторождении Биби-Эйбат (район Баку) купцом Семеновым.

Для сравнения первая нефтяная скважина США была пробурена и дала нефть в 1859 г. в штате Пенсильвания (Ф. Меркс).

Первые скважины бурили ударным способом. С 20-х годов XX века стало внедряться вращательное бурение, гораздо более быстрое.

Большой вклад в развитие буровой техники внесли советские инженеры и конструкторы.

Вот что писал, например, 29 февраля 1956 г. корреспондент газеты «Нью-Йорк геральд трибюн» в Москве Б. Дж. Катлер: «Советский Союз разработал совершенно новое буровое оборудование, позволяющее проходить скважины дешевле и в десять раз быстрее, чем оборудование, которое применяется в Соединенных Штатах».

«Это сообщение ещё долго обсуждалось на первых страницах американских газет. Оно было похоже на взрыв бомбы. Штаб-квартиры нефтяных концернов охватило беспокойство: ведь более 95 % бурового оборудования, применявшегося в капиталистическом мире, изготовлялось в США. В СССР и страны народной демократии это оборудование не поставлялось. Между этими странами и США шла «холодная война». Но русские сумели разработать новый эффективный метод бурения» (цитируется по Ф. Мерксу, 1978). В заметке американского корреспондента шла речь о так называемом «турбинном бурении». Ранее применялось только роторное бурение, при котором буровой станок, находящийся на поверхности, вместе с породоразрушающим наконечником вращает сотни метров (а иногда и километры) бурильных труб. При турбинном бурении вращается только нижняя часть бурового набора с породоразрушающим наконечником, которая приводится в движение либо потоком промывочной жидкости, либо электромотором. Остальная часть бурильных труб остается неподвижной.

Турбобур был разработан М. А. Капелюшниковым, а электробур – А. П. Островским и И. М. Ратманом.

Кроме того, у наших отечественных инженеров были и другие очень эффективные изобретения в области бурения.

И не случайно, что самая глубокая в мире скважина была пробурена именно в нашей стране отечественной буровой установкой «Уралмаш-15000».

Эта скважина «Кольская сверхглубокая СГ-1» бурилась с чисто научными целями. Она дошла до 12 262 м, после чего в 1992 г. бурение было остановлено. Сейчас скважина законсервирована.

Самая **длинная** в мире скважина также была пробурена в нашей стране в 2011 г. на о. Сахалин, на нефтяном месторождении «Одопту». Её длина 12 345 м.

Для сравнения: самая глубокая скважина в США «Берта Роджерс» имеет глубину 9583 м, самая глубокая в ФРГ, в Баварии – 9101 м (журнал «Огонёк». 2011. № 7).

Характерная особенность разведочных скважин – это то, что они бурятся с отбором керна. Это так называемое «колонковое бурение».

Бурение с отбором керна обходится дороже, чем бурение «сплошным забоем», зато оно дает в руки геологам так необходимый каменный материал – тонкий столбик горной породы, называемый керном.

Все технические методы являются самыми дорогими из геологоразведочных работ, так как их проведение сопряжено с большими трудовыми затратами и связано с применением громоздкой и сложной техники.

Геофизические методы

Геофизические методы получили распространение только в XX веке. По сравнению с древними, как мир, геологическими и техническими методами, они ещё не вышли из младенческого возраста. Тем не менее на геофизические исследования приходится более 30 % от всех затрат на геологоразведочные работы.

Широкое применение геофизических методов объясняется теми преимуществами, которыми они обладают. К этим преимуществам относятся:

- высокая производительность, особенно у аэро- и космических вариантов методов;
- большая глубинность: самая большая у сейсморазведочных методов (до 12 км и более);
- значительно меньшие затраты средств и труда на их осуществление, по сравнению с техническими методами.

В нашей стране каждый пятый работник геологоразведочных экспедиций – это геофизик, а ведь там кроме самих геологов трудятся ещё буровики, горные рабочие, топографы, механики, шофёры, бухгалтеры и пр.

Геофизические методы по своей природе являются не прямыми, а косвенными. Они основаны на исследовании особенностей естественных или искусственных физических полей, связанных с полезными ископаемыми.

Месторождения полезных ископаемых или структуры, в которых они локализируются, как правило, отличаются по какому-нибудь из физических свойств (плотности, намагниченности, радиоактивности, электропроводности и т. п.) от вмещающих пород. Эти отличия создают искажения, аномалии соответствующих физических полей. Геофизические методы дифферен-

цируются по природе изучаемых физических полей. Более подробно сущность этих методов, их краткая история и решаемые ими задачи будут рассмотрены нами во второй части курса.

В связи с тем, что ресурс приповерхностных месторождений уже исчерпан, открытие новых месторождений в настоящее время производится в основном по данным геофизических методов.

Буровые скважины задаются для проверки геофизических аномалий. В Западной Сибири 80 % скважин, заданных по рекомендациям сейсморазведчиков, оказались продуктивными.

Особенно велика роль геофизических методов при поисках и разведке месторождений под дном морей и океанов: собственно геологические методы там неприменимы, а технические – чрезвычайно дороги.

Геохимические методы

Геохимические методы относятся к прямым способам индикации полезных ископаемых.

Их появление было подготовлено фундаментальными трудами академика В. И. Вернадского и др. геохимиков, изучавших распределение и закономерность миграции различных химических элементов в земной коре.

Эти методы направлены на обнаружение ореолов рассеяния тех химических элементов, которые входят в состав полезных ископаемых. Как известно, вокруг месторождений и в частности над ними образуются первичные и вторичные ореолы рассеяния.

Первичные ореолы – это зоны повышенных содержаний рудных и сопутствующих элементов около промышленных залежей в коренных породах (рис. 3.2, а). Они образуются в результате действия тех же процессов, которые формируют само месторождение, но отличаются от него тем, что содержание химического элемента в контуре ореола ниже промышленных требований. В то же время оно гораздо выше, чем так называемое «фоновое» содержание за пределами ореола.

Вторичные ореолы и потоки рассеяния формируются в приповерхностных рыхлых отложениях в результате выветривания рудных залежей или первичных ореолов (рис. 3.2, б).

При этом объемы как первичных, так и вторичных ореолов в десятки раз больше, чем объёмы самих залежей. Поэтому если отбирать пробы грунта, воды или снега или даже растений, то в пределах ореолов рассеяния в них можно обнаружить повышенные концентрации этих элементов.

Поскольку процессы рассеяния вещества охватывают все геосферы Земли и протекают в различных фазах, то геохимические методы подразделяют на лито-, гидро-, био- и атмогеохимические.

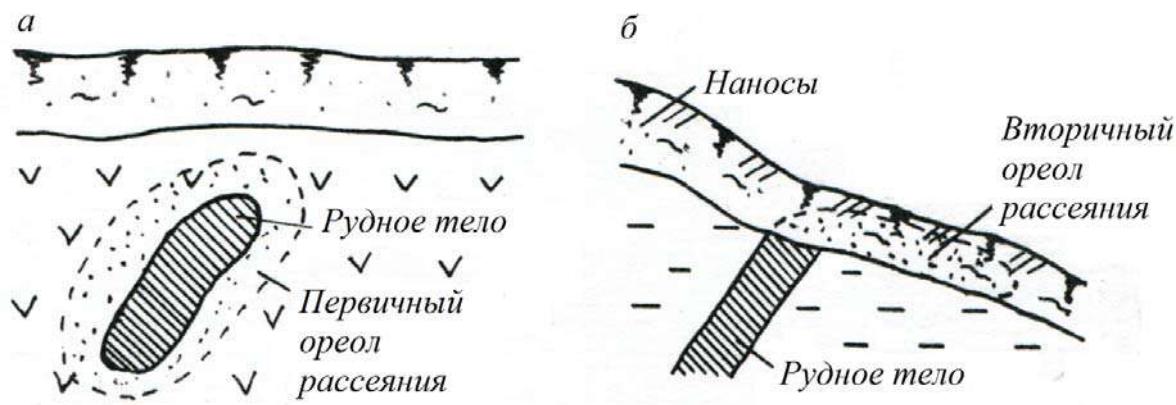


Рис. 3.2. Первичный (а) и вторичный (б) ореолы рассеяния рудного вещества

Для анализа отобранных проб наряду с химическими и спектральными методами применяют и современные ядерно-физические методы: рентгено-радиометрический анализ, метод нейтронной активации и др.

Геохимические методы впервые начали применяться в СССР.

В 1932 г. советским геофизиком Н. И. Сафроновым были теоретически предсказаны, а затем зафиксированы на практике повышенные концентрации цинка и свинца в почвах над полиметаллическими месторождениями Рудного Алтая.

В 1934 г. А. П. Соловов успешно провел аналогичные работы на олово на месторождении Хапчеранга в Восточном Забайкалье. Он же был инициатором литогеохимических съемок в Читинской области и в Казахстане.

В 1932 г. В. Н. Соколов начал разработку геохимических методов поисков нефти и газа (Вахромеев, 1988).

В конце 50-х годов прошлого века в Восточной Сибири применялся так называемый «контурный» метод поисков урановых месторождений. Метод заключался в отборе проб грунта на границах марей – обширных пойменных болот. Расчет строился на том, что уран, выносимый временными водными потоками, на границах марей, где окислительная среда сменяется на восстановительную, выпадает в осадок.

Всего в СССР с помощью геохимических методов были открыты более 100 рудных месторождений: меди, полиметаллов, золота, молибдена, урана.

Интересно знать, что за рубежом эти методы стали применяться намного позднее, чем в СССР.

В Канаде, в районе, где геологоразведочные работы велись непрерывно в течение 70 лет, было обнаружено крупное месторождение меди «Казино»; найдены полиметаллические руды в Ирландии и во Франции, открыты новые месторождения в Мексике, Египте, Иране и др. странах.

В Китайской Народной Республике в 90-х годах геохимической съемкой были покрыты огромные территории и выявлены несколько десятков месторождений золота с запасами свыше 100 т каждое (устное сообщение В. И. Лещикова, Уксон-99).

В 60-х годах прошлого века появились электрохимические методы, в которых с помощью электрического тока стимулировалось движение ионов металлов к специальным электродам – элементоприемникам.

Пионерами этих методов были преподаватели кафедры рудной геофизики СГИ, профессора Г. П. Саковцев и А. А. Редозубов, доцент А. И. Соколова. В 1968 г. они получили авторское свидетельство на изобретение «Способ геохимических поисков колчеданных месторождений» (а. с. № 221977).

Позднее для подобных работ в Ленинграде был разработан метод ЧИМ (частичного извлечения металлов) и выпускалась соответствующая аппаратура.

В конце 90-х годов очень интересные исследования провел аспирант кафедры прикладной геофизики УГГГА О. Э. Локтионов. Он определял содержание тяжелых углеводородов в пробах снега, отобранных на поверхности земли над известными нефтяными месторождениями в Западной Сибири. Как оказалось, контуры нефтеносности совпадают с контурами аномалий повышенных содержаний тяжелых углеводородов в снегу над месторождениями.

Дистанционные методы

С помощью дистанционных методов ведут поиски полезных ископаемых и геологическое изучение поверхности и глубин Земли с летательных и космических аппаратов: самолетов, вертолетов, искусственных спутников Земли, пилотируемых космических кораблей и орбитальных станций.

Иногда эти методы называют дистанционным зондированием, поскольку обзор Земли с высоты несет и глубинную информацию, как это ни парадоксально. При наблюдении с высоты чехол рыхлых отложений оказывается как бы прозрачным, под ним хорошо видны тектонические нарушения, разломы, геологические структуры в коренных породах. Невольно вспомнишь поэта: «Лицом к лицу лица не увидать, большое видится на расстоянии...».

В настоящее время дистанционное зондирование дает важные сведения для многих отраслей геологии, геотектоники, геоморфологии, гидрогеологии, инженерной геологии, мерзлотоведения, а также для сельского хозяйства – прогноз ожидаемого урожая.

Современная аэрофотосъемка в черно-белом и цветном вариантах характеризуется исключительно высокой разрешающей способностью: на снимке, сделанном с высоты 10 км, видны шляпки гвоздей, которыми прибивают шифер на крышах. На снимках со спутников (высота от 200 до 500 км) уверенно распознаются объекты размеров около 1 м.

Сопоставляя снимки, сделанные в разное время, можно исследовать в динамике действие речных и морских вод, ветра, вулканов.

Помимо черно-белых и цветных съемок широко используется спектрзональное фотографирование на трёхслойную пленку, один из слоев которой чувствителен к инфракрасному излучению. ИК-съёмка фиксирует тепловые потоки, даже очень слабые, поэтому она используется для изучения вулканической деятельности, поисков подземных вод в засушливых районах, исследования ледников и поверхности Мирового океана. С помощью спутников строят карты распределения температур на поверхности Земли с точностью до десятых долей градуса.

Применяется также радиолокационная съемка в микроволновом диапазоне электромагнитного спектра. Её проводят в активном (радарная) и пассивном (радиотепловая) режимах. Её можно проводить в любое время суток, в облачную погоду и туман. С помощью отечественной системы «Торос» полуостров Таймыр был заснят всего за одну неделю. Обычная фотосъемка там практически невозможна, так как ясная погода там бывает 3-4 дня в году.

В арсенале дистанционных методов важное место занимают аэрогеофизические методы: магнитные, электрические, гамма-съемка.

Отличительная особенность дистанционных методов – их чрезвычайно высокая производительность. 5 минут многоканальной съемки из космоса могут дать столько же информации, сколько обычная полевая геолого-геофизическая партия за 10 лет работы.

Методы морской геологии и геофизики

Морская геология и геофизика возникли совсем недавно, в связи с поисками месторождений под дном морей и океанов. Для проведения геофизических работ в этих условиях необходимо решение двух специфических задач: обеспечение герметичности аппаратуры и организация телеуправления ею.

Пока широкое распространение в морской геофизике из всех геофизических методов получила только сейсморазведка.

Контрольные вопросы

1. Почему с течением времени поиски новых месторождений полезных ископаемых становятся всё более трудным делом?
2. Какие группы методов включают в себя поисково-разведочные работы?
3. Назовите несколько древнейших человеческих профессий?
4. Кто создал первую классификацию минералов? По какому признаку?
5. Назовите известные работы немецкого учёного Г. Агриколы, касающиеся геологии
6. Назовите труды по геологии, принадлежащие М. В. Ломоносову.
7. Кто считается основоположником современной геологии?
8. Назовите известных российских геологов.
9. Назовите инструменты и методы, находящиеся на вооружении геологов.
10. Проходка каких горных выработок производится при осуществлении технических методов?
11. Чем отличается штольня от шахты?
12. С какого времени люди применяют бурение?
13. Чем вращательное бурение отличается от ударного?
14. В чем преимущество турбинного бурения?
15. Чем разведочное бурение отличается от бурения скважин для добычи полезных ископаемых?
16. С какого времени стали применяться геофизические методы?
17. Назовите преимущества геофизических методов.
18. Как подразделяются геофизические методы?
19. В чём заключается сущность геохимических методов?
20. Назовите варианты геохимических съемок.
21. Каковы преимущества дистанционных методов?

Лекция 4

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВНУТРЕННЕМ СТРОЕНИИ ЗЕМЛИ

Научно обоснованный поиск месторождений полезных ископаемых невозможен без знания внутреннего строения Земли, поскольку между глубинным строением Земли и процессами образования в ней полезных ископаемых существует очень тесная связь. Значительная часть месторождений формируется именно в глубинах Земли. Это и рудные пояса, и бассейны угленакопления, и, возможно, залежи нефти и газа.

О том, что Земля имеет форму шара, было известно еще со времен Древней Греции, но научно доказано это было только в XX веке. Правда, в последнее время выяснилось, что Земля не шар, а эллипсоид, сплюснутый в направлении оси вращения, так как полярный радиус Земли короче экваториального на 21,3 км, к тому же эллипсоид этот несколько грушевидный, поскольку Северный полюс приподнят относительно земного эллипсоида на 15 м, а Южный опущен на 20 м. Средний радиус Земли 6,38 тыс. км.

Земля как планета включает в себя несколько концентрических оболочек, как внутренних, так и наружных. К наружным относятся магнитосфера, атмосфера и гидросфера; к внутренним – земная кора, мантия и ядро.

Достоверных данных о глубинном строении Земли нет, так как непосредственному изучению доступен лишь очень тонкий приповерхностный слой, толщина которого не превышает 0,1-0,2 % земного радиуса.

Глубинное строение и состав Земли изучают только с помощью косвенных методов. Главный из них – сейсмический, основанный на измерении скорости упругих волн, возбуждаемых как землетрясениями, так и искусственными взрывами. Полезную информацию дает также гравиметрический метод, заключающийся в измерении силы тяжести на поверхности Земли.

Границы раздела между отдельными оболочками внутри Земли устанавливают по изменениям (скачкам) скорости упругих волн. Их глубины примерно 50, 900, 1800, 2900 и 5100 км.

Изменения же скорости упругих волн всецело зависят от вещественного состава, плотности и физического состояния среды.

Земная кора представляет собой тонкую твердую скорлупу Земли. Ее толщина составляет от 5 до 50 км. Минимальную толщину (5-10 км) земная кора имеет под океанами, максимальную (40-50 км) – под материками. Строение коры слоистое. В ней по сейсмическим данным выделяют 3 слоя: осадочный, гранитный и базальтовый. Названия «гранитный» и «базальтовый»

являются условными, так как состав этих оболочек установлен лишь на основе сопоставления скоростей упругих волн в них и в образцах горных пород соответствующих названий (гранитах и базальтах) (Горбачев, 1973). Под океанами гранитный слой отсутствует, а граница между гранитным и базальтовым слоями называется поверхностью Конрада и обозначается буквой «К» (рис. 4.1).

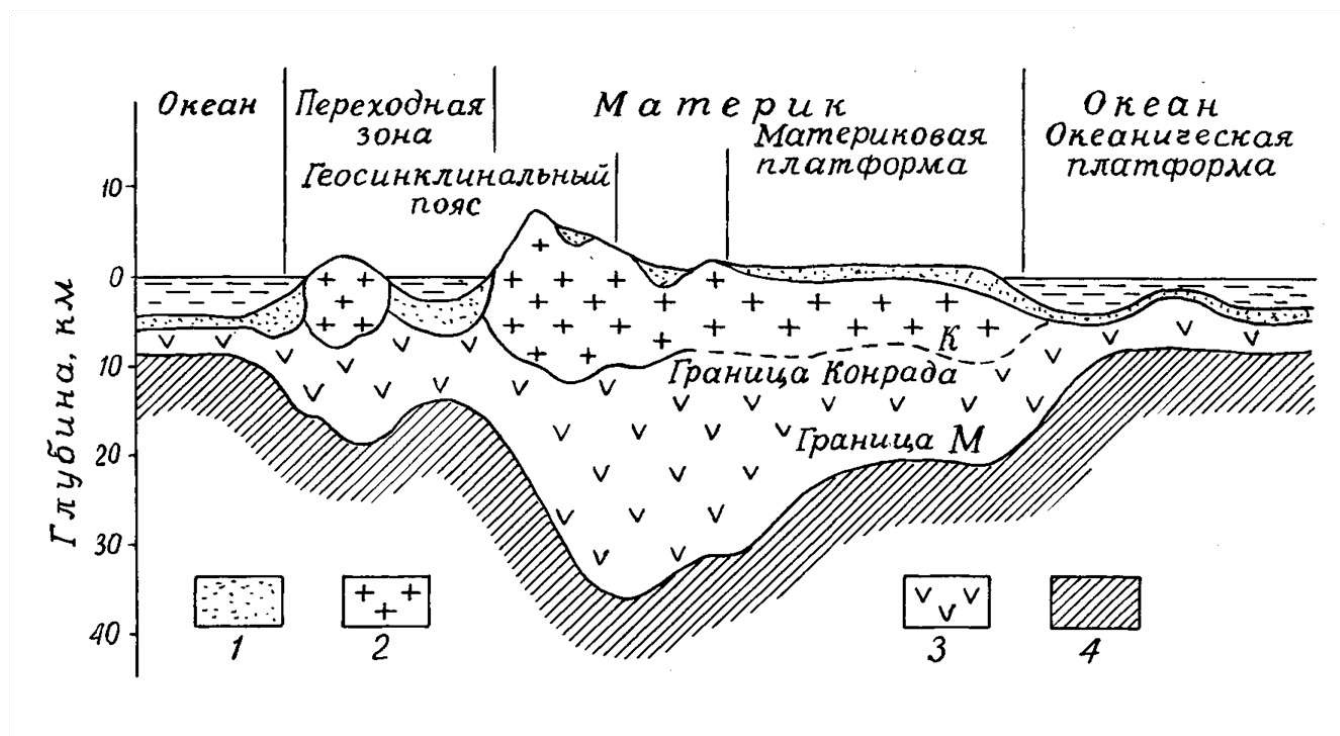


Рис. 4.1. Строение земной коры:

1 – осадочный слой; 2 – гранитный слой; 3 – базальтовый слой; 4 - мантия

Земная кора отделяется от нижележащей мантии поверхностью Мохоровичича*, на которой скорости упругих волн претерпевают скачок от 6-7,5 км/с в земной коре до 8 км/с в мантии. Эта поверхность обозначается буквой «М».

Мантия распространяется до глубины 2900 км. В пределах мантии скорость упругих волн плавно возрастает с 8 до 13,7 км/с, а плотность вещества от 3,3 до 5,7 г/см³. Внутри мантии выделяют три слоя: верхнюю, среднюю и нижнюю мантию.

Верхняя поверхность верхней мантии неровная. Она поднимается под океанами и опускается под материками, неточно повторяя их контур в зеркальном отображении. Материки как бы плавают в верхней мантии.

*Эта поверхность получила такое название в честь югославского геофизика Андрея Мохоровичича, который первым обнаружил на ней скачок скорости упругих волн еще в 1909 году.

Между верхней и средней мантией на глубине 60-100 км располагается слой пониженной плотности, в котором скорость упругих волн уменьшается от 8-8,1 до 7,8 км/с. Этот слой называется **астеносферой**, или слоем Гутенберга. Нижняя граница астеносферы доходит до 300 км. Б. Гутенберг объясняет снижение скорости упругих волн в астеносфере наличием частично расплавленного и размягченного вещества мантии. При этом полагается, что верхняя часть мантии до поверхности астеносферы – твердая. К астеносфере приурочено большинство зарегистрированных землетрясений средней глубины. Считается, что именно в ней возникают магматические очаги, которые прорываются на поверхность как вулканы. Это наиболее вероятная зона проявления подкоровых конвекционных течений и зарождения вертикальных и горизонтальных движений земной коры.

Земную кору вместе с верхней мантией называют **литосферой**, или каменной оболочкой.

Средняя мантия, или слой Голицына, отличается особенно быстрым нарастанием плотности и скорости упругих волн. Она простирается от глубины 900 до 2900 км. Ниже идет ядро.

Ядро делится на внешнее и внутреннее, граница между которыми располагается на глубине 5100 км. Давление в ядре около 3,6 млн атм., температура до 5000 °С, плотность вещества по одним данным 13,5 г/см³ (А. Алисон и Д. Палмер); по другим – до 17,9 г/см³ (К. Буллен).

Внешнее ядро, по-видимому, находится в жидком состоянии, так как через него не проходят поперечные упругие волны. **Внутреннее ядро** – твердое. Полагают, что внешнее ядро представляет собой железо-никелевый расплав (рис. 4.2).

В отношении химического состава ядра существует несколько точек зрения. Согласно одной из них, ядро, подобно метеоритам, состоит из железа и никеля; по другой – из силикатов железа и магния.

По третьей, самой последней, высокие температуры и давления в ядре приводят к тому, что электронные оболочки атомов разрушаются, ядра атомов сближаются между собой, вещество становится более плотным и насыщенным свободными электронами.

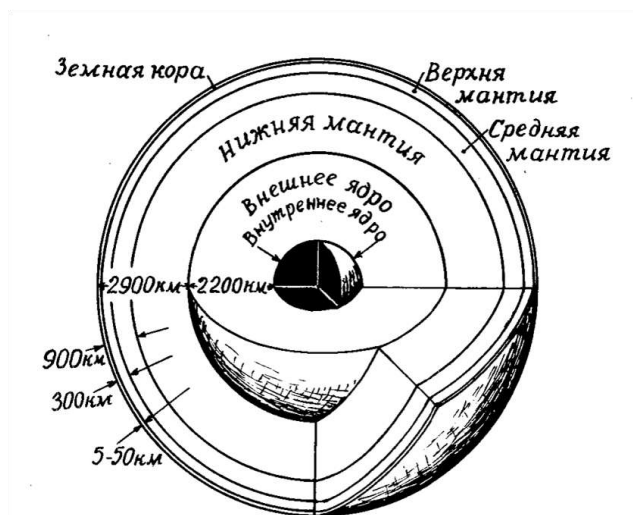


Рис. 4.2. Внутреннее строение Земли

Полагают, что именно огромные кольцевые вихри свободных электронов в ядре Земли порождают её магнитное поле (гипотеза «земного динамо»).

С поверхности Земля имеет асимметричное строение: в северном полушарии преобладают материки, в южном – океаны. Материки и океаны – самые крупные тектонические элементы земной коры.

Материки имеют сложное геологическое строение. В их пределах выделяют древние ядра-**платформы** и обрамляющие их складчатые пояса, называемые **геосинклинальными областями**. Для геосинклинальных областей характерны накопление мощных осадочных толщ (до 20 км), развитие магматических процессов и вулканизма, высокая сейсмическая активность.

Складчатые сооружения подвижных поясов расчленяются **разломами**, т.е. крутопадающими разрывными структурами. Крупнейшие из них – глубинные разломы – имеют протяженность в несколько тысяч км и уходят корнями в мантию (пример – разлом Сан-Андреас в Калифорнии).

С момента образования горные породы подвергаются воздействию различных механических нагрузок, что, в зависимости от степени пластичности этих пород, приводит либо к разрывам и разломам, либо к пластическим складчатым деформациям. Наиболее распространены 2 вида складок: выпуклые, или **антиклина́ли**, и вогнутые, или **синклина́ли**. И те и другие бывают самых разных размеров и амплитуд.

Новая глобальная тектоника

В 60-70-х годах прошлого века было установлено, что внешняя оболочка твердой Земли – литосфера состоит из 6 крупных и нескольких мелких плит. Крупные несут на себе континенты Южной и Северной Америки, Евразию, Африку, Австралию, Антарктиду и большую часть Тихого океана. Эти плиты, имеющие толщину от 75 до 125 км, медленно перемещаются относительно друг друга. В зоне их соприкосновения возникают многочисленные землетрясения.

Ниже литосферы, как мы уже отмечали, располагается **астеносфера** (т. е. податливая сфера), где под действием тепла, поднимающегося из глубин Земли, горные породы частично переходят в расплавленное состояние. Об этом свидетельствует уменьшение скорости продольных волн V_p и их амплитуды.

Расплавленное вещество устремляется вверх и прорывает литосферу там, где она наиболее тонкая – под океаном. Вблизи поверхности дна океана расплавленный материал охлаждается и затвердевает, образуя так называемые «срединные океанические хребты». Для этих хребтов характерны горный рельеф и обилие разломов. Образующаяся в результате затвердевания расплавленного вещества горная порода расталкивает «половинки»

океанической плиты и их разные блоки в противоположных направлениях, и они «расползаются» со скоростью нескольких сантиметров в год. Такой процесс называется разрастанием морского дна, или «спредингом» (рис. 4.3).



Рис. 4.3. Схема движения литосферных плит согласно «теории плит»
(по А. Алисону и Д. Палмеру и др.)

Механизм этого процесса изучен пока недостаточно, но, видимо, имеет место какой-то вид конвекции больших объемов пластичного мантийного вещества. Подъем мантийного магматического вещества в срединно-океанических хребтах способствует образованию новой коры в месте раздвижения океанического дна. Так, раскол, на месте которого возник Срединно-Атлантический хребет, послужил началом образования впадины Атлантического океана и обусловил отделение Северной и Южной Америки от Евразии и Африки. Спрединг в стороны от хребта вызвал медленное расширение океана до его современных размеров.

Там, где края океанической плиты сталкиваются с соседней континентальной плитой, как происходит, например, у западных берегов Тихого океана, более тонкая океаническая плита загибается вниз, под континентальную плиту, в мантию Земли, образуя в морском дне глубоководный желоб в месте изгиба.

Зона погружения одной плиты под другую называется **зоной субдукции** (или зоной Беньоффа).

Холодная океаническая плита, двигаясь вниз, достигает глубины до 700 км и, вызывая на своем пути глубоководные землетрясения, затем окончательно поглощается мантией.

При этом осадочные отложения, скопившиеся на поверхности океанической коры, будучи достаточно мягкими, «сдираются»

континентальной корой и сминаются в складки, образуя горные сооружения, подобные Андам.

Таким образом, «тектоника плит» дает научное обоснование гипотезе А. Вегенера (1880-1930) о дрейфе континентов, которая была высказана еще в 1912 г.

Необходимо отметить, что новая теория глобальной тектоники базируется на данных, полученных главным образом, с помощью геофизических методов.

Контрольные вопросы

1. Какую форму имеет Земля? Чем эта форма отличается от шара?
2. Перечислите наружные оболочки Земли. Какая из них имеет наибольший объем?
3. На какую глубину Земля доступна для непосредственного изучения?
4. По каким данным люди узнают о глубинном строении Земли?
5. Перечислите внутренние оболочки Земли. Какова их толщина?
6. Каково строение земной коры?
7. Что такое поверхность Мохора, по каким данным она обнаруживается?
8. Из каких слоев состоит мантия?
9. Где располагается астеносфера? Какими особенностями она характеризуется?
10. Что такое литосфера?
11. Каково строение ядра Земли? Из чего оно состоит?
12. Какие температуры и давления существуют в ядре Земли?
13. Сколько крупных плит выделяют в строении литосферы?
14. Кто впервые выдвинул гипотезу «дрейфа континентов» и почему?
15. Что является причиной дрейфа континентов?
16. Какова скорость перемещения континентов?
17. Что такое «спрединг»?
18. Где располагаются зоны субдукции?
19. На основе каких данных базируется модель внутреннего строения Земли и «тектоника плит»?

Некоторые основные геологические и геофизические термины и понятия

Геологи и геофизики, так же как, например, медики и представители других профессий, пользуются достаточно сложной системой понятий, названия которых заимствованы из древнегреческого, латинского, английского и др. иностранных языков (Г. С. Вахромеев).

Освоение геологической терминологии – задача непростая. Достаточно сказать, что даже «Краткий геологический словарь для школьников» (М.: Недра, 1989) содержит свыше трех тысяч специальных терминов. По этой причине осваивать геологическую терминологию студенты будут на протяжении всего времени обучения в вузе. Ну, а поскольку основной принцип освоения – «повторенье – мать ученья» – не утратил своей силы и теперь, то чем раньше будет начато освоение специальной терминологии, тем лучше.

Часть понятий и терминов уже была определена нами ранее (минеральное сырье, полезные ископаемые, месторождение, спрединг, субдукция и некоторые др.), часть будет пояснена далее по мере продолжения нашего курса. Тем не менее имеет смысл повторить их в настоящем разделе.

Геология – наука о Земле. Термин образован из двух греческих слов. **Гейя** – в древнегреческой мифологии богиня Земли; **logos** – означает учение, слово, понятие, мысль.

В современном понимании **геология** – это наука, которая занимается изучением, освоением и использованием земных недр (Ребрик, 1984).

Геология включает в себя ряд разделов, ставших в настоящее время самостоятельными науками. Это минералогия, петрография, историческая геология, структурная геология, динамическая геология, гидрогеология и инженерная геология, вулканология, геофизика и некоторые др.

Геофизика – наука о физических процессах и связанных с ними явлениях на Земле. Геофизика распадается на две ветви. Одна, условно называемая «**большой геофизикой**», занимается физическими процессами и явлениями на Земле в целом. Другая – «**разведочная геофизика**» изучает различные физические поля Земли с целью поисков и разведки полезных ископаемых. Разведочная геофизика подразделяется на ряд отраслей, различающихся по природе исследуемых физических полей. Это магниторазведка, гравиразведка, электроразведка, сейсморазведка, радиометрия и ядерная геофизика, геофизические исследования скважин (ГИС).

Минерал – природное химическое соединение, образовавшееся в недрах или на поверхности Земли. Минерал может состоять и из одного химического элемента. Примером могут служить самородная сера, золото, медь, алмаз (С).

Примеры минералов: кварц (SiO_2), полевой шпат ($\text{KNaAlSi}_3\text{O}_8$), пирит (FeS_2), вода (H_2O) и др. Всего в настоящее время известно около 3 тысяч минералов.

Изучением минералов занимается наука **минералогия**.

Минералы подразделяют по химическому составу на окислы, силикаты, карбонаты, сульфиды и т. д.; по облику их кристаллов – на категории (сингонии): кубическую, тетрагональную, трехклинную, моноклинную и др.

Кроме того, все минералы подразделяют на 2 большие группы: породообразующие и рудные. Из **рудных** выплавляют металлы, а **породообразующие** создают горные породы.

Примеры рудных минералов: пирит (FeS_2), халькопирит (CuFeS_2), магнетит (Fe_3O_4), рутил (TiO_2).

Примеры породообразующих: кварц, полевой шпат, слюды, пироксены, амфиболы и др.

Горная порода – агрегат минералов более или менее постоянного состава. Например, гранит. Где бы он ни находился: на Урале, в Карелии или на Аляске – у него всегда один и тот же состав: примерно 65 % полевых шпатов, около 30 % кварца и 5-10 % темноцветных минералов (слюды, амфиболов или пироксенов).

Горные породы могут состоять и из одного минерала, как, например, кварцит, пироксенит, сильвинит (KCl).

Состав и облик горных пород изучает наука **петрография** (от греческого **петрос**, что означает «камень»).

В зависимости от способа образования горные породы подразделяют на осадочные, магматические и метаморфические.

Осадочные горные породы – вторичные, они формируются в результате разрушения других, монолитных горных пород под действием процессов выветривания и последующего переноса и переотложения продуктов выветривания ветром или водой рек, озер и океанов. Основные разновидности осадочных пород – песчаник, глина, алевролит, известняк.

Магматические горные породы – первичные, они образовались при остывании и кристаллизации магмы. Они, в свою очередь, подразделяются на **интрузивные**, образовавшиеся на большой глубине при медленном остывании магмы, и **эффузивные** (излившиеся), которые образуются при сравнительно быстром затвердевании магмы в приповерхностных условиях. В зависимости от условий кристаллизации при одном и том же составе горные породы имеют разный облик и разные названия. Каждая интрузивная порода имеет свой эффузивный аналог: гранит – липарит, габбро – базальт и т. д.

Интрузивные породы сплошь кристаллические, из-за медленного остывания все минералы в них успели приобрести кристаллический облик; эффузивные обычно состоят из стекловидной общей массы, в которой заметны отдельные зерна – кристаллы минералов.

Метаморфические породы – значит преобразованные (**метаморфоза** по-гречески «превращение»). Они формируются как из осадочных, так и из магматических пород под действием высоких температур и давлений, а также привноса вещества. Примеры: глинистые и кристаллические сланцы, мрамор, гнейс. Гнейс по составу идентичен граниту, но имеет совсем другой облик: он, в отличие от гранита, рассланцован.

Все кристаллические породы (и интрузивные, и эффузивные, и метаморфические) подразделяют по содержанию кремнекислоты (SiO_2) на **кислые** (граниты, гранодиориты, липариты, дациты) с содержанием кремнекислоты от 65 % и более, **средние** – с содержанием кремнекислоты около 60 %, **основные**, которые содержат не более 50-55 % кремнезема, и **ультраосновные**, характеризующиеся самым низким (около 45 %) содержанием кремнекислоты (пироксениты, амфиболиты, дуниты, перидотиты).

Полезные ископаемые – минеральные образования, которые благодаря своему химическому составу и физическим свойствам могут быть эффективно использованы в сфере материального производства. Виды полезных ископаемых были рассмотрены в лекции № 1.

Интересно, что по мере развития науки и технологий обычные горные породы могут переходить в категорию полезных ископаемых. Так, например, случилось с бокситами, которые стали рассматриваться как полезное ископаемое только после того, как была разработана технология получения из них алюминия.

Руда – агрегат минералов, из которого технологически возможно и экономически выгодно извлекать металлы или их соединения. Например, вышеупомянутый боксит – это алюминиевая руда, медная колчеданная руда – это обычно сложные агрегаты минералов, но обязательно с содержанием соединений меди, например халькопирита (CuFeS_2).

Месторождение – природное скопление полезного ископаемого, условия залегания и запасы которого обуславливают целесообразность его разработки. По содержанию полезного компонента месторождения подразделяют на богатые, рядовые и бедные, а по запасам – на уникальные, крупные, средние, мелкие.

Уникальных месторождений на Земле бывают единицы, крупнейших – десятки, средних и мелких – много. К числу уникальных относятся, например,

Самотлорское месторождение нефти в Западной Сибири, Курская магнитная аномалия (месторождение железа), золоторудное месторождение Витватерсранд (ЮАР) – оно обеспечивает 75 % ежегодного производства этого металла в мире.

Месторождения подразделяются по сложности обнаружения на легко- и труднооткрываемые. Первые – это неглубокие, выходящие на поверхности или под наносы. Они почти все уже открыты, и новые открытия таких месторождений случаются крайне редко. В качестве примера можно назвать Сафьяновское медноколчеданное месторождение в районе г. Реж (Свердл. обл.).

Труднооткрываемые залегают на больших глубинах, под толщей перекрывающих их пород. Открытие и разведка таких месторождений – это основная задача специалистов по технологиям геологической разведки.

Рудопроявление – скопление полезного ископаемого непромышленных или невыясненных запасов.

Аналогично – нефтепроявление, углепроявление, водопроявление.

Обнажение – выход горных пород на поверхность. Обнажений много в горах, но очень мало в равнинной местности. Здесь их нужно искать на крутых берегах рек, склонах оврагов или создавать искусственно.

Структура – массив слоёв горных пород определенной формы, возникшей в результате деформации земной коры.

Антиклиналь – выпуклая складка. В ядре антиклинали располагаются более древние горные породы. К антиклинальным складкам проницаемых пород приурочены месторождения нефти и газа.

Синклинали – вогнутая складка. В ядре синклинали располагаются более молодые горные породы. С синклинальными структурами бывают связаны залежи ископаемых углей.

Элементы залегания – это простирание и падение.

Простирание – направление горизонтальной линии, лежащей в плоскости пласта, характеризуется азимутом простирания.

Падение – линия, лежащая в плоскости пласта, направленная перпендикулярно простиранию, характеризуется азимутом и углом падения.

Мощность – это толщина пластов, рудных и нефтяных залежей.

Нормальное поле – геофизический термин, означающий уровень физического поля без каких-либо отклонений от нормы.

Аномалия – также геофизический термин. Дословно – отклонение от нормы.

И аномалии, и нормальные поля носят относительный характер.

Возникновение геофизических аномалий обуславливается действием одной из двух причин: либо наличием геологических объектов, создающих

естественные физические поля (магнетитовых залежей, создающих магнитные и гравитационные аномалии, колчеданных рудных тел, создающих аномалии естественного электрического поля в результате окисления рудных минералов, залежей радиоактивных руд, сопровождающихся полями повышенного гамма-излучения и пр.); либо наличием геологических объектов, вызывающих искажения **искусственных** физических полей (например, кварцевые жилы препятствуют распространению электрического поля, литологические границы отражают и преломляют упругие волны и т. п.).

Источник аномалии называется **возмущающим** объектом.

Аномалии бывают положительными и отрицательными. Например, положительные аномалии силы тяжести бывают связаны с рудными залежами, которые характеризуются повышенной плотностью; отрицательные – с угольными месторождениями, поскольку угли имеют меньшую плотность, чем вмещающие породы.

По занимаемой площади аномалии подразделяют на локальные, региональные и материковые. Материковые соизмеримы по площади с материками (пример – Восточно-Сибирская магнитная аномалия, связанная с базальтовыми траппами). Региональные аномалии имеют несколько меньшую площадь (пример – Курская магнитная аномалия, которая захватывает большую часть Курской и Белгородской областей). Локальные аномалии бывают связаны с отдельными рудными телами или угольными залежами. Пример сочетания региональной и локальных аномалий приведен на рис. 6.9.

Наличие локальной аномалии физического поля – надежный поисковый признак месторождения или, по меньшей мере, рудопроявления.

Прямая задача геофизики – расчет аномалии физического поля по заданным параметрам возмущающего объекта: его размерам, физическим свойствам, условиям залегания (глубине от поверхности земли, углу падения, мощности и пр.).

Решение прямой задачи необходимо для выбора густоты сети точек наблюдения, точности измерений, соответствующей аппаратуры.

Обратная задача геофизики – расчет параметров возмущающего объекта по наблюдаемым аномалиям физических полей. К сожалению, решение обратной задачи зачастую оказывается неоднозначным, так как одинаковые аномалии могут быть созданы разными объектами, например, крупным объектом, залегающим на большой глубине, или мелким, залегающим близко к поверхности.

Интерпретация – одно из «ключевых» слов геофизической разведки, означающее процесс решения обратной задачи.

Интерпретация может выполняться ручным или машинным способом. В последнем случае параметры возмущающегося объекта рассчитываются или подбираются ЭВМ по заранее разработанной программе.

Лекция 5

ГРАВИРАЗВЕДКА

Название этой отрасли разведочной геофизики происходит от латинского слова *gravis*, что означает «сила тяжести», и заключается гравirazведка в измерении естественного поля силы тяжести.

Силой тяжести G называют равнодействующую двух сил – силы притяжения всей массы Земли F и центробежной силы C , возникающей в результате вращения Земли (рис. 5.1).

Как известно из физики, сила притяжения всей массы Земли M тела массой m , находящегося на поверхности Земли:

$$F = f \frac{mM}{R^2}, \quad (5.1)$$

где R – радиус Земли;

f – гравитационная постоянная, $f = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2 \cdot \text{Н/кг}^2$.

Центробежная сила C , действующая на то же тело:

$$C = mr\omega^2 = \frac{mV^2}{r}, \quad (5.2)$$

где ω – угловая, а V – линейная скорость вращения;

r – радиус, перпендикулярный оси вращения.

Направлена центробежная сила по радиусу вращения от оси вращения, как показано на рис. 5.1.

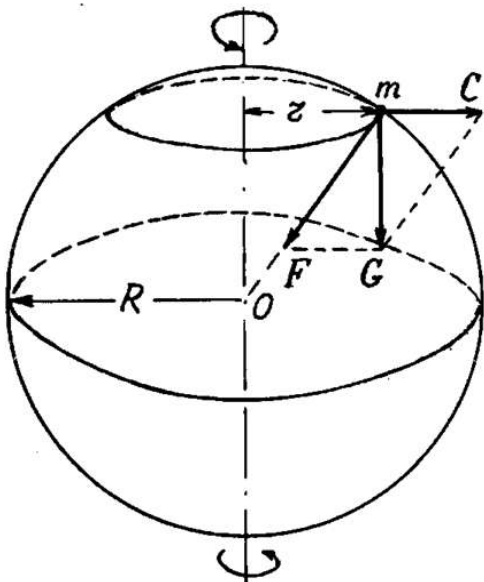


Рис. 5.1. Сила тяжести и ее составляющие

На полюсах Земли сила $C = 0$, а на экваторе эта сила имеет наибольшее значение: $C = \frac{F}{288}$. Это означает, что сила

тяжести почти целиком определяется силой притяжения: $G \approx F$, а ускорение свободного падения, согласно второму закону Ньютона, $g = \frac{G}{m}$.

Гравитационное поле в каждой точке Земли характеризуется силой, действующей на единицу массы, следовательно, при $m = 1$ $g = G$. По этой причине в гравirazведке силу тяжести измеряют величиной ускорения свободного падения g . Единица измерения g

в честь великого итальянского ученого Г. Галилея называется Гал. $1 \text{ Гал} = 1 \text{ см/с}^2 = 1000 \text{ мГал}$.

Из-за того, что полярный радиус Земли короче экваториального, на полюсах $g = 983,2 \text{ Гал}$, а на экваторе $g = 978,0 \text{ Гал}$.

Из-за этого, кстати, развитые в техническом отношении страны стремятся размещать свои космодромы по возможности ближе к экватору.

Таким образом, нормальное значение силы тяжести g_0 зависит от географической широты местности φ :

$$g_0 = g_s (1 + \beta \cdot \sin^2 \varphi), \quad (5.3)$$

где β – коэффициент, зависящий от угловой скорости вращения Земли и сжатия земного сфероид. Эта формула (5.3) была получена французским физиком А. К. Клеро еще в XVIII в.

Разность между измеренными и нормальными значениями дает **аномалии силы тяжести** $\Delta g = g_{\text{изм}} - g_0$. Но перед вычислением Δg в измеренные значения вводят поправки за **высоту** точки измерения над уровнем океана, за **притяжение промежуточного слоя**, находящегося между точкой наблюдения и уровнем океана, а также за **рельеф** местности.

Из истории гравиметрии

Еще в IV в. до нашей эры выдающийся греческий ученый Аристотель, не проводя никаких опытов, пришел к ошибочному заключению о том, что чем тяжелее тело, тем быстрее оно в свободном падении достигает земли. Поскольку слава Аристотеля как ученого была очень велика, то считалось недопустимым обсуждать его утверждения (Иванов, 1971). И даже в средние века полагали, что для того чтобы стать ученым, нужно наизусть знать Аристотеля.

И только профессор Пизанского университета в Италии Г. Галилей (1564-1642)* осмелился заняться экспериментальной проверкой утверждения Аристотеля. В присутствии настроенных против него профессоров и студентов он столкнул с вершины «падающей» Пизанской башни (высота 56 м) одновременно большое пушечное ядро и маленькую пулю от мушкета.

Оба тела достигли земли одновременно, что доказывало независимость скорости падения от массы тела.

Интересно, что Галилей пришел к такому заключению еще до опыта, чисто умозрительным путем.

*Галилео Галилей с 1589 по 1592 гг. заведовал кафедрой математики в Пизанском университете, потом перешел в г. Падую на ту же должность.

Он рассуждал так. Допустим, Аристотель прав. Возьмем два тела: одно легкое, другое тяжелое. Скрепим их вместе. С одной стороны, легкое тело должно тормозить более тяжелое, и вместе они должны падать медленнее. С другой стороны, скрепив два тела вместе, мы получим новое тело, еще более тяжелое, чем было у нас. И, согласно Аристотелю, это тело должно падать быстрее!

Получается парадокс! Парадокс разрешается, если допустить, что все тела, независимо от их массы (или веса), падают с одинаковой скоростью.

Измеряя время скатывания шариков по наклонной плоскости, Галилей вычислил ускорение свободного падения g , он же открыл известные в настоящее время из школьного курса физики законы свободного падения тел:

$$V = gt \text{ и } H = \frac{gt^2}{2},$$

где V – скорость, достигаемая телом при падении за время t , а H – расстояние, пройденное телом за это время (1638).

В 1673 г. голландский ученый Х. Гюйгенс (1629-1695) разработал теорию математического маятника и дал метод определения ускорения силы тяжести по измерениям периода его колебаний:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \quad (5.4)$$

где l – длина маятника;

g – ускорение свободного падения.

В 1686 г. И. Ньютон (1643-1727) сформулировал основные принципы

механики и открыл закон всемирного тяготения (5.1). Выяснилось, что очень многие явления (падение тел на Землю, движение луны, морские приливы, траектория полета пушечного ядра и др.) подчиняются одному и тому же закону природы – закону всемирного тяготения (Иванов, 1971).

В 1798 г. английский физик Г. Кавендиш (1731-1810) опытным путем с помощью крутильных весов определил значение гравитационной постоянной, а затем рассчитал массу Земли ($6 \cdot 10^{24}$ кг) и среднее значение её плотности ($\sigma = 5,52 \text{ г/см}^3$).

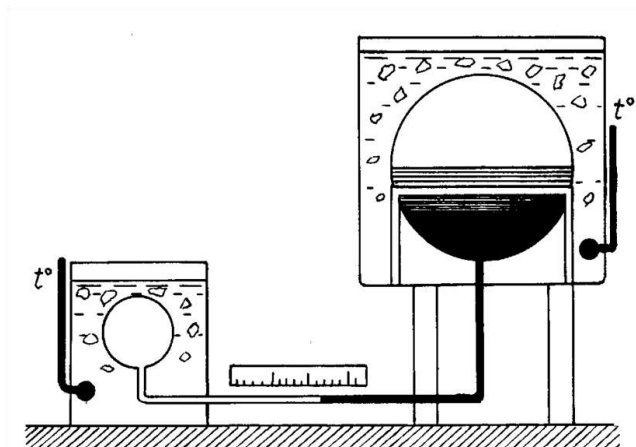


Рис. 5.2. «Универсальный барометр»
М. В. Ломоносова

В 1798 г. английский физик Г. Кавендиш (1731-1810) опытным путем с помощью крутильных весов определил значение гравитационной постоянной, а затем рассчитал массу Земли ($6 \cdot 10^{24}$ кг) и среднее значение её плотности ($\sigma = 5,52 \text{ г/см}^3$).

Интересный гравиметр был предложен М. В. Ломоносовым. В 1749 г. Ломоносов доложил об этом приборе, названном им «универсальным барометром», на собрании Российской академии наук. Этот прибор состоял из двух стеклянных сфер, соединенных тонкой стеклянной трубкой, как это показано на рис. 5.2. Верхняя сфера, имеющая диаметр около 80 см, была примерно до половины объема заполнена ртутью, нижняя сфера диаметром около 25 мм заполнена воздухом. Сила тяжести, действующая на ртуть, уравновешивалась силой сжатого воздуха в маленькой сфере. Напротив среднего, горизонтального участка стеклянной трубки располагалась шкала с делениями. Для исключения влияния температуры на результаты измерений обе сферы были помещены в сосуды с битым льдом. Изменения силы тяжести приводили к перемещению границы «ртуть-воздух» в трубке, и это перемещение легко было зафиксировать по шкале. По расчетам Михаила Васильевича, мениск ртути в трубке сдвигался на величину, в 20000 раз большую, чем изменялся уровень ртути в большей сфере. Ломоносов пытался с помощью этого прибора «засечь» притяжение Луны, но из-за недостаточной точности прибора сделать это не удалось.

Первые систематические измерения силы тяжести с помощью маятниковых приборов были выполнены в XIX в. как в России, так и в зарубежных странах.

К пионерам гравиметрии относится русский ученый Ф. П. Литке (1797-1882). В 1826-1829 гг. он участвовал в кругосветном путешествии на военном шлюпе «Сенявин». Во время этого путешествия он провел серию высокоточных измерений: магнитных, барометрических, астрономических, гравитационных.

На основании гравитационных измерений Литке сделал вывод о влиянии на поле силы тяжести и форму Земли неоднородностей геологического строения земной коры.

В 1896 г. венгерским физиком Л. Этвешем (1848-1919) был разработан высокочувствительный прибор, названный гравитационным вариометром. Прибор позволял определять даже небольшие изменения силы тяжести в горизонтальной плоскости.

В честь этого ученого была названа единица градиента силы тяжести – этвеш ($1E = 1 \cdot 10^{-9} \text{ с}^{-2}$).

Этвеш также установил, что от гравитационных сил невозможно защититься каким-либо экраном.

Многие ученые пытались экспериментально обнаружить разницу в притяжении к Земле одинаковых по массе и форме тел из разных материалов, но выявить такую разницу не удалось.

Как не удалось до сих пор и объяснить физическую природу гравитационных сил.

Плотность горных пород

Единственный физический параметр, от которого зависят аномалии силы тяжести Δg , – это плотность. Чем больше разница в плотности возмущающего объекта и вмещающих пород, тем больше аномалия силы тяжести. По этой причине для интерпретации силы тяжести необходимо знать плотность и возмущающего объекта, и вмещающей среды.

Плотность геологических образований зависит от их химического и минерального состава, а также от пористости и характера заполнения пор.

Пористость магматических пород невелика, и потому их плотность определяется, главным образом, составом и растет от кислых пород к основным.

Таблица 5.1

Плотность горных пород и полезных ископаемых (Успенский, 1968)

Порода, полезное ископаемое	Плотность, г/см³
Магматические породы:	
– гранит	2,53-2,70
– габбро	2,85-3,05
– перидотит	2,88-3,29
– базальт	2,22-2,95
Осадочные породы:	
– глины	1,20-2,40
– песчаники	2,50-2,65
– известняки	2,60-2,70
Полезные ископаемые:	
– руды металлов	3,3-5,5
– каменная соль	2,12-2,22
– угли	1,15-1,75
– нефть	0,7-0,9
– вода	1,0
Земная кора в среднем	2,67
Вещество Земли в среднем	5,52
Ядро Земли	13,5

Из геологических факторов на аномалии Δg влияют размеры возмущающих объектов, их геометрическая форма и элементы залегания.

Измерение силы тяжести

Методы измерения силы тяжести подразделяют на динамические, в которых наблюдается движение груза в поле силы тяжести, и статические, в которых измеряется растяжение упругого элемента под действием подвешенного на нем груза.

Измерения силы тяжести могут быть как абсолютными, так и относительными.

При абсолютных измерениях на каждой точке наблюдения определяют полное или абсолютное значение силы тяжести $g_{\text{изм}}$, при относительных – приращение силы тяжести Δg по сравнению с ее значением на какой-то исходной (или контрольной точке).

По конструктивным признакам могут быть выделены:

- маятниковые гравиметры;
- гравиметры типа пружинных или крутильных весов;
- струнные гравиметры;
- гравитационные вариометры.

В маятниковых гравиметрах экспериментально определяют период качания маятника и из формулы (5.4) рассчитывают ускорение свободного падения $g_{\text{изм}}$.

Сложность измерений силы тяжести маятниковыми приборами заключается в том, что период колебаний и длина маятника должны быть измерены с очень высокой точностью, а именно период колебаний – с точностью до 10^{-7} с, а длина маятника – до 0,001 мм.

В настоящее время измерения силы тяжести с помощью маятниковых приборов выполняют лишь в обсерваториях и на контрольных пунктах (КП).

Гравиметры типа пружинных весов основаны на измерении растяжения пружины под действием веса грузика (рис. 5.3). Такие гравиметры применяют для относительных измерений силы тяжести.

Пружины изготавливают либо из металла с очень малым коэффициентом температурного расширения, либо из кварца.

На рис. 5.4 представлена чувствительная система кварцевого гравиметра типа ГАК. На кварцевой рамке 1 натянута

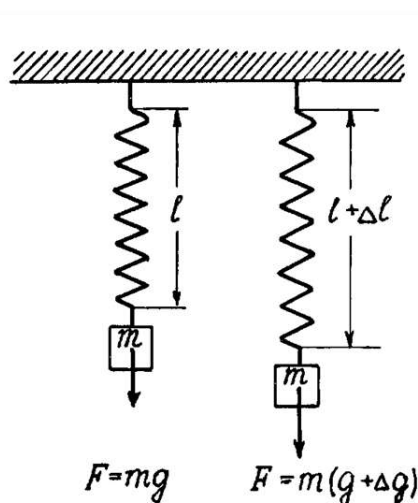


Рис. 5.3. Принцип действия гравиметра типа пружинных весов

закрученная кварцевая нить 2. На нити подвешен рычаг 3 с грузиком 4 и зеркальцем на конце. Рядом с зеркальцем грузика закреплено неподвижное зеркальце 5. При изменении силы тяжести, действующей на грузик 4, меняется наклон рычага 3, который возвращают к исходному горизонтальному положению, меняя натяжение компенсирующей пружины 6, прикрепленной к дополнительному рычагу 8. За положением подвижного зеркальца следят с помощью специальной оптической системы, а натяжение компенсирующей пружины изменяют за счет поворота микрометричного винта 7. Винт снабжен специальным измерителем его поворота, отсчет которого и служит мерой измеряемой силы тяжести.

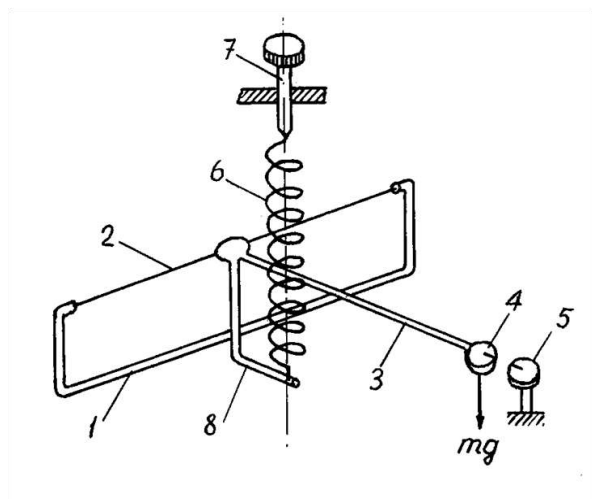


Рис. 5.4. Чувствительная система гравиметра ГАК:

1 – кварцевая рамка; 2 – закрученная кварцевая нить; 3 – коромысло; 4 – грузик; 5 – индикатор горизонтального положения коромысла; 6 – компенсирующая кварцевая пружина; 7 – микрометричный винт; 8 – дополнительный рычаг для крепления компенсирующей пружины

В струнных гравиметрах грузик подвешивают на тонкой металлической нити (струне), о натяжении которой судят по частоте возбуждаемых в ней поперечных колебаний (И. Г. Сковородников).

Гравитационные вариометры служат для измерения градиента силы тяжести. Чувствительная система вариометра представляет собой крутильные весы, которые содержат коромысло 1 с двумя одинаковыми грузиками 2 на концах, подвешенное на упругой нити. Под воздействием неравномерного поля тяготения коромысло поворачивается, закручивая нить на определенный угол. Для измерения градиентов силы тяжести по разным направлениям закручивание нити измеряют при нескольких ориентировках коромысла. На рис. 5.5 представлены несколько видов крутильных весов.

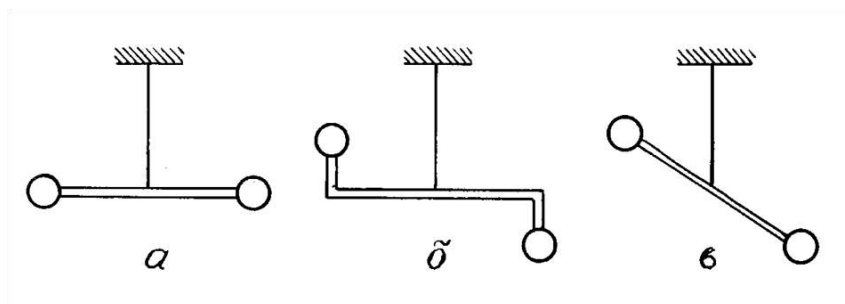


Рис. 5.5. Виды крутильных весов: а – весы Кавендиша; б – крутильные весы вариометра Z-40; в – то же вариометра S-20

Методика гравиметрических работ

Основным видом гравиметрических работ является площадная съемка. Выбор густоты точек наблюдения зависит от масштаба съемки, характера поля силы тяжести, ожидаемой глубины и размеров разведываемых геологических объектов. Оптимальное расстояние между точками наблюдения на профиле должно быть в 1,5-3 раза меньше предполагаемой глубины залегания, а расстояние между профилями – примерно вдвое меньше протяженности объекта поисков. Ориентируются профили «вкрест» простирания пород или предполагаемых объектов поисков.

При методике однократных поисков ежедневная работа должна начинаться и заканчиваться на одной и той же точке.

Расхождение в результатах – невязка – «разбрасывается» так же, как это делается при нивелировке.

Точность наблюдений проверяется при помощи контрольных измерений, объем которых обычно около 10 % от объема основных.

Результаты измерений представляют в виде графиков Δg по профилям наблюдений и планов изоаномал по площади исследований.

Области применения гравиразведки и решаемые ею задачи

Изучение глубинного строения

Земли по данным гравиметрии возможно вследствие того, что Земля как планета сформировалась под влиянием сил тяготения. Именно под действием силы тяжести наиболее тяжелые элементы сконцентрировались в глубоких частях планеты, и наиболее легкие – в приповерхностных слоях. Сила тяжести обусловила то, что внутри Земля состоит из отдельных концентрических оболочек. Плотность этих оболочек рассчитана методом подбора на основе анализа приливных вариаций силы тяжести. На границах земной коры, мантии, внешнего и внутреннего ядра плотность претерпевает скачкообразные изменения, а внутри этих

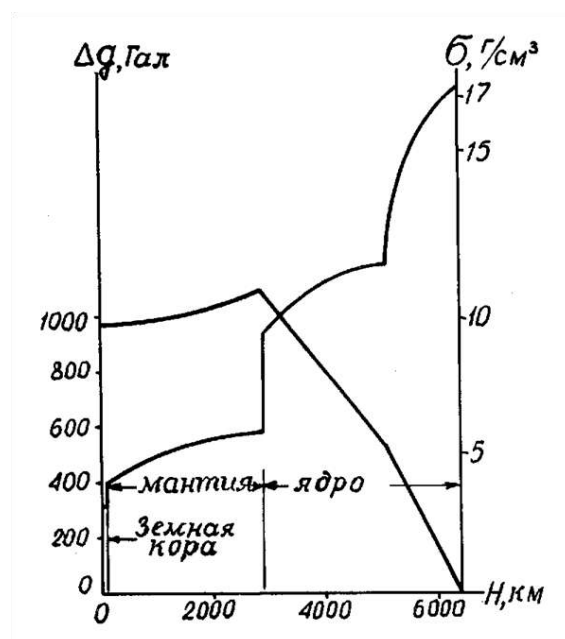


Рис. 5.6. Распределение плотности и силы тяжести по внутренним оболочкам Земли

оболочек изменяется плавно, увеличиваясь по мере приближения к центру Земли, как это показано на рис. 5.6.

Исследование структуры земной коры. Подошва земной коры – граница Мохоровичича была обнаружена по скачку скорости упругих волн от 6-6,7 до 7,5-8,3 км/с, но она характеризуется и скачком плотности от 2,8-3,0 г/см³ в земной коре до 3,1-3,3 г/см³ – в верхней мантии. Из-за этого скачка плотности распределение силы тяжести на поверхности отражает форму границы Мохо. А именно устанавливается следующая зависимость между мощностью земной коры и аномалиями силы тяжести (Δg): в геосинклинальных областях, где мощность коры велика, отмечаются интенсивные отрицательные аномалии Δg , платформы характеризуются близкими к 0 значениями Δg , а океаны – большими положительными аномалиями Δg , как это показано на рис. 5.7.

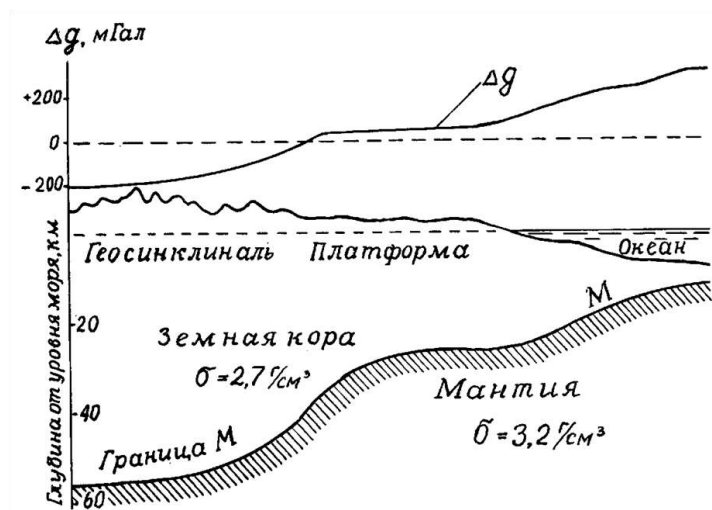


Рис. 5.7. Зависимость силы тяжести от глубины и формы поверхности Мохоровичича

Решение задач геологической разведки

Поиски месторождений нефти и газа – важнейшая практическая задача гравиразведки. Гравиразведка (в комплексе с сейсмо- и электроразведкой) позволяет обнаруживать куполообразные структуры, способные вмещать нефтяные и газовые залежи, хотя и не дает информации о степени их нефтегазонасыщенности.

Антиклинальные складки выделяются положительными аномалиями Δg в силу того, что в ядре их залегают более древние породы, чем перекрывающие их более молодые образования. Иногда эти складки облекают выступы кристаллического фундамента (рис. 5.8, а).

В случае, если антиклинальные складки образуются над соляными куполами, им соответствуют отрицательные аномалии Δg (рис. 5.8, в), потому что каменная соль имеет меньшую плотность, чем перекрывающие ее обломочные горные породы (см. табл. 5.1).

Поиски месторождений ископаемых углей, по данным гравиразведки, основаны на том, что угольные залежи обычно образуются в результате того, что растительные остатки заполняют депрессии в фундаменте кристаллических пород, плотность которых выше, чем плотность осадочных пород (рис. 5.8, б). К тому же и сами угли имеют пониженную плотность.

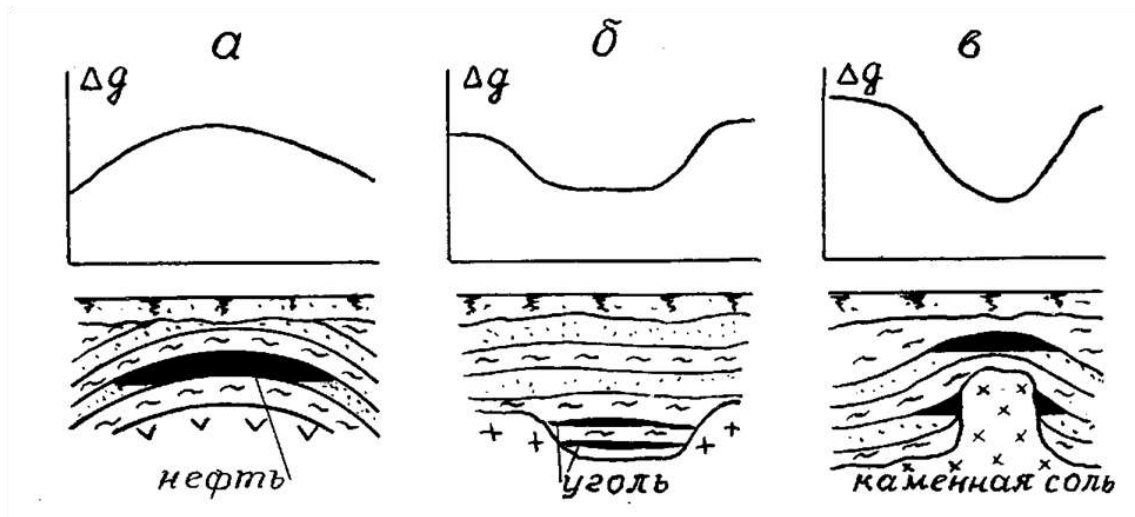


Рис. 5.8. Аномалии силы тяжести над различными геологическими структурами.
а – антиклинальная складка; б – депрессия в кристаллическом фундаменте; в – соляной купол

Поиски рудных месторождений базируются на том, что руды металлов (см. табл. 5.1) имеют значительно более высокую плотность, чем вмещающие их горные породы. Рудные тела выделяются положительными аномалиями Δg , интенсивность которых зависит от размеров рудных тел и от глубины залегания.

Гравиразведка успешно применяется для проверки и классификации аномалий электрической разведки (на рудные и нерудные).

Очень показателен пример применения гравитационной вариометрии на Сибайском медноколчеданном месторождении на Урале, описанный в книге К. П. Соколова (1966). Месторождение было открыто по данным электрической разведки. При проверке электроразведочных аномалий бурением было выявлено крупное рудное тело I (рис. 5.9). Несколько позднее на месторождении были проведены измерения с гравитационным вариометром (кривая 4). А когда рассчитали аномалию градиента Δg от вскрытого рудного тела (кривая 5) и сравнили ее с наблюдаемой кривой, то получили значительное расхождение аномалий, которое позволило сделать вывод о том, что ниже вскрытого тела находится еще одно рудное тело II, имеющее размеры, не уступающие первому телу. Дальнейшая разведка месторождения бурением подтвердила это заключение. Запасы месторождений были увеличены более чем в 2 раза.

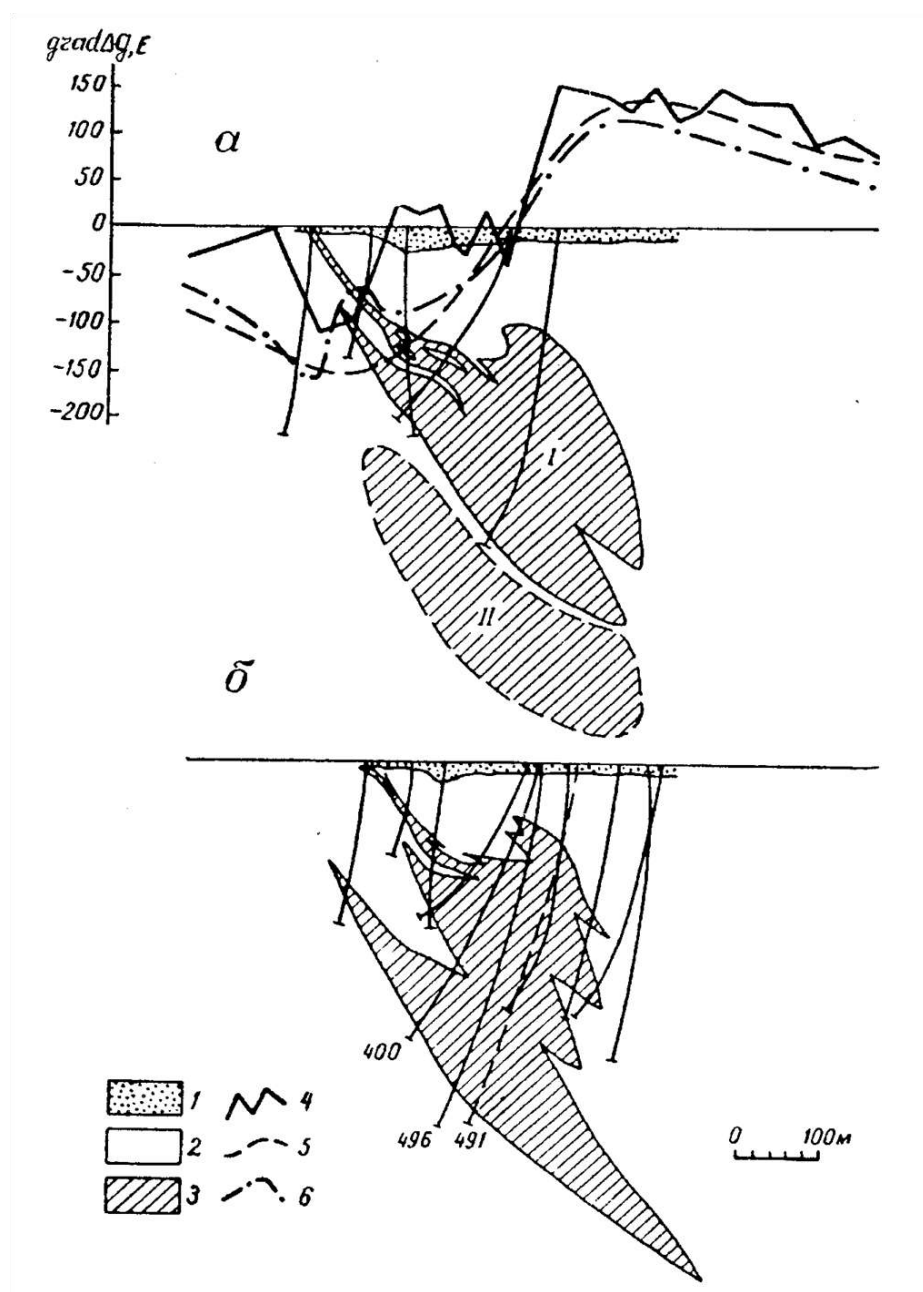


Рис. 5.9. Пример выявления глубокозалегающей линзы медноколчеданных руд по данным гравитационной вариометрии, по (Ярош и др., 1957):

1 – наносы; 2 – вмещающие породы; 3 – руда; 4 – наблюдаемый график градиента Δg ; 5 – график, вычисленный для известной линзы I; 6 – то же для известной линзы I и предполагаемой линзы II.

a – разрез до постановки вариометрии; *б* – окончательный разрез

Исследование ледников Антарктиды и Гренландии имеет целью определение толщины ледяного покрова и рельефа коренных пород. Применение гравиразведки базируется на разности в плотности льда ($0,92 \text{ г/см}^3$) и подстилающих его горных пород ($2,6\text{--}3,0 \text{ г/см}^3$).

Решение этой задачи имеет не только практическое, но и научное значение, так как, по мнению некоторых ученых (Хэнкок, 1998), подо льдом Антарктиды может скрываться «затонувшая» Атлантида.

Исследование акваторий и морского дна с целью поисков нефтегазоносных структур получает все большее распространение. Здесь данные гравиразведки дополняют результаты сейсмических исследований. Кроме того, вместе с магнитными методами гравиметрия применяется для изучения срединных океанических хребтов.

И, наконец, гравиметровые измерения на акваториях проводятся в военных целях: для точного наведения межконтинентальных баллистических ракет сила тяжести на траектории полета должна быть известна с точностью до 1 мГал.

Специально для измерения силы тяжести на подводных лодках в Соединенных Штатах был сконструирован гравиметр струнного типа.

Контрольные вопросы

1. Поясните происхождение термина «гравиметрия».
2. Что называется силой тяжести?
3. Где сила тяжести больше: на полюсах или на экваторе Земли?
4. Чему равен 1 мГал?
5. Напишите формулу закона всемирного тяготения.
6. Что такое аномалия силы тяжести?
7. Какие поправки вводят в результате измерения силы тяжести?
8. Какие магматические породы обладают большей плотностью: кислые или основные?
9. Какие аномалии силы тяжести и почему создают залежи ископаемых углей? Какие – рудные залежи?
10. Какие типы приборов для измерения силы тяжести Вам известны?
11. Какие задачи «большой геофизики» решаются с помощью гравиметрии?
12. Какие задачи решает гравиразведка?

Лекция 6

МАГНИТОРАЗВЕДКА

История изучения магнитного поля Земли

Магнитные свойства железной руды – магнетита и существование земного магнитного поля известны человеку с глубокой древности.

Древний китайский историк Су-Матзян свыше 2000 лет тому назад собрал наиболее надежные отрывки из старых летописей. Он рассказал о том, что 1100 лет до н. э. послы правителя Вьетнама были направлены к китайскому императору Чеу-Куну. «Поскольку путь очень долог, горы высоки, а реки глубоки, один посол мог и не достигнуть места назначения, – говорит летописец, – поэтому из предосторожности было направлено три посла независимо друг от друга». Всем удалось добраться до китайской столицы и выполнить свою миссию. После торжественных приёмов послы отправились во Вьетнам, заблудились и были вынуждены вернуться. Император Чеу-Кун подарил им пять дорожных колесниц с указателями направления на юг. С помощью этих колесниц, которые всё время шли впереди и указывали правильное направление, послы вернулись на родину (Иванов, 1971).

Такая колесница представляла собой повозку (рис. 6.1), в передней части которой была установлена человеческая фигура с возможностью поворота вокруг вертикальной оси. В вытянутой вперед руке фигурки был вмонтирован кусок магнитной руды, и поэтому фигура вела себя, как большая магнитная стрелка, разворачиваясь вытянутой рукой на юг.

Позднее секрет изготовления таких колесниц был утрачен и открыт заново только в 226 г. н. э.

В современной литературе самые ранние упоминания о магнетизме относятся к XII веку. Английский монах Некэм писал, что магнитная стрелка всегда показывает на север, а моряки определяют по ней курс корабля, когда не видно ни солнца, ни звезд (Почтарев, 1974).

В 1269 г. французский ученый и инженер Петр Перегрин в письме к своему другу обстоятельно описал свойства магнита. Он первый ввел понятия «северный» и «южный полюс», сохранившиеся до наших дней. Он также существенно усовершенствовал морской компас, соединив его с астролябией, что позволило более точно определять курс кораблей.

Китайцы ещё в XII веке знали, что магнитная стрелка показывает не строго на север, а немного отклоняется от этого направления, но не придавали этому значения. В то время люди полагали, что магнитная стрелка испытывает притяжение Полярной звезды.

В 1492 г. Христофор Колумб во время своего первого путешествия открыл не только Америку, но ещё и **магнитное склонение**.

3 августа 1492 года при отплытии из Палоса магнитная стрелка отклонялась к востоку от направления на Полярную звезду на 3° , т. е. на очень небольшой угол, который на компасах того времени трудно было замерить. А в сентябре того же года, когда Колумб отплыл уже далеко на запад, стрелка стала отклоняться к западу от направления по Полярной звезде на целое деление шкалы компаса (тогда эти деления наносились через $11^\circ 15'$). Не обратить внимание на такое отклонение было невозможно. Этот факт вызвал большое волнение среди моряков, и Колумбу с трудом удалось их успокоить.

Изменение магнитного склонения от одного места к другому послужило толчком к более детальному изучению магнитного поля Земли.

В 1544 г. пастор Гартман из Нюрнберга, а в 1576 г. английский компасный мастер Норман независимо друг от друга обнаружили, что северный конец магнитной стрелки стремится отклониться вниз от горизонтального направления, открыв таким образом существование **магнитного наклонения**.

Было замечено, что магнитное наклонение не остается одинаковым в разных местах, что в Северном полушарии наклоняется вниз северный конец магнитной стрелки, а в Южном – южный.

В 1600 г. придворный врач английской королевы Елизаветы Уильям Гильберт (1544-1603) опубликовал книгу «О магните, магнитных телах и большом магните – Земле». В ней он показал, что любой магнит, естественный или искусственный, независимо от формы, обладает двумя полюсами, что отдельно полюса существовать не могут.

Для доказательства того, что магнитная стрелка устанавливается в определенное положение только под действием земного магнитного поля, он выточил из магнитной железной руды шар, который назвал Тереллой, т. е. маленькой Землей. Вблизи разных точек её поверхности магнитная стрелка вела себя так же, как и на поверхности Земли.

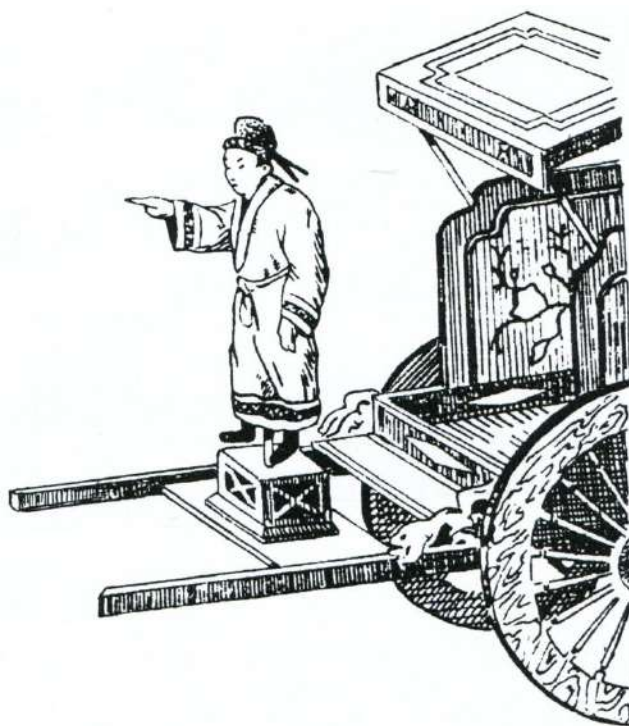


Рис. 6.1. Древнекитайская колесница с компасом – фигурой человека

Таким образом, Гильберту удалось экспериментально доказать, что Земля представляет собой огромное намагниченное тело, с двумя полюсами, а в окружающем её пространстве с помощью магнитной стрелки обнаруживается действие магнитных сил. Гильберт ввел понятие магнитного поля – сферы, в пределах которой действуют эти силы.

Труды Гильберта не утратили своего значения и в наше время. Однако Гильберт ошибочно полагал, что магнитные полюса Земли совпадают с географическими.

В настоящее время магнитное поле Земли изучено чрезвычайно подробно и не только на её поверхности, но и на большом расстоянии от неё.

Магнитное поле Земли, её магнитосфера протягивается в сторону Солнца на расстояние порядка 60 тыс. км и в несколько раз дальше в противоположном направлении (рис. 6.2). За границу магнитосферы принимают поверхность, на которой давление солнечного ветра уравнивается давлением магнитного поля Земли. Магнитосфера защищает Землю от потока заряженных частиц, составляющих корпускулярное излучение Солнца.

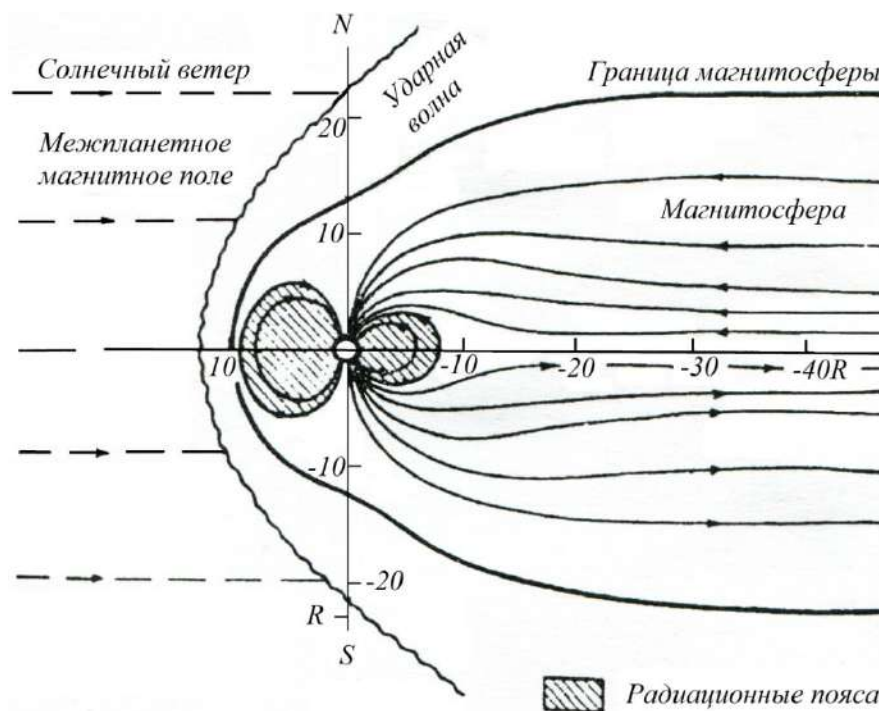


Рис. 6.2. Магнитосфера Земли (по В. И. Почтарёву). Расстояния указаны в радиусах Земли

Магнитные полюса Земли не остаются на одном месте, они медленно перемещаются, «дрейфуют» относительно географических полюсов. Время от времени полярность магнитного поля Земли меняется на противоположную. Факт смены полярности земного магнитного поля установлен при измерении намагниченности молодых ультраосновных пород в районах Срединных

океанических хребтов. Только в кайнозойскую эру полярность магнитного поля Земли менялась 13 раз за последние 5 млн лет.

Элементы магнитного поля Земли

Магнитное поле Земли характеризуется вектором напряженности T , который в прямоугольной системе координат имеет составляющие: вертикальную Z и горизонтальную H (рис. 6.3); горизонтальная составляющая в свою очередь, может быть разложена на компоненту X , направленную на географический север, и Y , направленную на восток. Угол между горизонтальной составляющей H и направлением на север – это угол магнитного склонения D , а угол между H и полным вектором – угол магнитного наклона J .

Все перечисленные параметры T , Z , H , X , Y , D и J – это элементы земного магнитного поля.

Вектор напряженности рассматривается как вектор магнитной индукции и поэтому измеряется в теслах (Тл)*. Но тесла – это слишком крупная единица, так что в магниторазведке в ходу более мелкие единицы:

$$1 \text{ Тл} = 10^6 \text{ мкТл} = 10^9 \text{ нТл}.$$

На фоне общего поля Земли выделяются аномалии материковые, региональные, локальные.

Для всей поверхности Земли составлены подробные карты каждого из элементов земного магнитного поля.

При этом карты отнесены к строго определенному моменту времени, поскольку магнитное поле Земли подвержено изменениям во времени – вариациям.

Периодические вариации подразделяют по их периоду на вековые, одиннадцатилетние (связанные с периодичностью солнечной активности), годовые, суточные. Чем короче период вариаций, тем меньше их амплитуда.

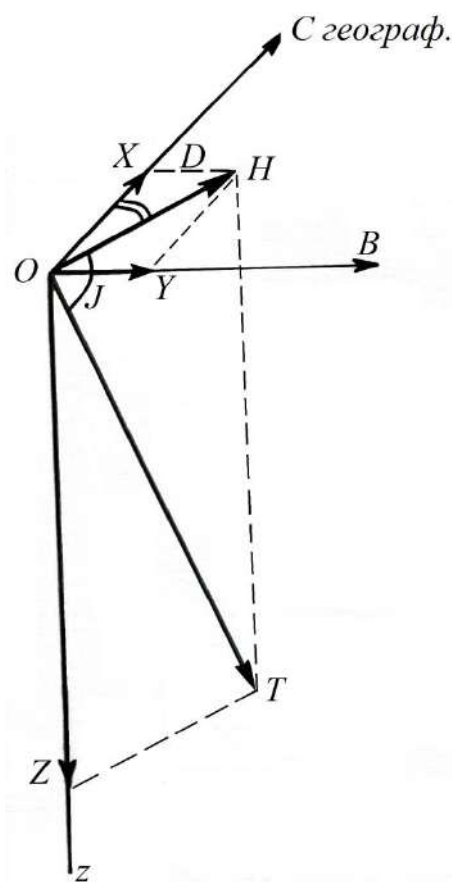


Рис. 6.3. Элементы земного магнитного поля

* Тесла – это магнитная индукция, которая действует силой 1 Н на 1 м провода, по которому протекает ток в 1 А и который расположен перпендикулярно направлению магнитной индукции.

Непериодические вариации (самые сильные) имеют космические причины и называются магнитными бурями.

Изменения элементов магнитного поля Земли во времени регистрируются на специальных магнитных обсерваториях.

Такая обсерватория есть, например, в составе Института геофизики им. Ю. П. Булашевича УрО РАН. Она располагается на Урале в области спокойного магнитного поля в пос. Арти (Свердловская область).

Магнитные свойства горных пород и руд

Существование аномалий магнитного поля связано с изменениями магнитных свойств горных пород.

Основным магнитным свойством горных пород, руд и минералов является магнитная восприимчивость χ . Она характеризует способность веществ намагничиваться под действием магнитного поля. Если обозначить намагниченность вещества J_i , то в земном магнитном поле

$$J_i = \chi T. \quad (6.1)$$

По величине χ все вещества делятся на диамагнитные, парамагнитные и ферромагнитные. Диамагнитные и парамагнитные практически не магнитны и не сохраняют намагниченность после прекращения действия магнитного поля на них, а вот ферромагнитные остаются намагниченными.

Таблица 6.1

Магнитная восприимчивость горных пород и минералов

Горные породы и минералы	Значения магнитной восприимчивости, ед. СИ 10^{-5}			
	< 50	50-1000	1000-10000	> 10000
	немагнитные	слабо - магнитные	магнитные	сильно-магнитные
Ферромагнитные минералы				
Магматические породы: перидотиты, габбро диабазы, базальты граниты, липариты				
Метаморфические породы: роговики, сланцы кварциты, мрамор				
Осадочные породы: глина песчаники известняки				

К ферромагнитным относятся магнетит, титаномагнетит, гематит, пирротин.

Характерная особенность ферромагнитных веществ – это зависимость магнитной восприимчивости от температуры. С повышением температуры χ сначала увеличивается, а когда температура достигает так называемой точки Кюри, χ резко падает и вещество становится парамагнетиком.

Для магнетита, например, точка Кюри – это $t = 578^\circ\text{C}$.

Магнитная восприимчивость горных пород определяется содержанием в них ферромагнитных минералов, и в гораздо меньшей степени она зависит от структурно-текстурных особенностей пород и от внешних условий (давления, температуры).

Таким образом, осадочные породы являются наименее магнитными, а у магматических пород χ возрастает от кислых к основным.

Ещё одно важное магнитное свойство веществ – остаточная намагниченность J_n , которая проявляется вне намагничивающего поля.

Приборы для магниторазведки

Впервые магнитная стрелка для поисков магнитных руд была применена в Швеции на рубеже XVII и XVIII веков.

Тем же способом в России в середине XVIII века была открыта знаменитая гора Магнитная на Южном Урале.

В 1873 г. проводились магнитные измерения с целью поисков железных руд в США, в районе Великих Озёр.

В 1899 г. великий русский ученый Д. И. Менделеев (1831-1907) организовал магниторазведочные работы на Уральских горах – Благодать, Высокая и Магнитная, а также на Бакальском руднике, где были оконтурены залежи магнитных руд, расположение которых до этого было известно лишь приблизительно (Иванов, 1971).

В 1784 г. академик П. Б. Иноходцев (1747-1806), выполняя астрономические наблюдения в Курской губернии, одновременно измерял магнитное склонение и обнаружил, что оно сильно отличается от нормального (Почтарев, 1974).

В 1874 г. доцент Казанского университета И. Н. Смирнов также нашёл очень сильные нарушения магнитного поля в районе Белгорода и станции Касторной.

С 1896 г. профессор Московского университета Э. Е. Лейст с помощниками начал детальную магнитную съемку Курской губернии и

продолжал её в течение 14 летних сезонов. Он построил подробные карты элементов магнитного поля и первый сделал предположение, что причиной сильнейшей в мире Курской магнитной аномалии (КМА) является железная руда, залегающая на небольшой глубине.

После Великой Октябрьской социалистической революции 1917 г. Э. Е. Лейст уехал в Германию и все материалы по изучению КМА увёз с собой.

В Советской России по инициативе В. И. Ленина (1970-1924) была создана особая комиссия по изучению КМА, которую возглавили физик, академик П. П. Лазарев (1878-1942) и геолог И. М. Губкин (1871-1939), также впоследствии ставший академиком.

Комиссия организовала проведение магнитной и гравиметрической съёмок на территории КМА и бурение нескольких скважин в местах максимумов и минимумов магнитной аномалии.

В результате бурения на глубине от 150 до 300 м были вскрыты залежи железистых кварцитов с содержанием магнетита от 40 % и выше.

Сейчас точно установлено, что КМА представляет собой два подземных железорудных хребта, простирающихся параллельно друг другу один на 400, другой – на 600 км при ширине 25-30 км. Напряженность магнитного поля КМА в 2-3 раза превышает напряженность нормального поля Земли (В. И. Почтарев).

Сейчас в пределах КМА действуют несколько крупнейших горно-обогатительных комбинатов: Лебедянский, Михайловский и др.

Современные приборы для наземных магнитных измерений могут быть разделены на несколько групп:

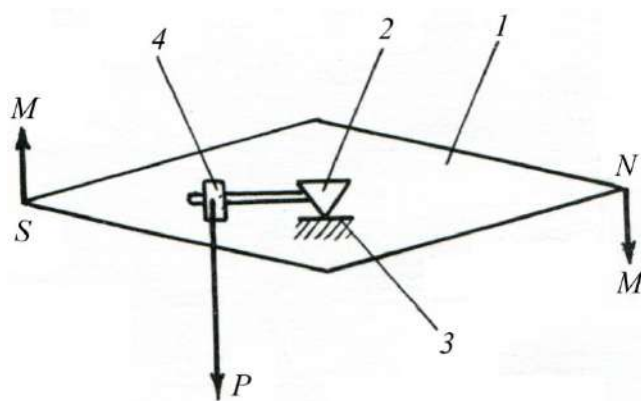
1. Приборы типа магнитных весов (или оптико-механические).
2. Феррозондовые магнитометры.
3. Протонные магнитометры.
4. Квантовые магнитометры.
5. Каппаметры.

Примером **оптико-механического** прибора может служить магнитометр М-2 (или весы Шмидта), который был широко распространен в геофизических экспедициях нашей страны в 50-70-х гг. прошлого века.

Чувствительная система магнитометра М-2 состоит из двух скрепленных между собой параллельных магнитов ромбовидной формы 1 (рис. 6.4). Через середину магнитов, перпендикулярно к ним продета кварцевая треугольная призма 2, которая одним из ребер опирается на две кварцевые пластины 3.

Рис. 6.4. Чувствительная система магнитометра М-2:

1 – ромбовидные магниты (ножи); 2 – кварцевая призма; 3 – кварцевые опоры призмы; 4 – грузик для уравнивания магнитной системы



В нормальном магнитном поле вращающий момент $2M$, создаваемый вертикальной составляющей магнитного поля, уравнивается вращательным моментом силы тяжести P , действующим на эксцентричный грузик 4. Горизонтальному положению магнитов соответствует нулевой отсчет оптической системы. При изменении вертикальной (Z) составляющей магнитного поля равновесие нарушается, магниты отклоняются от горизонтального положения, и отсчёт оптической системы отличается от нуля тем больше, чем больше величина Z -составляющей вектора напряженности магнитного поля в точке наблюдения по сравнению с контрольным пунктом.

Феррозондовые магнитометры в качестве чувствительного элемента имеют магнитомодуляционный датчик (рис. 6.5). Датчик состоит из двух ферритовых стержней 1 и 2, имеющих большие отношения длины l к диаметру d ($l/d > 100$). Коэффициент размагничивания таких стержней равен нулю. На стержнях 1 и 2 в противоположных направлениях намотаны катушки возбуждения 3 и 4, по которым пропускают переменный синусоидальный ток частоты f . Магнитное поле этого тока доводит стержни до насыщения. Оба стержня охвачены сигнальной обмоткой 5. Вне воздействия внешнего магнитного поля напряжение в сигнальной обмотке не возникает, так как магнитные поля стержней 1 и 2 одинаковые и противоположно направлены, т. е. компенсируют друг друга. При воздействии на датчик внешнего магнитного поля, направленного вдоль стержней, в один из полупериодов это поле складывается с магнитным полем тока возбуждения одного сердечника, а в другой

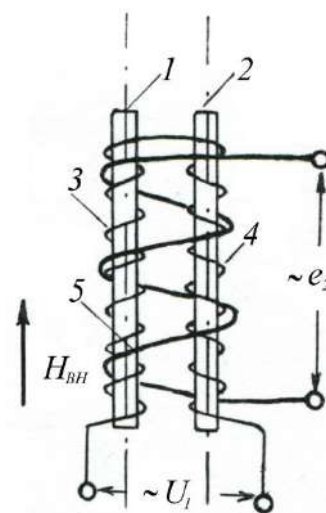


Рис. 6.5. Чувствительная система феррозондового магнитометра:
1 и 2 – ферритовые стержни; 3 и 4 – обмотки возбуждений; 5 – сигнальная обмотка

полупериод – с магнитным полем тока в другом сердечнике. Симметрия перемагничивания стержней нарушается, и в сигнальной обмотке наводится напряжение e_2 удвоенной частоты $2f$, амплитуда которого пропорциональна напряженности внешнего магнитного поля, направленного вдоль от датчика $H_{\text{вн}}$.

Кроме двухстержневых есть и одностержневые магнитомодуляционные преобразователи.

Такие преобразователи находят применение не только в полевых, но и в скважинных и в аэромагнитометрах.

Протонные магнитометры основаны на явлении свободной прецессии протонов (т. е. атомных ядер водорода) в земном магнитном поле. Но, для того чтобы возбудить свободную прецессию, магнитные моменты ядер сначала отклоняют от направления по магнитному полю Земли.

Датчик протонного магнитометра представляет собой вытянутый сосуд, заполненный водородосодержащей жидкостью (водой, спиртом или керосином). На сосуд нанесена обмотка, служащая как для создания поляризующего постоянного поля, так и для снятия сигнала свободной прецессии (ССП).

При измерениях датчик ориентируют перпендикулярно направлению земного магнитного поля (т. е. приблизительно горизонтально в направлении «восток-запад»), затем на несколько секунд (от 3 до 10 с) в обмотку подают ток, который создает поляризующее магнитное поле, во много раз превышающее земное. Магнитные моменты ядер атомов водорода в сосуде с жидкостью ориентируются по направлению поляризующего поля. Когда ток в обмотке выключают, поляризующее поле исчезает, и магнитные моменты ядер водорода переориентируются по направлению магнитного поля Земли (T). При этом магнитные моменты ядер водорода не сразу располагаются по направлению вектора T , а постепенно, совершая прецессию вокруг этого направления с так называемой **ларморовой** частотой $\omega_L = \gamma T$, где γ – это гиромагнитное отношение ядер водорода (т. е. величина постоянная).

Вращающаяся нормальная составляющая ядерных магнитных моментов индуцирует в катушке возбуждения сигнал свободной прецессии, амплитуда которого убывает по экспоненте, а частота пропорциональна напряженности земного магнитного поля T .

С помощью электронных схем частоту сигнала свободной прецессии измеряют и по ней судят о напряженности земного магнитного поля.

Протонные магнитометры используют при полевых, морских, воздушных и скважинных измерениях.

Квантовые магнитометры основаны на так называемом «эффекте Зеемана». Атомы, обладающие магнитным моментом, при попадании в магнитное поле приобретают дополнительную энергию, частота излучения которой пропорциональна полному вектору магнитной индукции этого поля (Хмелевской, 2013).

Чувствительным элементом магнитометра является сосуд, заполненный парами цезия, рубидия или гелием. При облучении монохроматическим светом электроны атомов этих паров переводятся на более высокий энергетический подуровень (оптическая накачка). После прекращения облучения электроны возвращаются на прежний уровень, испуская электромагнитные излучения, частота которого пропорциональна напряженности магнитного поля Земли.

Квантовые магнитометры обладают высокой точностью ($\pm 0,1-1$ нТл) и высоким быстродействием при слабой чувствительности к ориентации датчика.

Методика магнитной съемки, определение точности измерений и представление результатов аналогичны тем же процессам при гравиметровой съемке.

Области применения магниторазведки и решаемые ею задачи

Применение магнитных измерений для изучения глубинного строения Земли ограничено тем, что при нагревании до точки Кюри минералы теряют свои магнитные свойства. В разных областях Земли это происходит на различной глубине. Проводя расчёты положения нижних границ магнитовозмущающих объектов, можно таким образом определять места приближения перегретых слоёв астеносферы к земной поверхности.

Ещё одна «глобальная задача», решение которой возможно с помощью магнитометрии, – это определение возраста горных пород, направления и скорости движения крупных блоков земной коры.

Согласно современным представлениям, остаточная намагниченность J_n горных пород формируется во время образования самой горной породы. Это означает, что, определив направление остаточной намагниченности и зная абсолютный возраст горных пород, можно реконструировать миграцию и инверсию магнитных полюсов в разные геологические эпохи.

Так, например, английские геофизики F. J. Vinc и D. H. Matthews предложили оригинальное объяснение природы знакопеременных полосовидных магнитных аномалий, тянущихся вдоль срединно-океанических хребтов. По их мнению, эти аномалии связаны с раздвижением (спредингом) земной коры и её одновременным наращиванием за счёт подводных излияний базальтовых лав. Остывая после излияния, базальты сохраняют ту остаточную

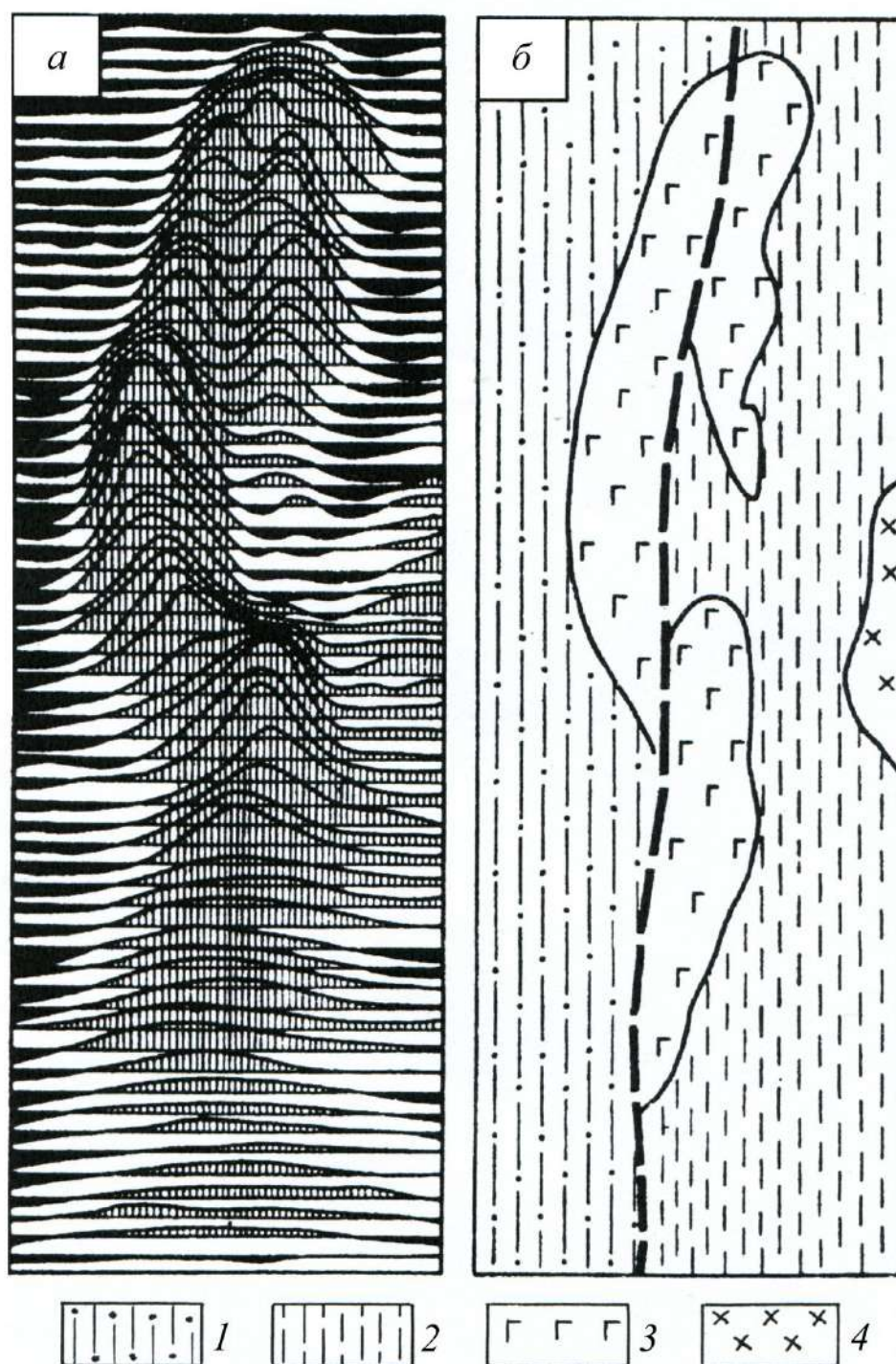


Рис. 6.6. Картирование, по данным магниторазведки, интрузий перидотитов, внедрившихся вдоль тектонического разлома (по Франтову и Глебовскому, 1987):

a – графики вертикальной составляющей магнитного поля; *б* – геологическая схема;
 1 – графито-кварцевые сланцы; 2 – гнейсы; 3 – интрузии перидотитов; 4 – интрузия гранодиоритов

намагниченность, которая отражает направление магнитного поля Земли в ту эпоху, когда они кристаллизовались. Так что смена полярности полосовидных аномалий подтверждает прошлые инверсии геомагнитного поля.

Геологическое картирование – одна из основных задач, решаемых с помощью магниторазведки. Магнитная съёмка позволяет надёжно картировать массивы габбро, перидотитов и др. основных и ультраосновных пород под наносами, выявлять тектонические нарушения, а при благоприятных условиях выделять перспективные на нефть и газ куполовидные структуры.

Так, на рис. 6.6 показано, как по графикам вертикальной составляющей магнитного поля (Z_a) выделяются интрузии ультраосновного состава (перидотиты), внедрившиеся вдоль тектонического разлома, по одну сторону которого залегают графито-кварцевые сланцы, а по другую – гнейсы, по (Франтов и Глебовский, 1987).

Поиски месторождений магнитных железных руд, полиметаллов, бокситов, алмазов и др. полезных ископаемых – ещё одна из важнейших задач магниторазведки.

Ранее мы уже рассказывали о том, как по данным магнитных измерений исследовалась КМА.

На рис. 6.7 показано, какими аномалиями составляющих Z_a и H_a магнитного поля выделяются пласты железистых кварцитов КМА, залегающие под толщей магнитных пород мощностью около 150 м.

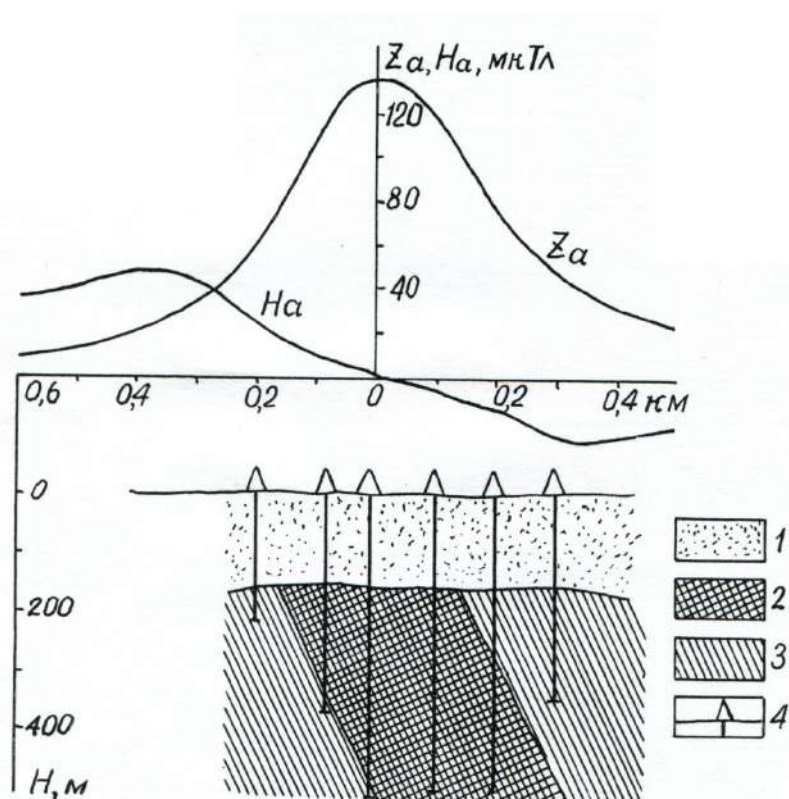


Рис. 6.7. Графики Z_a и H_a над пластом железистых кварцитов КМА, по (Соколов, 1966):

1 – рыхлые песчано-известковые породы; 2 – железистые кварциты; 3 – метаморфизованные сланцы и известняки; 4 – буровые скважины

На рис. 6.8 приведен пример применения магниторазведки при поисках бокситовых руд. Хотя магнитная восприимчивость бокситов не очень велика, крупная залежь их фиксируется отчетливой аномалией Z -составляющей до 2 тысяч нТл.

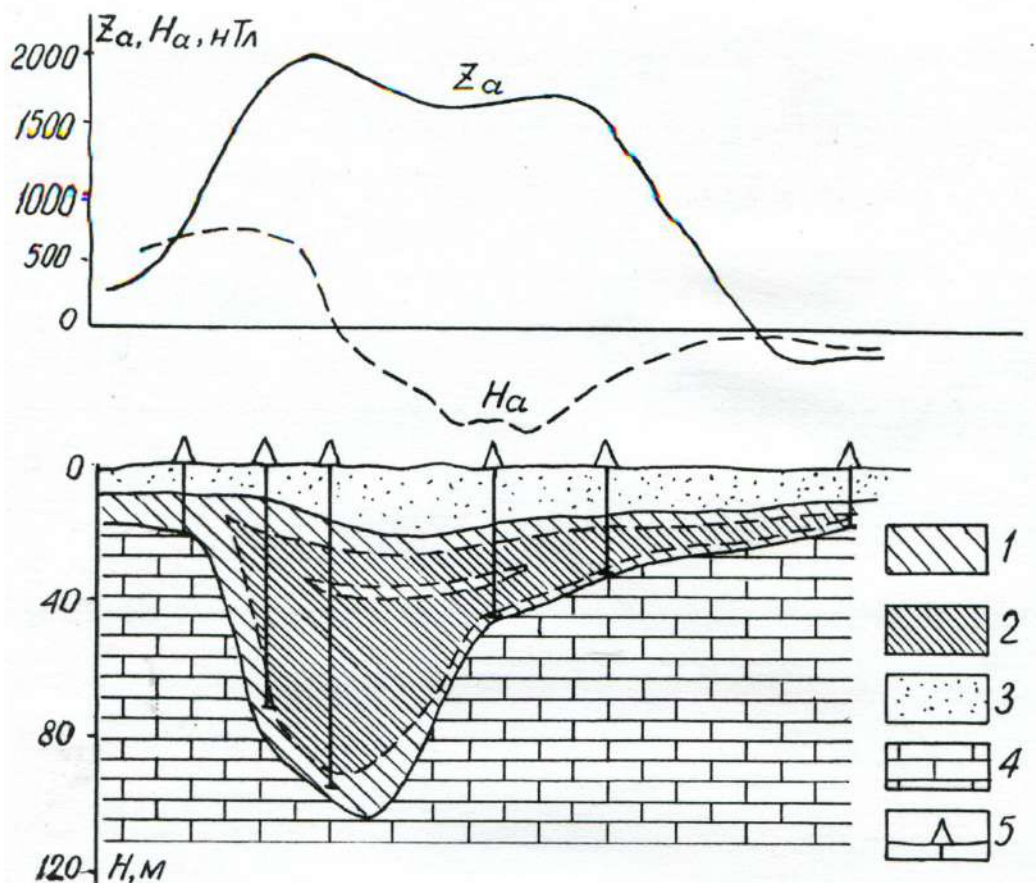


Рис. 6.8. Магнитная аномалия над карстовой гнездообразной залежью бокситов (по К. П. Соколову):

1 – бедная бокситовая руда; 2 – богатая бокситовая руда; 3 – наносы; 4 – известняки; 5 – буровые скважины

Рис. 6.9 показывает, как по данным магниторазведки выделяются кимберлитовые трубки в Якутии. Геологическая обстановка здесь осложняется тем, что кимберлитовые трубки прорывают кристаллические породы основного состава, которые так же, как и кимберлиты, имеют повышенные магнитные свойства. Они создают региональную магнитную аномалию до 800 нТл, на фоне которой выделяются локальные аномалии от кимберлитов интенсивностью до 1000-1500 нТл.

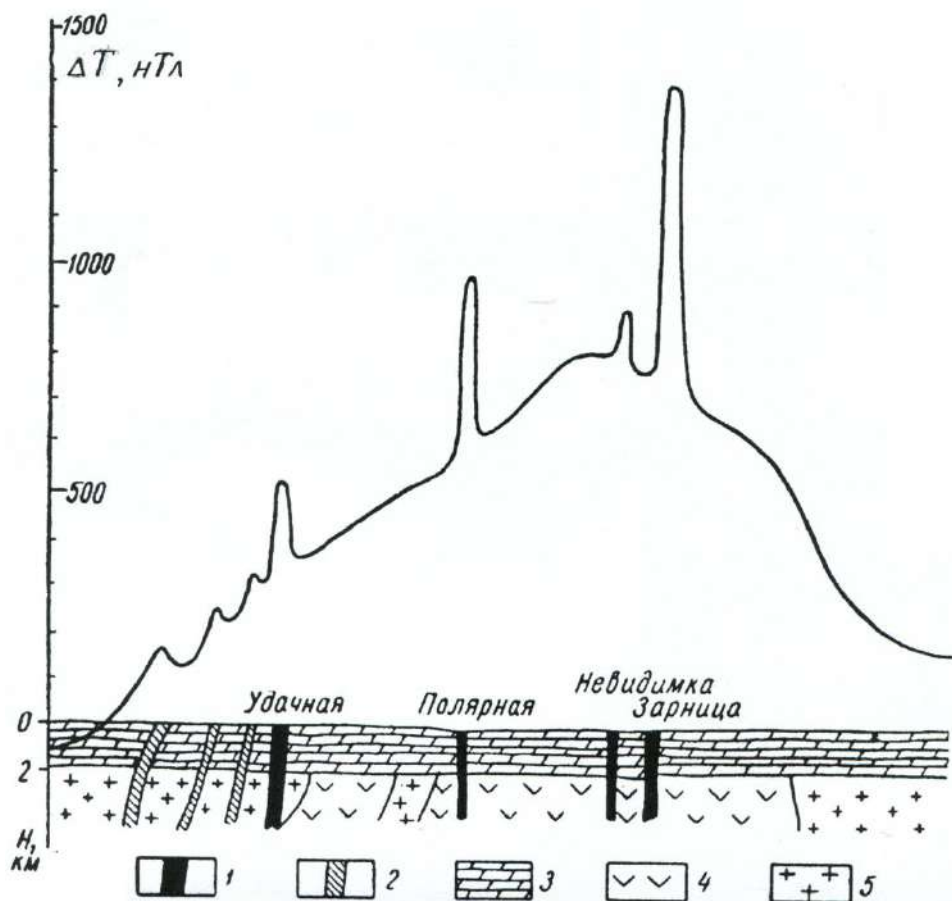


Рис. 6.9. Схематический геолого-геофизический разрез через кимберлитовые трубки, по (Соколов, 1966).

1 – кимберлитовые трубки; 2 – дайки основных пород; 3 – карбонатные породы; 4 – кристаллические породы фундамента основного состава; 5 – то же кислого состава. График ΔT на высоте 200 м

Поиски искусственных ферромагнитных объектов: трубопроводов, затонувших судов и пр.

В специальной литературе есть множество примеров успешного применения магнитных измерений для решения этих задач.

Приведем ещё несколько.

На р. Ангаре близ Иркутска затонул катер. Водолазы не смогли его найти, так как, по-видимому, катер был снесен сильным речным течением. Пришлось привлечь геофизиков. Установив феррозондовый магнитометр на деревянной лодке, геофизики не только обнаружили затонувший катер на большой глубине, но и определили, что он лежит кверху килем. Основанием послужила обнаруженная ими **отрицательная** магнитная аномалия (Вахромеев, 1988).

В 1979 г. зимой на Верх-Сысертском пруду провалился под лёд и затонул трактор. Летом представители поселкового Совета Верхней Сысерти обратились к студентам Свердловского горного института, база практики

которых находится на окраине поселка В. Сысерть, с просьбой найти то место, где лежит на дне пруда утонувший трактор.

Студенты Артур Лукас и двое его товарищей взяли протонный магнитометр и на деревянной шлюпке отправились в плавание. Пробороздив пруд на лодке в течение полутора часов, они обнаружили интенсивную магнитную аномалию и установили над ней буй.

15 февраля 2013 г. на озеро Чебаркуль упал наделавший много шума в СМИ Челябинский метеорит. Во льду осталась большая полынья. Через несколько дней геофизики из Института геофизики им. Булашевича провели высокоточные магнитные измерения по льду озера, но нашли только вытянутую аномалию небольшой интенсивности (около 20 нТл), которую объяснили дайкой пород основного состава подо дном озера. Метеорит в магнитном поле никак не проявился. Это позволило сделать вывод, что этот метеорит не железный, а каменный. Вывод подтвердился, когда в сентябре того же года метеорит извлекли со дна озера.

И, наконец, всем известная катастрофа знаменитого «Титаника». Место, где оказался на дне Атлантического океана «Титаник», почти через 100 лет после его гибели было установлено с помощью высокоточных так называемых «СКВИД-магнитометров».

Ещё одна область применения магниторазведки – **археологические исследования**. Высокоточные магнитные измерения позволяют обнаружить под толщей рыхлых отложений остатки фундаментов древних сооружений, кирпичных стен, свалки керамики, горны кузниц и другие объекты, намагниченность которых сформировалась за счёт температурных воздействий в условиях геомагнитного поля.

Так, например, в устье Нила при помощи магниторазведки был найден город эпохи Рамзеса II, погребенный под илом и другими наносами. Обнаружены остатки храмов, базаров, скотных дворов (Газета «Уральский рабочий» от 12.11.1999).

Контрольные вопросы

1. Как давно людям известны магнитные свойства железной руды и наличие у Земли магнитного поля?
2. Перечислите элементы магнитного поля Земли
3. Где магнитное поле Земли сильнее: в полярных или экваториальных областях?
4. Какие магнитные свойства горных пород Вам известны?
5. Что такое точка Кюри?

6. Чем диамагнитные материалы отличаются от парамагнитных?
7. Как далеко от поверхности Земли распространяется её магнитное поле?
8. Назовите физические принципы, на основе которых устроены приборы для магниторазведки.
9. Перечислите задачи, решаемые с помощью магниторазведки.
10. В каком случае и почему магниторазведка более эффективна: при поисках рудных или нефтяных месторождений?
11. Имеет ли свое магнитное поле Луна?
12. Какими причинами объясняется существование магнитного поля Земли?
13. Что такое «инверсия» магнитного поля Земли? Каковы причины, которые её вызывают?

Лекция 7

ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА

Краткая история электроразведки

В отличие от гравиразведки и магниторазведки, которые занимаются исследованиями физических полей исключительно естественного происхождения, электроразведка изучает как естественные, так и искусственные электрические поля.

Первая отечественная работа «О применении электричества к исследованию рудных залежей» была опубликована физиком Е. И. Рагозиным еще в 1903 г. В 1910 г. французский геофизик Конрад Шлюмберже разработал способ определения удельных сопротивлений горных пород посредством пропускания через них электрического тока. Этот способ применяется и поныне.

В 1922 г. помощник и соратник изобретателя радио А. С. Попова (1859-1906) – профессор А. А. Петровский (1873-1942) предложил использовать радиоволны для «просвечивания» толщи горных пород между скважинами.

Большой вклад в развитие электроразведки внесли и другие отечественные ученые: В. А. Фок (1890-1974), В. Р. Бурсиан (1886-1945), В. Н. Дахнов (1905-1984), А. И. Заборовский (1894-1976), С. М. Шейнман (1903-1986), А. М. Пылаев (1907-1944) и др.

Электрические свойства горных пород и руд

Распространение электрических полей в горных породах определяется электрическими свойствами этих пород, главным из которых является удельное сопротивление. В электроразведке удельное электрическое сопротивление (УЭС) измеряется в Ом·м и по физическому смыслу представляет собой сопротивление куба горной породы с длиной ребра 1 м, измеренное вдоль одной из граней куба.

Поскольку УЭС породообразующих минералов очень велико (10^8 - 10^{10} Ом·м), то электрический ток в горных породах протекает в основном по порам и трещинам, заполненным минерализованной водой. По этой причине УЭС горных пород в целом определяется их пористостью и сопротивлением влаги в порах.

Несмотря на очень широкий диапазон изменений УЭС, некоторые закономерности прослеживаются достаточно четко:

- кристаллические породы, как магматические, так и метаморфические, имеют очень высокое УЭС (от 1000 до $n \cdot 10^5$ Ом·м);
- среди осадочных пород наибольшими значениями УЭС обладают известняки, доломиты, гидрохимические породы (гипс, ангидрит, каменная соль);
- у обломочных пород УЭС уменьшается с уменьшением размера зерен (от песчаников к глинам).

Таблица 7.1

**Удельное электрическое сопротивление горных пород, руд
и минералов, по (Хмелевской, 1967)**

Минералы, горные породы	Удельное электрическое сопротивление, Ом·м									
	менее 0,1	1	10	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	108 и более
Породообразующие минералы (кварц, полевой шпат, слюды)										
Кристаллические породы										
Осадочные породы: известняки										
песчаники										
глины										
Сульфиды, самородные металлы, графит										

Слоистые породы имеют различные УЭС по слоистости и перпендикулярно к ней (рис. 7.1).

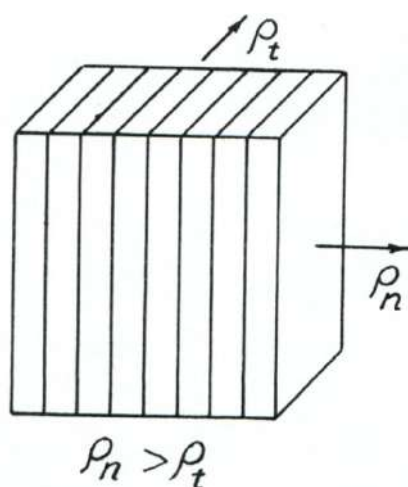


Рис. 7.1. Удельное электрическое сопротивление слоистых пород

При работах на переменном токе высокой частоты, кроме УЭС, важную роль играет ещё диэлектрическая проницаемость ϵ , которая определяется в основном содержанием воды в породе, так как именно вода имеет аномально большое значение этого параметра, а именно $\epsilon=81$ отн. ед. при $t=18^\circ\text{C}$.

Соответственно, у кристаллических пород $\epsilon=3-5$ ед, у водонасыщенных песчаников 15-35 ед., а у глин доходит до 50 ед.

Имеет значение и ещё одно свойство – способность поляризоваться под действием пропускаемого тока (рис. 7.2). Эта способность характеризуется отношением $\frac{\Delta U_{\text{вп}}}{\Delta U_{\text{пр}}}$ и измеряется в % ($\Delta U_{\text{пр}}$ – разность потенциалов пропускаемого тока; $\Delta U_{\text{вп}}$ – разность потенциалов вызванной поляризации). Повышенный коэффициент поляризуемости имеют влажные породы: $\eta=3-7\%$ и очень высокий – сульфидные минералы, графит и уголь – до $\eta=40\%$.

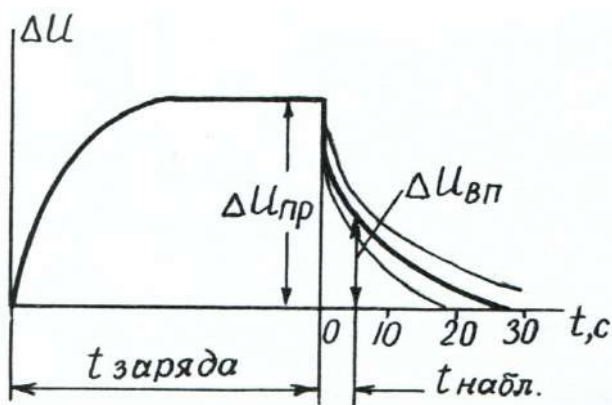


Рис. 7.2. Возникновение разности потенциала вызванной поляризации $\Delta U_{\text{вп}}$ после выключения тока в цепи питающих электродов

Аппаратура и оборудование электроразведки

Аппаратура для электрических методов разведки весьма разнообразна. Она включает приборы, способные измерять разность потенциалов и силу тока.

Кроме измерительной аппаратуры, для выполнения электроразведочных работ необходимо ещё и специальное оборудование: источники тока (генераторы или батареи), электроды для заземления токовых и измерительных цепей, провода и катушки для сматывания этих проводов и проч.

Методы электроразведки

По числу существующих методов электроразведка является рекордсменом среди всех полевых отраслей разведочной геофизики. Методы различаются по

виду применяемого тока (постоянный или переменный, переменный низкой или высокой частоты), по способу возбуждения электрического поля в горных породах, по расположению электродов при измерениях.

Рассмотреть большое количество методов в таком коротком курсе, как «Введение в специальность», просто невозможно, поэтому мы познакомимся только с несколькими наиболее распространенными методами.

Электропрофилирование

Электропрофилирование реализует тот самый способ измерения электрического сопротивления пород, который был предложен К. Шлюмберже ещё в 1910 г.

Профилирование может выполняться на постоянном токе или переменном токе низкой частоты. При этом используется 4-электродная установка (рис. 7.3). Два электрода, *A* и *B*, используются для пропускания тока, они подключаются к выводам источника тока и называются токовыми или питающими. Последовательно с электродами *A* и *B* включаются измеритель тока *I* и ключ *K*.

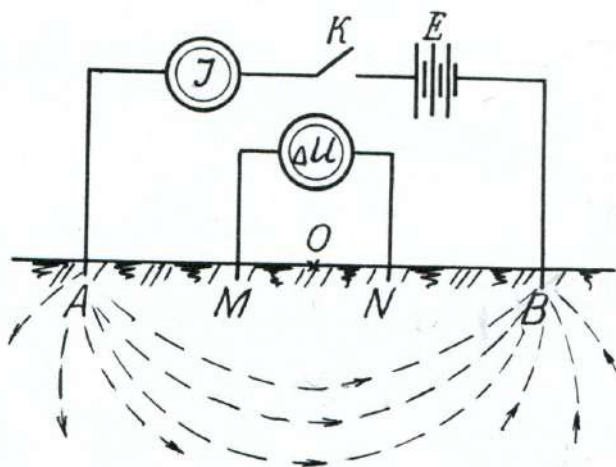


Рис. 7.3. Схема метода симметричного электропрофилирования

Ещё два электрода, *M* и *N*, заземляются между токовыми и служат для измерения разности потенциалов ΔU . Соответственно, между ними включают измерительный прибор и называют их измерительными или приёмными. По измеренным значениям тока *I* и разности потенциалов ΔU вычисляют сопротивление, Ом·м:

$$\rho = \frac{\Delta U}{I} K, \quad (7.1)$$

где *K* – это коэффициент установки, величина которого зависит от геометрии измерений, т. е. от расстояний *AB* и *MN*. Полученная величина – это не

истинное, а кажущееся сопротивление, т. е. некое осредненное сопротивление исследуемой неоднородной среды. Измеренные сопротивления ρ_k относят к точке O , то есть к середине расстояния между электродами M и N .

Всю 4-электродную установку перемещают по профилю наблюдений с определенным шагом и строят график ρ_k . Глубина исследования зависит от расстояния между электродами и составляет от $1/4$ до $1/10 AB$. В среднем глубину исследования можно принять равной $1/6 AB$.

Электропрофилирование имеет целый ряд модификаций: симметричное, комбинированное, метод срединного градиента и др. На графиках ρ_k отчетливо фиксируются выходящие под наносы кварцевые жилы и дайки кристаллических пород (по повышению ρ_k) и некоторые другие детали геологического строения.

На рис. 7.4 приведены результаты симметричного профилирования с двумя разносами разной длины питающей линии ($A'B' > AB$) на трёх упрощенных геологических примерах.

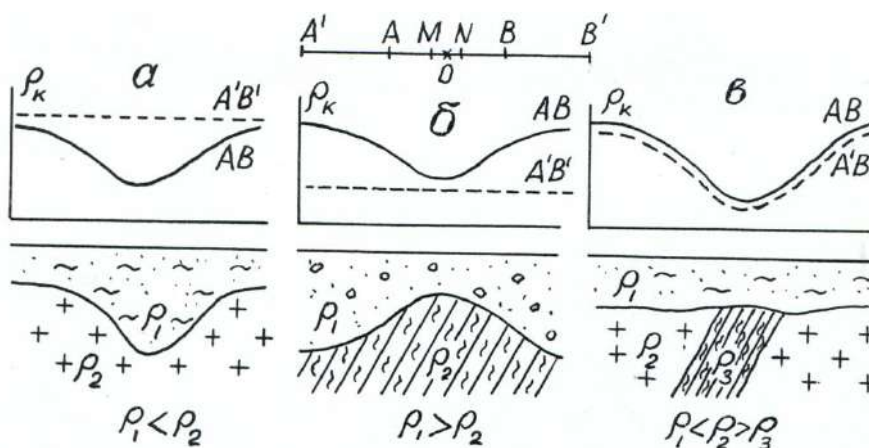


Рис. 7.4. Результаты симметричного электропрофилирования с разносами токовой линии разной длины над несколькими геологическими объектами:

а – депрессия кристаллического фундамента; *б* – выступ хорошо проводящих горных пород под наносами; *в* – обводненная тектоническая зона

Эти же результаты могут служить иллюстрацией неоднозначности интерпретации электроразведочных аномалий.

Вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ)

Метод ВЭЗ осуществляется также на постоянном токе или низкочастотном переменном токе.

Суть метода ВЭЗ заключается в том, что на каждой точке наблюдения выполняют измерения с 4-электродной установкой $AMNB$ при последовательно

увеличивающемся расстоянии между электродами A и B (рис. 7.5). Чем больше разнос AB , тем глубже проникает ток, и измеренное ρ_k характеризует УЭС все более глубоких горизонтов. На специальном билогарифмическом бланке строят график зависимости $\rho_k = f(AB/2)$. В результате интерпретации по таким графикам определяют количество слоёв разного УЭС и находят мощность и сопротивление каждого слоя. На рис. 7.6 приведены упрощенные геологические разрезы и соответствующие им кривые ВЭЗ.

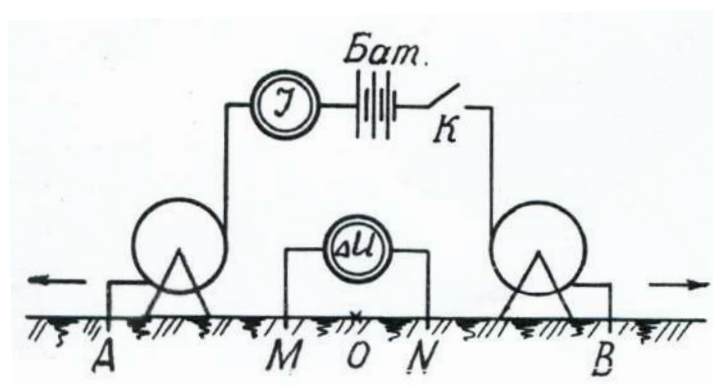


Рис. 7.5. Схема установки для вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ)

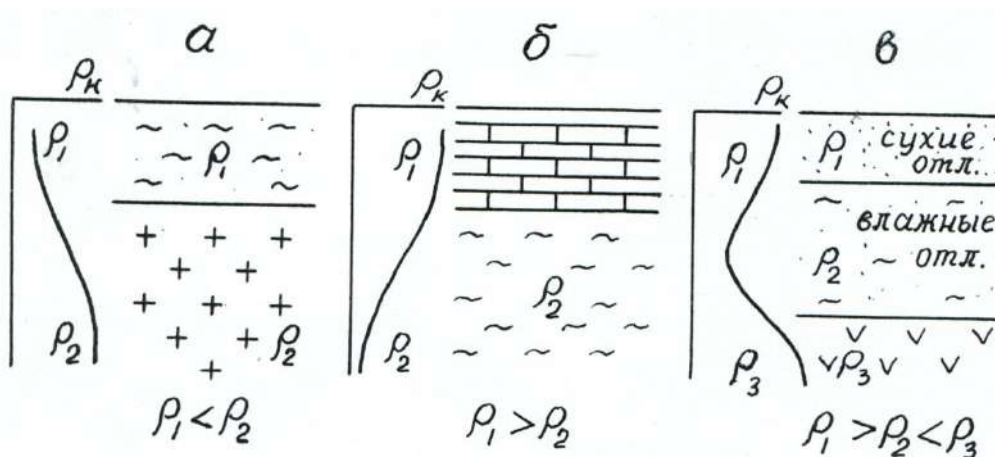


Рис. 7.6. Кривые ВЭЗ на нескольких упрощенных геологических разрезах

Метод заряженного тела (МЗТ)

Этот метод применяют при разведке хорошо проводящих рудных залежей. Используют при этом также постоянный или низкочастотной переменный ток.

Если изучаемый электропроводный объект вскрыт хотя бы в одной точке скважиной или шурфом, метод заряженного тела позволяет оценить его размеры, определить его контуры в плане и элементы залегания, выявить поблизости другие проводники. Для этого во вскрытое проводящее подсечение

помещают один токовый электрод (А), а другой (В) относят на большое расстояние, как говорят электроразведчики, в «бесконечность».

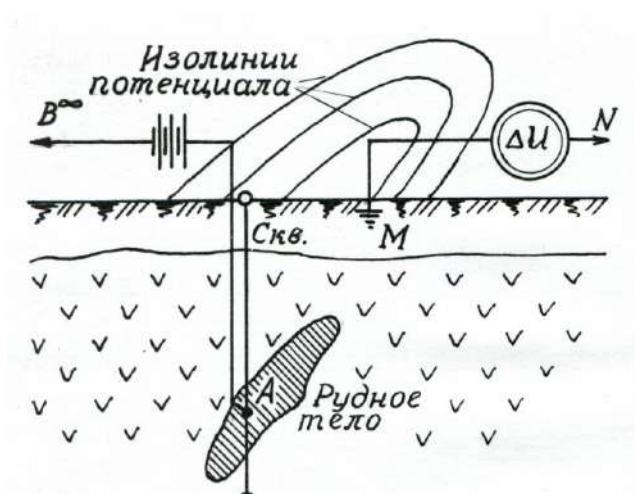


Рис. 7. 7. Схема и результаты измерений в методе «заряженного тела»

Тем или иным способом на поверхности изучают распределение потенциала заряженного тела. Строят планы изолиний, графики потенциала и градиента потенциала. Конфигурация изолиний потенциала на поверхности соответствует форме рудного тела в плане.

На рис. 7.7 показана схема измерений в МЗТ и вид изолиний потенциала над проводящим телом, вытянутым в направлении, перпендикулярном плоскости рисунка.

Метод естественного электрического поля (ЕЭП)

Метод ЕЭП основан на изучении электрических полей естественного происхождения, которые возникают в горных породах в результате окислительно-восстановительных, фильтрационных или диффузно-адсорбционных процессов.

Верхние части рудных залежей, находящиеся в зоне окисления, окисляясь, отдают электроны и заряжаются положительно, а вмещающие их породы приобретают отрицательный потенциал, который и может быть зафиксирован на поверхности, как это показано на рис. 7.8.

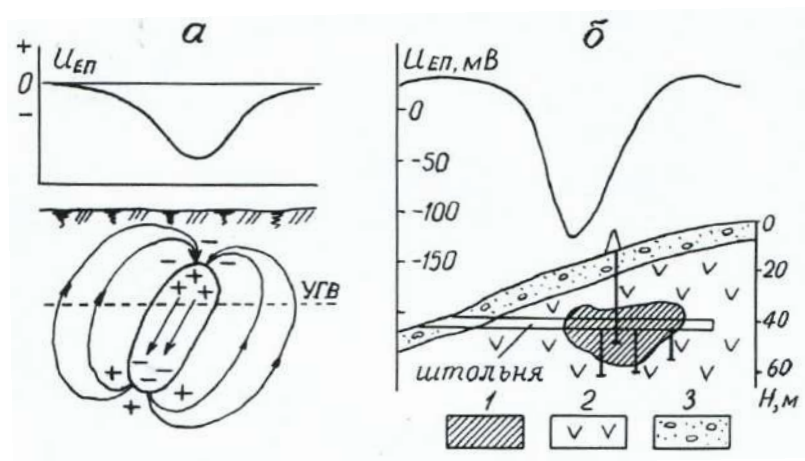


Рис. 7.8. Схема возникновения аномалии естественного поля (а) и аномалия естественного поля над линзовидной залежью медных сульфидных руд (б):
 1 – руда; 2 – коренные породы; 3 – рыхлые отложения

Метод вызванной поляризации (ВП)

Метод ВП основан на изучении потенциалов, возникающих в горных породах после пропускания через них постоянного электрического тока. Эти потенциалы можно наблюдать между измерительными электродами M и N после выключения тока в цепи AB . Интенсивность и характер спада во времени потенциалов ВП зависят от поляризуемости горных пород η_k .

У разных горных пород величина и скорость спада $\Delta U_{ВП}$ различны.

Причинами возникновения вызванной поляризации являются электрохимические процессы, происходящие на поверхности рудных и глинистых частиц в присутствии подземных вод под воздействием пропускаемого через них тока (В. К. Хмелевской).

В настоящее время метод ВП – это один из самых эффективных методов поисков и разведки рудных (в частности медноколчеданных) месторождений.

Магнитотеллурические методы (методы ТТ)

Магнитотеллурические методы заключаются в измерении переменной составляющей естественного электромагнитного поля Земли. Это поле возникает в результате воздействия на ионосферу потока заряженных частиц, идущих от Солнца. Вариации геомагнитного поля вызывают синхронные изменения магнитотеллурического поля, электрическая составляющая которого проявляется так называемыми «теллурическими токами».

Методы ТТ применяются в вариантах профилирования и зондирования.

Как известно из физики, чем выше частота тока, тем большая его часть распространяется по поверхности проводника. Короткопериодные вариации ТТ распространяются неглубоко от поверхности Земли, а вариации длительных периодов проникают на большие глубины. Измеряя эти «медленные» вариации с периодом в сотни и тысячи секунд, получают информацию о глубинном геологическом строении разреза.

Электромагнитные методы

Отличительная особенность этих методов – это возбуждение электрического поля в земле не пропусканием тока через заземления (электроды), а индуктивным способом, посредством переменного магнитного поля. Это магнитное поле создают с помощью специальных рамок (или антенн), разложенных на земле, по которым пропускают переменный ток. В случае наличия в исследуемой среде проводников, в них индуцируются

вихревые токи, которые создают своё, вторичное магнитное поле. Это поле и измеряется с помощью специальных приёмных антенн. Индуктивные методы имеют множество вариантов: дипольное электромагнитное профилирование, метод наземной незаземленной петли, метод бесконечно длинного кабеля, метод зондирования становлением поля, метод переходных процессов и др.

Более близкое знакомство с этими методами ожидает студентов на третьем и четвертом курсах при изучении дисциплин «Разведочная геофизика» и «Электроразведка».

Области применения электроразведки и решаемые ею задачи

1. Изучение рельефа кристаллического фундамента

Предпосылкой для решения этой задачи является более высокое сопротивление кристаллических пород по сравнению с перекрывающими их осадочными породами.

Глубина исследований – от 2-5 до 10-15 км.

Основной метод решения этой задачи – МТТ.

2. Поиски нефтеносных и угленосных структур

В отличие от гравиразведки, электроразведка позволяет не только выявить структуры, перспективные в отношении нефтеносности или газоносности, но и решить вопрос о том, есть ли в них нефть и газ, поскольку эти полезные ископаемые отличаются высоким электрическим сопротивлением, а подземные воды, которые могут занимать их место, – низким.

Основные методы решения этой задачи: ВЭЗ и профилирование МТТ.

Этими же методами могут быть обнаружены и угленосные структуры.

3. Поиски и разведка рудных месторождений – одна из основных задач электрической разведки.

Основание для применения электроразведки – резкое отличие руд от вмещающих пород по электрическим свойствам – УЭС и поляризуемости, а также способность к окислению и образованию естественных электрических полей.

Для решения этой задачи применяются методы от ЕЭП, метода вызванной поляризации (ВП) и электропрофилирования на поисковых этапах до МЗТ, электромагнитных методов и радиоволнового просвечивания на разведочных этапах.

4. Определение мощности рыхлых отложений и картирование горных пород под наносами

Здесь применяются в основном методы ВЭЗ и электропрофилирование.

5. Гидрогеологические и инженерно-геологические исследования

При инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях с помощью электроразведки решаются задачи: определение глубины скального основания (методы ВЭЗ и электропрофилирование – ЭП), обнаружение мест утечек из водохранилищ (методы ЕЭП и ЭП), определение скорости и направления фильтрации подземных вод (МЗТ).

6. Археологические исследования – обнаружение и картирование древних сооружений (методы ЭП, ВЭЗ и др.).

Основание для применения электроразведки – различие в УЭС остатков древних сооружений и перекрывающих их более молодых отложений.

Примером могут служить проведенные в 1972 г. археологические исследования древнего стадиона на окраине г. Тунис, где когда-то существовал знаменитый Карфаген, воевавший с Древним Римом. По результатам электропрофилирования с точностью до 1 м нанесены на карту остатки стен, фундаментов, конюшен и т. п.

Оказалось, что этот стадион вмещал не менее 130 тыс. зрителей, т. е. больше, чем современный стадион «Лужники» в Москве или «Маракана» в Рио-де-Жанейро.

Другой пример. В 70-х годах прошлого века заведующий кафедрой архитектурной физики Свердловской архитектурной академии В. М. Слукин провел электроразведочные работы на территории г. Свердловска между усадьбой купца Харитонова, в которой в то время располагался Дворец пионеров, и берегом городского пруда. Методом электропрофилирования В. М. Слукин обнаружил остатки подземного хода, который вел из дома к городскому пруду.

Контрольные вопросы

1. Какое происхождение имеют электрические поля, изучаемые в электроразведке: естественное или искусственное?
2. От каких причин зависит удельное электрическое сопротивление (УЭС) горных пород?
3. Какие ещё электрические свойства горных пород, кроме УЭС, Вам известны?
4. Перечислите известные Вам методы электрической разведки.
5. Почему при электроразведке измеряется не удельное, а кажущееся удельное сопротивление горных пород?
6. Напишите формулу закона Ома.
7. Напишите формулу для вычисления кажущегося сопротивления.

8. От каких факторов зависит глубина исследования электроразведочных методов?
9. Нарисуйте схему полевых измерений кажущегося сопротивления.
10. В каких единицах измеряется кажущееся сопротивление?
11. Перечислите геологические задачи, которые решаются с помощью электроразведки.
12. В каких случаях электроразведка более эффективна: при поисках рудных или нефтяных месторождений?

Лекция 8

СЕЙСМОРАЗВЕДКА

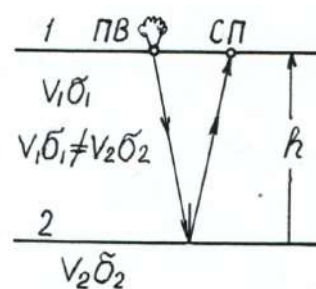
Сейсморазведка основана на изучении распространения в земной коре упругих волн от искусственных источников.

Идея сейсморазведки проста. Если на поверхности земли возбудить упругие колебания, то они, распространяясь в глубь земли, будут испытывать отражение и преломление на границах слоёв с различными упругими свойствами. При этом отраженные колебания (рис. 8.1) вернутся к поверхности и могут быть уловлены чувствительными датчиками. Измерив интервал времени Δt между началом излучения и приходом отраженных колебаний и зная скорость распространения упругих волн V , нетрудно рассчитать расстояние h до отражающей границы:

$$—.$$
 (8.1)

Рис. 8.1. Схема, поясняющая идею сейсморазведки:

1 – дневная поверхность; 2 – отражающая граница; ПВ – пункт возбуждения упругих колебаний; СП – сейсмоприемник, регистрирующий отражение волны



Упругие волны в горных породах

К упругим телам относят физические тела, способные изменять свой объём или форму под действием приложенных сил и возвращаться в исходное состояние после прекращения действия этих сил. В пределах небольших нагрузок все горные породы, геологические тела и Землю в целом можно считать упругими. Как известно, в упругих телах могут независимо распространяться две волны: продольная P и поперечная S (рис. 8.2). Продольная волна – это волна, проявляющаяся в деформации объема, а поперечная – в деформации формы. В жидкостях и газах могут распространяться только продольные волны; поперечные в них не возникают. В продольной волне частицы среды движутся в направлении распространения волны, а в поперечной – перпендикулярно к нему.

Скорость тех и других волн зависит от упругих свойств среды и от её плотности.

Скорость продольных волн

$$\frac{V_1}{V_2}$$

(8.2)

скорость поперечных волн

$$\frac{2\mu}{\sigma(1+\mu)}$$

(8.3)

где E – модуль продольного растяжения (модуль Юнга); μ – модуль поперечного сжатия (он же коэффициент Пуассона); σ – плотность.

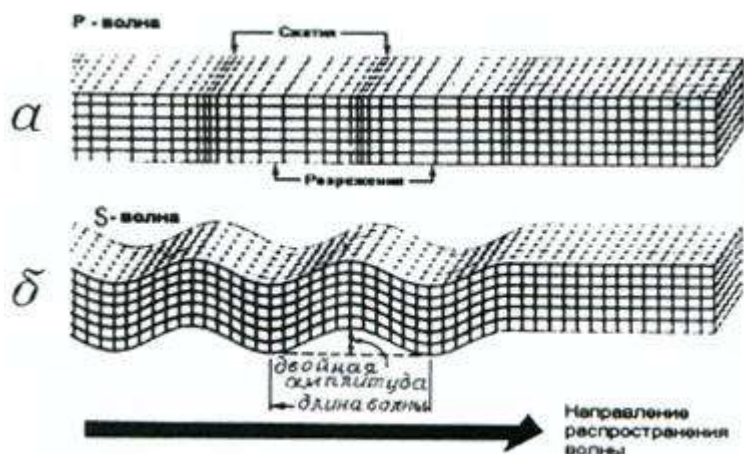


Рис. 8.2. Продольные (а) поперечные волны (б)

Продольные волны распространяются быстрее поперечных; в горных породах $V_P \approx 1,73V_S$.

У горных пород и модуль Юнга, и коэффициент Пуассона зависят от их минерального состава, структурных особенностей (в первую очередь, от пористости) и от давления, под которым эти породы находятся.

Наименьшие скорости упругих волн наблюдаются в рыхлых и слабосцементированных горных породах (от 0,1 до 2 км/с), высокие скорости – в кристаллических породах как магматических, так и метаморфических (4,5-6,5 км/с), и в плотных, окремнелых известняках (до 7,1 км/с). Более подробно значения скорости продольных волн приведены в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Скорость распространения продольных упругих волн в различных средах

Среда, горная порода	V_P , км/с	
	от	до
Воздух	0,3	0,33
Вода	1,43	1,59
Почва	0,3	0,8
Песок, гравий	0,3	1,0
Глина	2	3,3
Песчаник	3	5,7
Известняк	2,6	7,1
Каменная соль	4,2	4,8
Кристаллические породы	4,5	6,5

Важным акустическим свойством горных пород является их акустическая жесткость $\gamma = V\sigma$, которую называют также волновым сопротивлением.

Распространение упругих волн горных породах подчиняется законом **геометрической сейсмики**, в основу которых положены те же принципы, что и в основу геометрической оптики.

1. Главный принцип называется принципом Гюйгенса-Френеля. Он гласит, что всякую точку фронта волны можно рассматривать как самостоятельный элементарный источник колебаний.

Распространение упругих волн принято изображать и характеризовать с помощью **лучей** и **изохрон**.

Поверхность, отделяющую часть среды, где происходят колебания, от той части, до которой они ещё не дошли, называется **фронтом волны**.

В процессе распространения волн фронт движется. Поверхность, с которой фронт волны совпадает в определенный момент времени, называется **изохроной**.

Лучи, по которым распространяются волны, перпендикулярны изохронам.

2. В однородной среде лучи прямолинейны, в неоднородной – криволинейны. Распространение волн в неоднородной среде подчиняется принципу Ферма, согласно которому путь волны должен быть таким, чтобы время на его прохождение было минимальным.

3. Принцип наложения (суперпозиции) волн: в одной среде могут распространяться две и более волн одновременно, причём каждая движется так, как будто других не существует. За распространением волн наблюдают на поверхности, расположив сейсмоприёмники вдоль *профиля* наблюдений и определяя время прихода упругих волн к определенным точкам профиля. По результатам строят график зависимости времени прихода упругой волны от расстояния $t = f(x)$, который называется **годографом**.

Угол наклона годографа дает скорость распространения упругой волны:

$$\text{—}. \quad (8.4)$$

На рис. 8.3 показан годограф прямой волны.

Годографы по всем профилям, проходящим через точку возбуждения колебаний, одинаковы и вместе образуют конус с вершиной в точке возбуждения – **поверхностный годограф прямой волны**.

4. На границе раздела двух сред, обладающих разной акустической жесткостью, происходит отражение и преломление упругих волн.

При этом угол падения равен углу отражения (), а угол преломления определяется законом Снеллиуса:

$$\text{—} \quad \text{—}, \quad (8.5)$$

где V_1 и V_2 – скорости в первой и второй средах.

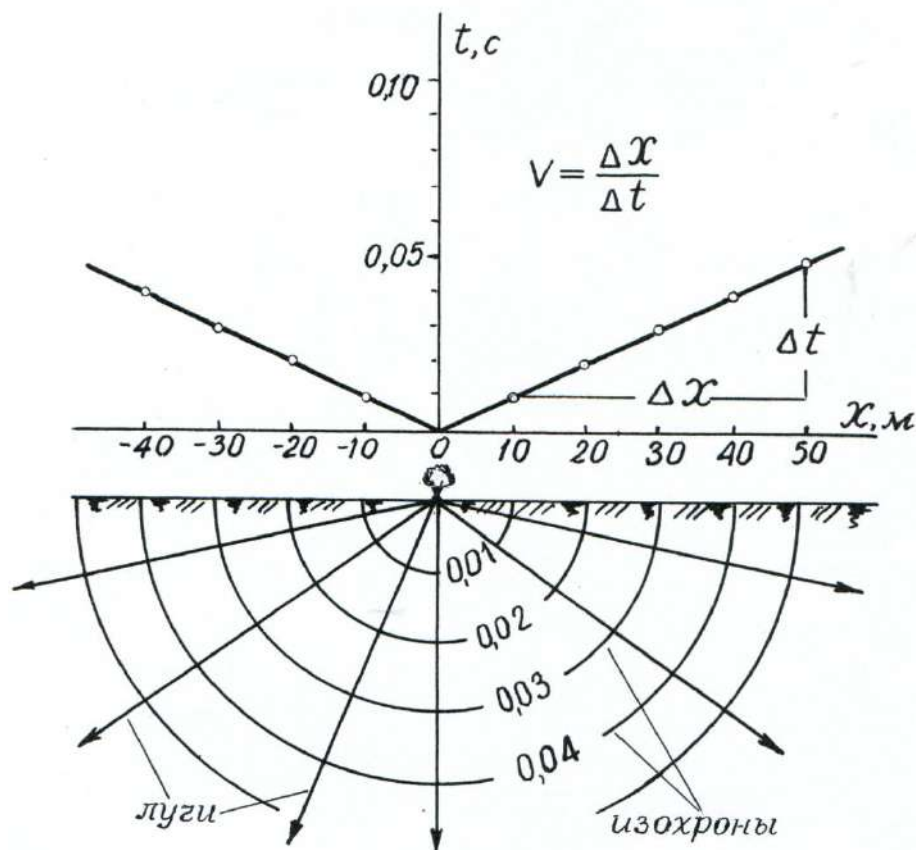


Рис. 8.3. Годограф прямой волны по профилю, проходящему через пункт возбуждения

В случае, когда $V_2 > V_1$ при некотором угле падения $\alpha_1 = i$, угол преломления становится $\alpha_2 = 90^\circ$ и волна превращается в скользющую, распространяющуюся вдоль границы раздела со скоростью V_2 – происходит **явление полного внутреннего отражения**.

Энергия скользщей волны почти не поступает во вторую среду, большая её часть возвращается в верхнюю среду в виде **преломленных волн**, таким образом, при $\alpha_1 \geq i$, где —, упругие волны не преломляются во вторую (нижнюю) среду, а только отражаются от неё (рис. 8.4).

В результате, когда на некоторой глубине от поверхности имеется граница раздела, к точке наблюдения на поверхности будут приходить прямые, отраженные и преломленные волны продольного и поперечного типов.

В случае плоской горизонтальной границы раздела годограф отраженной волны имеет вид **гиперболы**. Асимптотами гиперболы являются линии годографа прямой волны.

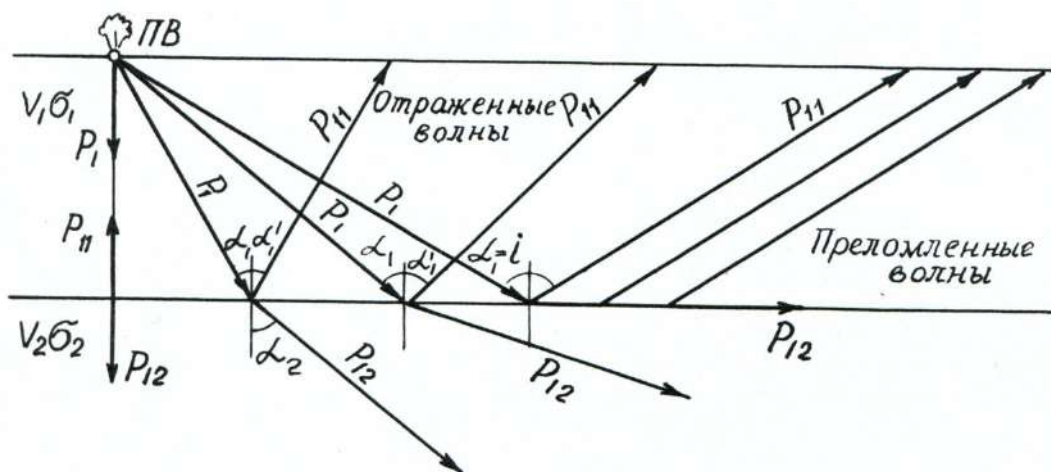


Рис. 8.4. Образование отраженных и преломленных волн (показаны только продольные волны)

В случае наклонной плоской границы раздела форма годографа отраженных волн не изменяется, но минимум гиперболы смещается в направлении восстания границы раздела на величину x_0 . Величина этого смещения зависит от глубины по нормали до границы раздела h и угла наклона границы φ :

$$x_0 = 2h \sin \varphi. \quad (8.6)$$

Годограф отраженной волны для случая плоской наклонной границы представлен на рис. 8.5.

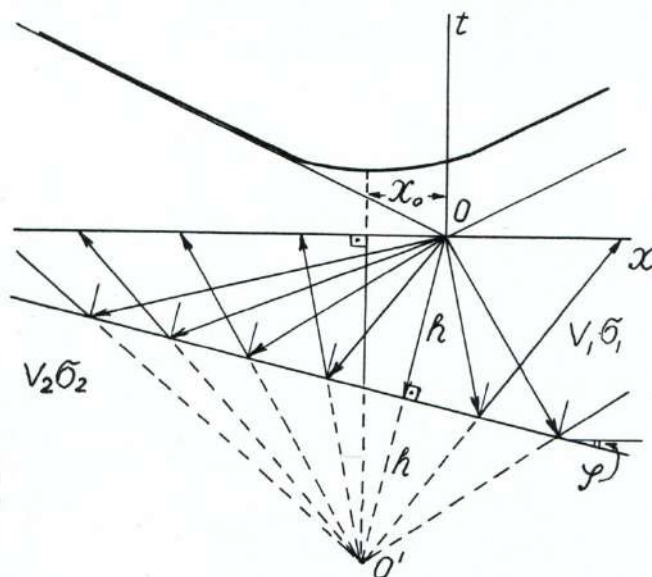


Рис. 8.5. Годографы прямой и отраженной волн в случае плоской наклонной границы

Годограф преломленных волн от плоской границы имеет вид прямой линии, так как все преломленные лучи выходят к поверхности под одинаковым углом (см. рис. 8.4).

Если в среде имеется не одна, а несколько границ раздела, от каждой из них могут быть получены свои годографы.

Характер годографов отраженных и преломленных волн подробно рассматривается в теории сейсморазведки (Бондарев, 2008).

В качестве источников упругих волн в сейсморазведке используются взрывы, мощные механизмы ударного воздействия или вибраторы.

Из истории сейсморазведки

Сейсморазведка развилась из сейсмологии – науки о землетрясениях.

О землетрясениях люди знали очень давно и давно начали их изучать. До тех пор, пока люди знали о землетрясениях, свидетелями которых были они сами, землетрясения считались довольно редким явлением природы (Иванов, 1971). Но когда были созданы приборы, реагирующие даже на слабые толчки, оказалось, что Земля вздрагивает почти непрерывно.

Самый древний сейсмоскоп – прибор для регистрации землетрясений – был создан китайским ученым-энциклопедистом, Чжан Хеном в 132 г. н. э. Общий вид прибора, восстановленный по древним рукописям, представлен на рис. 8.6, *а*. Прибор состоял из полого сферического колпака диаметром 90 см. На внешней поверхности колпака равномерно располагались 8 голов драконов, в зубах каждой из которых находился металлический шарик. Против каждой головы была укреплена лягушка с открытым ртом. Внутри колпака размещался тяжелый заостренный стержень, он опирался на 8 рычажков, идущих к головам драконов внутри колпака.

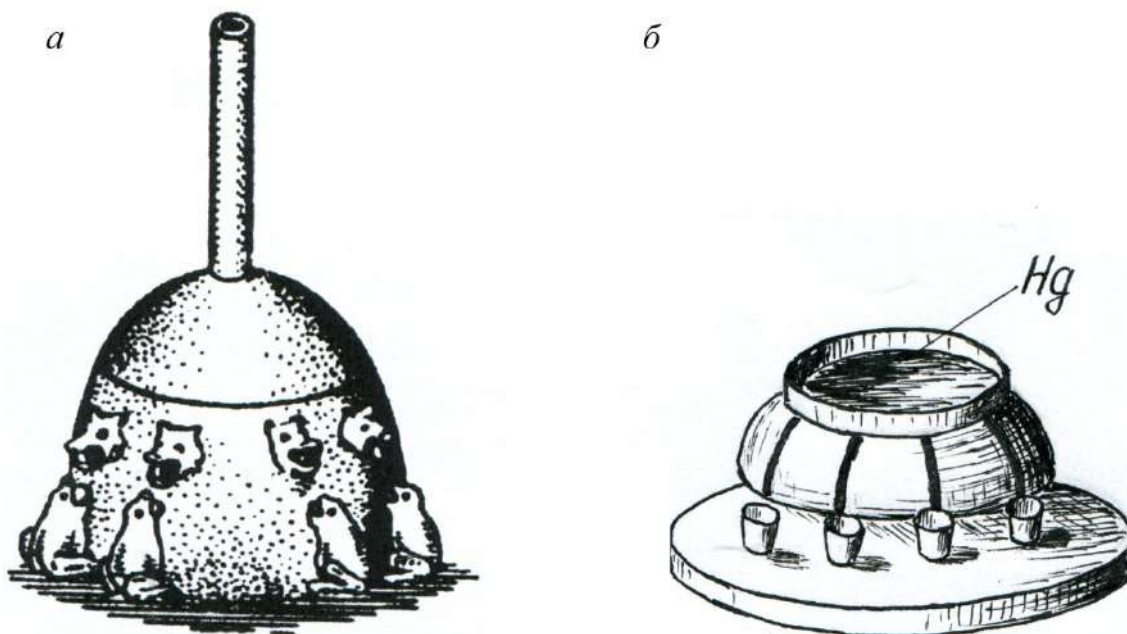


Рис. 8.6. Сейсмоскопы Чжан-Хена (*а*) и де Отфея (*б*)

При сейсмическом толчке стержень начинал падать и при этом давил на один из рычажков и из рта соответствующего дракона вываливался шарик и падал в разинутую пасть лягушки.

Другой сейсмоскоп был разработан французом де Отфеем в 1732 г. Он представлял собой деревянную тарелку диаметром около 25 см, наполненную ртутью (рис. 8.6, б). По окружности тарелки на уровне поверхности ртути были нарезаны 8 желобков, ниже каждого из них установлена чашка для сбора ртути. При поступлении сейсмического толчка часть ртути из тарелки выплескивалась по желобку в одну из чашек. По тому, в какую чашку попала ртуть, можно было судить о направлении толчка, а по количеству её – о его силе.

Несколько позднее были предложены сейсмографы с инертной массой. На рис. 8.7 представлен такой сейсмограф для регистрации вертикальных толчков. На кронштейне массивного корпуса подвешена инертная масса 2 на пружине 3. При поступлении вертикального толчка корпус 1 смещается вертикально вверх, а инертная масса 2 – соответственно вниз. Перо 4 оставляет след на закопченном барабане 5, медленно вращающемся с постоянной скоростью.

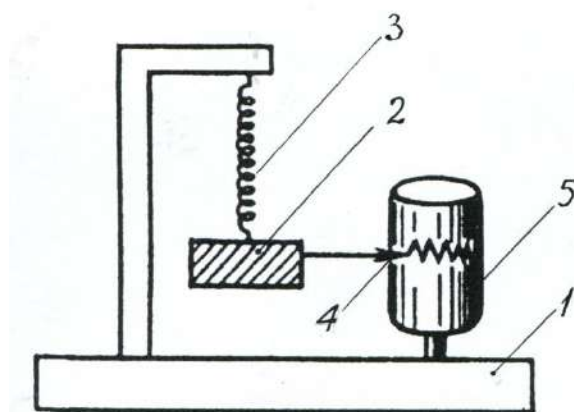


Рис. 8.7. Сейсмограф для регистрации вертикальных толчков:
1 – корпус; 2 – инертная масса; 3 – пружина; 4 – перо; 5 – закопченный барабан, медленно вращающийся с постоянной скоростью

Существуют также сейсмографы для регистрации горизонтальных толчков. Как правило, они также содержат инертную массу (груз), но подвешенную с возможностью перемещения относительно корпуса в горизонтальном направлении.

Описанные приборы неудобны для измерений в полевых условиях и по этой причине устанавливаются обычно на обсерваториях.

В 1849 г. ирландский инженер Малле провел полевые исследования по измерению скорости упругих волн, возбужденных взрывами пороховых

зарядов, в горных породах. Он первый отметил, что скорости упругих волн неодинаковы в различных горных породах.

Английский инженер Милн в 1881 г. ввел фотозапись для регистрации сейсмических сигналов.

Огромное влияние на развитие сейсмологии, теории сейсморазведки и практики построения сейсморазведочной аппаратуры оказали труды академика Б. Б. Голицына (1862-1915), который в 1911 г. был избран председателем Международной ассоциации сейсмологов.

Голицын разработал принципиально новую аппаратуру, позволяющую преобразовать механические колебания в колебания электрического тока и регистрировать эти сигналы на фотопленке с помощью зеркального гальванометра. Им была основана сеть сейсмических станций (обсерваторий) в России.

В своих «Лекциях по сейсмометрии» Голицын писал: «Можно уподобить всякое землетрясение фонарю, который зажигается на короткое время и освещает внутренность Земли, позволяя рассмотреть, что там происходит».

В 1917 г. немецкий геофизик Л. Минтроп предложил способ сейсморазведки, который теперь называется методом первых вступлений (А. Г. Иванов), а теорию этого метода в 1925-1926 гг. опубликовали независимо друг от друга академик П. П. Лазарев (1878-1942) и профессор А. И. Заборовский (1893-1968).

В 1922-1923 гг. инженер Воюцкий В. С. (1893-1968) разработал новый метод сейсморазведки – метод отраженных волн (МОВ), который применяется и поныне.

Огромный вклад в развитие сейсморазведки внёс академик Г. А. Гамбурцев (1903-1955). Он соединил достижения «большой» геофизики в области сейсмологии с прикладной разведочной геофизикой. Под его руководством был разработан и внедрен в производство корреляционный метод преломленных волн (КМПВ).

В 1960-х гг. профессор Свердловского горного института В. И. Бондарев (род. 1935) разработал и внедрил в практику сейсмический метод определения физико-механических свойств нескальных грунтов для решения инженерно-геологических задач.

Сейсморазведочная аппаратура

Основное назначение сейсморазведочной аппаратуры – измерить время прихода упругой волны к сейсмоприемнику. Для этого сейсмоприемник улавливает незначительное колебание почвы под действием упругой волны и

преобразует их в электрический сигнал. Сигнал по проводам передается в сейсмостанцию, где усиливается и регистрируется.

Совокупность сейсмоприемника, усилителя и регистратора образует **сейсмический канал**. Таких каналов в современных сейсморазведочных станциях обычно от 24 до 72.

Сейсмоприемники по принципу действия бывают электромагнитные, электродинамические, пьезоэлектрические. Устройство сейсмоприемника электродинамического типа показано на рис. 8.8. Внутри корпуса 1 сейсмоприемника находятся жестко скрепленный с ним сильный постоянный магнит 2. На магнит свободно надета катушка 3, с большим количеством витков тонкого медного провода. Катушка подвешена к корпусу на спиральных пружинках 4 и снабжена электрическими выводами 5.

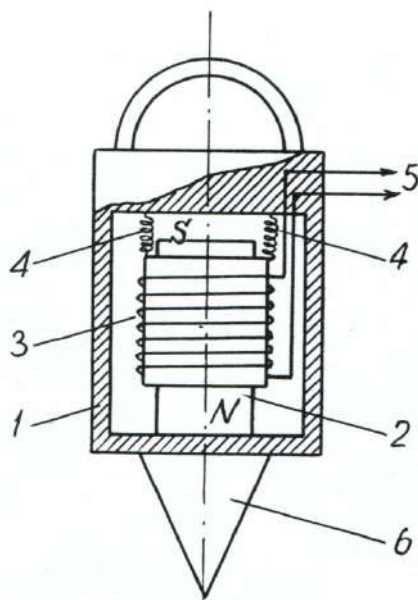


Рис. 8.8. Устройство сейсмоприемника электродинамического типа:
1 – корпус; 2 – постоянный магнит; 3 – катушка; 4 – спиральные пружинки;
5 – электрические выводы от катушки; 6 – заостренный наконечник

Перед началом измерений заостренный наконечник корпуса 6 утапливается в почву. Когда упругие колебания достигают сейсмоприемника, его корпус вместе с постоянным магнитом перемещается относительно катушки 3, и в катушке индуцируется э. д. с. Поскольку смещения почвы невелики – микроны, то и сигнал в катушке мал – мкВ – и нуждается в усилении. **Усилитель** сейсмического канала усиливает сигнал в 10-100 тысяч раз. Кроме того, усилитель выполняет роль фильтра, усиливая нужные колебания и подавляя ненужные. Усилитель снабжен системой автоматической

регулировки усиления (АРУ), чтобы сигналы, прошедшие от разных границ, на выходе усилителя имели приблизительно одинаковые амплитуды.

Для регистрации сигналов использовался набор зеркальных гальванометров, каждый из которых записывал свой сигнал на отдельной дорожке фотобумаги, протягивающейся с постоянной скоростью 30-40 см/с. С помощью специального реле на фотобумагу наносятся метки времени через каждую 0,1 с; фиксируется также момент взрыва как начало отсчета времени.

Пример фотозаписи сейсмограмм приведен на рис. 8.9.

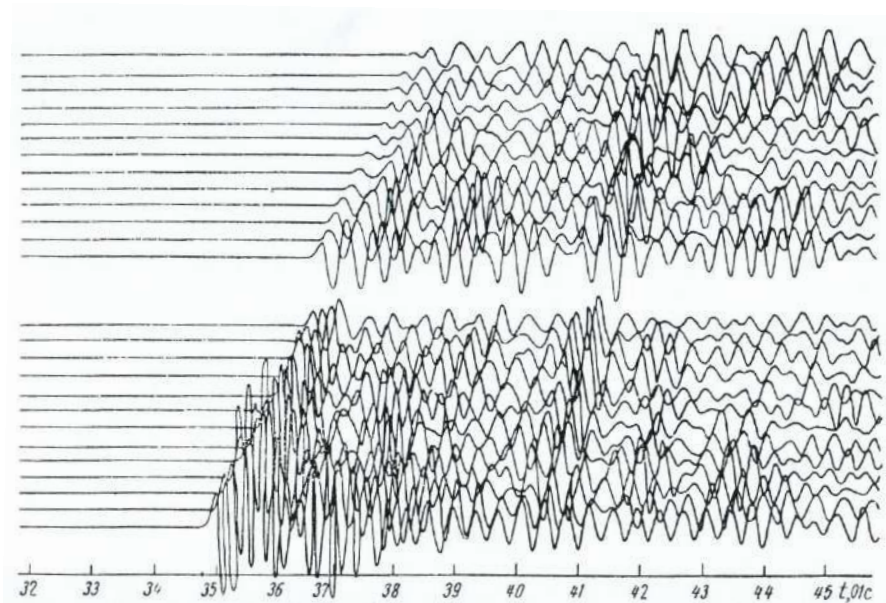


Рис. 8.9. Общий вид сейсмограммы 26-канальной сейсмостанции

В современных сейсмостанциях усиленные сигналы записываются на магнитных носителях и обрабатываются с помощью ЭВМ.

Методы сейсморазведки

К основным методам сейсморазведки относятся методы отраженных волн (МОВ), метод преломленных волн (МПВ) и глубинные сейсмические зондирования (ГСЗ).

Метод отраженных волн

Этот метод основан на регистрации упругих волн, отраженных от границ геологических сред, обладающих различной акустической жесткостью ($\gamma = V\sigma$).

Схема измерений многоканальной сейсмостанцией по методу отраженных волн представлена на рис. 8.10.

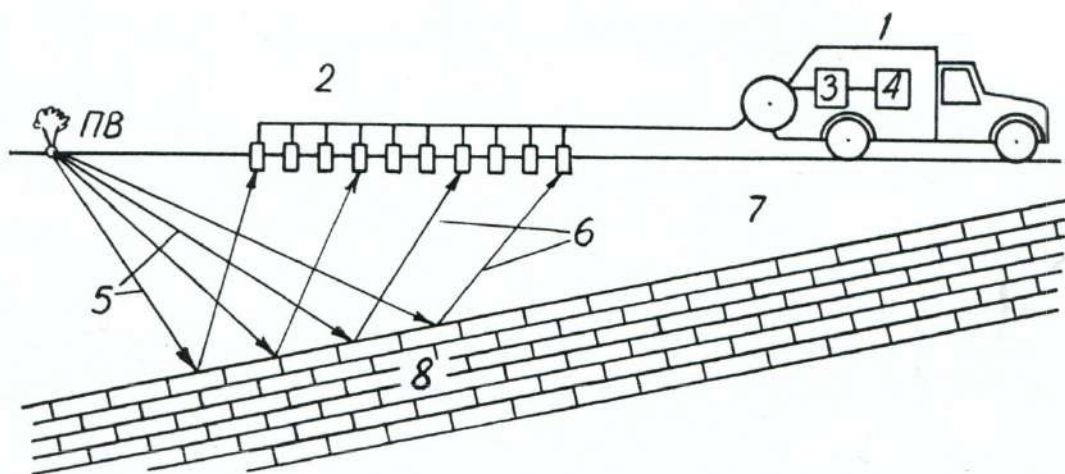


Рис. 8.10. Схемы проведения сейсморазведки МОВ (по В. К. Хмелевскому):

1 – сейсмостанция; 2 – сейсμοприемники; 3 – усилители; 4 – регистратор; 5 – лучи прямой волны; 6 – лучи отраженной волны; 7 – пески; 8 – известняки

Отраженные волны приходят к точкам наблюдений всегда после прямых и преломленных волн, поэтому их труднее выделить на сейсмограммах. По этой причине МОВ применяют для изучения глубин, начиная со 100 м и более. Волны, отраженные от более близких к поверхности границ приходят на фоне интенсивных поверхностных волн прямой волны и преломленных волн от неглубоких границ. Наиболее отчетливо проявляются отраженные волны вблизи от пункта возбуждения (ПВ), в зоне, где отсутствуют преломленные волны.

Построение лучей отраженных волн удобно проводить после того, как построено местоположение мнимого пункта возбуждения ПВ, располагающегося в точке отражения ПВ в плоскости границы раздела – в т. О' (см. рис. 8.5). Сейсμοприемники в МОВ обычно устанавливают по обе стороны от пункта возбуждения. Метод позволяет регистрировать одновременно до 10-15 отражающих границ на глубине до 5-7 км.

Метод преломленных волн (МПВ)

Метод МПВ появился исторически ранее в модификации первых вступлений, поскольку на сейсмограммах они видны отчетливее других и их легче выделить. На некотором расстоянии от ПВ преломления волны приходят раньше, чем прямые, поскольку распространяются с более высокой скоростью. По этой причине для регистрации преломленных волн сейсμοприемники устанавливают на некотором расстоянии x от пункта возбуждения.

В случае наклонной границы раздела ветвь годографа преломленных волн со стороны восстания границы раздела направлена гораздо более полого, чем стороны погружения её.

Развитие метода преломленных волн привело к созданию **корреляционного метода преломленных волн** (академик Г. А. Гамбурцев). В методе КМПВ используются не только первые, но и последующие вступления. Этим методом можно выделять до пяти и более преломляющих горизонтов на глубине от нескольких метров до 10 км и более.

По годографам преломленных волн определяют скорость волн в преломляющем горизонте, а это позволяет судить о его составе.

Глубинные сейсмические зондирования (ГСЗ) применяют для изучения строения литосферы на глубине от 10 до нескольких десятков километров. Упругие колебания при этом возбуждают источником большой мощности. Обычно это взрыв заряда массой около 1 т в глубоком естественном водоеме. Регистрируют преломленные волны на расстояниях от 50 до 300 км от пункта взрыва.

Области применения сейсморазведки и решаемые ею задачи

1. Исследование глубинного строения Земли началось на рубеже XIX и XX столетий в ходе наблюдений за распространением упругих волн естественных землетрясений. Именно по данным сейсмических наблюдений были установлены глубины разделов между всеми концентрическими оболочками Земли.

В 1906 г. Р. Д. Олдгем, изучая распространение продольных, поперечных и поверхностных волн, пришёл к выводу о том, что Земля имеет большое и четко выраженное центральное ядро.

В 1909 г. Андрей Мохоровичич, работая на сейсмологической обсерватории, обнаружил чёткую границу между земной корой и нижележащей оболочкой. Эта граница была названа по его имени – границей Мохо.

Также по сейсмическим данным были обнаружены астеносфера и граница Конрада (между гранитным и базальтовым слоями земной коры).

Исследование глубинного строения земной коры производится по данным методов отраженных и преломленных волн, а также ГСЗ. Было установлено, что граница Конрада фиксируется не везде, а «отбивается» лишь эпизодически. Хорошо отмечается граница отложений осадочного чехла и кристаллического фундамента. Хорошо выделяются зоны глубинных разломов.

По смещению отражающих площадок по разные стороны от разломов делают выводы о вертикальных перемещениях соседних блоков коры.

Поиски нефтегазоносных структур – главная задача сейсморазведки. На первых этапах региональных сейсмических работ изучают поверхность кристаллического фундамента, поскольку многие структуры в осадочном чехле бывают унаследованными.

Для решения этой задачи применяют методы МОВ и КМПВ.

Результаты структурной сейсморазведки представляют в виде временных разрезов. На горизонтальной оси откладываются расстояния или пикеты наблюдения, по вертикальной (ось глубины) – время прихода определенной упругой волны к каждому пункту. На временных разрезах четко фиксируются все отражающие границы и отрисовываются глубинные геологические структуры.

Так, например, на временном сейсмическом разрезе, представленном на рис. 8.11, четко выделяются два соляных купола и прогиб между ними. Сейсмический профиль пройден по акватории Северного моря. Аналогично ведутся поиски угленосных структур.

Решение задач инженерной геологии – определение глубины расположения скальных пород, изучение физико-механических свойств нескальных грунтов – имеет важное значение при проектировании и строительстве крупных гидротехнических сооружений, заводов и атомных электростанций. Как уже отмечалось, одним из пионеров применения сейсморазведки с целью решения инженерно-геологических задач является профессор В. И. Бондарев. Под его руководством выполнялись такие работы на площадках строительства Чернобыльской и Ереванской АЭС, АЭС в Северной Корее, КамАЗа и др. объектов.

Сейсмическое районирование территорий позволяет предусмотреть и предотвратить негативные последствия землетрясений.

На памяти ныне живущего поколения наших соотечественников разрушительные землетрясения в Ашхабаде (1946) и Ташкенте (1966), а также в Армении (1986). Работы по сейсмическому районированию на Урале проводились Институтом геофизики УрО РАН (д.г.-м.н. Халевин Н. И.) и Комитетом по природным ресурсам (д.г.-м.н. Кашубин С. Н.). Были собраны данные инструментальных наблюдений, устные и письменные свидетельства за последние 100 лет. Как удалось установить, большая часть уральских землетрясений имеет техногенный характер, некоторые связаны с ударами метеоритов, но около 40 % – это землетрясения, обусловленные подвижками крупных блоков земной коры. Наиболее сильное из этих землетрясений – Билимбаевское (1914).

И хотя в Уральском регионе не приходится ожидать землетрясения более 6 баллов, сейсмоопасность здесь очень велика из-за наличия большого количества крупных инженерных сооружений и вредных производств. Составлена карта сейсмоопасных зон от ЮУБРа до СУБРа.

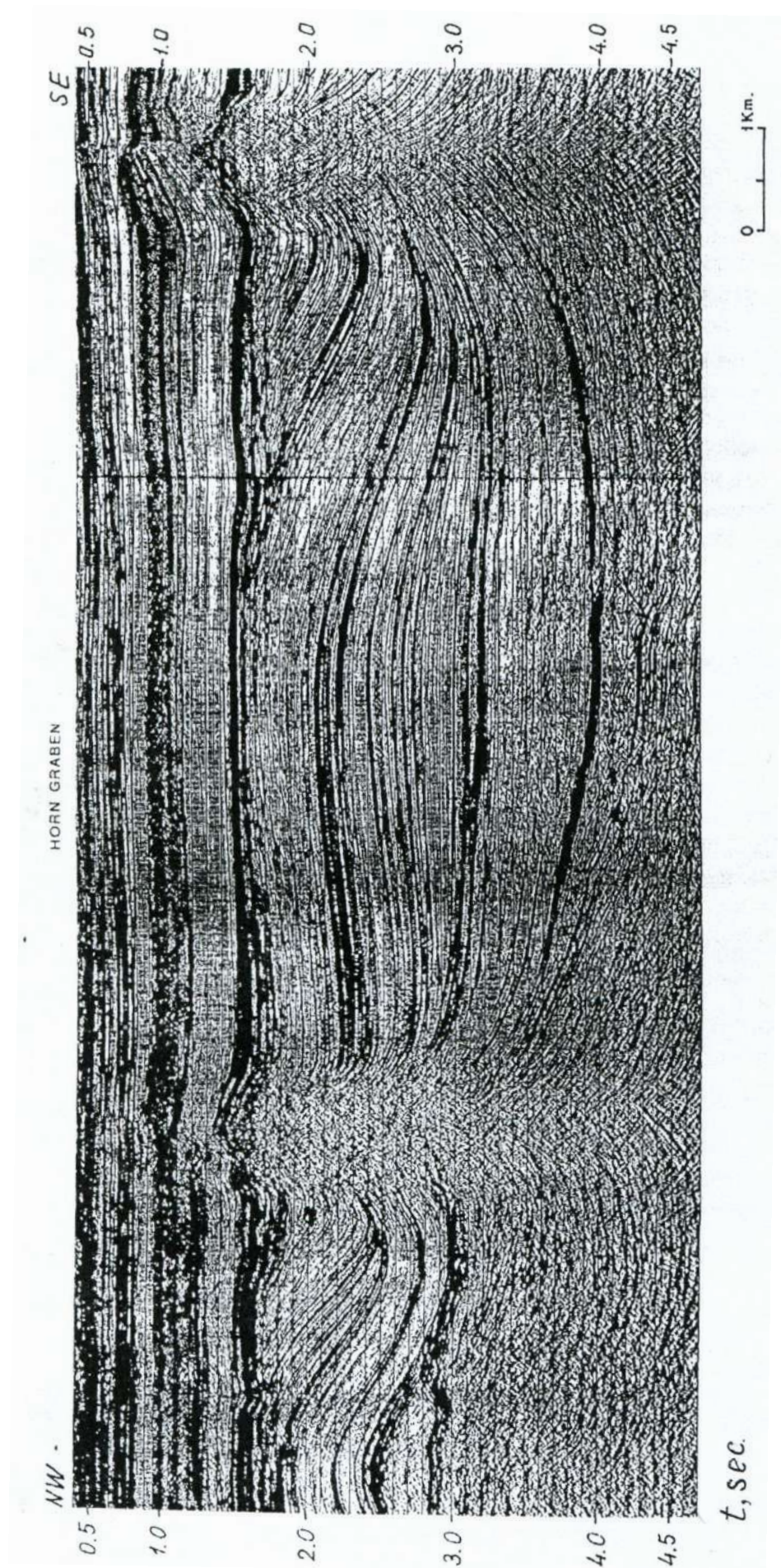


Рис. 8.11. Отображение двух солевых куполов и прогиба между ними на временном разрезе по одному из сейсмических профилей в Северном море (Бондарев, 2003)

Контрольные вопросы

1. Назовите основные типы упругих волн в горных породах.
2. От чего зависит скорость распространения упругих волн?
3. Назовите основные законы геометрической сейсмологии.
4. При каких условиях происходит полное внутреннее отражение упругих волн?
5. Какие волны приходят к сейсмоприемнику раньше: прямые или отраженные? Отраженные или преломленные?
6. Какую форму имеет годограф прямых волн?
7. Какую форму имеет годограф отраженных волн?
8. Что называется годографом?
9. Какие горные породы обладают наиболее высокими скоростями упругих волн? Какие наиболее низкими?
10. Какие устройства входят в состав сейсмического канала?
11. Как устроены сейсмоприемники?
12. Какие регистрирующие устройства применяются в сейсморазведке?
13. Какие способы применяются в сейсморазведке для возбуждения упругих волн?
14. Назовите известные Вам сейсморазведочные методы.
15. Перечислите геологические задачи, решаемые сейсморазведкой.
16. Что представляет собой временной сейсмический разрез?

Лекция 9

ЯДЕРНЫЕ МЕТОДЫ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ядерные методы основаны на измерении радиоактивных излучений, образующихся при естественных или искусственно вызванных ядерных превращениях.

Краткие сведения о радиоактивности и радиоактивных излучениях

Радиоактивность – это способность атомных ядер некоторых элементов самопроизвольно превращаться в ядра других элементов с испусканием заряженных частиц и электромагнитного излучения. При радиоактивных превращениях происходит переход ядер в более устойчивое энергетическое состояние. Избыток энергии излучается в виде α и β частиц, протонов и γ -квантов.

Радиоактивный распад ядер происходит по экспоненциальному закону:

$$(9.1)$$

где N_0 – исходное количество радиоактивного вещества;

N – количество радиоактивного вещества через время t после начала распада;

λ – постоянная распада, связанная с периодом полураспада соотношением:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \quad (9.2)$$

где $T_{1/2}$ – период полураспада вещества, т. е. время, за которое распадается половина имеющегося радиоактивного вещества.

Каждое из радиоактивных веществ имеет свой период полураспада, например: U^{238} – $4,5 \cdot 10^9$ лет, Ra^{226} – 1590 лет, Rn – 3,825 дня.

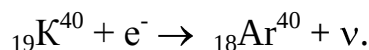
Уран U^{238} , актиноуран U^{235} и торий Th^{232} , распаваясь, образуют длинные цепочки или ряды дочерних радиоактивных элементов, которые заканчиваются нерадиоактивным свинцом.

В результате распада калия-40 образуются стабильные элементы аргон и кальций.

88 % ядер K^{40} испытывают β -распад: ${}_{19}K^{40} \rightarrow e^- + {}_{20}Ca^{40} + \gamma$.

При β -распаде атомный вес элемента практически не изменяется, а атомный номер увеличивается на единицу. Соответственно, вновь образовавшийся элемент смещается в таблице Менделеева на 1 клетку вправо.

Остальные 12 % K^{40} испытывают электронный захват: ядро захватывает электрон с ближайшей к ядру К-орбиты, в результате чего один из протонов ядра превращается в нейтрон:



β -частицы – это электроны, имеющие единичный отрицательный заряд, а масса их в 1848 раз меньше массы нейтрона (или протона). Причина β -распада – это превращение нейтрона в протон. Энергия β -частиц может быть любой, а максимальная скорость их близка к скорости света (). Проникающая способность β -частиц в воздухе – несколько десятков сантиметров, в горных породах – несколько миллиметров.

α -частицы представляют собой ядра атомов гелия. Их масса – 4 а.е., заряд +2, скорость α -частиц в воздухе . Проникающая способность – ничтожно мала. От них можно защититься листом бумаги.

Новый элемент, образовавшийся в результате α -распада, смещается в таблице Менделеева на 2 клетки влево относительно материнского.

γ -излучение – это электромагнитное излучение, которое имеет высокую частоту и малую длину волны, $\lambda \leq 0,1$ нм. Скорость распространения в воздухе . Энергия γ -квантов зависит от их частоты ν :

(9.3)

где h – постоянная Планка, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

γ -излучение сопровождает β - или α -распад и испускается не непрерывно, а отдельными «порциями» – квантами и потому проявляет и волновые и корпускулярные свойства.

γ -излучение имеет большую проникающую способность – в горных породах оно может проникать на глубину 40-60 см. По этой причине γ -излучение находит широкое применение в геофизических исследованиях.

Поглощение γ -излучения в веществе описывается формулой:

(9.4)

где I_0 – мощность источника излучения;

I – интенсивность после прохождения через слой вещества толщиной d ;

μ – коэффициент поглощения, 1/м, он зависит от плотности и атомного номера вещества, а также от энергии γ -излучения.

В СИ радиоактивность измеряется в беккерелях. 1 Бк соответствует 1 распаду в с.

Внесистемная единица – кюри. 1 Ки соответствует радиоактивности, которой обладает 1 г Ra. $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

История радиоактивных методов

Явление радиоактивности было открыто французским физиком Антуаном Анри Беккерелем (1852-1908).

В 1896 г. А. Беккерель изучал люминесценцию различных веществ и при этом случайно обнаружил, что только одно из них, а именно соль урана, сильно засвечивает заэкранированную фотопленку. Он также отметил, что лучи, исходящие из урановых соединений, ионизируют воздух (А. И. Иванов).

Многие физики приступили к изучению этого явления, и в 1898 г. супруги Пьер Кюри (1859-1906) и Мария Склодовская-Кюри (1867-1934) открыли радиоактивные элементы полоний и радий и доказали независимость процесса распада от внешних условий – температуры, давления и пр.

Эти открытия дали возможность Э. Резерфорду (1871-1937) основательно заняться изучением радиоактивности и строения атома. Так, в 1899 г. Резерфордом были открыты α - и β -лучи и совместно с Ф. Содди установлен закон радиоактивного распада (9.1).

В 1902 г. Э. Резерфорд и его ученики установили существование атомного ядра и разработали планетарную модель атома.

Весьма важным для ядерной физики явилось открытие супругами И. Кюри (1897-1956) и Ф. Жолио-Кюри (1900-1958) явления искусственной радиоактивности. В 1934 г., облучая вещества потоком α -частиц, они обнаружили появление в некоторых веществах радиоактивных ядер.

В 1940 г. советские физики Г. Н. Флёрв и К. А. Петржак открыли явление самопроизвольного деления ядер урана на осколки с испусканием 2-3 нейтронов.

Это явление в будущем позволило получить цепную ядерную реакцию и овладеть атомной энергией.

Первая управляемая ядерная реакция была осуществлена в 1942 г. в США итальянским физиком Э. Ферми (1901-1954), а в 1945 г. также в США было проведено испытание первой атомной бомбы.

А в 1954 г. в СССР была построена и начала работать первая в мире атомная электростанция.

По мере развития ядерной физики разрабатывались и новые методы ядерно-физических исследований.

Так, еще в 1902 г. П. Кюри, а за ним и Э. Резерфорд высказали предположение о том, что на основе постоянства скорости радиоактивного распада можно определять абсолютный возраст горных пород, а в 1907 г. эта идея была реализована английским физиком Б. Болтвудом, который смог определить абсолютный возраст урансодержащих минералов по содержанию в

них урана и конечного продукта его распада – свинца (Возжеников, Бельшев, 2006).

Позднее в дополнение к уран-свинцовому методу были разработаны и другие методы определения абсолютного возраста.

В Советской России в 1922 г. был организован Радиевый институт Академии наук, основателем которого и директором на протяжении 15 лет был В. И. Вернадский (1863-1945). Этим институтом были проведены первые в мире полевые работы, связанные с изучением радиоактивности на урановом месторождении Тюя-Муюн (Средняя Азия). Здесь в 1923 г. А. П. Кириковым впервые был применен эманационный радоновый метод с целью поисков рудных тел под наносами. Здесь же в 1923-1925 гг. Л. Н. Богоявленским впервые были выполнены измерения естественного γ -излучения с целью поисков полезных ископаемых.

В 1933 г. в «Журнале геофизики» была опубликована первая статья по гамма-каротажу скважин (авторы Г. В. Горшков и Л. М. Курбатов).

Дальнейшее развитие ядерно-геофизических методов связано с геофизическими исследованиями в скважинах и потому будет рассмотрено нами в следующей лекции.

Радиоактивность горных пород

Радиоактивность горных пород зависит от содержания в них естественных радиоактивных элементов (е.р.э.) – урана, тория и калия. При этом под радиоактивностью урана и тория имеют в виду и радиоактивность всех их дочерних элементов.

Таблица 9.1

Радиоактивность горных пород

Горная порода	Радиоактивность		
	пониженная	средняя	повышенная
Изверженные горные породы:			
кислые			
основные			
ультраосновные			
Осадочные горные породы:			
глины			
песчаники			
известняки			
калийные соли			
Метаморфические породы:			
гнейс			
мрамор			

Таким образом, радиоактивность изверженных пород убывает от кислых к основным, что связано с уменьшением содержания в них калия и других радиоактивных элементов (U и Th).

Радиоактивность обломочных осадочных пород убывает с увеличением крупности обломков.

Радиоактивность метаморфических пород зависит от активности исходных пород (осадочных или изверженных) и от привноса вещества.

Измерение радиоактивности

Радиоактивные излучения, проходя через вещество, взаимодействуют с ним, создавая различные эффекты, по которым и судят о мощности дозы облучения.

Основной деталью любой аппаратуры, предназначенной для регистрации радиоактивных излучений, является детектор излучения, т. е. то устройство, которое преобразует радиоактивное излучение в электрический сигнал.

В настоящее время в качестве детекторов излучения применяют газоразрядные и сцинтилляционные преобразователи.

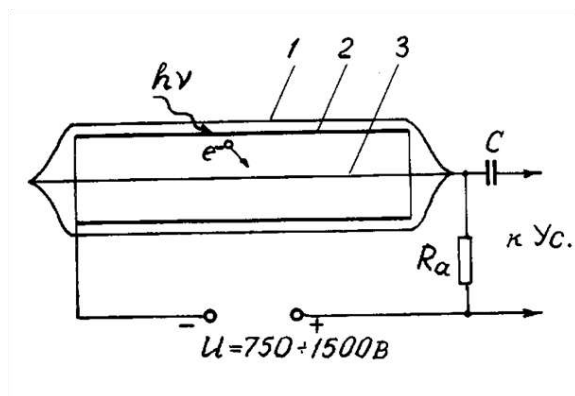


Рис. 9.1. Газоразрядный детектор γ -излучения (счетчик Гейгера)

Газоразрядный преобразователь (счетчик Гейгера) представляет собой стеклянную трубку, заполненную инертным газом. На внутреннюю поверхность трубки нанесен тонкий слой металла, а по оси трубки протянута металлическая нить (рис. 9.1). На слой металла (катод) подают отрицательное, а на нить (анод) – положительное напряжение порядка 700-1500 В. Когда в счетчик попадает γ -квант, он выбивает из слоя металла электрон, электрон

притягивается к аноду и, разгоняясь под действием большой разности потенциалов, ионизирует газ в трубке, и через неё проходит импульс тока.

Сцинтилляционный преобразователь состоит из двух деталей: кристалла-сцинтиллятора 1 и фотоэлектронного умножителя (ФЭУ) 2 (рис. 9.2).

ФЭУ содержит фотокатод 3, на который подают отрицательное напряжение, и набор положительных электродов (динодов) 4, 5, напряжение на которых увеличивается по мере удаления от фотокатода. Самое высокое положительное напряжение на аноде 6. Когда в кристалл-сцинтиллятор попадает γ -квант, он вызывает в нем вспышку света – сцинтилляцию. В

результате этой вспышки из фотокатода выбивается электрон, который притягивается ближайшим динодом и разгоняется настолько, что выбивает из него 2 электрона, эти 2 электрона притягиваются следующим, еще более положительным динодом и тоже выбивают по 2 электрона каждый. Процесс развивается лавинообразно, так что в результате через ФЭУ проходит импульс тока. Коэффициент усиления ФЭУ – от 10^5 до 10^{10} раз.

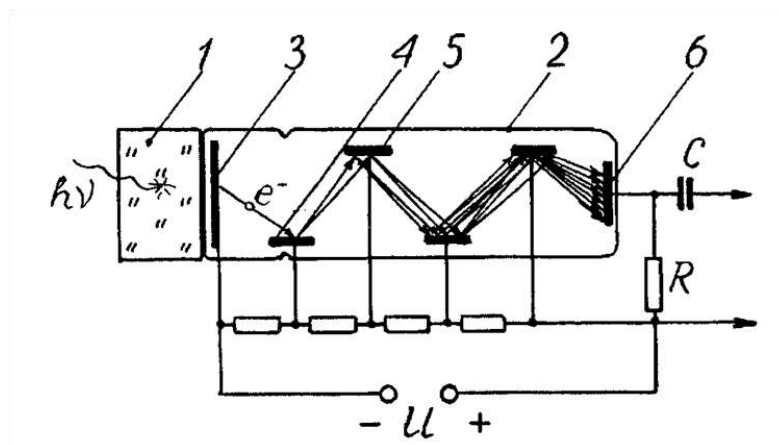


Рис. 9.2. Сцинтилляционный детектор γ -излучения:

1 – кристалл-сцинтиллятор; 2 – фотоэлектронный умножитель; 3 – фотокатод; 4 – первый динод; 5 – второй динод; 6 – анод ФЭУ

Кроме детекторов излучения приборы для измерения радиоактивности – радиометры содержат такие электронные блоки как усилители, дискриминаторы, нормализаторы, интегрирующие цепочки и регистрирующие устройства.

Радиометры используются для измерения радиоактивности на поверхности земли, в скважинах и в воздухе.

Измеряемая величина имеет смысл мощности экспозиционной дозы – МЭД и измеряется либо в пА/кг (СИ), либо в мкР/ч (внесистемная единица): $1 \text{ пА/кг} \approx 14 \text{ мкР/ч}$.

Радиометрические методы, область их применения и решаемые задачи

Картирование горных пород под наносами выполняется с помощью обычной γ -съемки. Поскольку для каждой литологической разности горных пород присущ свой диапазон изменения естественной радиоактивности, то есть возможность дифференцировать породы по этому показателю.

Так, например, во время учебной практики по радиометрии в пос. В. Сысерть студенты-геофизики легко обнаруживают под наносами на учебном полигоне мощную дайку гранитов, пересекающую толщу графито-

кварцевых сланцев к северу от базы практик. Естественная радиоактивность сланцев 4-6 мкР/ч, а гранитов – до 15-18 (рис. 9.3).

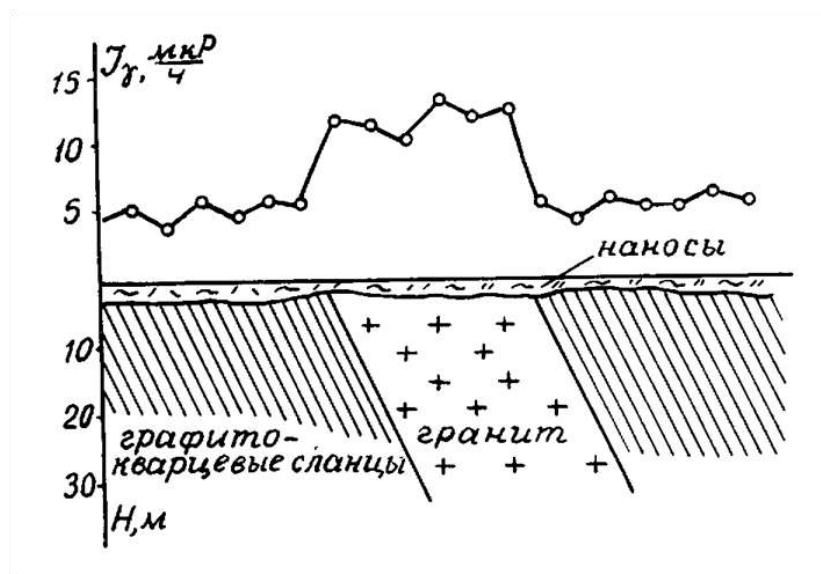


Рис. 9.3. Профиль гамма-съемки над дайкой гранитов под наносами (База геофизических практик УГГУ в пос. В. Сысерть)

Поиски месторождений радиоактивных металлов – основная, но не единственная задача радиометрии и ядерных методов.

Главное промышленное значение имеют месторождения урана, который является ценным энергетическим сырьем. Основной метод, применяемый для решения этой задачи, – γ -съемка. Гамма-съемка может применяться в пешеходном или в аэроварианте. В любом варианте она заключается в измерении γ -излучения горных пород по определенной сети с непрерывным прослушиванием сигнала и фиксированием показаний радиометра на точках наблюдения.

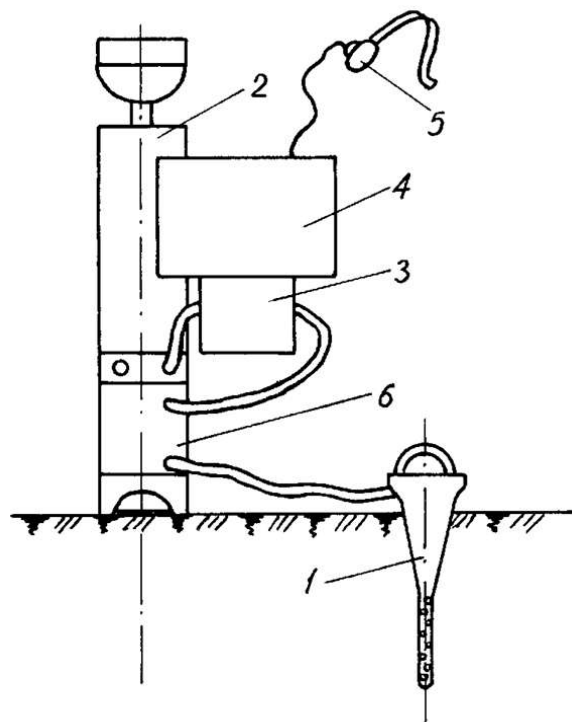
Для увеличения глубинности γ -съемки детектор γ -излучения помещают в мелкие скважины – шпуров глубиной до 50 см – это так называемая **«шпуровая γ -съемка»**.

В 60-х и 70-х годах прошлого века отечественная промышленность выпускала самоходные установки СУГП-10 для глубинных поисков урана. Эти установки монтировались на гусеничном шасси и были в состоянии доставить детектор γ -излучения на глубину в 10 м, задавливая его в рыхлые отложения.

Повышенную глубинность (до 6-8 м) обеспечивает также **эманационная съемка**. Эта съемка заключается в том, что на местности с помощью лома и кувалды бурят шпуров глубиной около 70 см, из которых откачивают пробы почвенного воздуха и посредством эманометра определяют в них содержание эманации радия-радоны. На рис. 9.4 представлена схема измерений при эманационной съемке.

Рис. 9.4. Схема измерений при эманационной съемке:

1 – пробоотборник; 2 – ручной насос; 3 – сцинтилляционная камера; 4 – измерительный пульт эманометра; 5 – наушник; 6 – фильтр пробы почвенного воздуха



При **разведке** месторождений радиоактивных руд прибегают к измерениям γ -излучения в буровых скважинах – гамма-каротажу. По данным гамма-каротажа определяют мощность рудных подсечений и содержание в них урана, т. е. получают сведения, необходимые для подсчета запасов месторождений.

Определение содержаний нерадиоактивных элементов производится с помощью метода нейтронной активации, который применяют в основном в скважинах.

Для этого определенный участок скважины сначала облучают потоком нейтронов, а затем измеряют γ -излучение образовавшихся под действием нейтронного облучения искусственных радиоактивных изотопов. Каждый из таких изотопов характеризуется своей энергией γ -излучения и своим периодом полураспада. Так что, настроив гамма-спектрометр на энергию γ -излучения интересующего нас изотопа, по количеству γ -квантов с такой энергией можно судить о содержании нужного изотопа в исследуемой среде.

Таким методом определяют содержание меди в колчеданных рудах, алюминия в бокситах, марганца в марганцевой руде, фосфора в фосфоритах и некоторых других элементов в их рудах.

Метод нейтронной активации находит применение не только в геологии, но и в археологии, нумизматике и даже в криминалистике.

Так, например, с помощью этого метода удалось диагностировать странную болезнь И. Ньютона, от которой он страдал целый год, будучи в возрасте 50 лет. Биографы Ньютона называют период 1692-1693 гг. «черным годом» его жизни. После этой болезни Ньютон прожил еще более 30 лет, но ни врачи, ни он сам не могли объяснить, что с ним происходило в тот «черный год». Загадка прояснилась только через 300 лет. Нейтронно-активационный

анализ сохранившихся 15 волос Ньютона показал, что он перенес тяжелые последствия ртутного отравления (Вахромеев, 1988).

Определение абсолютного возраста горных пород и др. объектов основано на постоянстве скорости распада радиоактивных элементов и независимости её от внешних условий.

Таким образом, если определить количество исходного радиоактивного элемента и количество элемента, образовавшегося в результате распада, то нетрудно рассчитать время, которое потребовалось для образования «дочернего» элемента.

В настоящее время разработаны и применяются свинцово-урановый, уран-гелиевый, калий-аргоновый, рубидий-стронциевый, радиоуглеродный и некоторые другие методы определения абсолютного возраста.

Так, например, по Pb-U методу было установлено, что возраст Земли составляет $4,6 \pm 0,1$ млрд лет, Луны (по образцам лунного грунта) – 4,5 млрд лет.

Интересен **радиоуглеродный метод** определения абсолютного возраста. Под действием космических лучей в атмосфере Земли из стабильных изотопов углерода ${}^6\text{C}^{12}$ и ${}^6\text{C}^{13}$ образуется радиоактивный изотоп ${}^6\text{C}^{14}$. Он распадается β -распадом с периодом полураспада $T_{1/2} = 5570$ лет.

Этот радиоактивный углерод окисляется и попадает в состав углекислого газа в атмосфере. Растения поглощают углекислый газ из атмосферы, а животные питаются растениями. Поэтому и растительные, и животные организмы содержат радиоуглерод (в количестве, в 10^{10} раз меньшем, чем количество стабильного углерода).

В процессе жизнедеятельности организмов это соотношение поддерживается на постоянном уровне. Как только организм умирает, приток радиоуглерода в нем прекращается и доля этого изотопа в организме постепенно уменьшается с периодом полураспада $T_{1/2} = 5570$ лет. Следовательно, если измерить количество нераспавшихся атомов радиоуглерода в исследуемом образце, то можно вычислить время, прошедшее с момента прекращения жизнедеятельности организма, по формуле:

$$\text{— — — — —} \quad (9.5)$$

где I_0 характеризует исходную радиоактивность атмосферного углерода,

I – активность исследуемого объекта;

λ_c – постоянная распада радиоуглерода.

Поскольку в последние 20-30 тыс. лет интенсивность космического излучения практически не изменялась, то концентрация радиоуглерода в атмосфере, животных и растительных организмах тоже не изменялась.

Измерения показывают, что радиоактивность 1 г углерода C^{14} характеризуется 15 распадами в 1 мин.

Радиоуглеродный метод применим для датировки образований, возраст которых не превышает 20 тыс. лет. Для него пригодны древесный уголь (обугленное вещество), древесина, торф, кости, раковины.

Метод испытывался на объектах, возраст которых был заранее известен по археологическим данным. Полученные результаты отличались от археологических данных не более чем на $\pm 10\%$ относительных (Возжеников, Бельшев, 2006).

Решение инженерно-геологических и гидрогеологических задач. С помощью методов ядерной геофизики определяют плотность и влажность грунтов.

Для определения плотности разработаны специальные γ -плотностемеры. Они бывают двух типов: одни (приставные) измеряют плотность грунта по интенсивности рассеянного этим грунтом γ -излучения, другие (погружные) определяют плотность по интенсивности прошедшего через грунт γ -излучения. Как те, так и другие содержат источник γ -излучения и детектор γ -квантов, но в приборах первого типа источник и детектор разделены свинцовым экраном и прикладываются к поверхности исследуемого грунта (рис. 9.5).

В приборах второго типа (рис. 9.6) источник и детектор погружаются в исследуемый грунт. Чем больше плотность грунта, тем меньше γ -квантов попадает на детектор. Для точного перехода от интенсивности измеренного γ -излучения к плотности приборы градуируют на образцах грунта с известной плотностью.

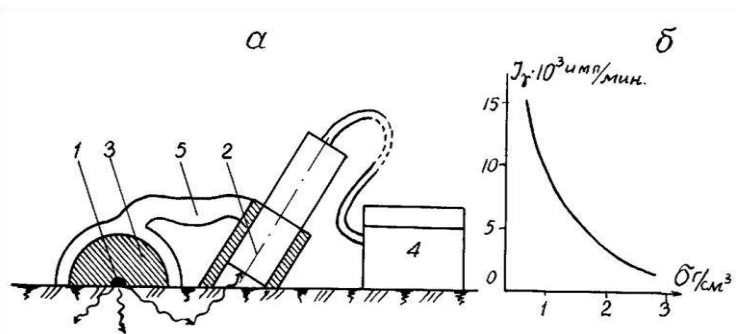


Рис. 9.5. Гамма-гамма плотностемер «приставного» типа (а) и его градуировочный график (б):
1 – источник гамма-излучения; 2 – детектор рассеянного гамма-излучения; 3 – экран; 4 – измерительный пульт; 5 – рукоятка

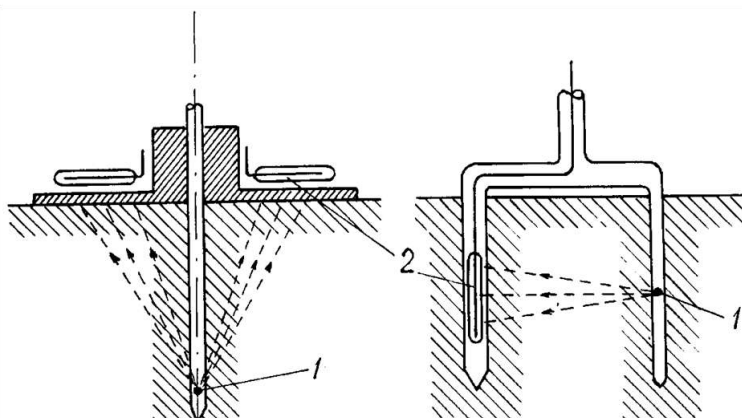


Рис. 9.6. Плотностемеры «погружного» типа:
1 – источник гамма-излучения; 2 – детекторы проходящего гамма-излучения

Влагомеры конструктивно устроены так же, как плотностемеры, только вместо источника γ -излучения в них установлены источники нейтронов, и измеряют приборы интенсивность γ -излучения, наведенного потоком нейтронов. При малом расстоянии между источником нейтронов и детектором γ -квантов интенсивность наведенного γ -излучения увеличивается с ростом водородосодержания среды и, следовательно, с ростом влажности.

Определение направления и скорости потока подземных вод производят так называемым «методом индикаторов», причем в качестве индикатора используют какой-нибудь радиоактивный изотоп. Чаще всего это йод I^{131} с периодом полураспада 8,14 дня. Для осуществления метода бурят куст из 6 или 8 наблюдательных скважин, вскрывающих исследуемый горизонт. В середине куста бурят еще одну скважину – испытательную (рис. 9.7), в которую и запускают тот самый индикатор. После этого, проводя измерения естественной радиоактивности в наблюдательных скважинах, следят за появлением в них радиоактивного индикатора. По тому, в какой скважине появился индикатор, определяют направление движения подземных вод, а по времени, прошедшему

от запуска индикатора до его появления, рассчитывают скорость фильтрации.

Аналогичный метод «меченых атомов» применяют при контроле разработки нефтяных месторождений (Сковородников, 2009).

Предсказание землетрясений – это проблема, которая давно волнует людей, живущих в сейсмоопасных районах. В Японии с этой целью разводят золотых рыбок – незадолго до землетрясения рыбки начинают беспокойно себя вести. Перед землетрясениями проявляют беспокойство и домашние животные (лошади, собаки, кошки).



Рис. 9.7. Схема расположения скважин при определении направления и скорости подземных вод методом индикаторов

В 1960-х гг. ученые из Узбекистана Б. З. Мавашев и В. И. Уломов обратили внимание на то, что за несколько месяцев до землетрясения начинает резко увеличиваться содержание радона в подземных водах. Это объясняется тем, что перед началом землетрясения в породах возникают упругие деформации, приводящие к разрушению минералов и к раскрытию трещин. В результате в поры горных пород начинает интенсивно поступать радон –

газообразный продукт распада радия. По капиллярам, имеющимся в горных породах, радон устремляется к поверхности земли и попадает в водоносные пласты (Филиппов, 1974). Так, перед началом Ташкентского землетрясения в 1966 г. в пробах воды, отобранных из скважины, пересекающей водоносный пласт на глубине 1,3-2,4 км, содержание радона увеличилось почти в 3 раза по сравнению со «спокойным» периодом (рис. 9.8).

После землетрясения содержание радона в подземных водах резко падает, поскольку в результате подземных толчков нарушаются капилляры, по которым радон поступал в водоносный пласт.

Перед землетрясением подземные воды обогащаются не только радоном, но и гелием, аргоном и ураном.

Так что, измеряя содержание этих газов в воде, можно предсказывать землетрясение.

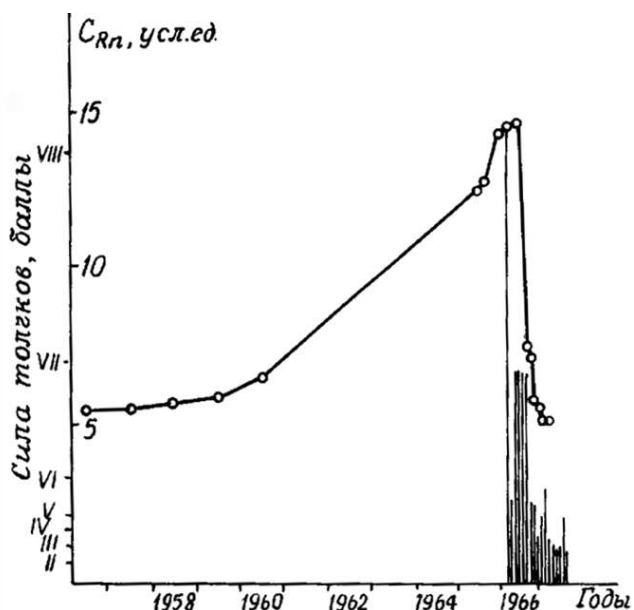


Рис. 9.8. Изменение концентрации радона в подземных водах Ташкентского бассейна до и после землетрясения 1966 г. Вертикальные линии показывают интенсивность толчков, по (Филиппов, 1974)

Контрольные вопросы

1. Что такое радиоактивность?
2. По какому математическому закону происходит радиоактивный распад?
3. Что такое период полураспада?
4. Если у Вас сегодня имеется 1 кг радия, сколько его останется через 1590 лет? А через 3180 лет? Период полураспада радия 1590 лет.
5. Дайте характеристику α -, β -, γ -излучению.
6. Какие разновидности горных пород обладают наибольшей радиоактивностью? Какие наименьшей?
7. Как устроен и как работает счетчик Гейгера?
8. Как устроен сцинтилляционный детектор?
9. Можно ли с помощью радиоактивных методов определять содержание нерадиоактивных элементов?

10. Назовите методы определения абсолютного возраста горных пород и поясните, на чем они основаны.
11. Назовите области применения ядерно-физических методов и решаемые ими задачи.
12. Где еще, кроме геологии, находят применение методы радиометрии и ядерно-физических исследований?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В нашем курсе «Введение в специальность «Технологии геологической разведки» для геофизических специализаций мы познакомились с содержанием основных отраслей разведочной геофизики.

В будущем специалисту по геофизическим методам в своей производственной деятельности придется заниматься не какой-то одной из геофизических разведок, а, по меньшей мере, несколькими из них, потому что геофизические методы применяются комплексно. Это позволяет уменьшить неоднозначность интерпретации и сэкономить средства за счет более обоснованного и целенаправленного проведения бурения и проходки горных выработок.

Работа в геофизических партиях и экспедициях имеет свою специфику, связанную с выполнением исследований в полевых условиях – в тундре, тайге, горах и пустынях. Неустроенный быт – жизнь в палатках, ночевки у костра и т.п. По этой причине специалистам-геофизикам, впрочем, так же как и геологам, нужно обладать хорошим здоровьем.

Работа геофизиков носит исследовательский характер: нужно не просто выполнить какой-то объем измерений тех или иных физических полей, но и решить какую-то геологическую задачу: обнаружить геологические структуры, благоприятные для образования в них нефтяных или газовых залежей, найти рудные тела, определить их размеры, глубину залегания и прочее.

Поэтому не удивительно, что примерно каждый десятый из геофизиков со временем становится ученым – защищает кандидатскую диссертацию, а позднее и докторскую.

Но чтобы добиться успехов в научной деятельности, нужно стремиться к этому со студенческих лет. Прежде всего, нужно хорошо учиться, овладевать знаниями. Для этого нужно регулярно заниматься, не пропускать лекции и практические занятия, участвовать в студенческой научной работе.

СОДЕРЖАНИЕ

Лекция 1. Роль минерального сырья в жизни человеческого общества.....	3
Способы добычи полезных ископаемых	6
Масштабы добычи минерального сырья	8
Источники минерального сырья.....	9
Минерально-сырьевая база России	10
Контрольные вопросы	13
 Лекция 2. Нетрадиционные источники минерального сырья... 14	
Техногенные месторождения.....	15
Мировой океан	15
Скопления бедных руд	22
Контрольные вопросы	22
 Лекция 3. Современные методы поисков и разведки	
полезных ископаемых	24
Геологические методы.....	24
Технические методы	26
Геофизические методы	29
Геохимические методы.....	30
Дистанционные методы.....	32
Методы морской геологии и геофизики	33
Контрольные вопросы	34
 Лекция 4. Общие сведения о внутреннем строении Земли.....	35
Новая глобальная тектоника	38
Контрольные вопросы	40
Некоторые основные геологические и геофизические термины и понятия	41
 Лекция 5. Гравиразведка	46
Из истории гравиметрии.....	47
Плотность горных пород.....	50

Измерение силы тяжести.....	51
Методика гравиметрических работ.....	53
Области применения гравиразведки и решаемые ею задачи	53
Контрольные вопросы	57
Лекция 6. Магниторазведка	58
История изучения магнитного поля Земли	58
Элементы магнитного поля Земли	61
Магнитные свойства горных пород и руд	62
Приборы для магниторазведки.....	63
Области применения магниторазведки и решаемые ею задачи.....	67
Контрольные вопросы	72
Лекция 7. Электроразведка	74
Краткая история электроразведки.....	74
Электрические свойства горных пород и руд	74
Аппаратура и оборудование электроразведки	76
Методы электроразведки.....	76
Электропрофилирование.....	77
Вертикальное электрическое зондирование	78
Метод заряженного тела.....	79
Метод естественного электрического поля.....	80
Метод вызванной поляризации	81
Магнитотеллурические методы.....	81
Электромагнитные методы	81
Области применения электроразведки и решаемые ею задачи	82
Контрольные вопросы	83
Лекция 8. Сейсморазведка.....	85
Упругие волны в горных породах	85
Из истории сейсморазведки	90
Сейсморазведочная аппаратура.....	92
Методы сейсморазведки.....	94
Метод отраженных волн	94
Метод преломленных волн	95
Глубинные сейсмические зондирования.....	96

Области применения сейсморазведки и решаемые ею задачи.....	96
Контрольные вопросы	99
Лекция 9. Ядерные методы геофизических исследований	100
Краткие сведения о радиоактивности и радиоактивных излучениях.....	100
История радиоактивных методов	102
Радиоактивность горных пород.....	103
Измерение радиоактивности.....	104
Радиометрические методы, область их применения и решаемые задачи	105
Контрольные вопросы	111
Лекция 10. Геофизические исследования скважин (ГИС)	113
Основные разделы ГИС.....	113
Аппаратура геофизических исследований скважин.....	115
Краткий исторический очерк развития методов геофизических исследований скважин и аппаратуры для их осуществления	117
Методы геофизических исследований скважин, область их применения и решаемые ими задачи	124
Метод кажущегося сопротивления (КС)	124
Метод ПС – поляризации самопроизвольной	125
Метод боковых каротажных зондирований (БКЗ)	127
Метод радиоволнового просвечивания (РВП).....	128
Гамма-каротаж (ГК).....	128
Нейтронный гамма-каротаж (НГК).....	129
Термометрия скважин	130
Контрольные вопросы	130
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	132
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	133

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Геофизика: учебник / под ред. В. К. Хмелевского. – 3-е изд. – М.: КДУ, 2012. – 320 с.

Дополнительная

2. Агрикола Г. О горном деле и металлургии: в 12 кн.: пер. с нем.. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1962. – 600 с.

3. Агрикола Г. О месторождениях и рудниках в старое и новое время. – М.: Недра, 1972.

4. Аллисон А., Палмер Д. Геология: пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 568 с.

5. Аренс В. Ж. Геотехнологические методы добычи полезных ископаемых. – М.: Недра, 1975. – 264 с.

6. Бондарев В. И. Основы сейсморазведки: учебное пособие. – 2-е изд., исправл. и доп. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2008. – 332 с.

7. Бондарев В. И. Сейсмический метод определения физико-механических свойств нескальных грунтов. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1997. – 220 с.

8. Вахромеев Г. С. Введение в разведочную геофизику: учебник для вузов. – М.: Недра, 1988. – 135 с.

9. Возжеников Г. С., Бельшев Ю. В. Радиометрия и ядерная геофизика: учебное пособие, 3-е изд., исправл. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2006. – 418 с.

10. Геохимические методы поисков рудных месторождений. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1954. – 582 с.

11. Горбачев А. М. Общая геология: учебник для техникумов. – М.: Высшая школа, 1973. – 320 с.

12. Грушинский Н. П., Грушинский А. Н. В мире сил тяготения. – М.: Недра, 1985. – 151 с.

13. Дахнов В. Н. К познанию недр Земли. (Геофизические исследования скважин). – М.: Недра, 1968. – 144 с.

14. Иванов А. Г. Физика в разведке земных недр. – М.: Недра, 1971. – 200 с.

15. Ковалевский А. Л. Биогеохимические поиски рудных месторождений. – М.: Недра, 1974. – 144 с.

16. Козловский Е. А. Геологи открывают богатства недр. – М.: Недра, 1980. – 128 с.

17. Краткий геологический словарь для школьников / под ред. Г. И. Немкова. – М.: Недра, 1989. – 176 с.

18. Крейтер В. М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1969. – 384 с.

19. Максаковский В. П. Экономическая и социальная география мира: учебник. – 16-е изд., исправл. – М.: Просвещение, 2008. – 398 с.

20. Меркс Ф. Черная кровь: пер. с нем. – М.: Наука, 1978. – 200 с.

21. Милашев В. А. Алмаз. Легенды и действительность. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Недра, 1989. – 159 с.

22. Несветаилова Н. Г. Поиски руд по растениям. – М.: Недра, 1970. – 97 с.
23. Остальский А. Нефть: чудовище и сокровище. – СПб.: ТИД Амфора, 2009. – 255 с.
24. Патури Ф. Р. Зодчие XXI века: пер. с нем. – М.: Прогресс, 1979. – 349 с.
25. Почтарев В. И. Земля – большой магнит. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 160 с.
26. Прикладная геофизика / В. М. Телфорд, Л. П. Гелдарт, Р. Е. Шерифф, Д. А. Кейс. – М.: Недра, 1980. – 502 с.
27. Ребрик Б. М. У колыбели геологии и горного дела. – М.: Недра, 1984. – 128 с.
28. Свиридов Г. И. В краю голубых алмазов. – М.: Недра, 1978. – 351 с.
29. Семячков А. И., Руднов В. С. Рациональное использование пироксенолитсодержащих техногенных минеральных отходов // Известия вузов. Горный журнал. – 2013. – № 5. – С. 52-55.
30. Сковородников И. Г. Геофизические исследования скважин: учебное пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург: Изд-во Института испытаний, 2009. – 471 с.
31. Соколов К. П. Геофизические методы разведки: учебник для вузов. – М.: Недра, 1966. – 464 с.
32. Такуечи Х., Уеда С., Канамори Х. Двигутся ли материки? Пер. с англ. – М.: Мир, 1970. – 248 с.
33. Тихомиров В. В., Хаин В. Е. Краткий очерк истории геологии. – М.: Госгеолтехиздат, 1956. – 260 с.
34. Успенский Д. Г. Гравиразведка: учебник для вузов. – Л.: Недра, 1968. – 332 с.
35. Франтов Г. С., Глебовский Ю. С. Занимательная геофизика. – М.: Недра, 1987. – 128 с.
36. Филиппов Е. М. Ядерные разведчики земных и космических объектов. – Новосибирск: Наука, 1974. – 115 с.
37. Фишман В. П., Урсов А. А. Приборы смотрят сквозь Землю. – М.: Недра, 1987. – 173 с.
38. Хмелевской В. К. Краткий курс разведочной геофизики: учебное пособие для вузов. – М.: Изд. МГУ, 1967. – 223 с.
39. Хэнкок Г. Следы богов. – М.: Изд-во «Вече», 1998. – 493 с.
40. Шолпо В. Н. Земля раскрывает свои тайны. – М.: Недра, 1988. – 144 с.
41. Ярош А. Я., Анисимов К. Н., Поляков А. Б. Опыт применения гравиразведки для изучения глубоких горизонтов колчеданного месторождения. Тр. СГИ, вып. XXX. Сб. ст. по геофиз. методам разведки. – М.: Госгеолтехиздат, 1957.
42. А. с. 221911. Способ геохимических поисков колчеданных месторождений / Г. П. Саковцев, А. А. Редозубов, А. И. Соколова // Бюл. изобр. № 22, 1968.
43. А. с. 1356553. Установка для бурения скважин из подземных горных выработок / А. В. Давыдов, И. Г. Сковородников // Бюл. изобр. № 38, 1986.
44. А. с. 1369387. Способ глубоководной транспортировки твердых полезных ископаемых со дна морей и океанов / А. А. Матвеев, В. В. Рыжков, Ю. М. Фарафонов // Бюл. изобр. № 45, 1987.

Учебное издание

Игорь Григорьевич Сковородников

**Введение в специальность
«Технология геологической разведки»**

Курс лекций для студентов всех форм обучения

Специальность:

21.05.03 – «Технология геологической разведки»

Специализация № 1:

«Геофизические методы поиска и разведки
месторождений полезных ископаемых»

Специализация № 2:

"Геофизические методы исследования скважин"

форма обучения: очная, заочная

Редактор Л. В. Устьянцева

Рисунки и корректура автора

Компьютерная верстка Косаревой Г. А., Шинкарюк И. Е.

Подписано в печать г. Бумага писчая. Формат 60×84 1/16.

Гарнитура Times New Roman. Печ. л. 8,625. Уч.-изд. л. 9,0.

Печать на ризографе. Тираж 150. Заказ

Издательство Уральского государственного горного университета

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Отпечатано с оригинал-макета

в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому
комитету
С.А. Уиоров



ПРАКТИКУМ ПО ПЕТРОФИЗИКЕ

Часть 1

Специальность:

21.05.03 Технология геологической разведки

форма обучения: очная, заочная

Автор: Александрова Ж. Н.

Екатеринбург

2020



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный
университет»

Ж. Н. Александрова

ПРАКТИКУМ ПО ПЕТРОФИЗИКЕ

Часть 1

**Руководство по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Петрофизика» для студентов
специализации «Геофизические методы исследования скважин»
специальности 21.05.03 Технология геологической разведки
*очной и заочной форм обучения***

Екатеринбург
2020

ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией
факультета геологии и геофизики УГГУ
«20» марта 2020 г.

Председатель комиссии



проф. В.И. Бондарев

Ж. Н. Александрова

ПРАКТИКУМ ПО ПЕТРОФИЗИКЕ

Часть 1

Руководство по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Петрофизика» для студентов
специализации «Геофизические методы исследования скважин»
специальности 21.05.03 Технология геологической разведки
очной и заочной форм обучения

Рецензент: *Писецкий В. Б.*, д-р геол.-мин. наук, профессор, зав. кафедрой геоинформатики УГГУ

Руководство рассмотрено на заседании кафедры геофизики
5 марта 2020 г. (протокол № 12)
и рекомендовано к изданию в УГГУ

Александрова Ж. Н.

А46 ПРАКТИКУМ ПО ПЕТРОФИЗИКЕ. Часть 1: руководство по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Петрофизика» для студентов специализации «Геофизические методы исследования скважин» специальности 21.05.03 Технология геологической разведки очной и заочной форм обучения. / Ж. Н. Александрова; Уральский гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2020. – 36 с.

Успешное использование геофизических методов в нефтегазовой отрасли возможно только при детальном изучении петрофизических характеристик горных пород. Это в особенности относится к геофизическим методам исследования скважин, так как по данным определения физических свойств не только выделяются отдельные разности пород, но и с высокой точностью устанавливаются их элементный состав, содержание полезных ископаемых и т.д.

В практикуме для каждой работы дано краткое изложение теоретических основ и порядок ее выполнения.

Практикум предназначен для студентов, обучающихся по направлению «Технология геологической разведки» со специализацией «Геофизические методы исследования скважин».

© Александрова Ж. Н., 2020 ©
Уральский государственный
горный университет, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
<i>Лабораторная работа № 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ ПО ДАННЫМ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА.....</i>	<i>6</i>
<i>Лабораторная работа № 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЩЕЙ И ОТКРЫТОЙ ПОРИСТОСТИ ОБРАЗЦОВ</i>	<i>8</i>
<i>Лабораторная работа № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТКРЫТОЙ ПОРИСТОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД</i>	<i>11</i>
<i>Лабораторная работа № 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ КОЭФФИЦИЕНТОМ ПОРИСТОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД И ИХ УДЕЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕМ</i>	<i>15</i>
<i>Лабораторная работа № 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ КОЭФФИЦИЕНТОМ ПОРИСТОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД И СКОРОСТЬЮ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ</i>	<i>20</i>
<i>Лабораторная работа № 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД ПО КРИВОЙ КАПИЛЛЯРНОГО ДАВЛЕНИЯ</i>	<i>25</i>
<i>Лабораторная работа № 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СВОБОДНОЙ, ФИЗИЧЕСКИ И ХИМИЧЕСКИ СВЯЗАННОЙ ВОДЫ ПО ДАННЫМ ТЕРМОГРАВИТОГРАММЫ</i>	<i>28</i>
<i>Лабораторная работа № 8. ИЗУЧЕНИЕ НЕОБРАТИМОГО УПЛОТНЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД</i>	<i>31</i>
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	36

ВВЕДЕНИЕ

Изучение геологических разрезов скважин геофизическими методами имеет ряд существенных преимуществ перед способами, основанными на анализе керна.

Во-первых, бурение скважин с отбором керна требует в несколько раз больших затрат средств и времени, чем бескерное бурение.

Во-вторых, современные способы отбора керна при глубоком бурении недостаточно совершенны: при большой глубине скважины из интервала бурения на поверхность выносятся не весь керн, а только его часть. Поэтому данные керна не обеспечивают полного изучения разрезов скважин, особенно коллекторов нефти и газа, представленных рыхлыми отложениями.

В-третьих, при отборе керна и выносе его на поверхность нередко нарушается его структура, что не позволяет точно определить коллекторские свойства пород.

В-четвертых, отобранные образцы керна имеют малые размеры, которые не дают полного представления о коллекторе в целом, что важно для его промышленной оценки. Геофизические методы позволяют изучать горные породы как в микро- так и в макрообъемах, т. е. получать интегральные значения исследуемых свойств, которые объективнее характеризуют коллектор.

В-пятых, геофизические методы позволяют изучать породы в условиях их естественного залегания. Это повышает точность определения изучаемых параметров, например, пористости и проницаемости, которые зависят от действующих давления и температуры.

Высокая эффективность геофизических методов исследования разрезов скважин объясняется достаточно тесной связью между структурой, минеральным составом пород и их физическими свойствами – удельным электрическим сопротивлением, плотностью, интервальным временем пробега упругих волн, естественной радиоактивностью и др. Поэтому горные породы и полезные ископаемые могут быть детально изучены по комплексу физических свойств.

При исследовании нефтегазовых месторождений изучение физических свойств осадочных пород необходимо для количественного определения их коллекторских свойств и нефтегазонасыщения.

Петрофизические исследования позволяют получить четкие зависимости между физическими (плотность, удельное электросопротивление, радиоактивность и др.) и коллекторскими свойствами гор-

ных пород (пористость, проницаемость, нефтегазонасыщенность, глинистость и др). Эти зависимости лежат в основе интерпретации результатов измерения в скважинах – они позволяют определять коллекторские и иные свойства пород по зарегистрированным значениям физических параметров. Кроме того, одно и то же коллекторское свойство (например, пористость) может быть определено по различным физическим параметрам, что значительно повышает точность его оценки.

Современные способы компьютерной обработки результатов измерений в скважинах позволяют получать информацию об изменении коллекторских свойств и главнейших литологических признаков пород в наглядной графической форме.

Достоверность оценки коллекторских свойств и нефтегазонасыщения пород по геофизическим данным в основном обуславливается степенью изученности их физических свойств и качеством регистрации измеряемых физических параметров в скважине.

К сожалению, изучению физических свойств керна из промысловых и разведочных районов не всегда уделяется такое же внимание как его петрографическим и палеонтологическим исследованиям. Это отражается на качестве интерпретации данных геофизических методов.

Информация о физических свойствах пород необходима для установления достоверных связей, которые, в конечном итоге, позволяют перейти на высокоэффективное бескерновое бурение скважин.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ ПО ДАННЫМ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Под *удельной поверхностью пористой среды* понимают полную поверхность твердых частиц, образующих твердую фазу этой среды, отнесенную к единице массы твердой фазы, или полную поверхность поровых каналов среды, отнесенную к единице объема пористой среды.

В инженерной геологии, петрографии удельную поверхность $S_{\text{ТВ}}$ относят к единице массы твердой фазы и выражают в $\text{м}^2/\text{г}$. В петрофизике принято относить удельную поверхность к единице объема породы и выражают ее в м^{-1} (см^{-1}). Для перехода от значения $S_{\text{ТВ}}$ в $\text{м}^2/\text{г}$ к значению $S_{\text{П}}$ в м^{-1} пользуются соотношением

$$S_{\text{П}} = S_{\text{ТВ}} \delta_{\text{ТВ}} (1 - k_{\text{П}}), \quad (1.1)$$

где $\delta_{\text{ТВ}}$ – плотность твердой фазы в $\text{г}/\text{см}^3$; $k_{\text{П}}$ – коэффициент пористости в отн. единицах.

Удельную поверхность $S_{\text{П}}$ можно определять на ненарушенном образце, $S_{\text{ТВ}}$ – на порошке, приготовленном путем дезинтегрирования минерального скелета без нарушения его первоначальной дисперсности.

Удельную поверхность пористой породы можно определить, используя данные о ее гранулометрическом составе.

Так, для пористой среды, образованной зернами сферической формы с одинаковым диаметром d_3 , полная удельная поверхность $S_{\text{П}}$ определяется формулой

$$S_{\text{П}} = 6(1 - k_{\text{П}}) d_3^{-1}, \quad (1.2)$$

где d_3 выражен в см, а $S_{\text{П}}$ – в см^{-1} .

Если пористая среда образована сферическими зернами различного размера, предположим, несколькими группами зерен с постоянным значением d_3 в каждой группе, то при одинаковой плотности зерен $\delta_{\text{ТВ}}$

$$S_{\text{П}} = 6(1 - k_{\text{П}}) \sum_{i=1}^n p_i d_{3i}^{-1}, \quad (1.3)$$

где p_i – весовое содержание; d_{3i} – диаметр зерен i -й фракции.

Если форма зерен отличается от сферической, что характерно для реальных обломочных пород, например, для песчаников и алевролитов, то

$$S_{\text{П}} = 6 f(1 - k_{\text{П}}) \sum_{i=1}^n p_i d_{\text{эф}i}^{-1}, \quad (1.4)$$

где $f > 1$ – коэффициент, учитывающий отличие формы зерна от сферической; $d_{эф}$ – эффективный диаметр несферического зерна, принимаемого за сферическое.

Приведенную выше формулу можно использовать для расчета S_n песков и алевритов, слабосцементированных песчаников и алевролитов, лишенных глинистого и др. видов высокодисперсного цемента. Сведения о гранулометрическом составе глинистой фракции при стандартном анализе не получают. Но даже при наличии сведений о гранулометрическом составе глинистой компоненты расчет не имеет смысла, так как геометрия глинистых частиц сложна и аппроксимировать их зернами правильной формы нет оснований.

Задание

Для образца керна пористой горной породы массой 100 г определен коэффициент пористости k_p , гранулометрический состав и коэффициент несферичности зерен. Результаты представлены в табл. 1.1. Рассчитать удельную поверхность пористой среды (УППС) для данной породы, используя зависимость (1.4).

Таблица 1.1

Данные для расчета УППС

Вариант	Масса частиц с диаметром $d_{эф}$, г				f	k_p , отн. ед.
	$0 \text{ см} < d_{эф} < 10^{-4} \text{ см}$	$10^{-4} \text{ см} < d_{эф} < 10^{-3} \text{ см}$	$10^{-3} \text{ см} < d_{эф} < 10^{-2} \text{ см}$	$10^{-2} \text{ см} < d_{эф} < 10^{-1} \text{ см}$		
1	0	20	50	30	1,1	0,3
2	0	10	60	30	1,15	0,28
3	0	15	50	35	1,2	0,29
4	0	12	58	30	1,18	0,31
5	0	22	50	28	1,19	0,27
6	0	21	45	34	1,17	0,26
7	0	10	55	35	1,16	0,29
8	0	18	42	40	1,12	0,28
9	0	22	60	18	1,14	0,32
10	0	26	40	34	1,13	0,29
11	0	20	30	50	1,12	0,3
12	0	60	10	30	1,1	0,28

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЩЕЙ И ОТКРЫТОЙ ПОРИСТОСТИ ОБРАЗЦОВ

Между общей k_{Π} и открытой $k_{\Pi o}$ пористостью существует тесная линейная связь (рис. 2.1). При этом $k_{\Pi} = ak_{\Pi o} + b$, где a – коэффициент, характеризующий наклон графика; b – коэффициент, отражающий закрытую пористость $k_{\Pi з} = k_{\Pi} - k_{\Pi o}$. Значение коэффициента корреляции приближается к единице.

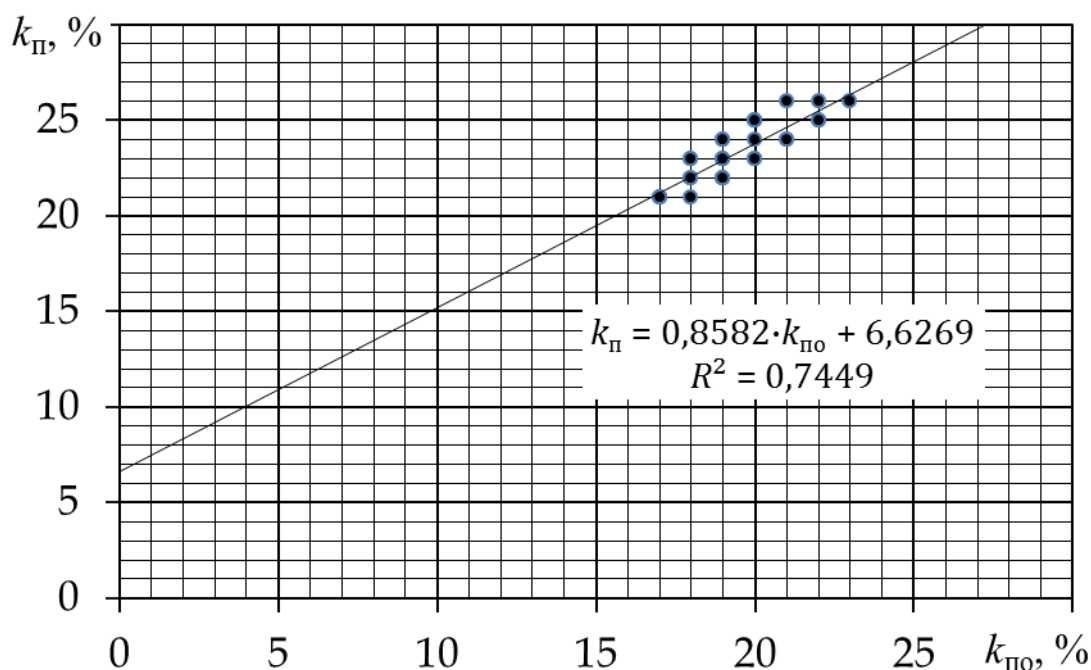


Рис. 2.1. Связь между общей и открытой пористостью

Задание

По результатам исследования образцов керна пористой горной породы были определены их общая k_{Π} и открытая пористости $k_{\Pi o}$. Данные приведены в табл. 2.1.

1. С помощью регрессионного анализа установите связь между общей и открытой пористостью образцов. Рекомендуется использовать приложение Excel.

2. Определите величину закрытой пористости по исследуемому интервалу.

3. Результаты представьте в виде графика уравнения регрессии, как это показано на рис. 2.1.

Таблица 2.1

Данные исследования образцов горных пород

Номер образца	Вариант											
	1		2		3		4		5		6	
	$k_{по},$ %	$k_{п},$ %	$k_{по},$ %	$k_{п},$ %	$k_{по},$ %	$k_{п},$ %	$k_{по},$ %	$k_{п},$ %	$k_{по},$ %	$k_{п},$ %	$k_{по},$ %	$k_{п},$ %
1	20	25	30	34	24	30	28	34	32	36	17	20
2	18	21	21	27	28	34	25	31	35	40	23	27
3	18	22	22	28	26	32	29	35	30	35	21	25
4	19	22	20	24	28	34	28	33	34	38	23	26
5	17	21	23	29	27	32	26	31	30	34	18	22
6	18	23	22	27	22	28	30	36	34	37	19	23
7	19	22	25	30	24	30	29	34	35	39	22	25
8	20	24	21	27	23	29	26	31	31	36	17	20
9	19	24	22	26	27	32	30	37	30	34	19	24
10	20	23	28	33	23	28	25	32	30	35	21	24
11	20	25	28	33	25	31	25	32	33	37	19	24
12	17	21	21	27	25	31	27	34	32	36	22	27
13	19	22	21	27	26	32	27	33	30	33	21	26
14	21	26	23	27	28	33	28	34	32	35	23	26
15	18	23	20	26	24	29	29	35	33	37	22	25
16	19	23	24	29	22	28	28	35	32	37	22	27
17	23	26	25	29	25	31	30	37	31	35	22	27
18	19	24	23	28	23	29	30	37	30	34	18	21
19	22	25	20	24	29	34	25	31	34	38	20	24
20	18	22	21	26	22	27	30	35	34	37	17	22
21	21	24	28	34	23	29	28	34	35	38	18	22
22	19	23	22	26	25	30	28	34	32	36	21	24
23	19	23	21	26	24	29	26	32	33	37	17	22
24	22	26	26	30	26	31	28	33	35	40	19	23
25	21	24	28	34	27	33	26	33	33	36	20	23
26	19	22	28	32	28	33	26	31	35	39	19	22
27	17	21	22	28	24	30	28	34	32	36	22	27
28	20	23	23	29	25	31	30	35	30	34	20	23
29	20	25	23	29	25	30	26	31	33	38	19	24
30	22	25	25	30	27	33	29	36	35	38	21	24

Продолжение табл. 2.1

	<i>Вариант</i>											
	<i>7</i>		<i>8</i>		<i>9</i>		<i>10</i>		<i>11</i>		<i>12</i>	
Номер образца	к _{по} , %	к _п , %	к _{по} , %	к _п , %	к _{по} , %	к _п , %	к _{по} , %	к _п , %	к _{по} , %	к _п , %	к _{по} , %	к _п , %
1	18	21	18	21	28	34	24	30	30	34	20	25
2	22	25	22	25	25	31	28	34	21	27	18	21
3	19	23	19	23	29	35	26	32	22	28	18	22
4	23	26	23	26	28	33	28	34	20	24	19	22
5	21	25	21	25	26	31	27	32	23	29	17	21
6	22	26	22	26	30	36	22	28	22	27	18	23
7	20	24	20	24	29	34	24	30	25	30	19	22
8	22	26	22	26	26	31	23	29	21	27	20	24
9	18	22	18	22	30	37	27	32	22	26	19	24
10	20	23	20	23	25	32	23	28	28	33	20	23
11	21	26	21	26	25	32	25	31	28	33	20	25
12	23	28	23	28	27	34	25	31	21	27	17	21
13	17	20	17	20	27	33	26	32	21	27	19	22
14	19	22	19	22	28	34	28	33	23	27	21	26
15	20	24	20	24	29	35	24	29	20	26	18	23
16	21	25	21	25	28	35	22	28	24	29	19	23
17	23	26	23	26	30	37	25	31	25	29	23	26
18	23	27	23	27	30	37	23	29	23	28	19	24
19	17	22	17	22	25	31	29	34	20	24	22	25
20	21	26	21	26	30	35	22	27	21	26	18	22
21	18	22	18	22	28	34	23	29	28	34	21	24
22	20	24	20	24	28	34	25	30	22	26	19	23
23	21	25	21	25	26	32	24	29	21	26	19	23
24	17	20	17	20	28	33	26	31	26	30	22	26
25	18	23	18	23	26	33	27	33	28	34	21	24
26	20	25	20	25	26	31	28	33	28	32	19	22
27	18	22	18	22	28	34	24	30	22	28	17	21
28	23	28	23	28	30	35	25	31	23	29	20	23
29	18	22	18	22	26	31	25	30	23	29	20	25
30	19	23	19	23	29	36	27	33	25	30	22	25

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТКРЫТОЙ ПОРИСТОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

Пористость – фундаментальное свойство породы, от которого зависит большинство ее физических свойств.

По происхождению поры делятся на *первичные*, которые сформировались в момент образования горной породы, и *вторичные*, возникшие уже после образования породы, в процессе ее литогенеза.

Структура порового пространства пород обусловлена гранулометрическим составом частиц, их формой, химическим составом пород, происхождением пор, а также соотношением количества больших и малых пор.

Размер пор и каверн характеризуется эффективным диаметром $d_{эф}$. По размерам поры делятся на следующие группы:

- а) сверхкапиллярные поры ($d_{эф} > 0,1$ мм);
- б) капиллярные поры ($d_{эф}=0,0001 \div 0,1$ мм);
- в) субкапиллярные поры ($d_{эф}=0,000002 \div 0,0001$ мм);
- г) микропоры ($d_{эф} < 0,000002$ мм).

Сверхкапиллярные поры характерны для слабосцементированных галечников, гравия, крупно- и среднезернистых песков и др. Доля воды, связанной с твердой фазой капиллярными силами и силами адсорбции в таких порах, сравнительно невелика. Поэтому пластовая вода в них может двигаться в основном под действием силы тяжести по законам гидродинамики.

Капиллярные поры характерны для сцементированных песчаников, обломочных и кристаллических известняков, доломитов. Движения воды под действием силы тяжести нет, т. е. вода в этих порах удерживается капиллярными силами. Сверхкапиллярные и капиллярные поры составляют основную часть терригенных коллекторов.

Субкапиллярные поры свойственны глинам, мелкокристаллическим и мелоподобным известнякам и другим тонкозернистым породам. В таких порах велика доля воды, на которую действуют адсорбционные силы со стороны твердой фазы. Поры заполнены рыхло- и прочносвязанной водой, которая не способна к перемещению под действием силы тяжести или под влиянием сил поверхностного натяжения. В отсутствие трещиноватости эти породы не являются коллекторами.

Микропоры установлены у некоторых природных цеолитов.

По характеру связи между порами и движению флюидов в породе различают общую, открытую, эффективную и динамическую пористости.

Коэффициент общей пористости характеризует объем всех пор, как сообщающихся между собой (или открытых), так и не сообщающихся (закрытых). Общую пористость рассчитывают по соотношению плотностей сухой породы и минеральных зерен:

$$k_{\text{п}} = \frac{V_{\text{п}}}{V} = \frac{V - V_{\text{ТВ}}}{V}, \quad (3.1)$$

где V – объем сухой породы; $V_{\text{ТВ}}$ – объем твердой фазы в породе;

Коэффициент открытой пористости характеризует объем пор, сообщающихся между собой и с окружающей средой.

$$k_{\text{по}} = \frac{V_{\text{по}}}{V}, \quad (3.2)$$

где $V_{\text{по}}$ – объем открытых пор.

Коэффициент эффективной пористости характеризует полезную емкость породы для углеводородов (нефти и газа) и представляет собой объем открытых пор за вычетом объема, заполненного физически связанной и капиллярно-удержанной пластовой водой.

Коэффициент эффективной пористости $k_{\text{п.эф}}$ вычисляется так:

$$k_{\text{п.эф}} = \frac{V_{\text{по}} - V_{\text{в.св}}}{V} = k_{\text{по}} (1 - k_{\text{в.св}}), \quad (3.3)$$

где $V_{\text{в.св}}$ – объем связанной воды; $k_{\text{в.св}}$ – коэффициент водонасыщения, определяющий содержание связанной воды в единице объема пор.

Однако не весь объем нефти или газа, заполняющих полезную емкость горных пород, можно привести в движение при разработке месторождений. Определенная их часть, находящаяся в мелких и тупиковых порах, при давлении закачиваемой в пласт вытесняющей жидкости остается в порах без движения.

Коэффициент динамической пористости $k_{\text{п.д}}$ показывает долю объема породы, в которой при заданном градиенте давления может наблюдаться движение жидкости и газа.

$$k_{\text{п.д}} = \frac{V_{\text{д.п}}}{V}, \quad (3.4)$$

где $V_{\text{д.п}}$ – объем динамических пор.

Наибольший практический интерес (при подсчете запасов нефти и газа) представляет открытая пористость.

Открытую пористость образцов коллекторов нефти и газа обыч-

но измеряют путем насыщения жидкостью.

С очищенным и высушенным при $T=105\text{ }^{\circ}\text{C}$ до постоянного веса образцом производят следующее:

- 1) взвешивают в воздухе (P_1);
- 2) насыщают в жидкости;
- 3) взвешивают гидростатически (P_2) в той же жидкости, которой насыщен образец;
- 4) взвешивают насыщенный образец в воздухе (P_3).

По результатам взвешивания вычисляют открытую пористость:

$$k_{\text{по}} = \frac{P_3 - P_1}{P_3 - P_2} 100 \% = \frac{V_{\text{п}}}{V} 100 \%, \quad (3.5)$$

где $P_3 - P_1$ – вес жидкости в поровом пространстве образца; $P_3 - P_2$ – вес объема жидкости, равного объему образца (вес жидкости в объеме образца).

Задание

1. Экстрагированный и высушенный образец взвесить в воздухе ($P_{\text{сух}}$).

2. Обвязать образец тонкой проволокой ($d \approx 1\text{ мм}$) длиной 15–20 см с петлей на конце, поместить в стакан с водой и насытить под вакуумом до прекращения выделения пузырьков воздуха (в течение 30–40 мин.).

3. Насыщенный образец прикрепить петлей к крючку сережки аналитических весов и взвесить погруженным в сосуд с водой (поставленный на специальную подставку) на чашке весов ($P_{\text{нас}}^*$).

4. Насыщенный образец извлечь и освободить от избытка воды. Взвесить насыщенный образец в воздухе ($P_{\text{нас}}$).

5. Результаты измерений занести в таблицу:

<i>Параметр</i>	<i>Результат измерения</i>
Вес сухого образца ($P_{\text{сух}}$), г	
Вес насыщенного образца в воздухе ($P_{\text{нас}}$), г	
Вес насыщенного образца в воде ($P_{\text{нас}}^*$), г	
Коэффициент открытой пористости ($k_{\text{по}}$), %	

6. Объем открытых пор находят делением веса воды в объеме пор на ее плотность:

$$V_{\text{по}} = \frac{P_{\text{нас}} - P_{\text{сух}}}{\delta_{\text{в}}}, \quad (3.6)$$

где $\delta_{\text{в}}$ – плотность воды, г/см³; $(P_{\text{нас}} - P_{\text{сух}})$ – вес воды в порах, г.

7. Объем образца породы находят делением веса воды в объеме образца на плотность воды:

$$V = \frac{P_{\text{нас}} - P_{\text{нас}}^*}{\delta_{\text{в}}}, \quad (3.7)$$

где $(P_{\text{нас}} - P_{\text{нас}}^*)$ – вес жидкости в объеме образца, г.

8. Коэффициент открытой пористости находят следующим образом:

$$k_{\text{по}} = \frac{V_{\text{по}}}{V} = \frac{P_{\text{нас}} - P_{\text{сух}}}{P_{\text{нас}} - P_{\text{нас}}^*}. \quad (3.8)$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ КОЭФФИЦИЕНТОМ ПОРИСТОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД И ИХ УДЕЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕМ

При интерпретации данных электрического каротажа используют зависимость коэффициента пористости от удельного электрического сопротивления водонасыщенной породы. Связь удельного электрического сопротивления полностью водонасыщенной породы с удельным электрическим сопротивлением воды описывается уравнением

$$\rho_{\text{вп}} = P \rho_{\text{в}}, \quad (4.1)$$

где $\rho_{\text{вп}}$ – удельное электрическое сопротивление водонасыщенной породы; $\rho_{\text{в}}$ – удельное электрическое сопротивление воды, насыщающей породу; P – относительное электрическое сопротивление (параметр пористости).

$$P = \frac{\rho_{\text{вп}}}{\rho_{\text{в}}}. \quad (4.2)$$

Для чистой неглинистой породы P зависит только от структуры порового пространства и не зависит от минерализации воды в порах. Связь между параметром P и $k_{\text{п}}$ описывается эмпирическими соотношениями:

$$P = \frac{a}{k_{\text{п}}^m} \text{ (формула Дахнова);} \quad (4.3)$$

$$P = \frac{1}{k_{\text{п}}^m} \text{ (формула Арчи),} \quad (4.4)$$

где a и m – эмпирические коэффициенты, характеризующие структуру порового пространства и являющиеся постоянными для данного типа отложений.

Задание

По результатам исследования кернового материала получены данные о его пористости, а по данным электрокаротажа получены данные об удельном электрическом сопротивлении пород в разрезе скважины (табл. 4.1). Известно удельное электрическое сопротивление воды, насыщавшей породу – 3 Ом·м.

Таблица 4.1

Результаты электрокаротажа скважины и исследования керна из нее

<i>Вариант 1</i>			<i>Вариант 2</i>			<i>Вариант 3</i>			<i>Вариант 4</i>		
$h, \text{ м}$	$\rho_{\text{вл}}, \text{ Ом}\cdot\text{м}$	$k_{\text{пл}}, \text{ отн. е.}$	$h, \text{ м}$	$\rho_{\text{вл}}, \text{ Ом}\cdot\text{м}$	$k_{\text{пл}}, \text{ отн. е.}$	$h, \text{ м}$	$\rho_{\text{вл}}, \text{ Ом}\cdot\text{м}$	$k_{\text{пл}}, \text{ отн. е.}$	$h, \text{ м}$	$\rho_{\text{вл}}, \text{ Ом}\cdot\text{м}$	$k_{\text{пл}}, \text{ отн. е.}$
1120,0	16,06	0,22	1346,2	48,27	0,08	1392,3	7,05	0,35	1293,9	193,89	0,03
1120,5	24,29	0,14	1347,5	51,27	0,08	1393,3	48,63	0,07	1295,5	16,21	0,20
1121,8	20,45	0,16	1349,2	18,70	0,21	1394,8	10,39	0,38	1296,8	10,83	0,35
1122,5	24,29	0,14	1350,1	14,17	0,28	1395,6	40,97	0,09	1297,9	19,32	0,22
1123,7	23,29	0,14	1351,7	80,96	0,05	1396,7	8,39	0,38	1298,7	55,34	0,08
1124,7	17,25	0,18	1352,9	15,78	0,25	1398,2	11,59	0,37	1299,9	56,34	0,08
1126,0	11,41	0,27	1354,6	31,90	0,12	1398,9	16,09	0,24	1301,2	21,32	0,19
1126,9	18,25	0,18	1355,8	14,67	0,27	1400,2	12,57	0,33	1301,8	21,21	0,20
1128,4	9,75	0,35	1356,7	11,45	0,39	1401,3	41,43	0,08	1302,8	40,25	0,11
1129,7	13,34	0,25	1358,3	21,78	0,18	1403,0	12,07	0,26	1304,2	15,79	0,24
1130,6	9,02	0,34	1359,5	11,51	0,32	1404,2	13,07	0,26	1305,6	53,34	0,08
1131,5	21,45	0,16	1361,2	55,91	0,07	1405,5	11,57	0,33	1306,7	21,59	0,18
1132,9	19,25	0,18	1362,1	11,96	0,37	1407,1	28,47	0,12	1308,2	35,25	0,11
1133,6	10,99	0,28	1362,9	11,88	0,31	1408,5	13,67	0,23	1309,7	11,55	0,36
1135,1	16,49	0,20	1364,3	14,67	0,27	1409,6	13,01	0,21	1310,8	39,25	0,11
1136,0	10,60	0,29	1366,0	30,90	0,12	1411,0	6,82	0,36	1312,1	43,91	0,10
1137,2	12,99	0,28	1367,1	42,41	0,09	1411,9	20,03	0,16	1313,3	9,04	0,38
1138,5	15,74	0,21	1368,3	15,17	0,28	1413,1	11,39	0,38	1314,7	15,97	0,27
1139,4	15,74	0,21	1369,4	23,07	0,17	1414,5	9,21	0,28	1315,8	98,26	0,05
1140,7	16,49	0,20	1370,7	9,96	0,37	1416,1	98,18	0,04	1316,9	15,00	0,29
1141,4	10,60	0,29	1372,2	9,22	0,40	1417,4	11,57	0,33	1317,9	18,32	0,22
1142,5	20,28	0,17	1373,0	11,51	0,32	1418,4	8,82	0,36	1319,3	10,04	0,38
1143,3	17,49	0,20	1374,5	16,87	0,22	1419,7	11,07	0,26	1320,1	11,52	0,26
1144,3	10,02	0,34	1375,5	14,78	0,25	1420,6	15,67	0,23	1321,3	10,28	0,37
1145,3	11,24	0,30	1376,7	20,78	0,18	1421,4	11,05	0,35	1322,2	9,04	0,38
1146,5	14,74	0,21	1377,8	35,01	0,11	1422,8	10,39	0,38	1323,1	22,66	0,16
1147,3	10,29	0,33	1378,7	11,51	0,32	1423,7	10,57	0,33	1324,0	9,55	0,36
1148,7	13,86	0,24	1379,8	12,83	0,34	1425,3	11,07	0,26	1325,0	14,17	0,31
1150,0	19,45	0,16	1380,5	17,11	0,23	1426,6	8,57	0,33	1326,5	23,59	0,18
1151,2	18,25	0,18	1381,3	17,70	0,21	1428,0	9,59	0,37	1327,4	79,52	0,06

Продолжение табл. 4.1

Вариант 5			Вариант 6			Вариант 7			Вариант 8		
$h, \text{ м}$	$\rho_{\text{вп}}, \text{ Ом}\cdot\text{м}$	$k_{\text{н}}, \text{ отн. ед.}$	$h, \text{ м}$	$\rho_{\text{вп}}, \text{ Ом}\cdot\text{м}$	$k_{\text{н}}, \text{ отн. ед.}$	$h, \text{ м}$	$\rho_{\text{вп}}, \text{ Ом}\cdot\text{м}$	$k_{\text{н}}, \text{ отн. ед.}$	$h, \text{ м}$	$\rho_{\text{вп}}, \text{ Ом}\cdot\text{м}$	$k_{\text{н}}, \text{ отн. ед.}$
1186,1	68,66	0,08	1674,8	31,53	0,17	1347,0	39,77	0,10	1674,2	393,90	0,03
1187,6	277,06	0,03	1675,8	35,53	0,17	1347,9	66,25	0,06	1676,0	141,08	0,06
1188,7	32,37	0,14	1677,1	12,09	0,34	1349,0	36,01	0,11	1677,9	24,26	0,27
1190,5	14,70	0,35	1678,1	43,18	0,14	1350,4	11,22	0,40	1678,9	16,59	0,31
1191,4	21,45	0,19	1679,8	74,07	0,09	1351,6	42,41	0,09	1680,6	38,25	0,16
1193,1	17,32	0,29	1681,5	25,01	0,24	1353,0	45,41	0,09	1681,9	40,43	0,15
1194,3	12,70	0,35	1683,3	18,13	0,23	1354,5	14,67	0,27	1683,4	20,78	0,21
1195,6	13,79	0,30	1684,4	24,26	0,27	1356,2	16,78	0,25	1684,3	71,25	0,10
1196,6	40,92	0,12	1686,2	27,19	0,18	1357,4	44,41	0,09	1685,6	51,11	0,12
1198,3	14,32	0,29	1687,3	31,15	0,19	1359,0	37,01	0,11	1686,8	27,01	0,24
1200,0	19,04	0,20	1688,9	74,07	0,09	1360,1	13,51	0,32	1687,9	260,00	0,04
1200,8	87,77	0,07	1690,3	711,11	0,02	1361,6	18,70	0,21	1689,6	21,05	0,32
1202,6	29,02	0,16	1691,3	708,11	0,02	1362,5	11,70	0,38	1691,1	19,26	0,27
1203,5	133,58	0,05	1692,9	15,59	0,31	1363,5	14,42	0,24	1692,6	13,09	0,34
1204,9	21,45	0,19	1694,1	56,82	0,11	1365,1	21,07	0,17	1693,6	256,00	0,04
1206,2	183,19	0,04	1695,8	68,25	0,10	1366,2	82,96	0,05	1694,5	82,07	0,09
1207,6	8,36	0,36	1697,1	14,50	0,28	1367,7	17,87	0,22	1695,5	20,26	0,27
1208,6	15,32	0,29	1698,1	23,36	0,20	1369,1	30,90	0,12	1696,8	13,26	0,36
1209,7	82,77	0,07	1699,5	21,05	0,32	1370,3	9,96	0,37	1697,9	54,11	0,12
1210,9	11,06	0,34	1700,8	32,36	0,20	1371,7	16,11	0,23	1698,9	716,11	0,02
1212,5	20,04	0,20	1702,5	31,15	0,19	1373,3	31,30	0,13	1699,9	24,15	0,19
1214,0	25,45	0,19	1703,9	389,90	0,03	1374,8	16,87	0,22	1701,4	43,67	0,13
1215,5	46,96	0,11	1705,5	56,11	0,12	1376,3	10,23	0,36	1702,5	138,08	0,06
1216,7	186,19	0,04	1706,7	92,39	0,08	1377,0	17,70	0,21	1703,7	18,26	0,27
1218,3	182,19	0,04	1708,3	19,38	0,22	1377,9	11,52	0,35	1705,2	26,19	0,18
1220,0	31,48	0,15	1709,7	34,15	0,19	1379,6	10,96	0,37	1706,3	38,18	0,14
1221,4	107,71	0,06	1711,6	28,36	0,20	1380,8	32,90	0,12	1707,2	22,78	0,21
1223,1	11,79	0,30	1712,6	257,00	0,04	1381,8	68,25	0,06	1708,8	51,67	0,13
1224,9	27,90	0,17	1714,1	18,09	0,26	1382,6	24,07	0,17	1709,8	26,78	0,21
1226,0	18,18	0,26	1715,8	390,90	0,03	1384,3	18,11	0,23	1711,6	179,89	0,05

Вариант 9			Вариант 10			Вариант 11			Вариант 12		
$h, \text{ м}$	$\rho_{\text{вп}}, \text{ Ом}\cdot\text{м}$	$k_{\text{н}}, \text{ отн. ед.}$	$h, \text{ м}$	$\rho_{\text{вп}}, \text{ Ом}\cdot\text{м}$	$k_{\text{н}}, \text{ отн. ед.}$	$h, \text{ м}$	$\rho_{\text{вп}}, \text{ Ом}\cdot\text{м}$	$k_{\text{н}}, \text{ отн. ед.}$	$h, \text{ м}$	$\rho_{\text{вп}}, \text{ Ом}\cdot\text{м}$	$k_{\text{н}}, \text{ отн. ед.}$
1120,4	17,32	0,19	1346,6	13,51	0,32	1392,7	75,82	0,05	1293,5	8,04	0,38
1121,5	12,41	0,27	1348,0	22,78	0,18	1393,4	23,14	0,13	1294,6	28,37	0,13
1122,6	12,85	0,26	1349,4	16,70	0,21	1394,4	10,62	0,27	1295,6	12,45	0,33
1123,2	27,08	0,12	1350,5	51,27	0,08	1395,5	13,15	0,31	1297,0	58,34	0,08
1124,1	12,85	0,26	1351,6	12,71	0,29	1397,0	15,09	0,24	1298,4	8,45	0,33
1125,1	18,28	0,17	1352,9	44,41	0,09	1397,8	15,66	0,18	1299,3	9,17	0,31
1126,1	20,28	0,17	1354,4	10,52	0,35	1399,2	8,15	0,31	1299,9	12,97	0,27
1127,4	15,74	0,21	1355,4	14,71	0,29	1400,6	98,18	0,04	1300,7	15,79	0,24
1128,4	13,41	0,27	1356,3	13,20	0,26	1402,2	36,70	0,10	1302,2	98,26	0,05
1129,5	10,24	0,30	1358,0	15,78	0,25	1403,3	8,82	0,36	1303,7	135,33	0,04
1130,1	19,28	0,17	1359,0	15,42	0,24	1404,7	9,57	0,33	1305,0	13,45	0,33
1131,3	10,24	0,30	1360,0	16,87	0,22	1405,4	12,67	0,23	1306,3	27,56	0,15
1132,6	13,43	0,23	1361,2	14,78	0,25	1406,5	13,01	0,21	1307,7	80,52	0,06
1134,1	12,60	0,29	1361,9	17,70	0,21	1408,2	13,48	0,30	1309,0	16,32	0,22
1135,1	21,77	0,15	1363,1	8,22	0,40	1409,8	26,17	0,14	1310,2	7,83	0,35
1136,3	18,28	0,17	1364,7	10,23	0,36	1411,4	12,56	0,25	1311,1	14,52	0,26
1137,7	9,59	0,32	1365,7	12,83	0,34	1412,2	36,97	0,09	1312,0	13,97	0,27
1138,7	19,25	0,18	1367,3	10,52	0,35	1413,2	38,97	0,09	1313,5	8,80	0,32
1139,4	9,75	0,35	1368,6	11,22	0,40	1413,9	25,47	0,12	1315,1	81,52	0,06
1140,7	22,77	0,15	1370,2	16,78	0,25	1415,1	11,59	0,37	1316,5	39,25	0,11
1141,3	17,25	0,18	1371,1	21,78	0,18	1416,2	23,03	0,16	1317,9	42,91	0,10
1142,8	14,43	0,23	1372,1	36,01	0,11	1417,5	17,67	0,19	1319,1	27,77	0,14
1144,3	10,60	0,29	1373,4	50,27	0,08	1418,8	15,31	0,22	1320,3	10,80	0,32
1145,7	17,32	0,19	1374,2	9,23	0,36	1420,0	72,82	0,05	1320,9	36,48	0,12
1146,8	24,04	0,13	1375,8	21,64	0,19	1421,3	74,82	0,05	1322,3	36,25	0,11
1148,2	12,34	0,25	1377,4	10,70	0,38	1423,0	40,97	0,09	1323,8	43,91	0,10
1149,4	21,45	0,16	1378,4	12,71	0,29	1424,4	53,63	0,07	1324,7	53,34	0,08
1150,3	20,28	0,17	1379,2	16,78	0,25	1425,5	12,05	0,35	1326,2	54,34	0,08
1150,9	8,75	0,35	1380,0	12,67	0,27	1426,8	31,27	0,11	1326,9	19,59	0,18
1151,9	9,02	0,34	1381,7	80,96	0,05	1428,5	10,59	0,37	1328,2	10,80	0,32

1. С помощью регрессионного анализа, установить зависимость коэффициента пористости от удельного электрического сопротивления породы. Использовать формулу Арчи, из которой следует, что

$$k_{\Pi} = \sqrt[m]{\rho_{\text{в}} / \rho_{\text{вп}}}.$$

2. Результаты представить в виде графика, как показано на рис. 4.1.

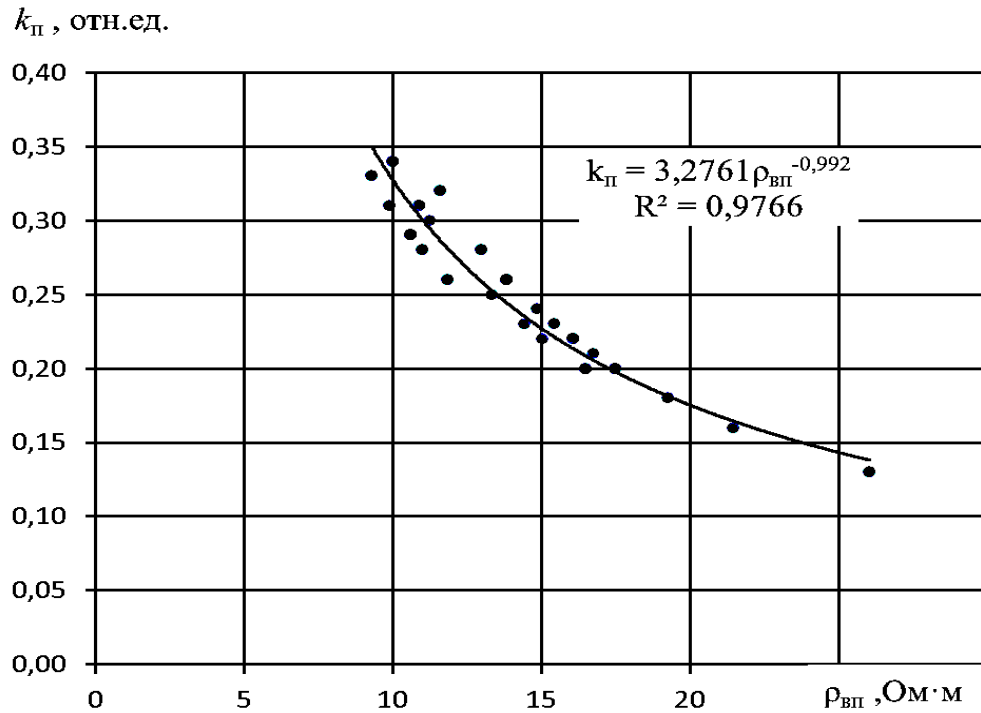


Рис. 4.1. Зависимость коэффициента пористости от удельного электрического сопротивления породы

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ КОЭФФИЦИЕНТОМ ПОРИСТОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД И СКОРОСТЬЮ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

Для литологического расчленения разреза скважин и определения коэффициента пористости в комплексе геофизических методов используется акустический метод. Пористость определяют по интервальному времени пробега продольной волны Δt . При интерпретации данных акустического каротажа (АК) применяют зависимость

$$k_{\Pi} = f(\Delta t), \quad (5.1)$$

полученную в лабораторных условиях на образцах керна.

Значение Δt возрастает при прочих равных условиях с увеличением пористости породы.

Для терригенных коллекторов зависимость $\Delta t = f(k_{\Pi})$ наиболее часто описывается уравнением вида $k_{\Pi} = a \cdot \Delta t + b$ (рис. 5.1).

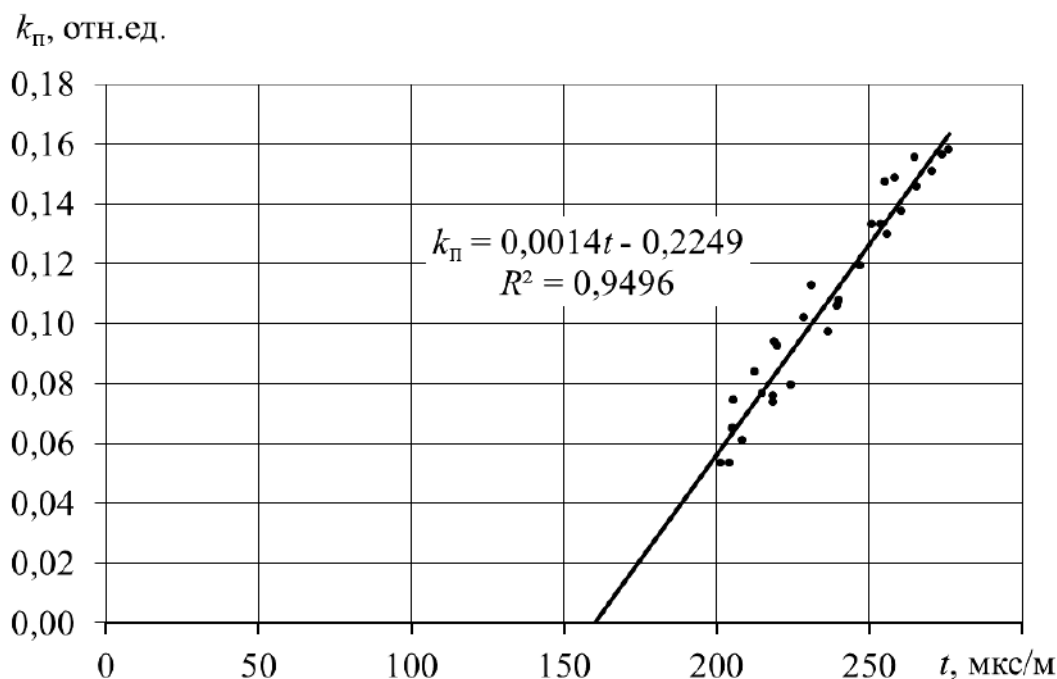


Рис. 5.1. Зависимость коэффициента пористости от интервального времени пробега продольной волны

Положение графика зависимости по отношению к осям координат определяется различными факторами:

- минеральным скелетом породы;
- характером и типом насыщающего флюида;
- степенью сцементированности зерен и типом цемента;

- присутствием глинистого материала;
- акустическим контактом между зернами;
- термобарическими условиями.

При $k_{\pi} = 0$ $\Delta t = \Delta t_{\text{ск}}$, которое определяется минеральным составом скелета породы. Но даже для мономинеральной однородной породы при нормальных атмосферных условиях $\Delta t_{\text{ск}}$ может изменяться в зависимости от состояния поверхности зерен и акустического контакта между ними.

Практическое исследование зависимости $\Delta t = f(k_{\pi})$ в большинстве случаев позволяет качественно и с минимальными ошибками проводить интерпретацию данных акустического каротажа.

Задание

По результатам исследования керна материала получены данные о его пористости, а по данным акустического каротажа получены данные об интервальном времени пробега продольной волны в породах разреза скважины (табл. 5.1).

1. Используя регрессионный анализ, установить зависимость коэффициента пористости от интервального времени пробега продольной волны в породах.
2. Результаты представить в виде графика, приведенного на рис. 5.1.
3. Определить интервальное время, соответствующее скелету породы $\Delta t = \Delta t_{\text{ск}}$.

Таблица 5.1

Результаты акустического каротажа скважины и исследования керна из нее

Но- мер п/п	<i>Вариант 1</i>		<i>Вариант 2</i>		<i>Вариант 3</i>		<i>Вариант 4</i>	
	Δt , мкс/м	k_n , отн. ед.	Δt , мкс/м	k_n , отн. ед.	Δt , мкс/м	k_n , отн. ед.	Δt , мкс/м	k_n , отн. ед.
1	231	0,099	213	0,080	250	0,164	237	0,140
2	205	0,063	219	0,097	277	0,209	241	0,148
3	272	0,173	272	0,172	290	0,248	231	0,138
4	270	0,170	205	0,073	273	0,203	221	0,118
5	255	0,139	219	0,089	278	0,219	234	0,145
6	202	0,048	273	0,176	260	0,183	226	0,118
7	277	0,175	226	0,095	238	0,143	254	0,179
8	229	0,099	219	0,097	265	0,201	231	0,133
9	228	0,096	221	0,086	277	0,226	211	0,103
10	248	0,126	207	0,083	251	0,176	214	0,110
11	220	0,075	249	0,146	273	0,213	236	0,147
12	270	0,170	258	0,161	288	0,231	272	0,190
13	221	0,076	262	0,153	230	0,133	239	0,137
14	273	0,161	213	0,074	283	0,229	210	0,089
15	218	0,071	232	0,114	288	0,225	205	0,072
16	210	0,080	235	0,111	215	0,098	257	0,171
17	252	0,126	275	0,179	235	0,147	279	0,214
18	211	0,083	231	0,104	245	0,154	252	0,163
19	220	0,096	207	0,079	258	0,175	255	0,157
20	204	0,063	223	0,101	212	0,095	233	0,123
21	227	0,097	204	0,061	238	0,147	244	0,142
22	216	0,074	243	0,132	277	0,210	237	0,137
23	206	0,071	242	0,127	228	0,126	209	0,096
24	264	0,144	275	0,183	272	0,209	223	0,121
25	222	0,091	223	0,104	246	0,174	208	0,084
26	238	0,100	257	0,149	221	0,118	219	0,119
27	202	0,061	269	0,175	217	0,104	263	0,186
28	277	0,169	212	0,088	247	0,173	215	0,098
29	262	0,143	201	0,053	214	0,114	236	0,129
30	221	0,090	243	0,121	279	0,209	244	0,159

Продолжение табл. 5.1

Но- мер п/п	Вариант 5		Вариант 6		Вариант 7		Вариант 8	
	Δt , мкс/м	$k_{п}$, отн. ед.	Δt , мкс/м	$k_{п}$, отн. ед.	Δt , мкс/м	$k_{п}$, отн. ед.	Δt , мкс/м	$k_{п}$, отн. ед.
1	232	0,083	265	0,154	278	0,270	285	0,327
2	263	0,113	217	0,069	304	0,313	292	0,348
3	267	0,125	254	0,144	296	0,303	227	0,223
4	280	0,131	205	0,062	305	0,331	239	0,238
5	244	0,088	181	0,021	217	0,164	229	0,224
6	244	0,092	213	0,065	276	0,277	275	0,312
7	252	0,094	240	0,105	243	0,222	286	0,333
8	227	0,071	228	0,103	289	0,296	213	0,189
9	205	0,036	244	0,128	275	0,274	273	0,324
10	204	0,032	235	0,095	293	0,300	234	0,216
11	235	0,072	278	0,173	286	0,279	234	0,243
12	274	0,121	237	0,102	250	0,231	257	0,261
13	211	0,045	251	0,130	293	0,296	261	0,275
14	250	0,093	199	0,054	226	0,194	300	0,358
15	249	0,105	271	0,164	254	0,230	273	0,301
16	237	0,086	252	0,134	231	0,178	265	0,290
17	226	0,068	195	0,052	310	0,339	251	0,258
18	241	0,087	277	0,171	275	0,267	235	0,246
19	280	0,146	186	0,040	298	0,313	285	0,333
20	240	0,076	200	0,052	269	0,248	288	0,322
21	204	0,030	229	0,098	279	0,277	291	0,325
22	256	0,109	277	0,175	266	0,252	284	0,319
23	241	0,082	251	0,130	248	0,229	230	0,229
24	238	0,079	279	0,166	240	0,217	235	0,226
25	224	0,064	196	0,039	241	0,219	247	0,253
26	267	0,122	193	0,049	275	0,266	310	0,392
27	200	0,038	257	0,137	239	0,207	213	0,177
28	205	0,040	205	0,073	267	0,246	287	0,335
29	271	0,129	194	0,040	307	0,325	216	0,199
30	243	0,091	260	0,138	251	0,238	280	0,305

Но- мер п/п	Вариант 9		Вариант 10		Вариант 11		Вариант 12	
	Δt , мкс/м	$k_{п}$, отн. ед.	Δt , мкс/м	$k_{п}$, отн. ед.	Δt , мкс/м	$k_{п}$, отн. ед.	Δt , мкс/м	$k_{п}$, отн. ед.
1	262	0,150	260	0,152	284	0,217	244	0,161
2	264	0,143	248	0,136	269	0,197	273	0,198
3	265	0,155	276	0,176	221	0,123	208	0,082
4	237	0,110	213	0,076	285	0,228	207	0,082
5	238	0,115	215	0,084	277	0,207	255	0,178
6	267	0,159	229	0,117	233	0,147	277	0,199
7	233	0,107	232	0,104	232	0,134	265	0,194
8	217	0,077	265	0,168	230	0,129	225	0,118
9	248	0,133	237	0,127	267	0,198	209	0,083
10	278	0,178	206	0,065	232	0,132	246	0,143
11	222	0,086	240	0,122	226	0,126	278	0,212
12	221	0,077	278	0,178	248	0,172	235	0,131
13	243	0,117	253	0,156	271	0,204	280	0,218
14	251	0,126	222	0,102	244	0,155	235	0,143
15	267	0,161	265	0,169	246	0,172	261	0,168
16	231	0,103	261	0,150	251	0,165	224	0,122
17	225	0,101	266	0,167	218	0,121	276	0,214
18	267	0,150	239	0,124	289	0,246	276	0,191
19	255	0,125	266	0,175	281	0,223	225	0,115
20	234	0,099	258	0,145	225	0,130	264	0,193
21	210	0,073	250	0,151	223	0,116	252	0,154
22	225	0,083	205	0,071	257	0,189	275	0,192
23	249	0,137	225	0,106	248	0,160	244	0,147
24	250	0,126	262	0,169	281	0,214	270	0,189
25	244	0,118	258	0,163	273	0,201	248	0,155
26	272	0,157	239	0,130	265	0,203	271	0,198
27	200	0,053	268	0,170	232	0,131	277	0,196
28	210	0,066	231	0,109	253	0,165	234	0,135
29	210	0,062	248	0,144	245	0,173	247	0,159
30	262	0,150	258	0,158	277	0,222	277	0,207

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД ПО КРИВОЙ КАПИЛЛЯРНОГО ДАВЛЕНИЯ

Относительную проницаемость образцов пород обычно рассчитывают по кривым капиллярного давления, полученным при лабораторном анализе керна. Кривые капиллярного давления строятся на основании опытных данных: насыщенности образцов пород жидкостью и давления вытеснения жидкости из поровой системы.

Проницаемость рассчитывают по характеристикам пор породы:

$$k = 0,05(\sigma \cos \theta)^2 k_{\text{п}} L \int_{x=0}^{x=1} \frac{dx}{P_{\text{к}}^2}, \quad (6.1)$$

где k – проницаемость; σ – поверхностное натяжение; θ – угол смачивания; $k_{\text{п}}$ – пористость; L – литологический коэффициент (относительная извилистость поровых каналов), в среднем равный 0,216; x – доля общего объема пустот системы, занятая жидкостью, содержащейся в керне или вытесняемой из него; $P_{\text{к}}$ – капиллярное давление.

Эффективная проницаемость для смачивающей фазы будет определяться как

$$k_{\text{эс}} = 0,05(\sigma \cos \theta)^2 k_{\text{п}} L \int_{x=0}^{x=x_c} \frac{dx}{P_{\text{к}}^2}. \quad (6.2)$$

Данный интеграл отличается от предыдущего пределами интегрирования.

И, наконец, относительная проницаемость смачивающей фазы (воды) будет

$$k_{\text{ос}} = \frac{k_{\text{эс}}}{k} = \frac{\int_{x=0}^{x=x_c} \frac{dx}{P_{\text{к}}^2}}{\int_{x=0}^{x=1} \frac{dx}{P_{\text{к}}^2}}, \quad (6.3)$$

а относительная проницаемость несмачивающей фазы (нефти) будет

$$k_{\text{ос}} = \frac{k_{\text{эс}}}{k} = \frac{\int_{x=x_c}^{x=1} \frac{dx}{P_{\text{к}}^2}}{\int_{x=0}^{x=1} \frac{dx}{P_{\text{к}}^2}}. \quad (6.4)$$

Для использования формулы расчета относительной проницаемости необходимо знать характер кривой капиллярного давления, по которой оба интеграла могут быть определены *графически*.

Методика расчета относительной проницаемости по кривым капиллярного давления сводится к следующему:

1. Экспериментально определенные кривые капиллярного давления $P_k = f(x)$ перестраиваются графически в функцию $1/P_k^2 = f(x)$ (рис. 6.1).

2. Для выбранных значений x рассчитывают значения интегралов в формулах (6.3) и (6.4). Значения искомых интегралов соответствуют площади под кривой $1/P_k^2 = f(x)$ для заданных пределов интегрирования.

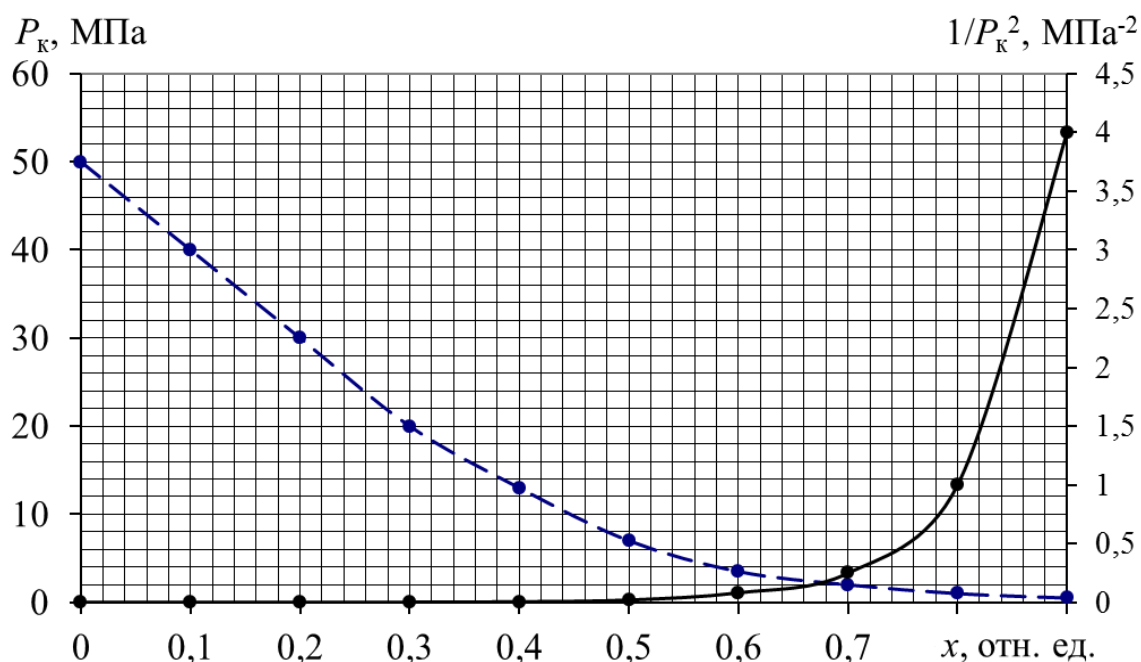


Рис. 6.1. Пример расчета функции $1/P_k^2 = f(x)$ (сплошная линия) по кривой капиллярного давления $P_k = f(x)$ (пунктирная линия)

Задание

По результатам лабораторных исследований кернового материала получены кривые капиллярного давления – зависимость насыщенности порового пространства породы жидкостью от давления вытеснения жидкости из пор (табл. 6.1).

1. Используя приложение *Excel*, для своего варианта построить кривую капиллярного давления $P_k = f(x)$, как показано на рис. 6.1.

2. Из значений P_k получить значения $1/P_k^2$ и построить график $1/P_k^2 = f(x)$ по вспомогательной оси, как показано на рис. 6.1.

3. Найти графически значения интегралов в формулах (6.3) и (6.4) как площади фигур, приняв границу между смачивающей (водой) и несмачивающей (нефтью) фазами $x_c = 0,7$. Площади фигур можно найти, подсчитав количество клеток внутри фигур.

Таблица 6.1

Результаты измерения капиллярного давления

x , отн.ед.	P_k , МПа											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	50	70	80	40	60	30	90	70	90	45	80	35
0,1	40	50	50	30	40	20	60	44,6	50	30	48	22
0,2	30	30	30	20	25	12	40	25,4	27	15	30	14
0,3	20	15	15	12	15	7	25	13,8	15	9	18	9
0,4	13	9	9	6	10	4	14	6,4	9	5	11	5,5
0,5	7	6	5	3	6	2	7	3,1	5	3	7	3
0,6	3,5	3,5	2,5	1,5	3,5	1	3,5	1,8	2,5	1,5	4	1,5
0,7	2	2	1	0,5	2	0,5	2	1,6	1	0,5	2	0,5
0,8	1	1	0,5	0,4	1	0,4	1	1,2	0,5	0,4	1	0,4
0,9	0,5	0,5	0,3	0,2	0,5	0,3	0,5	0,7	0,3	0,3	0,5	0,3
1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2

4. Вычислить относительную проницаемость смачивающей фазы (воды) и несмачивающей фазы (нефти) по формулам (6.3) и (6.4).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СВОБОДНОЙ, ФИЗИЧЕСКИ И ХИМИЧЕСКИ СВЯЗАННОЙ ВОДЫ ПО ДАННЫМ ТЕРМОГРАВИТОГРАММЫ

В поровом пространстве породы кроме свободной (гравитационной) воды может присутствовать также физически связанная вода. Химически связанная вода находится в кристаллической решетке минералов твердой фазы.

Химически связанная вода присутствует в минералах горных пород в виде молекул H_2O , входящих в кристаллы (кристаллизационная вода), или в виде ионов OH^- , H^+ , H_3O^+ кристаллической решетки минералов (конституционная вода).

Примером минералов с кристаллизационной водой является гипс, а также др. минералы гидрохимического происхождения – апсомит, гидроборацит, боронатрокальцит, диоптаз. Большинство минералов с кристаллизационной водой теряют ее при прокаливании до 200 – 600 °С.

Конституционную воду содержат все глинистые минералы и большое число минералов алюмосиликатного состава, не относящихся к глинистым минералам. Примеры минералов с конституционной водой – каолинит, пирофиллит, хлорит, мусковит, глауконит, биотит. Конституционная вода большинства минералов выделяется прокаливанием при температуре 400 – 1000 °С.

К **физически связанной воде** относят ту часть воды в поровом пространстве породы, которая остается в нем благодаря взаимодействию молекул воды с поверхностью минерального скелета породы, а также в результате влияния капиллярных сил.

Физически связанную воду можно удалить полностью путем высушивания образца с нагревом (105 – 160 °С) или в изотермическом режиме, экстрагированием образца в сокслете, частично – центрифугированием, капиллярным вытеснением или капиллярным впитыванием.

Содержание свободной, физически и химически связанной воды определяют при термическом анализе по диаграмме потери массы при прокаливании – термогравитограмме (ТГ), которая содержит кривые изменения массы m дозы изучаемого вещества и температуры T . Интерпретацию ТГ проводят с учетом характерных для каждо-

го минерала аномалий на кривых m и T , отражающих выделение химически связанной воды (рис. 7.1).

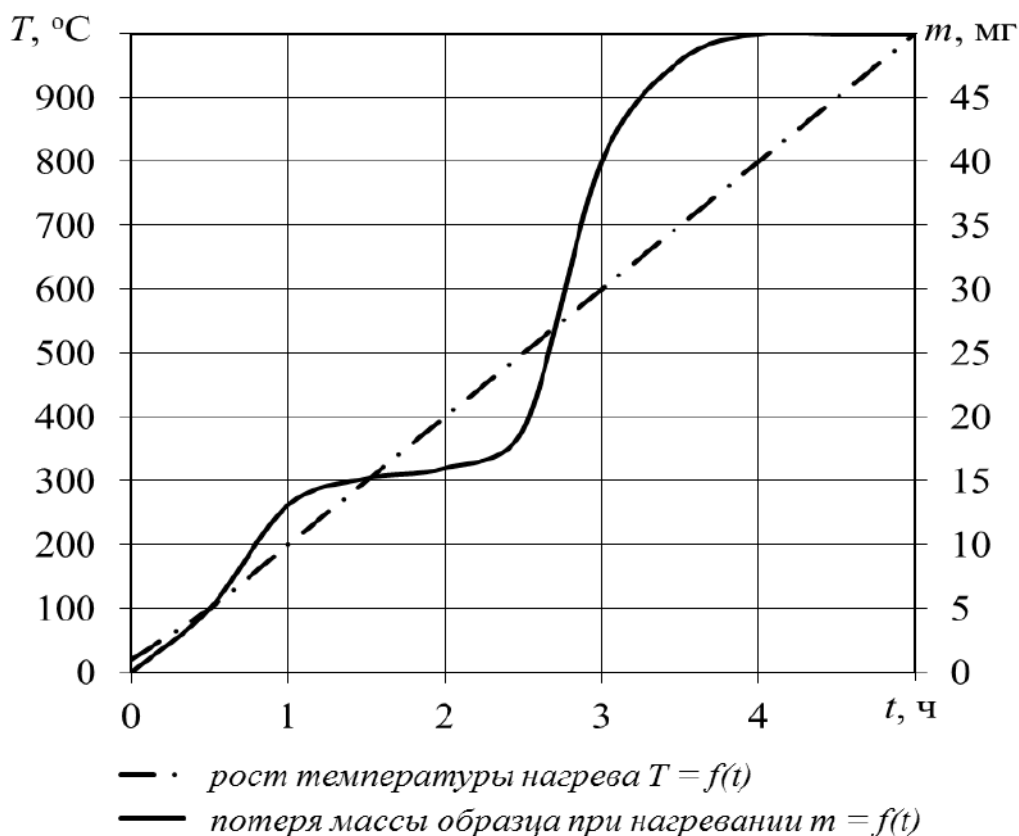


Рис. 7.1. Пример термогравитогрммы для каолинита

Задание

По результатам лабораторных исследований кернового материала получены термогравитогрммы (табл. 7.1).

1. Построить термогравитогрмму, согласно указанному варианту.

2. По термогравитогрмме определить:

а) общее количество воды m , выделившейся при нагревании образца;

б) количество свободной и физически связанной воды $m_{с+ф}$, выделившейся из образца при нагревании;

в) количество химически связанной воды m_x , выделившейся из образца при нагревании.

3. Рассчитать содержание свободной и физически связанной воды:

$$Q_{с+ф} = (m_{с+ф}/m) 100 \% . \quad (7.1)$$

4. Рассчитать содержание химически связанной воды:

$$Q_x = (m_x/m) 100 \% . \quad (7.2)$$

Таблица 7.1

Результаты термогравитометрии

		<i>Вариант</i>											
		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
<i>t</i> , ч	<i>T</i> , °C	<i>m</i> , г	<i>m</i> , г	<i>m</i> , г	<i>m</i> , г	<i>m</i> , г	<i>m</i> , г	<i>m</i> , г	<i>m</i> , г	<i>m</i> , г	<i>m</i> , г	<i>m</i> , г	<i>m</i> , г
0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5	100	5	5	5	5	5	5,5	5,5	7,5	7,0	6,5	6,5	8,0
1	200	13,1	9	7,5	10,2	10,2	14	14	19,7	12,6	9,8	13,3	16,3
1,5	300	15,2	9	7,5	12	12	14	17	22,8	12,6	9,8	15,6	19,2
2	400	16	9	7,5	12	12	14	17	24	12,6	9,8	15,6	19,2
2,5	500	19	10,5	15,1	12	12	14	17	28,5	14,7	19,6	15,6	19,2
3	600	40	28,8	23,3	20,9	21	20,9	24,2	60	40,3	30,3	27,2	33,4
3,5	700	47,9	41,8	30	32,6	37,8	37,8	47,5	71,9	58,5	39,0	42,4	60,5
4	800	50	45	35	40	50	60	70	75	63,0	45,5	52,0	80,0
4,5	900	50	45	35	40	50	60	70	75	63,0	45,5	52,0	80,0
5	1000	50	45	35	40	50	60	70	75	63,0	45,5	52,0	80,0

ИЗУЧЕНИЕ НЕОБРАТИМОГО УПЛОТНЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Давление и температура возрастают по мере увеличения глубины залегания пластов. В связи с этим влияние термодинамических условий на физические свойства пород-коллекторов приобретает важное значение. Если раньше эти факторы учитывались не всегда, то с развитием глубокого бурения прогнозирование свойств коллекторов стало необходимостью.

На больших глубинах породы испытывают воздействие высоких давлений и температур, в результате чего породы деформируются и изменяют свои физические свойства. Изменение **пористости** и **проницаемости** песчаников под действием давления определяется деформациями, которые изменяют объем порового пространства. Величина деформации зависит от состава и текстурно-структурных свойств породы.

Воздействие динамически напряженных зон, деформация осадочных пород оказывают влияние на фильтрационно-емкостные свойства коллекторов, параметры гидроразрыва пласта, обводненность добываемой продукции, осложнения и аварии при бурении и эксплуатации скважин (разрушение обсадных колонн).

Эффект необратимого уплотнения вмещающих пород необходимо учитывать и при проектировании разработки месторождений нефти и газа с целью выбора оптимального режима.

Деформацию и изменение физических свойств горных пород в общем случае рассматривают в зависимости от эффективного напряжения (давления):

$$P_{\text{эф}} = P - P_{\text{пл}}, \quad (8.1)$$

где P – среднее нормальное давление (горное давление в данной точке земной коры); $P_{\text{пл}}$ – пластовое (поровое) давление.

При изменении эффективного давления происходит объемная деформация скелета породы, несущего на себе нагрузку вышележащей толщи. Под действием изменившегося пластового давления дополнительно возникает деформация минералов, слагающих скелет породы, а при изменении температуры интенсивнее происходят вторичные процессы, изменяются механические свойства минералов и происходит их тепловое расширение (или сжатие).

Для определения среднего нормального давления в каком-то элементарном объеме пласта необходимо знать три главных нор-

мальных давления в этом объеме – P_x, P_y, P_z . Тогда

$$P = \frac{1}{3}(P_x + P_y + P_z). \quad (8.2)$$

В осадочных пористых породах, подвергавшихся механическим напряжениям в течение длительного геологического времени, на больших глубинах необратимые деформации подобны пластическим, при которых все главные нормальные напряжения равны между собой:

$$P = P_z = g \sum_{i=1}^n h_i \delta_{pi}, \quad (8.3)$$

где h_i – мощность i -го литологически однородного интервала; δ_{pi} – плотность пород i -го литологически однородного интервала.

Нормальное пластовое давление

$$P_{пл} = g \sum_{i=1}^n h_i \delta_{vi}, \quad (8.4)$$

где δ_{vi} – плотность пластовой воды в интервале h_i .

Для среды, состоящей из горизонтально залегающих бесконечных пластов, эффективное давление будет

$$P_{эф} = P - P_{пл} = g \sum_{i=1}^n h_i (\delta_{pi} - \delta_{vi}). \quad (8.5)$$

Если воспользоваться средними значениями плотностей пород и воды в данном разрезе, то

$$P_{эф} = P - P_{пл} = gh(\delta_{п.ср} - \delta_{в.ср}). \quad (8.6)$$

Если уравнение $k_{п} = V_{п} / V$ продифференцировать, то получим выражение для определения необратимого изменения коэффициента пористости с глубиной

$$\frac{dk_{п}}{k_{п}} = \frac{dV_{п}}{V_{п}} - \frac{dV}{V}. \quad (8.7)$$

Плотность породообразующих минералов мало изменяется с глубиной. Следовательно, изменение объема породы происходит главным образом за счет уменьшения порового пространства породы. Поэтому $dV \approx dV_n$. Тогда

$$\frac{dk_{п}}{(1 - k_{п})k_{п}} \approx \frac{dV_{п}}{V_{п}}. \quad (8.8)$$

Необратимые деформации осадочных горных пород оценивают через коэффициент необратимого уплотнения породы $\beta_{п}(t, T)$

(В. М. Добрынин), который зависит от времени уплотнения осадка t и его температуры T :

$$\beta_{\Pi}(t, T) = -\frac{1}{V_{\Pi}} \frac{dV_{\Pi}}{d(P - P_{\Pi})} = -\frac{1}{V_{\Pi}} \frac{dV_{\Pi}}{g(\delta_{\Pi.ср} - \delta_{в.ср})dh}. \quad (8.9)$$

Подставив это выражение в предыдущее, получим дифференциальное уравнение для определения закономерности уплотнения осадочных пород:

$$\frac{dk_{\Pi}}{(1 - k_{\Pi})k_{\Pi}} \approx -\beta_{\Pi}(t, T) g(\delta_{\Pi.ср} - \delta_{в.ср})dh. \quad (8.10)$$

Интегрирование этого уравнения позволяет получить выражение для описания изменения пористости осадочных пород с глубиной:

$$k_{\Pi}(h) = \frac{k_{\Pi}(0) \exp\{-\beta_{\Pi}(t, T) g(\delta_{\Pi.ср} - \delta_{в.ср})h\}}{1 - k_{\Pi}(0)[1 - \exp\{-\beta_{\Pi}(t, T) g(\delta_{\Pi.ср} - \delta_{в.ср})h\}]}, \quad (8.11)$$

где $k_{\Pi}(h)$ – пористость на глубине h ; $k_{\Pi}(0)$ – пористость пород на поверхности.

Коэффициенты необратимого уплотнения зависят от типа пород. Наибольшие их значения отмечаются у глинистых пород и мергелей, наименьшие – у кварцевых песчаников и уплотненных известняков. Изменение пористости осадочных пород с глубиной показано на рис. 8.1.

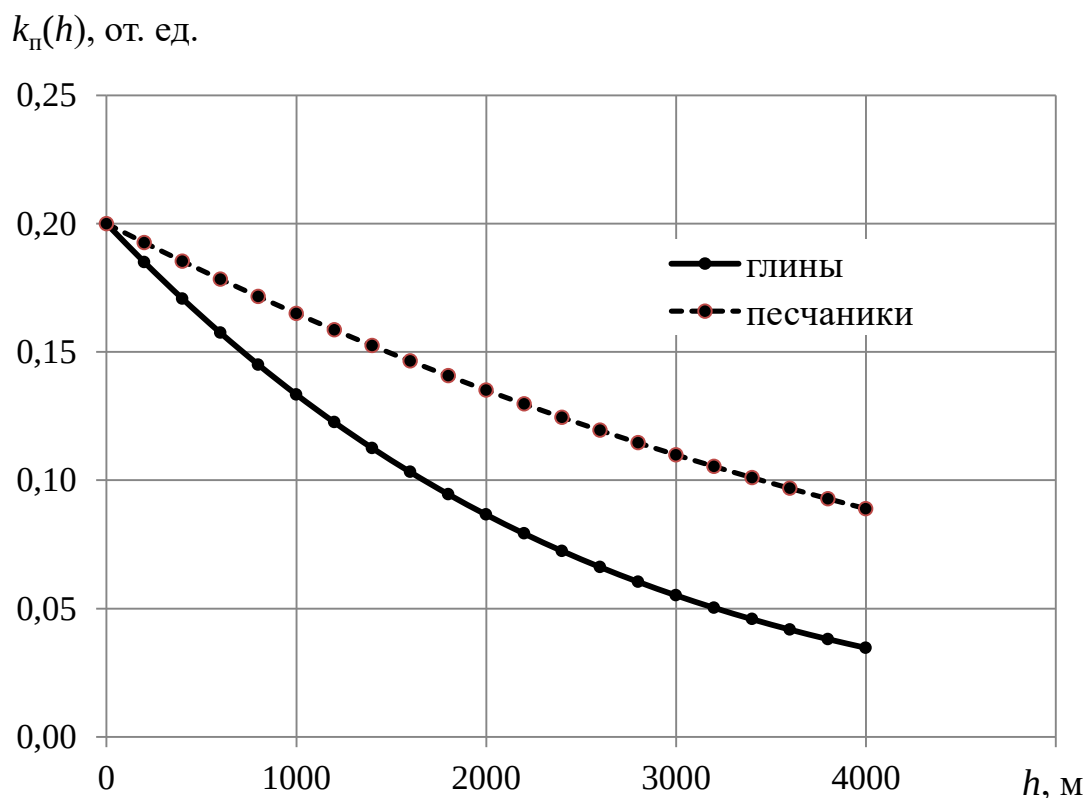


Рис. 8.1. Изменение коэффициента пористости породы с глубиной

Изменение коэффициента необратимого уплотнения глинистых пород во времени происходит по следующей закономерности, установленной эмпирическим путем (В. М. Добрынин, Л. А. Буряковский):

$$\beta_{\text{п}} = (26,6 \cdot \lg t - 8,42) 10^{-3}, \quad (8.12)$$

где t – геологический возраст пород в млн. лет.

На рис. 8.2 в линейном (а) и полулогарифмическом (б) масштабах приведена закономерность, отраженная в формуле (8.12).

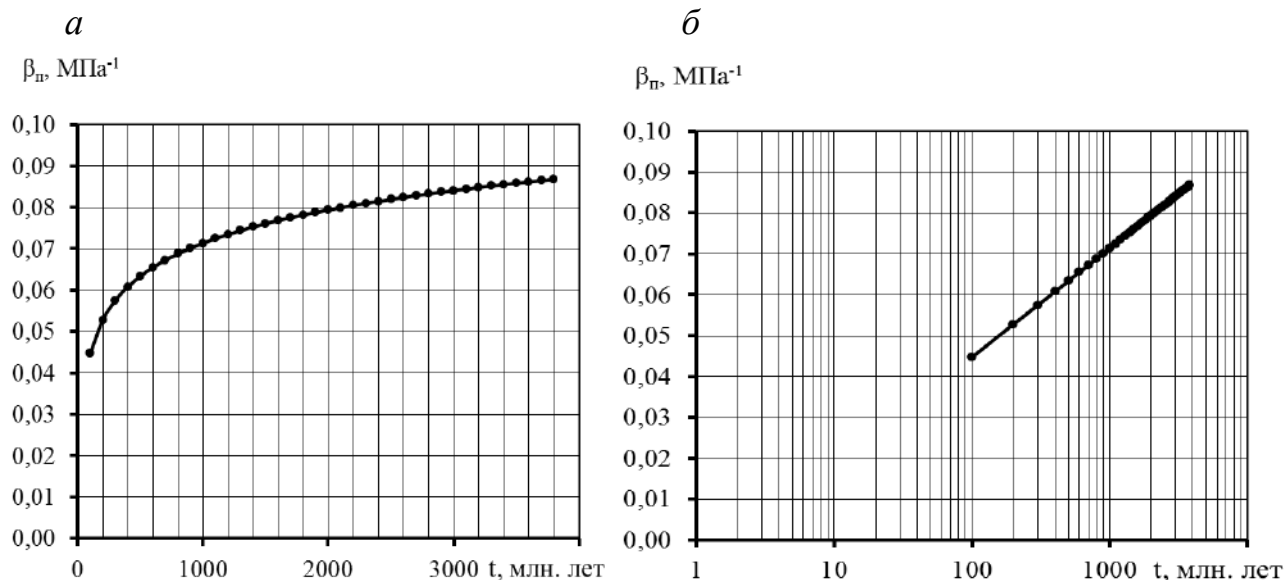


Рис. 8.2. Влияние геологического возраста глинистых пород t на коэффициент их необратимого уплотнения $\beta_{\text{п}}$:

a – линейный масштаб;
 b – логарифмический масштаб

Задание

1) Для указанных преподавателем пород (табл. 8.1) рассчитать зависимость коэффициента их пористости $k_{\text{п}}$ от глубины залегания h . Для расчета использовать формулу (8.11). Глубину h изменять от 0 до 4000 м с шагом 200 м. Плотность воды $\delta_{\text{в}}$ в порах пород принять равной 1 г/см^3 .

При расчетах значения плотности перевести из г/см^3 в кг/м^3 , значения $\beta_{\text{п}}$ – из МПа^{-1} в Па^{-1} .

Результаты представить в виде графика, как показано на рис 8.1. Сделать выводы.

2) Оценить влияние геологического возраста пород t на коэффициент необратимого уплотнения $\beta_{\text{п}}$ глинистых пород. Для этого, используя эмпирическую зависимость (8.12), построить график $\beta_{\text{п}}=f(t)$, как показано на рис. 8.2. Сделать выводы.

Таблица 8.1

Песчано-глинистые породы мезозоя-кайнозоя Туранской плиты

Порода	Вариант 1			Вариант 2			Вариант 3			Вариант 4		
	песчаник сла-боглинистый	глинистый алевролит	аргиллит	песчаник сла-боглинистый	песчаник глинистый	аргиллит	песчаник сла-боглинистый	глинистый алевролит	аргиллит	песчаник сла-боглинистый	песчаник глинистый	аргиллит
$k_n(0)$, отн. ед.	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18
δ_n , г/см ³	2,57	2,61	2,59	2,45	2,42	2,43	2,37	2,39	2,38	2,34	2,36	2,35
β_n , МПа ⁻¹	15,6	31,1	40,4	16,4	30,3	42,2	16,7	32,4	44,1	17,0	33,1	46,3
Порода	Вариант 5			Вариант 6			Вариант 7			Вариант 8		
	песчаник сла-боглинистый	глинистый алевролит	глина	песчаник сла-боглинистый	песчаник глинистый	тонкоотмученные глины	песчаник сла-боглинистый	глинистый алевролит	глина	песчаник сла-боглинистый	песчаник глинистый	тонкоотмученные глины
$k_n(0)$, отн. ед.	0,2	0,2	0,2	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23
δ_n , г/см ³	2,31	2,33	2,32	2,3	2,31	2,3	2,24	2,22	2,25	2,11	2,13	2,12
β_n , МПа ⁻¹	17,6	34,3	47,9	18,1	34,7	48,6	18,7	35,2	48,9	19,1	35,8	49,3
Порода	Вариант 9			Вариант 10			Вариант 11			Вариант 12		
	песчаник сла-боглинистый	глинистый алевролит	аргиллит	песчаник сла-боглинистый	песчаник глинистый	аргиллит	песчаник сла-боглинистый	глинистый алевролит	аргиллит	песчаник сла-боглинистый	песчаник глинистый	аргиллит
$k_n(0)$, отн. ед.	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18
δ_n , г/см ³	2,44	2,48	2,46	2,33	2,30	2,31	2,25	2,27	2,26	2,22	2,24	2,23
β_n , МПа ⁻¹	14,8	29,5	38,4	15,6	28,8	40,1	15,9	30,8	41,9	16,2	31,4	44,0

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александрова Ж. Н.* Петрофизика коллекторов: учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. – 153 с.
2. *Петрофизика (физика горных пород)*: учеб. для вузов / под ред. Д. А. Кожевникова – М.: Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2004. – 368 с.
3. *Дахнов В. Н.* Геофизические методы определения коллекторских свойств и нефте-газонасыщения горных пород. – М.: Недра, 1985. – 310 с.
4. *Интерпретация результатов геофизических исследований нефтяных и газовых скважин*: справочник / под ред. В. М. Добрынина. – М.: Недра, 1988. – 476 с.
5. *Кобранова В. Н.* Петрофизика: учеб. для вузов. – М.: Недра, 1986. – 392 с.

Учебное издание

Александрова Жанна Николаевна

ПРАКТИКУМ ПО ПЕТРОФИЗИКЕ

Часть 1

Руководство по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Петрофизика» для студентов
специализации «Геофизические методы исследования скважин»
направления 21.05.03 – «Технология геологической разведки»
очной и заочной форм обучения

Редактор изд-ва *В. В. Баклаева*
Компьютерная верстка *Ж. Н. Александровой*

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат 60 x 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 2,3. Уч.-изд. л. 2,05. Тираж 80. Заказ

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

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому
комитету
С.А. Уиоров



ПРАКТИКУМ ПО ПЕТРОФИЗИКЕ

Часть 2

Специальность:

21.05.03 Технология геологической разведки

форма обучения: очная, заочная

Автор: Александрова Ж. Н.

Екатеринбург

2020



**Федеральное агентство по образованию
ФГБОУ ВО**

**«Уральский государственный горный
университет»**

Ж. Н. Александрова

ПРАКТИКУМ ПО ПЕТРОФИЗИКЕ

Руководство по выполнению практических работ
по дисциплине «Петрофизика» для студентов
специализации «Геофизические методы исследования скважин»
специальности 21.05.03 Технология геологической разведки
очной и заочной формы обучения

Часть 2

**Екатеринбург
2020**

Федеральное агентство по образованию
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией
факультета геологии и геофизики УГГУ
20.03. 2020 г.
Председатель комиссии

проф. В.И. Бондарев

Ж. Н. Александрова

ПРАКТИКУМ ПО ПЕТРОФИЗИКЕ

Руководство по выполнению практических работ
по дисциплине «Петрофизика» для студентов
специализации «Геофизические методы исследования скважин»
специальности 21.05.03 Технология геологической разведки
очной и заочной формы обучения

Часть 2

Рецензент: Писецкий В.Б., д-р геол.-мин. наук, профессор,
заведующий кафедрой геоинформатики УГГУ

Методическое руководство рассмотрено на заседании кафедры геофизики « 05 » 03 2020 г. (протокол № 12) и рекомендовано к изданию в УГГУ.

Александрова Ж.Н.

- А46 Практикум по петрофизике: руководство по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Петрофизика» для студентов специализации «Геофизические методы исследования скважин» специальности 21.05.03 Технология геологической разведки очной и заочной формы обучения. Часть 2 / Ж.Н. Александрова; Уральский гос. горный ун-т. – Екатеринбург: изд-во УГГУ, 2020. – 54 с.

Успешное использование геофизических методов в нефтегазовой отрасли возможно только при детальном изучении петрофизических характеристик горных пород. Это в особенности относится к геофизическим методам исследования скважин, так как по данным определения физических свойств не только выделяются отдельные разности пород, но и с высокой точностью устанавливаются их элементный состав, содержание полезных ископаемых и т.д.

Для каждой практической работы дано краткое изложение теоретических основ и порядок работы.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности «Технология геологической разведки» со специализацией «Геофизические методы исследования скважин».

© Александрова Ж.Н., 2020
© Уральский государственный
горный университет, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
<i>Лабораторная работа № 1</i> Определение содержания естественно радиоактивных элементов в горных породах.....	5
<i>Лабораторная работа № 2.</i> Исследование корреляционно-функциональной связи между радиоактивностью и глинистостью терригенных отложений.....	15
<i>Лабораторная работа № 3.</i> Определение линейного коэффициента ослабления гамма-излучения при прохождении через вещество	20
<i>Лабораторная работа № 4.</i> Исследование связи между пористостью терригенных отложений и рассеянием гамма-квантов в них	23
<i>Лабораторная работа № 5.</i> Расчет нейтронных параметров горных пород	26
<i>Лабораторная работа № 6.</i> Изучение влияния минерализации пластовой воды на нейтронные параметры коллекторов	33
<i>Лабораторная работа № 7.</i> Изучение пористости горных пород по данным ядерно-магнитных исследований керна	36
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	54

ВВЕДЕНИЕ

Методы ядерной геофизики в настоящее время являются информационным ядром современного комплекса ГИС, используемого при изучении месторождений углеводородов. Именно ядерные методы ГИС считаются наиболее перспективным направлением, так как они характеризуются высокой информативностью и дают возможность выполнять исследования в ситуациях, когда большинство других методов невозможно использовать, например, в обсаженных скважинах.

Интерпретационно-алгоритмическое обеспечение ядерных методов ГИС невозможно без петрофизического обоснования. Установление связей между фильтрационно-емкостными свойствами пород и их гамма-лучевыми и нейтронными свойствами, а также естественной радиоактивностью является основой интерпретации результатов измерений гамма- и нейтронных потоков в скважинах. Наличие петрофизических связей позволяет перейти от измеренных параметров к параметрам, характеризующим литологию, фильтрационно-емкостные свойства пород, вещественный состав и т.д.

К основным радиационным (радиоактивным и ядерно-физическим) свойствам минералов и горных пород относят естественную радиоактивность, а также их способность по-разному рассеивать и поглощать гамма-кванты или нейтроны разных энергий.

Значительная дифференциация горных пород по естественной радиоактивности позволяет по интенсивности естественного гамма-излучения проводить литологическое расчленение разрезов скважин, определять глинистость, проводить корреляцию отложений, литолого-генетический и георитмологический анализ и др.

По степени ослабления гамма-излучения (из-за рассеяния и поглощения в веществе) можно определять плотность горных пород, их пористость, изучать техническое состояние скважин, свойства бурового раствора и т.д.

Нейтронные свойства горных пород связаны с их пористостью, водо-, нефте- и газонасыщенностью, химическим составом твердой и жидкой фаз и др. Поэтому, измеряя пространственно-энергетическое и временное распределение нейтронов в горных породах, можно определять их коллекторские свойства, выявлять продуктивные объекты и прогнозировать их промышленные запасы, контролировать разработку отдельных залежей и целых месторождений, проводить элементный анализ пород и решать другие важные задачи.

Определение содержания естественно радиоактивных элементов в горных породах

В геологическую практику прочно вошли методы ядерной геофизики, использующие естественные и искусственные процессы радиоактивности для решения ряда научных и прикладных задач.

Естественная радиоактивность горных пород определяется, прежде всего, радиоактивностью породообразующих минералов. В зависимости от качественного и количественного состава минералов, входящих в состав горных пород, условий образования, возраста и степени метаморфизма их радиоактивность изменяется в очень широких пределах.

Так как большая часть нефтегазовых месторождений приурочено к терригенным отложениям, то объектом изучения в нефтегазопромысловой геологии в основном являются осадочные породы. К практически нерадиоактивным относятся такие осадочные породы как ангидрит, гипс, каменная соль, известняк, доломит, кварцевый песок и др. Средняя радиоактивность характерна для заглинизированных песков, песчаников, известняков и доломитов, алевроитов и мергелей, причем их радиоактивность возрастает с ростом степени глинистости. Повышенная радиоактивность характерна для глин, глинистых сланцев, фосфоритов и калийных солей. Часто повышенной радиоактивностью обладают каменные угли и битумы, иногда и чистые пески, песчаники и известняки, если они обогащены монацитовыми, глауконитовыми фракциями.

Значительная дифференциация горных пород по естественной радиоактивности является основой бескернового изучения геологического разреза скважин.

В нефтегазовой геологии радиоактивность горных пород изучают для решения следующих задач:

- установления пределов изменения гамма-активности литологически различных пород с целью корреляции немых толщ и классификации пород по минеральному составу;
- выяснения закономерностей изменения гамма-активности и содержания радиоактивных элементов в зависимости от глинистости в отложениях с одинаковым минеральным составом тонкодисперсных фракций;
- реконструкции условий осадконакопления пород и выяснения

цикличности процессов их образования (литолого-генетический анализ);

- выяснения связей концентрации радиоактивных элементов с фациальной характеристикой отложений и тектоническим развитием структур, благоприятных для скопления нефти и газа;

- выяснения взаимоотношения радиоактивности пород с их геохимическими особенностями: доломитизацией известняков, битуминизацией пород и радиогеохимическими аномалиями в зоне водонефтяных контактов (ВНК).

Основным методом изучения естественной радиоактивности горных пород в разрезе скважин является гамма-каротаж (ГК). С его помощью в нефтегазопромысловой геологии проводят количественное определение содержаний калия, урана и тория (спектрометрическая модификация ГК) и суммарного содержания радиоактивных элементов (интегральная модификация ГК). На этом основана возможность определения глинистости, идентификации минерального состава глинистого материала, оценки содержания органического вещества, изучения условий осадконакопления с помощью литолого-генетического анализа.

Высокая петрофизическая информативность ГК обусловлена особой ролью глин и конкретных глинистых минералов в формировании залежей углеводородов, определяющим влиянием глин на фильтрационно-емкостные свойства коллекторов. В скважинах, заполненных соленой промывочной жидкостью, когда кривая ПС слабо дифференцирована, глинистость нельзя определить без учета данных ГК.

Спектрометрическая модификация ГК (ГК-С) основана на том, что гамма-кванты радиоактивных элементов имеют разную энергию и, соответственно, спектры излучения этих элементов существенно отличаются (рис. 1.1, 1.2, 1.3).

Основными γ -излучателями в семействе урана являются продукты распада радия (Ra^{226}) и радона (Rn^{222}). Важной особенностью этого семейства является то, что на долю продуктов распада урана, расположенных в цепи превращения до радия, приходится всего лишь около 2% от общего γ -излучения ряда. Вследствие этого при нарушении в горных породах радиоактивного равновесия между ураном и радием, приводящего к недостатку радия, γ -активность горных пород резко снижается, и, наоборот, породы, обогащенные солями радия или радоном, даже при отсутствии в них урана являются γ -активными.

В семействе тория основные γ -излучатели распределены относительно равномерно.

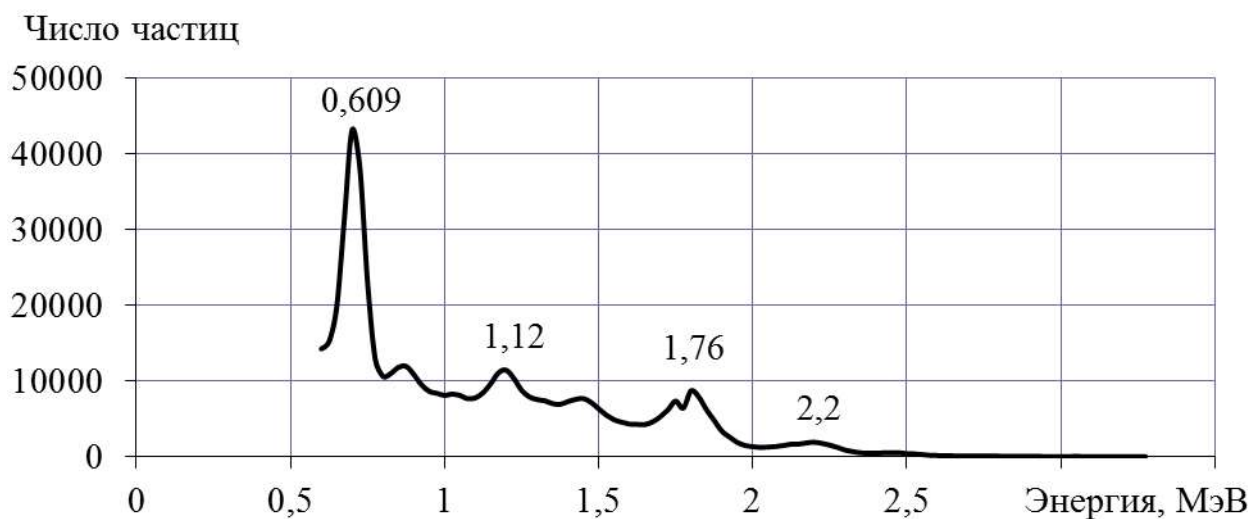


Рис. 1.1. Аппаратурный спектр гамма-излучения урана и продуктов его распада

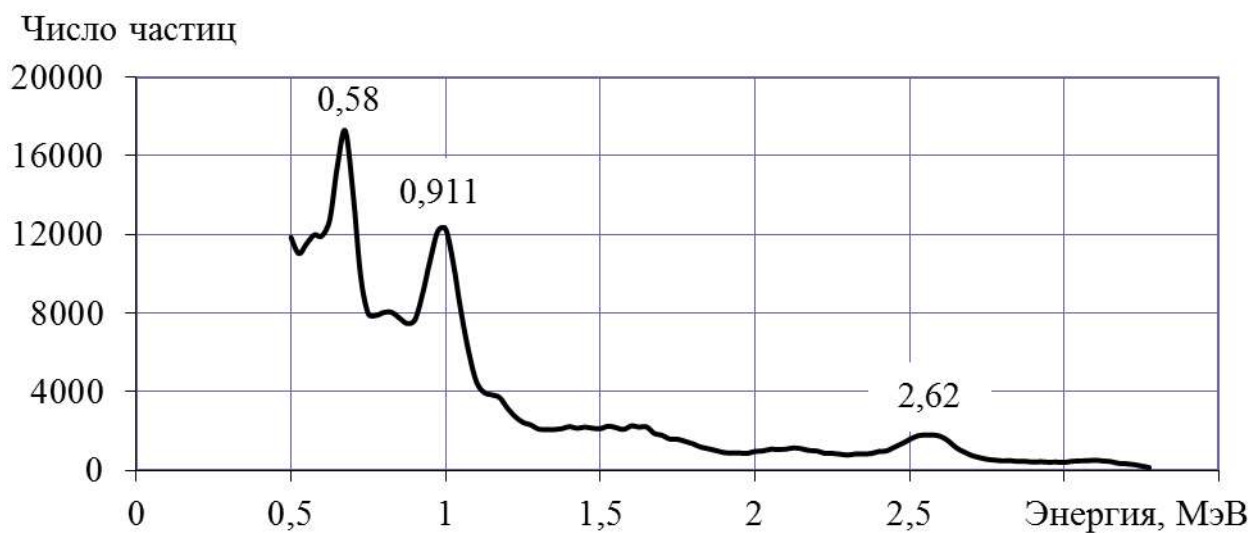


Рис. 1.2. Аппаратурный спектр гамма-излучения тория и продуктов его распада

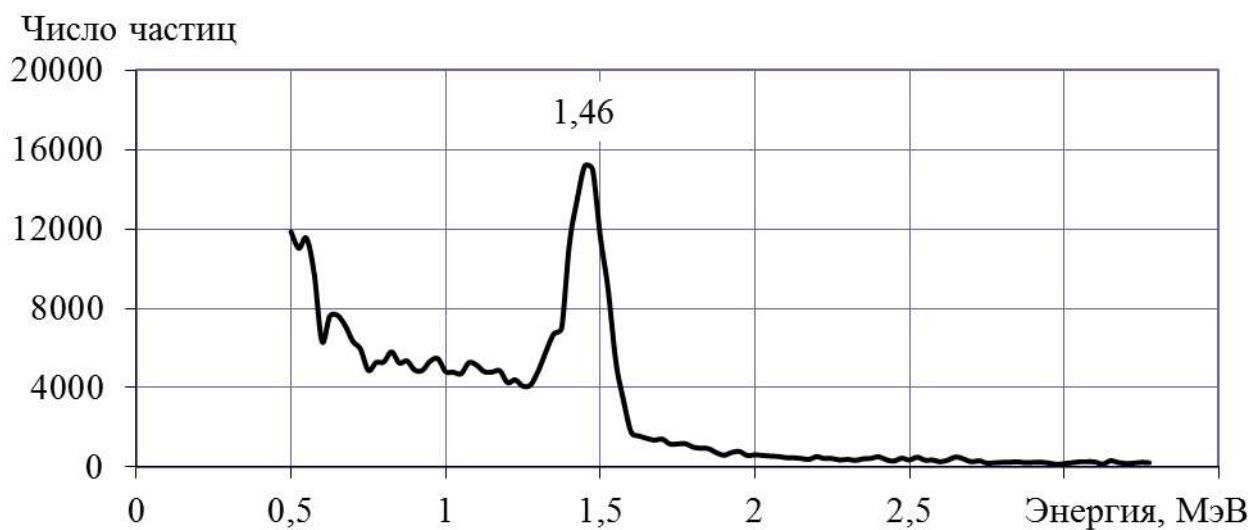


Рис. 1.3. Аппаратурный спектр гамма-излучения калия

У изотопа K^{40} на спектре только одна линия.

В таблице 1.1 приведены сведения об основных γ -излучателях в рядах урана и тория, а также для изотопа K^{40} .

Таблица 1.1

Основные γ -излучатели в ряду урана						
Изотоп	Pb^{214}	Pb^{214}	Bi^{214}	Bi^{214}	Bi^{214}	Bi^{214}
E (МэВ)	0,295	0,352	0,609	1,112	1,764	2,204
% выхода	10,0	19,4	22,3	7,8	8,4	2,6
Основные γ -излучатели в ряду тория						
Изотоп	Pb^{212}	Ac^{228}	Tl^{208}	Ac^{228}	Ac^{228}	Tl^{208}
E (МэВ)	0.239	0.338	0.583	0.911	0.967	2.615
% выхода	22,5	6,2	15,0	14,5	11,5	17,9
γ -излучатели среди изотопов калия						
Изотоп	K^{40}					
E (МэВ)	1,46					
% выхода	100					

Для изучения спектра гамма-излучения используются детекторы, регистрирующие гамма-излучение и передающие сигналы на анализатор импульсов в виде различных амплитуд, соответствующих определенному энергетическому уровню. Детекторы могут быть двух типов: сцинтилляционные и полупроводниковые.

Полупроводниковые (германий-литиевые) обладают малыми размерами и высокой разрешающей способностью ($E_{\gamma}=0,2\div2,5$ МэВ). Однако трудности создания больших объемов чувствительной области и относительно невысокая чувствительность ($\varepsilon = 1\div10$ %) регистрации гамма-квантов препятствуют широкому их использованию, особенно для низкоактивных пород. Изучение гамма-спектров низкоактивных пород производится главным образом сцинтилляционными детекторами.

Регистрация импульсов, поступающих от детекторов, осуществляется многоканальными анализаторами импульсов. Каждый канал способен накапливать импульсы определенной амплитуды, соответствующие установленной энергии гамма-квантов.

Определение содержания урана, радия, тория и калия заключается в регистрации спектров гамма-излучения образца породы, эталонов перечисленных элементов, фона с последующей количественной обработкой результатов измерений.

Спектр гамма-излучения, зарегистрированный амплитудным анализатором импульсов, называется аппаратным спектром (рис.1.1, 1.2, 1.3). Этот спектр существенно отличается от первичного спектра гамма-излучения радиоизотопа вследствие сложных процессов взаимодействия гамма-квантов с веществом сцинтиллятора, а также из-за статистических процессов, возникающих в фотоумножителе и анализаторе.

Дифференциация аппаратных спектров улучшается с уменьшением разрешающей способности спектрометра, которая оценивается величиной R , равной отношению ширины $\Delta E_{1/2}$ фотопика изотопа на половине его высоты к энергии E_0 первичного гамма-излучения (рис. 1.4).

$$R = (\Delta E / E_0) \cdot 100 \% \quad (1.1)$$

Величина R равна $6 \div 10 \%$ для гамма-спектрометров на сцинтилляционных и $0,1 \div 1 \%$ на полупроводниковых детекторах.

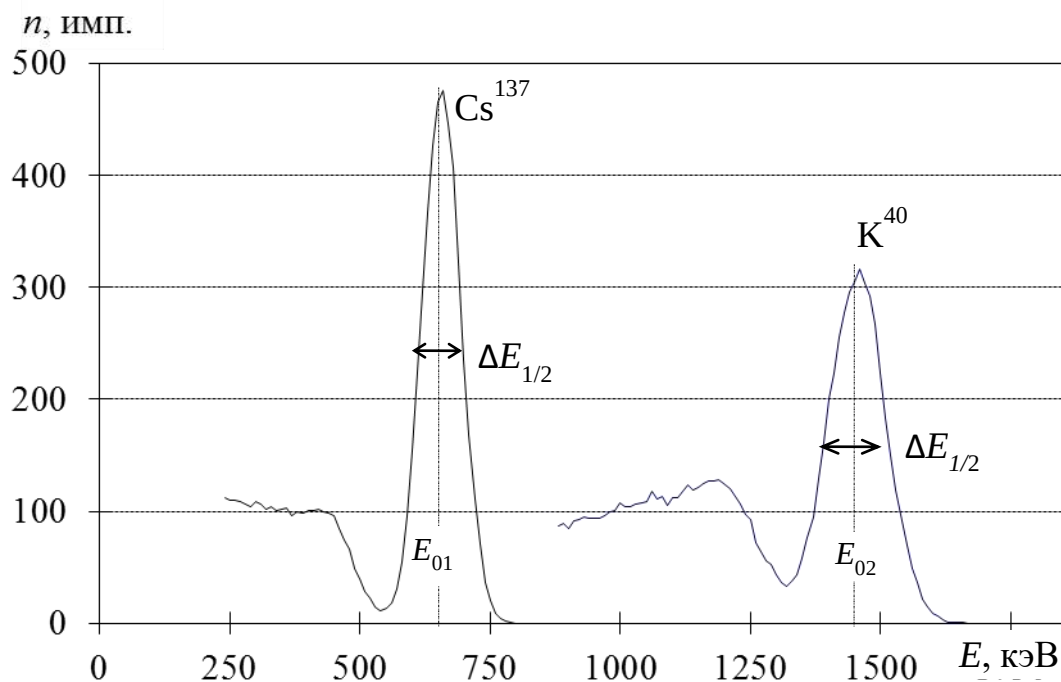


Рис. 1.4. Определение энергетического разрешения спектрометра

Идентификация радиоактивных элементов осуществляется по энергиям фотопиков анализируемого аппаратного спектра, градуировку энергетической шкалы которого осуществляют по зависимости номера канала спектрометра от энергии эталонных излучателей: Cs^{137} ($E_0 = 0,662 \text{ МэВ}$), Co^{60} ($E_0 = 1,17$ и $1,33 \text{ МэВ}$), а также эталонов Ra, Th, K и их изотопов RaC, RaC", ThC, ThC", MsTh₂, ThB (рис. 1.5).

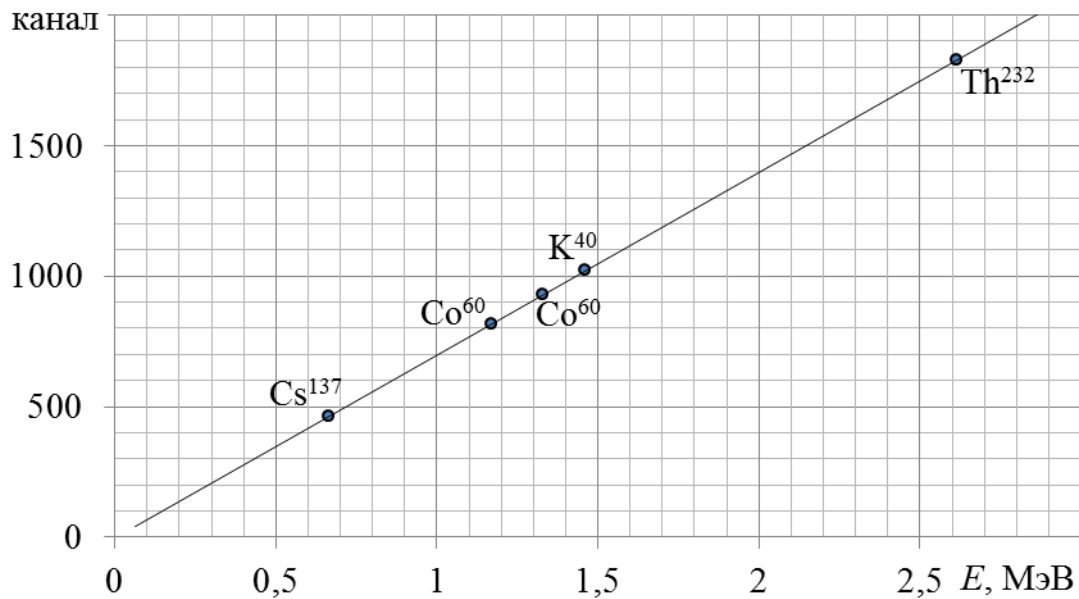


Рис. 1.5. Калибровка энергетической шкалы спектрометра.

Концентрация радиоактивных элементов определяется путем сравнения интенсивностей гамма-излучения анализируемой породы I_{π} и i -х эталонов (Ra, Th и K) в определенных j -х интервалах энергий E_j .

Регистрируемая интенсивность гамма-излучения для определенного интервала энергий спектра складывается из интенсивности излучения породы $I_{\pi j}$ и фона $I_{\phi j}$.

$$I_{\pi+\phi} = I_{\pi j} + I_{\phi j} \quad (1.2)$$

Величина $I_{\pi j}$ является суммой интенсивностей излучения отдельных i -х радиоактивных элементов в данном j -м интервале энергий:

$$I_{\pi j} = \sum_{i,j=1}^N a_{ij} \cdot Q_{ij} \quad (1.3)$$

где a_{ij} — спектральный коэффициент, равный интенсивности гамма-излучения, зарегистрированной в j -м интервале энергий от единичной концентрации i -го радиоактивного элемента и Q_i — концентрации i -того элемента в образце.

Концентрации Q_i радиоактивных элементов могут быть найдены решением системы уравнений (1.3), в которых a_{ij} и $I_{\pi j}$ определяются экспериментально.

Величина интенсивности $I_{\pi j}$ наиболее точно может быть определена по площади соответствующего фотопика. На практике величина $I_{\pi j}$ обычно определяется либо по модальному (максимальному) значению интенсивности в фотопике, либо по сумме нескольких значений $I_{\pi j}$ в области максимума фотопика.

При спектроскопии естественного гамма-излучения горных пород с помощью сцинтилляционных детекторов для определения радия, тория и калия обычно используют один из фотопиков: радия — 0,35; 0,607 или 1,761 МэВ; тория — 0,238; 0,907 или 2,62 МэВ, калия — 1,46 МэВ (табл. 1.2).

Часто при количественной обработке для повышения точности используют две системы энергетических интервалов — в мягкой (0,35; 0,238 и 1,46 МэВ) и жесткой (1,76; 2,62 и 1,46 МэВ) областях спектра.

Для повышения чувствительности гамма-спектрометрической установки рекомендуется применять большие кристаллы NaJ(Tl) (до 100x150 мм) и навески образцов до 1500 г. Во избежание искажающего влияния рассеянного гамма-излучения на анализируемый спектр, в случае изучения больших объемов образца и в целях сопоставления результатов лабораторных и скважинных исследований, рекомендуется использовать жесткую часть спектра с энергией гамма-квантов выше 0,5 МэВ. Исходя из условий минимизации погрешностей, для количественной обработки спектрограмм гамма-излучения горных пород используют фотопики, соответствующие энергиям 0,607 МэВ (RaC); 0,907 МэВ (MsTh₂) и 1,46 МэВ (K⁴⁰).

Содержание Q_{Ra} радия, Q_{Th} тория и Q_K калия рассчитывают решением системы уравнений:

$$\begin{cases} I_{Ra} = a_1 Q_K + a_2 Q_{Ra} + a_3 Q_{Th}, \\ I_{Th} = b_1 Q_K + b_2 Q_{Ra} + b_3 Q_{Th}, \\ I_K = c_1 Q_K + c_2 Q_{Ra} + c_3 Q_{Th}. \end{cases} \quad (1.4)$$

Числовые значения спектральных коэффициентов a_i , b_i , c_i , входящих в уравнение (1.4), определяют экспериментально при регистрации спектров гамма-излучения радиевого, ториевого и калиевого эталонов и рассчитывают по соотношению

$$a_i, b_i, c_i = \frac{(I_{\text{эти}} - I_{\text{фj}}) m_{\text{п}}}{m_{\text{эти}} Q_{\text{эти}}}, \quad (1.5)$$

где $I_{\text{эти}}$ - интенсивность гамма-излучения, регистрируемая от данного i -го эталона в определенном j -м энергетическом интервале; $I_{\text{фj}}$ - фоновая интенсивность гамма-излучения в том же j -м энергетическом интервале (имп/мин); $m_{\text{п}}$ и $m_{\text{эти}}$ - масса породы (г) и соответствующих эталонов; $Q_{\text{эти}}$ - концентрация соответствующего радиоэлемента в i -м эталоне (г/г или %).

Решение системы (1.4) уравнений может быть записано в сле-

дующем виде:

$$\begin{aligned} Q_{\text{Ra}} &= A_1 I_{\text{K}} + A_2 I_{\text{Ra}} + A_3 I_{\text{Th}}, \\ Q_{\text{Th}} &= B_1 I_{\text{K}} + B_2 I_{\text{Ra}} + B_3 I_{\text{Th}}, \\ Q_{\text{K}} &= C_1 I_{\text{K}} + C_2 I_{\text{Ra}} + C_3 I_{\text{Th}}, \end{aligned} \quad (1.6)$$

где $I_{\text{K}}, I_{\text{Ra}}, I_{\text{Th}}$ – интенсивности гамма-излучения пробы, зарегистрированные соответственно в калиевом, радиевом и ториевом энергетических интервалах; A_i, B_i, C_i – коэффициенты разделения (коэффициенты обратной матрицы, составленной из коэффициентов a_i, b_i, c_i , которые вычисляются по следующим формулам

$$A_1 = \frac{b_2 c_3 - b_3 c_2}{D}, \quad A_2 = \frac{b_3 c_1 - b_1 c_3}{D}, \quad A_3 = \frac{b_1 c_2 - b_2 c_1}{D}, \quad (1.7)$$

$$B_1 = \frac{c_2 a_3 - c_3 a_2}{D}, \quad B_2 = \frac{c_3 a_1 - c_1 a_3}{D}, \quad B_3 = \frac{c_1 a_2 - c_2 a_1}{D}, \quad (1.8)$$

$$C_1 = \frac{a_2 b_3 - a_3 b_2}{D}, \quad C_2 = \frac{a_3 b_1 - a_1 b_3}{D}, \quad C_3 = \frac{a_1 b_2 - a_2 b_1}{D}. \quad (1.9)$$

Здесь $D = a_1(b_2 c_3 - b_3 c_2) + a_2(b_3 c_1 - b_1 c_3) + a_3(b_1 c_2 - b_2 c_1)$.

Лабораторные спектрометры энергий гамма-излучения, как правило, состоят из сцинтилляционного блока детектирования с кристаллом NaJ(Tl), свинцовой защиты, амплитудно-цифрового преобразователя, встроенного в материнскую плату персонального компьютера и принтера.

Установка «Гамма-01С» (рис. 1.6) позволяет выполнять качественный и количественный анализ разнообразных проб окружающей среды на содержание гамма-излучающих радионуклидов. Диапазон регистрируемых энергий гамма-излучения от 0,03 до 3 МэВ. Относительное энергетическое разрешение по линии 0,662 МэВ не более 8,3 %. Данный спектрометр имеет следующие функциональные возможности:

- измерение спектров гамма-излучения с экспозициями по "живому" и реальному времени в диапазоне от 1 сек до 18 часов;
- встроенную систему стабилизации усиления по реперному пику светодиода;
- энергетическую калибровку по 2, 3 или 4 пикам в спектре;
- автоматическую обработку спектров, включая идентификацию радионуклидов;
- возможность хранения спектров и результатов на гибком и жестком дисках;
- визуализацию спектров на экране дисплея ПЭВМ.

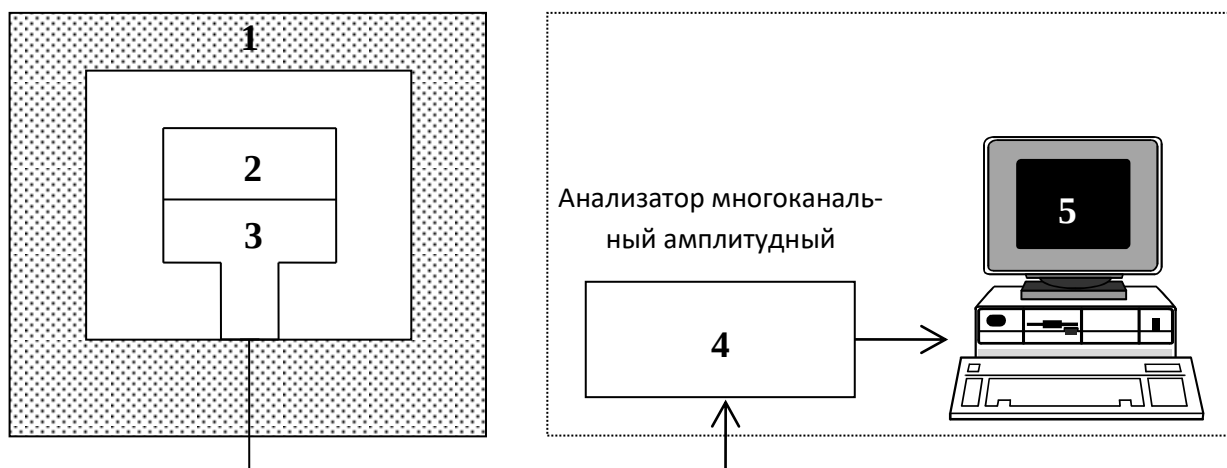


Рис. 1.6. Функциональная схема лабораторного спектрометра «Гамма-01С». Обозначения: 1-свинцовая защита, 2 - проба, 3 - блок детектирования, 4 - амплитудно-цифровой преобразователь (АЦП), 5 - персональная ЭВМ

Задание:

1. Познакомиться с работой спектрометра «Гамма-01С».
2. Определить массы эталонов урана, тория, калия и исследуемого образца.
3. Зарегистрировать спектры гамма-излучения эталонов. Сохранить их на жестком диске компьютеризированной установки «Гамма-01С».
4. Выделить энергетические окна урана, тория и калия.
5. Записать для каждого эталона интенсивность гамма-излучения во всех трех энергетических окнах:

Измерения на эталонных образцах			
Энергетическое окно	Эталон урана I_{Uj} , имп.	Эталон тория I_{Thj} , имп.	Эталон калия I_{Kj} , имп.
К			
У			
Т			

6. Зарегистрировать спектр фонового гамма-излучения. Записать интенсивность гамма-излучения во всех трех энергетических окнах:

Измерения фонового излучения	
Энергетическое окно	Отсчет $I_{фj}$
К	
У	
Т	

7. Записать для каждого эталона интенсивность гамма-излучения во всех трех энергетических окнах за вычетом фонового гамма-излучения:

Энергетическое окно	Эталон урана $I_{Uj}-I_{фj}$, имп.	Эталон тория $I_{Thj}-I_{фj}$, имп.	Эталон калия $I_{Kj}-I_{фj}$, имп.
К			
У			
Т			

8. Вычислить спектральные коэффициенты $a_i=I_{Uj}/Q_{эту}$, $b_i=I_{Thj}/Q_{этTh}$, $c_i=I_{Kj}/Q_{этK}$ и записать в таблицу:

Энергетическое окно	Эталон урана $a_i=I_{Uj}/Q_{эту}$, имп. / %		Эталон тория $b_i=I_{Thj}/Q_{этTh}$, имп. / %		Эталон калия $c_i=I_{Kj}/Q_{этK}$, имп. / %	
К	a_1		b_1		c_1	
У	a_2		b_2		c_2	
Т	a_3		b_3		c_3	

9. По формулам (1.7-1.9) рассчитать коэффициенты разделения A_i , B_i , C_i урана, тория и калия:

Энергетическое окно	Эталон урана A_i , % / имп		Эталон тория B_i , % / имп		Эталон калия C_i , % / имп	
К	A_1		B_1		C_1	
У	A_2		B_2		C_2	
Т	A_3		B_3		C_3	

10. Записать расчетные формулы с численными значениями A_i , B_i , C_i для отдельного определения содержания радиоактивных элементов в образцах горных пород:

$$\begin{aligned} Q_{Ra} &= A_1 I_K + A_2 I_{Ra} + A_3 I_{Th}, \\ Q_{Th} &= B_1 I_K + B_2 I_{Ra} + B_3 I_{Th}, \\ Q_K &= C_1 I_K + C_2 I_{Ra} + C_3 I_{Th}, \end{aligned} \quad (1.10)$$

11. Зарегистрировать спектры гамма-излучения исследуемых образцов песчаника, аргиллита и глины.

12. Записать для каждого образца интенсивности гамма-излучения I_j во всех трех энергетических окнах.

Измерения на образцах горных пород			
Энергетическое окно	Песчаник $I_j^{\text{пес}}$, имп.	Аргиллит $I_j^{\text{арг}}$, имп.	Глина $I_j^{\text{гл}}$, имп.
К			
У			
Т			

13. По формулам (1.10) рассчитать содержания радиоактивных элементов в исследуемых образцах.

14. Сделать выводы о связи количества глинистого материала в образце с содержанием радиоактивных элементов.

Лабораторная работа № 2

Исследование корреляционно-функциональной связи между радиоактивностью и глинистостью терригенных отложений

Особенности физических свойств глинистой составляющей твердой фазы горных пород позволяют по геофизическим данным определить ее объемное содержание в коллекторе. Для этого используют методы естественного гамма-излучения (ГК) и потенциалов самопроизвольной поляризации (ПС) пород.

Определение коэффициента глинистости по данным гамма-метода основано на степенной, близкой к линейной, зависимости естественного гамма-излучения песчано-глинистых и карбонатных пород от коэффициента глинистости $k_{\text{гл}}$ в тех случаях, когда грубодисперсная фракция коллектора имеет низкую гамма-активность. При этом

$$k_{\text{гл}} = a \cdot \Delta I^b \quad (2.1)$$

где a и b – коэффициенты, устанавливаемые экспериментально по результатам исследования кернового материала, ΔI – относительная радиоактивность горных пород по разрезу скважины (или двойной разностный параметр).

Двойной разностный параметр вычисляют следующим образом:

$$\Delta I = \frac{I - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}}, \quad (2.2)$$

где I , $I_{\min}$, $I_{\max}$ – интенсивности, зарегистрированные соответственно над исследуемой породой, над чистым кварцевым песчаником (или известняком) и над глиной.

Задание

По результатам исследования кернового материала, извлеченного из скважины, получены данные о глинистости горных пород, а по данным гамма-каротажа получены данные об их радиоактивности (таблица 2.1).

1. Для заданного варианта построить графики $I=f(h)$ и $k_{\text{гл}}=f(h)$ (рис.2.1).

2. Используя регрессионный анализ, установить зависимость коэффициента глинистости от двойного разностного параметра ΔI .

Таблица 2.1

$h, \text{ м}$	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3		Вариант 4	
	$I, \text{ мкР/ч}$	$K_{\text{ГЛ}}, \text{ отн.ед.}$	$I, \text{ мкР/ч}$	$K_{\text{ГЛ}}, \text{ отн.ед.}$	$I, \text{ мкР/ч}$	$K_{\text{ГЛ}}, \text{ отн.ед.}$	$I, \text{ мкР/ч}$	$K_{\text{ГЛ}}, \text{ отн.ед.}$
1501,0	13,8	0,001	17,5	0,001	19,9	0,001	11,6	0,003
1501,4	18,1	0,118	15,2	0,080	12,6	0,047	15,5	0,088
1501,8	15,4	0,082	10,4	0,001	11,1	0,023	17,9	0,118
1502,2	19,4	0,134	15,5	0,084	13,4	0,059	12,7	0,050
1502,6	18,5	0,123	11,1	0,017	19,8	0,140	14,7	0,078
1503,0	18,4	0,121	10,6	0,005	12,4	0,045	19,3	0,135
1503,4	19,8	0,139	12,8	0,044	17,2	0,110	16,3	0,099
1503,8	13,8	0,061	15,3	0,080	15,9	0,093	18,4	0,124
1504,2	15,3	0,082	10,4	0,001	10,1	0,001	12,6	0,049
1504,6	10,4	0,001	17,3	0,106	16,6	0,102	13,0	0,053
1505,0	107,3	0,962	102,7	0,901	106,6	0,906	106,0	0,919
1505,4	101,7	0,926	102,8	0,915	107,0	0,892	103,7	0,916
1505,8	104,0	0,912	103,8	0,879	107,6	0,918	103,1	0,860
1506,2	104,3	0,908	107,2	0,939	106,6	0,933	104,8	0,886
1506,6	101,9	0,912	107,6	0,897	102,4	0,925	104,6	0,922
1507,0	104,8	0,900	103,7	0,914	108,5	0,935	104,4	0,924
1507,4	104,0	0,888	108,2	0,892	107,5	0,902	102,3	0,890
1507,8	103,5	0,874	109,9	0,908	106,6	0,936	108,9	0,936
1508,2	10,8	0,009	15,2	0,079	20,0	0,143	14,8	0,079
1508,6	16,0	0,092	12,1	0,034	14,9	0,080	14,5	0,076
1509,0	17,5	0,110	16,2	0,092	16,6	0,102	16,3	0,098
1509,4	14,2	0,066	19,0	0,127	19,4	0,137	15,3	0,085
1509,8	16,7	0,100	13,2	0,051	18,4	0,125	17,2	0,109
1510,2	10,8	0,010	18,2	0,117	16,9	0,106	18,9	0,130
1510,6	12,8	0,046	12,3	0,037	16,5	0,100	14,5	0,075
1511,0	17,1	0,106	16,8	0,100	13,4	0,059	16,7	0,104
1511,4	15,5	0,084	18,2	0,117	16,8	0,105	10,0	0,001
1511,8	15,9	0,090	16,6	0,097	19,0	0,131	16,0	0,094
1512,2	14,7	0,073	14,6	0,070	18,1	0,120	13,5	0,061
1512,6	13,5	0,056	12,8	0,046	16,3	0,099	16,7	0,104
1513,0	52,6	0,462	52,8	0,454	52,3	0,457	58,0	0,504
1513,4	56,1	0,493	51,4	0,442	53,3	0,465	50,7	0,442
1513,8	53,6	0,472	51,6	0,445	56,9	0,496	56,2	0,488
1514,2	58,0	0,509	59,4	0,510	59,1	0,515	53,8	0,469
1514,6	50,3	0,441	59,7	0,513	56,2	0,490	51,3	0,448
1515,0	58,2	0,511	59,8	0,514	53,9	0,470	51,6	0,449
1515,4	54,8	0,482	58,4	0,502	58,5	0,509	52,1	0,453
1515,8	19,5	0,135	15,7	0,086	14,1	0,069	12,9	0,053
1516,2	13,8	0,061	17,6	0,109	15,1	0,082	14,3	0,072
1516,6	19,2	0,131	12,0	0,032	14,1	0,069	13,3	0,058

продолжение таблицы 2.1

$h, \text{ м}$	<i>Вариант 5</i>		<i>Вариант 6</i>		<i>Вариант 7</i>		<i>Вариант 8</i>	
	$I,$ мкР/ч	$k_{\text{ГЛ}},$ отн.ед.	$I,$ мкР/ч	$k_{\text{ГЛ}},$ отн.ед.	$I,$ мкР/ч	$k_{\text{ГЛ}},$ отн.ед.	$I,$ мкР/ч	$k_{\text{ГЛ}},$ отн.ед.
1501,0	19,2	0,131	12,0	0,032	14,1	0,069	13,3	0,058
1501,4	13,8	0,061	17,6	0,109	15,1	0,082	14,3	0,072
1501,8	19,5	0,135	15,7	0,086	14,1	0,069	12,9	0,053
1502,2	54,8	0,482	58,4	0,502	58,5	0,509	52,1	0,453
1502,6	58,2	0,511	59,8	0,514	53,9	0,470	51,6	0,449
1503,0	50,3	0,441	59,7	0,513	56,2	0,490	51,3	0,448
1503,4	58,0	0,509	59,4	0,510	59,1	0,515	53,8	0,469
1503,8	53,6	0,472	51,6	0,445	56,9	0,496	56,2	0,488
1504,2	56,1	0,493	51,4	0,442	53,3	0,465	50,7	0,442
1504,6	52,6	0,462	52,8	0,454	52,3	0,457	58,0	0,504
1505,0	13,5	0,056	12,8	0,046	16,3	0,099	16,7	0,104
1505,4	14,7	0,073	14,6	0,070	18,1	0,120	13,5	0,061
1505,8	15,9	0,090	16,6	0,097	19,0	0,131	16,0	0,094
1506,2	15,5	0,084	18,2	0,117	16,8	0,105	10,0	0,001
1506,6	17,1	0,106	16,8	0,100	13,4	0,059	16,7	0,104
1507,0	12,8	0,046	12,3	0,037	16,5	0,100	14,5	0,075
1507,4	10,8	0,010	18,2	0,117	16,9	0,106	18,9	0,130
1507,8	16,7	0,100	13,2	0,051	18,4	0,125	17,2	0,109
1508,2	14,2	0,066	19,0	0,127	19,4	0,137	15,3	0,085
1508,6	17,5	0,110	16,2	0,092	16,6	0,102	16,3	0,098
1509,0	16,0	0,092	12,1	0,034	14,9	0,080	14,5	0,076
1509,4	10,8	0,009	15,2	0,079	20,0	0,143	14,8	0,079
1509,8	103,5	0,874	109,9	0,908	106,6	0,936	108,9	0,936
1510,2	104,0	0,888	108,2	0,892	107,5	0,902	102,3	0,890
1510,6	104,8	0,900	103,7	0,914	108,5	0,935	104,4	0,924
1511,0	101,9	0,912	107,6	0,897	102,4	0,925	104,6	0,922
1511,4	104,3	0,908	107,2	0,939	106,6	0,933	104,8	0,886
1511,8	104,0	0,912	103,8	0,879	107,6	0,918	103,1	0,860
1512,2	101,7	0,926	102,8	0,915	107,0	0,892	103,7	0,916
1512,6	107,3	0,962	102,7	0,901	106,6	0,906	106,0	0,919
1513,0	10,4	0,001	17,3	0,106	16,6	0,102	13,0	0,053
1513,4	15,3	0,082	10,4	0,001	10,1	0,001	12,6	0,049
1513,8	13,8	0,061	15,3	0,080	15,9	0,093	18,4	0,124
1514,2	19,8	0,139	12,8	0,044	17,2	0,110	16,3	0,099
1514,6	18,4	0,121	10,6	0,005	12,4	0,045	19,3	0,135
1515,0	18,5	0,123	11,1	0,017	19,8	0,140	14,7	0,078
1515,4	19,4	0,134	15,5	0,084	13,4	0,059	12,7	0,050
1515,8	15,4	0,082	10,4	0,001	11,1	0,023	17,9	0,118
1516,2	18,1	0,118	15,2	0,080	12,6	0,047	15,5	0,088
1516,6	13,8	0,001	17,5	0,001	19,9	0,001	11,6	0,003

окончание таблицы 2.1

$h, \text{ м}$	<i>Вариант 9</i>		<i>Вариант 10</i>		<i>Вариант 11</i>		<i>Вариант 12</i>	
	$I,$ мкР/ч	$k_{\text{ГЛ}},$ отн.ед.	$I,$ мкР/ч	$k_{\text{ГЛ}},$ отн.ед.	$I,$ мкР/ч	$k_{\text{ГЛ}},$ отн.ед.	$I,$ мкР/ч	$k_{\text{ГЛ}},$ отн.ед.
1501,0	17,1	0,003	15,1	0,002	15,8	0,002	10,3	0,002
1501,4	16,0	0,090	13,4	0,056	16,0	0,089	12,8	0,051
1501,8	11,2	0,018	18,8	0,126	10,5	0,001	11,2	0,026
1502,2	11,8	0,030	17,7	0,114	16,4	0,095	20,0	0,142
1502,6	15,9	0,089	14,2	0,067	11,8	0,028	17,9	0,118
1503,0	18,6	0,122	13,5	0,058	17,1	0,103	12,3	0,044
1503,4	13,3	0,051	15,1	0,080	15,0	0,075	14,2	0,071
1503,8	15,0	0,076	11,9	0,033	18,9	0,126	14,2	0,072
1504,2	17,0	0,102	15,2	0,081	18,3	0,118	18,5	0,126
1504,6	15,2	0,079	10,3	0,001	15,2	0,078	16,5	0,101
1505,0	101,4	0,900	107,7	0,934	107,6	0,958	108,5	0,925
1505,4	109,3	0,963	100,9	0,857	101,3	0,867	104,5	0,870
1505,8	109,6	0,928	109,2	0,910	104,8	0,893	106,0	0,940
1506,2	107,0	0,915	105,8	0,891	102,8	0,887	104,8	0,883
1506,6	104,2	0,867	107,1	0,908	101,3	0,904	107,3	0,933
1507,0	100,6	0,860	105,3	0,938	101,5	0,912	109,1	0,956
1507,4	102,7	0,897	103,6	0,902	105,9	0,937	101,0	0,882
1507,8	104,4	0,925	105,3	0,919	106,2	0,910	100,3	0,869
1508,2	13,7	0,059	15,6	0,087	19,3	0,130	18,8	0,129
1508,6	13,7	0,058	15,1	0,079	19,1	0,128	17,6	0,114
1509,0	13,3	0,054	15,2	0,080	19,0	0,127	19,7	0,140
1509,4	19,9	0,137	17,2	0,107	12,4	0,036	15,7	0,091
1509,8	11,7	0,028	13,4	0,057	15,0	0,077	11,4	0,027
1510,2	12,4	0,040	10,9	0,016	16,2	0,092	11,4	0,027
1510,6	10,5	0,002	17,9	0,115	11,9	0,028	12,2	0,041
1511,0	19,3	0,130	17,8	0,113	14,9	0,074	10,0	0,001
1511,4	12,7	0,043	19,5	0,134	12,8	0,043	16,4	0,099
1511,8	17,6	0,110	18,0	0,116	11,5	0,021	11,4	0,028
1512,2	10,4	0,001	10,7	0,009	17,7	0,112	14,4	0,074
1512,6	11,8	0,030	14,0	0,064	12,4	0,038	19,2	0,134
1513,0	56,6	0,488	55,8	0,484	50,1	0,438	52,6	0,458
1513,4	50,9	0,438	52,3	0,453	53,5	0,468	54,7	0,475
1513,8	57,9	0,499	56,6	0,490	59,9	0,523	57,8	0,502
1514,2	57,8	0,498	57,2	0,495	52,6	0,460	55,1	0,480
1514,6	58,9	0,507	58,3	0,504	58,1	0,508	58,3	0,506
1515,0	59,7	0,514	52,9	0,459	53,7	0,470	52,3	0,455
1515,4	56,2	0,484	50,9	0,441	52,2	0,457	50,0	0,435
1515,8	16,7	0,099	18,6	0,124	13,6	0,056	10,6	0,014
1516,2	18,5	0,120	13,6	0,060	18,6	0,122	11,8	0,035
1516,6	18,7	0,122	15,1	0,079	15,6	0,083	13,1	0,055

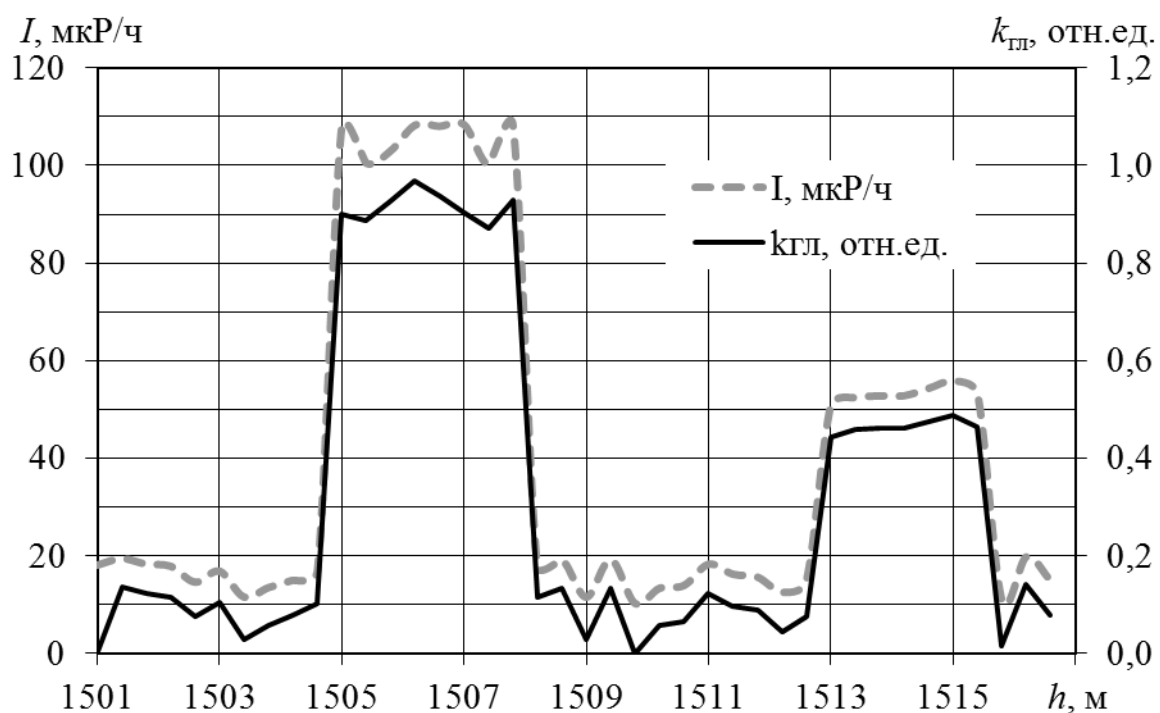


Рис. 2.1. Изменение интенсивности гамма-излучения по разрезу скважины и коэффициента глинистости по керну, извлеченному из этой скважины

3. Результаты представить в виде графика (рис. 2.2). На графике привести уравнение регрессии и коэффициент корреляции между $k_{\text{гл}}$ и ΔI .

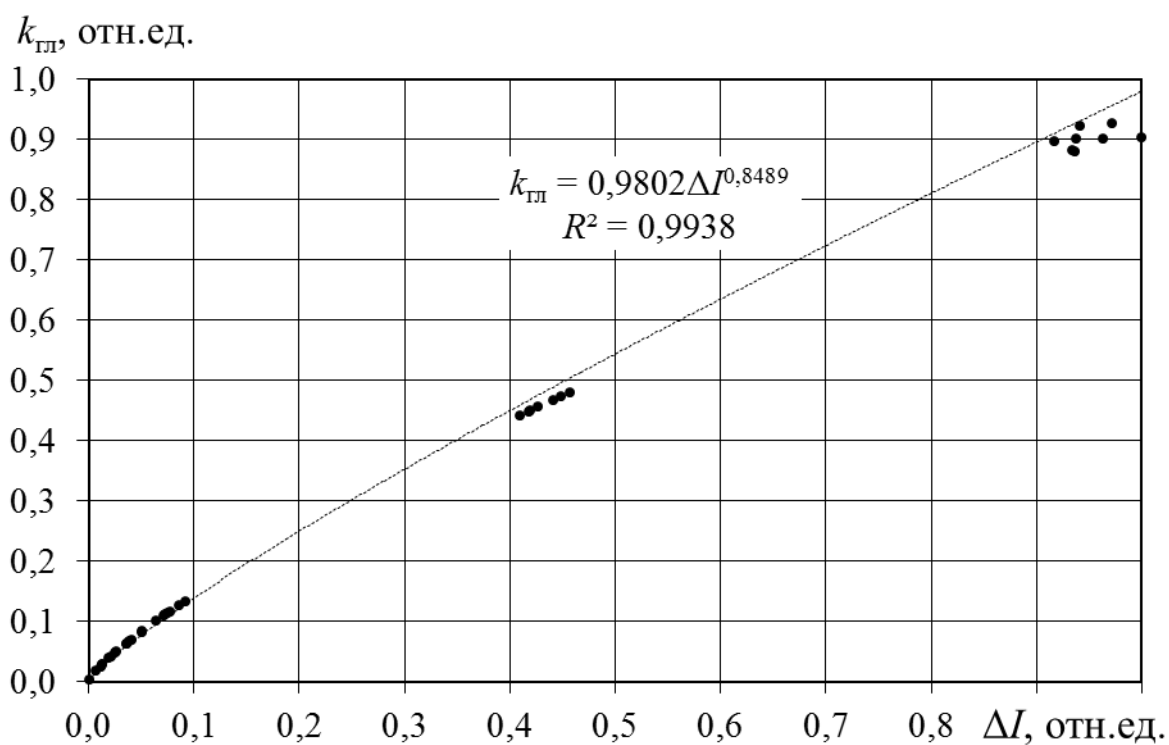


Рис. 2.2. Зависимость коэффициента глинистости $k_{\text{гл}}$ от двойного разностного параметра ΔI

Определение линейного коэффициента ослабления гамма-излучения при прохождении через вещество

При прохождении через вещество гамма-излучение теряет свою энергию, постепенно поглощаясь веществом.

Гамма-кванты, обладая нулевой массой покоя, не могут замедляться в среде, поэтому при прохождении сквозь вещество они либо поглощаются, либо рассеиваются (изменяют направление своего движения). Основными процессами, сопровождающими прохождение гамма-излучения через вещество, являются фотоэффект, эффект Комптона и образование электронно-позитронных пар.

Фотоэффект – процесс неупругого взаимодействия гамма-излучения с веществом, при котором падающий фотон поглощается атомом и передает свою энергию одному из электронов, выбивая его из атома. Фотоэффект происходит на связанных электронах (когда энергия связи электрона в атоме сравнима с энергией фотона), поэтому по мере увеличения энергии фотонов вероятность фотоэффекта уменьшается. Фотоэффект является преобладающим механизмом поглощения в области малых энергий гамма-квантов ($E < 0,1$ МэВ для алюминия и $E < 0,5$ МэВ для свинца).

При более высоких значениях энергий гамма-квантов вероятность фотоэффекта очень мала и основным механизмом их взаимодействия с веществом становится *комптоновское рассеяние* – процесс упругого взаимодействия фотона со свободным электроном (электрон можно считать свободным, если энергия фотона существенно превышает энергию связи электрона в атоме). В результате взаимодействия падающий фотон передает часть энергии электрону и изменяет направление своего движения (рассеивается).

Образование электронно-позитронных пар ($\gamma \rightarrow e^- + e^+$) может происходить при прохождении фотона с энергией $E > 1,02$ МэВ (удвоенная энергия покоя электрона) в электрическом поле атомных ядер. При этом фотон исчезает, а вся его энергия распределяется между образовавшимися электроном и позитроном. Вероятность этого процесса увеличивается с ростом энергии фотона.

В результате перечисленных процессов при прохождении через вещество поток гамма-излучения ослабляется. Электромагнитное излучение характеризуется интенсивностью I , величиной, представляющей собой энергию, переносимую фотонами в единицу времени че-

рез единичную площадку, перпендикулярную направлению распространения излучения.

Уменьшение интенсивности гамма-излучения при прохождении бесконечно тонкого слоя вещества пропорционально толщине этого слоя dx и интенсивности падающего излучения I :

$$-dI = \mu I dx, \quad (3.1)$$

где μ - линейный коэффициент ослабления, зависящий от природы поглощающего вещества и энергии фотонов падающего излучения (табл. 3.1)

Таблица 3.1

$E, \text{ МэВ}$	$\mu, \text{ см}^{-1}$					
	свинец	вода	алюминий	железо	графит	воздух
0,10	65,0	0,171	0,455	2,91	0,342	$2,00 \cdot 10^{-4}$
0,15	22,8	0,151	0,371	1,55	0,304	$1,76 \cdot 10^{-4}$
0,20	11,1	0,137	0,328	1,15	0,277	$1,59 \cdot 10^{-4}$
0,30	4,43	0,119	0,280	0,865	0,241	$1,38 \cdot 10^{-4}$
0,40	2,62	0,106	0,249	0,740	0,214	$1,23 \cdot 10^{-4}$
0,50	1,80	0,0966	0,227	0,661	0,196	$1,12 \cdot 10^{-4}$
0,80	0,999	0,0786	0,184	0,526	0,159	$9,13 \cdot 10^{-5}$
1,0	0,798	0,0279	0,165	0,471	0,143	$8,21 \cdot 10^{-5}$
1,5	0,591	0,0575	0,135	0,382	0,117	$6,68 \cdot 10^{-5}$
2,0	0,518	0,0493	0,116	0,334	0,0999	$5,74 \cdot 10^{-5}$
3,0	0,475	0,0396	0,0950	0,284	0,0801	$4,63 \cdot 10^{-5}$

Интегрируя уравнение (3.1), получаем закон ослабления излучения слоем вещества толщиной x :

$$I = I_0 e^{-\mu x}, \quad (3.2)$$

где I_0 и I - интенсивность излучения до и после прохождения слоя вещества соответственно.

Из формулы (3.2) следует, что интенсивность гамма-излучения по мере прохождения слоя вещества толщиной x уменьшается по экспоненциальному закону. Быстрота изменения интенсивности определяется коэффициентом поглощения μ (обычно измеряемым в см^{-1}). Экспоненциальная зависимость (3.2) строго выполняется для узкого пучка фотонов одинаковой энергии.

Из уравнения (3.2) следует что

$$\mu = \frac{1}{x} \ln \frac{I_0}{I}. \quad (3.3)$$

Задание

1. Проверить работоспособность радиометра СРП-88 измерением напряжения питания батарей. Собрать установку гамма-просвечивания (рис.3.1). Включить радиометр на прогрев в течение 5 минут.

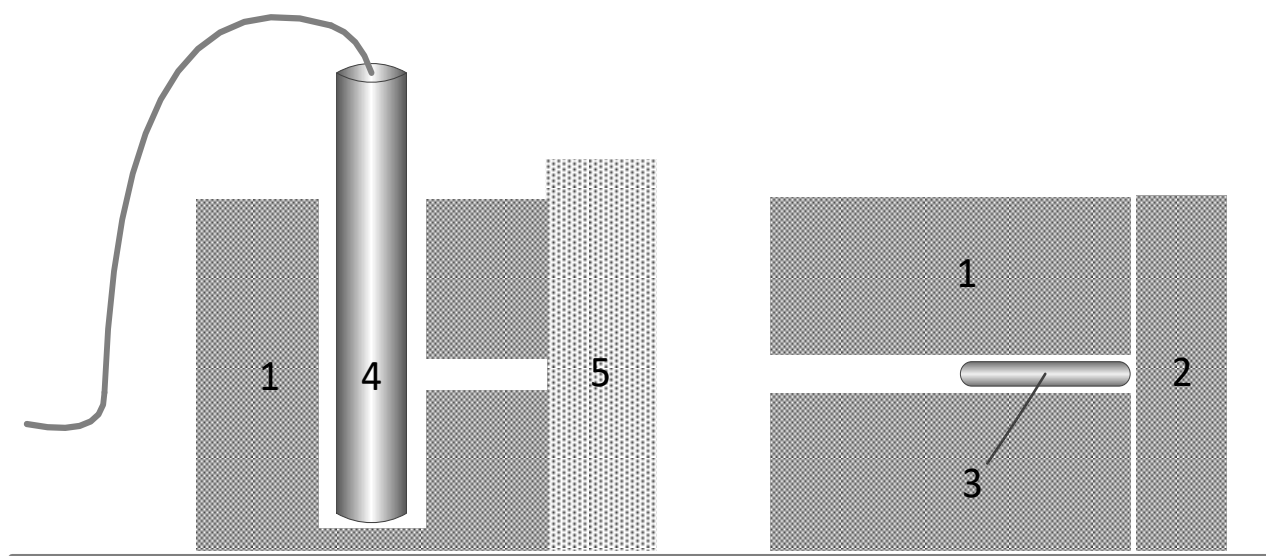


Рис. 3.1. Установка гамма-просвечивания. Обозначения: 1 – свинцовый коллиматор; 2 – свинцовый экран; 3 – источник гамма-излучения; 4 – детектор гамма-излучения; 5 – исследуемый образец

2. Подготовить таблицу для записи результатов измерений:

Экспозиция _____ с $I_{\phi} =$ _____ имп. $I_0 =$ _____ имп.			
Горная порода	x , см	I , имп.	μ , см^{-1}
1	2	3	4

3. Пятикратно измерить величину натурального фона I_{ϕ} в установке гамма-просвечивания и вычислить ее среднее значение. Результат записать в таблицу.

4. Соблюдая правила техники безопасности поместить радиоизотопный источник в свинцовый коллиматор. Отверстие, противоположное направлению к детектору, закрыть свинцовым экраном.

5. Произвести пять измерений величины I_0 - интенсивности излучения в отсутствии поглотителя. Вычислить среднее значение и занести в таблицу.

6. Пятикратно измерить интенсивности ослабленного излучения I для каждого выданного образца горной породы, одновременно измеряя толщину поглощающего слоя x в точке просвечивания с помощью штангенциркуля или линейки. Вычислить средние значения I для каждого образца. Результаты занести в таблицу.

7. Вычислить линейный коэффициент ослабления гамма-излучения для каждого образца по формуле:

$$\mu = \frac{1}{x} \ln \frac{I_0 - I_{\phi}}{I - I_{\phi}} \quad (3.4)$$

8. Сделать выводы о связи плотности образцов горных пород и линейным коэффициентом ослабления гамма-излучения в них.

Лабораторная работа № 4

Исследование связи между пористостью терригенных отложений и рассеянием гамма-квантов в них

При исследовании нефтегазовых месторождений широко применяется плотностной гамма-гамма-каротаж (ГГК-П), который позволяет провести дифференциацию разреза скважин по плотности, а также определить коэффициент пористости пород-коллекторов.

Определение коэффициента пористости плотностным гамма-гамма методом основано на тесной функциональной связи между плотностью породы δ и ее пористостью k_{Π} :

$$\delta = (1 - k_{\Pi}) \cdot \delta_{ск} + k_{\Pi} \delta_{жс}, \quad (4.1)$$

где $\delta_{ск}$ и $\delta_{жс}$ – соответственно плотности минерального скелета и жидкости, насыщающей поры породы, которые находят при лабораторных исследованиях керна.

Плотность пород δ определяют по результатам ГГК-П, который основан на изучении комптоновского рассеяния гамма-квантов в горных породах. Через горную породу пропускают гамма-излучение с энергией $E > 0,3$ МэВ (когда наиболее вероятным типом взаимодействия гамма-излучения с веществом является комптон-эффект) и регистрируют ослабленное в породе излучение в результате комптоновского рассеяния квантов. По степени ослабления гамма-излучения можно судить о плотности горных пород. Измерительную аппаратуру

градуируют на эталонных образцах с известной плотностью. Современная аппаратура позволяет получать диаграммы ГГК-П, для которых масштаб оцифрован в единицах плотности.

Таким образом, коэффициент пористости пород k_{Π} в разрезе скважин можно найти, используя выражение (4.1):

$$k_{\Pi} = \frac{\delta_{ск} - \delta}{\delta_{ск} - \delta_{жс}}. \quad (4.2)$$

Задание

При исследовании скважины получена диаграмма ГГК-П с данными о плотности горных пород разреза. По результатам исследования кернавого материала, извлеченного из скважины, получены данные о плотности минерального скелета пород $\delta_{ск}$ и плотности жидкости $\delta_{ж}$, заполняющей поры.

1. Для заданного преподавателем варианта данных (таблица 4.1) проинтерпретировать диаграмму ГГК-П: используя связь (4.2) получить данные о коэффициенте пористости пород k_{Π} в разрезе скважины. Плотность минерального скелета пород $\delta_{ск}$ принять равной $2,8 \text{ г/см}^3$, а плотность жидкости $\delta_{ж} - 1,1 \text{ г/см}^3$.

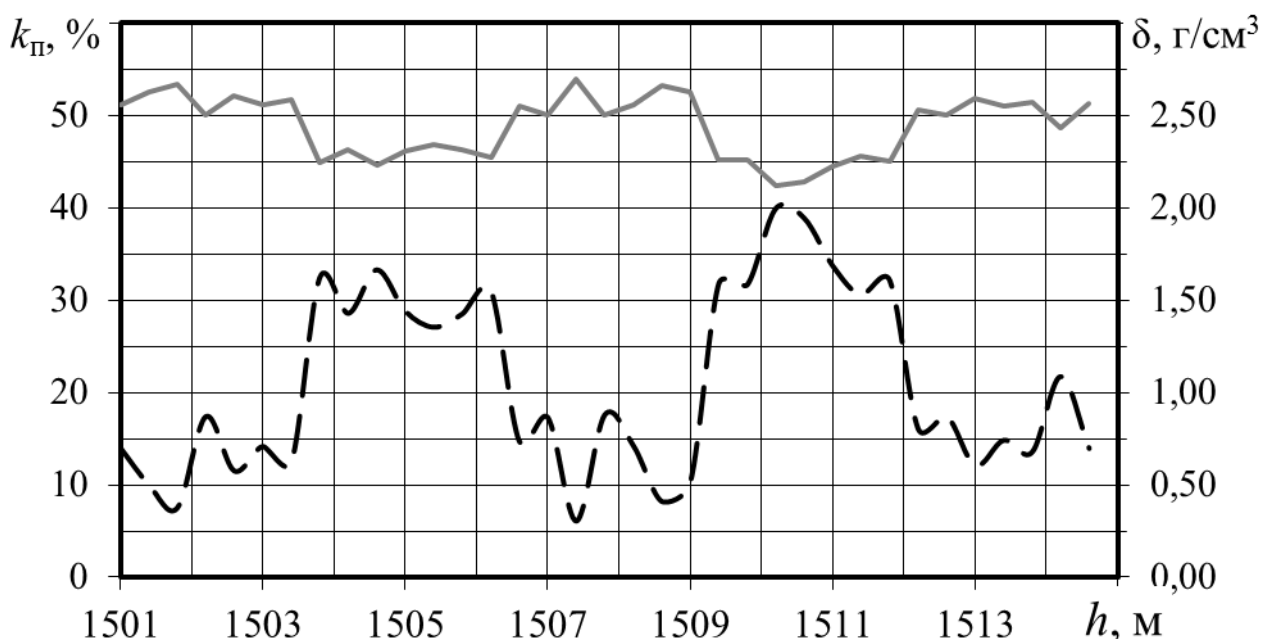


Рис. 4.1. Диаграмма ГГК-П и ее интерпретация

2. Построить диаграмму ГГК-П и результат ее интерпретации (рис.4.1).

3. Выделить коллектора в разрезе скважины. Построить литологическую колонку. Привести условные обозначения.

Таблица 4.1

$h, \text{ м}$	<i>Вариант диаграммы ГТК-II</i>											
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
	$\delta, \text{ г/см}^3$											
1501,0	2,64	2,66	2,67	2,67	2,54	2,59	2,70	2,68	2,56	2,52	2,50	2,55
1501,4	2,58	2,54	2,63	2,55	2,65	2,64	2,64	2,65	2,67	2,66	2,69	2,57
1501,8	2,63	2,53	2,52	2,63	2,65	2,66	2,66	2,70	2,51	2,60	2,66	2,54
1502,2	2,57	2,62	2,52	2,70	2,67	2,66	2,55	2,54	2,69	2,54	2,53	2,61
1502,6	2,52	2,61	2,62	2,66	2,67	2,59	2,52	2,67	2,53	2,66	2,66	2,54
1503,0	2,52	2,66	2,52	2,64	2,65	2,54	2,66	2,55	2,69	2,65	2,62	2,61
1503,4	2,56	2,70	2,56	2,54	2,66	2,53	2,56	2,63	2,69	2,58	2,51	2,68
1503,8	2,37	2,36	2,36	2,34	2,32	2,35	2,28	2,36	2,20	2,21	2,38	2,32
1504,2	2,30	2,30	2,27	2,32	2,34	2,37	2,36	2,38	2,33	2,25	2,35	2,32
1504,6	2,38	2,30	2,37	2,37	2,39	2,26	2,26	2,29	2,34	2,20	2,25	2,39
1505,0	2,38	2,26	2,32	2,23	2,37	2,31	2,30	2,30	2,30	2,29	2,21	2,30
1505,4	2,35	2,36	2,28	2,35	2,29	2,29	2,38	2,22	2,23	2,30	2,25	2,38
1505,8	2,37	2,30	2,23	2,32	2,35	2,38	2,35	2,30	2,25	2,36	2,40	2,28
1506,2	2,26	2,33	2,39	2,39	2,31	2,35	2,26	2,24	2,23	2,23	2,21	2,37
1506,6	2,54	2,64	2,51	2,64	2,70	2,55	2,59	2,69	2,54	2,57	2,58	2,51
1507,0	2,52	2,50	2,51	2,70	2,57	2,50	2,56	2,53	2,61	2,50	2,57	2,66
1507,4	2,51	2,62	2,51	2,60	2,62	2,60	2,64	2,69	2,56	2,61	2,55	2,68
1507,8	2,55	2,62	2,58	2,65	2,59	2,60	2,60	2,67	2,67	2,50	2,51	2,61
1508,2	2,52	2,69	2,68	2,68	2,56	2,69	2,58	2,67	2,57	2,60	2,54	2,59
1508,6	2,59	2,64	2,68	2,56	2,61	2,57	2,67	2,51	2,62	2,67	2,66	2,55
1509,0	2,59	2,55	2,60	2,51	2,55	2,56	2,60	2,57	2,69	2,54	2,61	2,59
1509,4	2,11	2,18	2,26	2,11	2,23	2,21	2,29	2,14	2,20	2,10	2,11	2,24
1509,8	2,27	2,24	2,17	2,23	2,19	2,14	2,20	2,16	2,18	2,21	2,18	2,15
1510,2	2,25	2,30	2,27	2,28	2,11	2,17	2,12	2,22	2,29	2,14	2,28	2,23
1510,6	2,18	2,19	2,28	2,11	2,18	2,16	2,13	2,30	2,25	2,11	2,13	2,16
1511,0	2,13	2,12	2,28	2,29	2,27	2,16	2,10	2,26	2,13	2,26	2,18	2,29
1511,4	2,19	2,21	2,26	2,21	2,25	2,24	2,10	2,12	2,24	2,16	2,12	2,15
1511,8	2,13	2,22	2,26	2,27	2,17	2,21	2,29	2,11	2,20	2,25	2,25	2,19
1512,2	2,59	2,59	2,54	2,45	2,53	2,45	2,51	2,75	2,45	2,54	2,45	2,49
1512,6	2,58	2,46	2,41	2,58	2,53	2,54	2,54	2,66	2,45	2,58	2,46	2,47
1513,0	2,43	2,47	2,46	2,56	2,56	2,55	2,49	2,79	2,52	2,51	2,48	2,58
1513,4	2,42	2,45	2,41	2,49	2,42	2,49	2,44	2,64	2,41	2,49	2,56	2,55
1513,8	2,55	2,53	2,58	2,44	2,42	2,54	2,56	2,78	2,41	2,59	2,60	2,51
1514,2	2,55	2,54	2,54	2,48	2,40	2,40	2,41	2,76	2,41	2,56	2,60	2,43
1514,6	2,56	2,59	2,47	2,51	2,58	2,49	2,50	2,60	2,58	2,54	2,57	2,50

Расчет нейтронных параметров горных пород

Нейтронные методы широко применяются на месторождениях нефти, газа и твердых полезных ископаемых для определения коллекторских свойств горных пород, контроля разработки месторождений, элементного анализа горных пород и решения других задач.

Ведущая роль нейтронных методов при исследовании обсаженных скважин нефтяных и газовых месторождений определяется возможностью изучения геологического разреза через стальную обсадную колонну. Такая важная задача, как, например, доразведка месторождений, не может быть решена без применения нейтронных методов.

Большую роль нейтронные методы играют при контроле разработки нефтяных и газовых месторождений. Применение нейтронных методов исследования скважин позволяет повысить достоверность геофизических заключений и, как следствие, сократить сроки и затраты на разведку, применять более экономичные системы разработки месторождений, повысить коэффициент извлечения запасов.

Современный арсенал методов нейтронометрии скважин велик, однако используется он не полностью. Это объясняется сложностью теоретического описания процессов взаимодействия нейтронов с веществом и трудностью экспериментальных исследований.

Поскольку нейтронные характеристики горных пород определяют закономерности распределения нейтронов в горных породах и зависимости показаний нейтронных методов от состава и свойств пород, методики расчета этих характеристик имеют важное значение.

Как правило, эти методики основаны на использовании теории переноса нейтронов в веществе и учете геохимических, петрофизических, структурных особенностей горных пород, а также термодинамических условий их залегания.

В соответствии с особенностями распространения нейтронов в веществе нейтронные параметры делятся на параметры замедления быстрых нейтронов и параметры диффузии тепловых нейтронов.

Быстрые нейтроны. К параметрам замедления быстрых нейтронов относят

- макроскопическое сечение рассеяния Σ_s ,
- длину замедления L_s ,
- время замедления τ_3 .

Макроскопическое сечение рассеяния быстрых нейтронов Σ_s в

простом веществе равно

$$\Sigma_s = \sigma_{s1} n = \sigma_{s1} \frac{\rho N_A}{M}, \quad (5.1)$$

где σ_{s1} – микроскопического сечения рассеяния быстрых нейтронов в см^2 ; n – количество ядер (атомов) в 1 см^3 вещества (плотность ядер); ρ – плотность среды в г/см^3 ; M – атомная масса в г; N_A – число Авогадро.

Для сред сложного состава

$$\Sigma_s = \sum_i \sigma_{s1i} n_i, \quad (5.2)$$

где σ_{s1i} – микроскопического сечения рассеяния быстрых нейтронов на ядрах i -го сорта в см^2 ; n_i – количество ядер (атомов) i -го сорта в 1 см^3 вещества (плотность ядер).

Длину замедления быстрых нейтронов можно рассчитать по формуле

$$L_s = \sqrt{\frac{D_1}{\Sigma_y}}, \quad (5.3)$$

где D_1 – коэффициент диффузии быстрых нейтронов в см; Σ_y – макроскопическое сечение увода быстрых нейтронов в тепловую группу в см^{-1} .

Значения D_1 и Σ_y для среды сложного состава можно найти, используя следующие соотношения:

$$D_1 = \frac{1}{3\Sigma_{tr}} = \frac{1}{3\Sigma_s (1 - \overline{\cos v_i})} = \frac{1}{3 \sum_i n_i \sigma_{s1i} (1 - \overline{\cos v_i})}, \quad (5.4)$$

$$\Sigma_y = \frac{\sum_i n_i \sigma_{s1i} \xi_i}{\ln \frac{E_0}{E_T}}, \quad (5.5)$$

где Σ_{tr} – транспортное макросечение среды; $\overline{\cos v_i}$ – средний косинус угла рассеяния быстрых нейтронов на ядрах i -го сорта; ξ_i – средняя логарифмическая потеря энергии на ядрах i -го сорта; E_0 – начальная энергия нейтронов (5 МэВ); E_T – энергия тепловых нейтронов (0,01 эВ).

Средний косинус угла рассеяния быстрых нейтронов на ядрах i -го сорта и средняя логарифмическая потеря энергии на ядрах i -го сорта подсчитывается по формулам:

$$\overline{\cos v_i} = \frac{2}{3M_i} \quad \text{и} \quad \xi_i = \frac{2}{M_i + 2/3}. \quad (5.6, 5.7)$$

Транспортное макросечение среды Σ_{tr} связано с транспортным

смещением нейтронов в этой среде λ_{tr} (пространственное смещение нейтрона в среде между двумя последовательными актами рассеяния на ядрах среды, осредненное по всем рассеяниям):

$$\Sigma_{tr} = 1/\lambda_{tr} \quad \text{или} \quad \lambda_{tr} = 1/\Sigma_{tr} . \quad (5.8)$$

Транспортное смещение нейтрона

$$\lambda_{tr} = \lambda_s / (1 - \overline{\cos v}) , \quad (5.9)$$

где λ_s – среднее расстояние между двумя рассеивающими столкновениями.

$$\lambda_s = 1/\Sigma_s . \quad (5.10)$$

Транспортное макросечение среды Σ_{tr} и макроскопическое сечение рассеяния быстрых нейтронов Σ_s связаны между собой:

$$\Sigma_{tr} = \Sigma_s (1 - \overline{\cos v}) . \quad (5.11)$$

Время замедления быстрых нейтронов τ_3 можно вычислить следующим образом:

$$\tau_3 = \frac{2\lambda_s}{\xi V_T} = \frac{2}{\Sigma_s \xi V_T} , \quad (5.12)$$

где V_T – скорость тепловых нейтронов.

Для среды сложного состава

$$\tau_3 = \frac{2}{V_T \sum_i n_i \sigma_{si} \xi_i} . \quad (5.13)$$

Тепловые нейтроны. К параметрам диффузии тепловых нейтронов относят:

- макроскопическое сечение поглощения тепловых нейтронов Σ_a ,
- длину диффузии тепловых нейтронов L_a ,
- время их жизни τ .

Макроскопическое сечение поглощения тепловых нейтронов Σ_a в среде сложного состава определяется микроскопическими сечениями поглощения нейтронов ядрами i -го сорта σ_{ai} и их количеством в 1 см³ вещества:

$$\Sigma_a = \sum_i \sigma_{ai} n_i . \quad (5.14)$$

Длину диффузии тепловых нейтронов L_a можно вычислить, используя соотношение

$$L_a = \sqrt{D_2 / \Sigma_a} , \quad (5.15)$$

где D_2 – коэффициент диффузии тепловых нейтронов.

Для расчета коэффициента диффузии тепловых нейтронов D_2 в

среде сложного состава необходимо знать микроскопические сечения рассеяния тепловых нейтронов на ядрах i -го сорта σ_{s2i} :

$$D_2 = \frac{1}{3 \sum_i \sigma_{s2i} n_i (1 - \overline{\cos v_i})}. \quad (5.16)$$

Время жизни тепловых нейтронов τ в среде сложного состава зависит от макроскопического сечения поглощения тепловых нейтронов Σ_a в этой среде и скорости тепловых нейтронов V_T :

$$\tau = \frac{1}{V_T \Sigma_a} = \frac{1}{V_T \sum_i n_i \sigma_{ai}}, \quad (5.17)$$

Задание

1. Согласно указанного (табл. 5.1) варианта рассчитать нейтронные параметры для среды, состоящей из кварцевого песка (SiO_2) и воды (H_2O) с различным содержанием каждого компонента.

2. Построить графики зависимости каждого нейтронного параметра от влажности W и плотности ρ среды:

$D_1=f(W)$, $\Sigma_s=f(W)$, $\tau=f(W)$, $L_s=f(W)$, $D_2=f(W)$, $\Sigma_a=f(W)$, $\tau_3=f(W)$, $L_a=f(W)$,
 $D_1=f(\rho)$, $\Sigma_s=f(\rho)$, $\tau=f(\rho)$, $L_s=f(\rho)$, $D_2=f(\rho)$, $\Sigma_a=f(\rho)$, $\tau_3=f(\rho)$, $L_a=f(\rho)$.

Пример оформления графиков приведен на рис. 5.1.

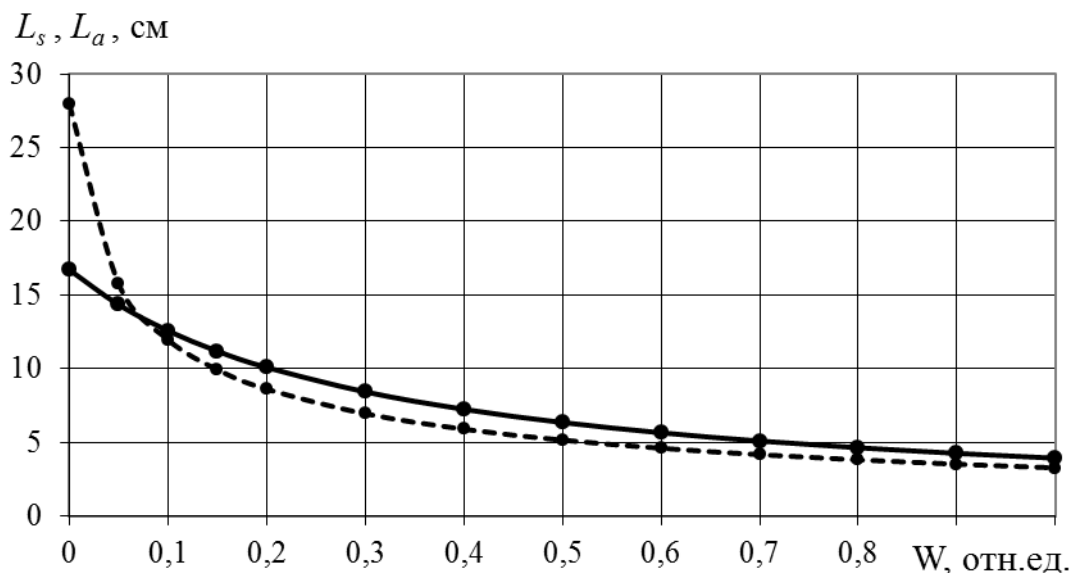


Рис. 5.1. Зависимость длины замедления быстрых нейтронов и длины диффузии тепловых нейтронов от влажности горной породы

3. Сделать выводы о влиянии водосодержания и плотности среды на ее нейтронные параметры.

Таблица 5.1

Состав среды для расчетов

<i>вариант 1</i>	<i>вариант 2</i>	<i>вариант 3</i>	<i>вариант 4</i>
SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂
0,05H ₂ O+0,95SiO ₂	0,06H ₂ O+0,94SiO ₂	0,07H ₂ O+0,93SiO ₂	0,08H ₂ O+0,92SiO ₂
0,15H ₂ O+0,85SiO ₂	0,16H ₂ O+0,84SiO ₂	0,17H ₂ O+0,83SiO ₂	0,18H ₂ O+0,82SiO ₂
0,25H ₂ O+0,75SiO ₂	0,26H ₂ O+0,74SiO ₂	0,27H ₂ O+0,73SiO ₂	0,28H ₂ O+0,72SiO ₂
0,35H ₂ O+0,65SiO ₂	0,36H ₂ O+0,64SiO ₂	0,37H ₂ O+0,63SiO ₂	0,38H ₂ O+0,62SiO ₂
0,45H ₂ O+0,55SiO ₂	0,46H ₂ O+0,54SiO ₂	0,47H ₂ O+0,53SiO ₂	0,48H ₂ O+0,52SiO ₂
0,55H ₂ O+0,45SiO ₂	0,56H ₂ O+0,44SiO ₂	0,57H ₂ O+0,43SiO ₂	0,58H ₂ O+0,42SiO ₂
0,65H ₂ O+0,35SiO ₂	0,66H ₂ O+0,34SiO ₂	0,67H ₂ O+0,33SiO ₂	0,68H ₂ O+0,32SiO ₂
0,75H ₂ O+0,25SiO ₂	0,76H ₂ O+0,24SiO ₂	0,77H ₂ O+0,23SiO ₂	0,78H ₂ O+0,22SiO ₂
0,85H ₂ O+0,15SiO ₂	0,86H ₂ O+0,14SiO ₂	0,87H ₂ O+0,13SiO ₂	0,88H ₂ O+0,12SiO ₂
H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O
<i>вариант 5</i>	<i>вариант 6</i>	<i>вариант 7</i>	<i>вариант 8</i>
SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂
0,09H ₂ O+0,91SiO ₂	0,1H ₂ O+0,9SiO ₂	0,11H ₂ O+0,89SiO ₂	0,12H ₂ O+0,88SiO ₂
0,19H ₂ O+0,81SiO ₂	0,2H ₂ O+0,8SiO ₂	0,21H ₂ O+0,79SiO ₂	0,22H ₂ O+0,78SiO ₂
0,29H ₂ O+0,71SiO ₂	0,3H ₂ O+0,7SiO ₂	0,31H ₂ O+0,69SiO ₂	0,32H ₂ O+0,68SiO ₂
0,39H ₂ O+0,61SiO ₂	0,4H ₂ O+0,6SiO ₂	0,41H ₂ O+0,59SiO ₂	0,42H ₂ O+0,58SiO ₂
0,49H ₂ O+0,51SiO ₂	0,5H ₂ O+0,5SiO ₂	0,51H ₂ O+0,49SiO ₂	0,52H ₂ O+0,48SiO ₂
0,59H ₂ O+0,41SiO ₂	0,6H ₂ O+0,4SiO ₂	0,61H ₂ O+0,39SiO ₂	0,62H ₂ O+0,38SiO ₂
0,69H ₂ O+0,31SiO ₂	0,7H ₂ O+0,3SiO ₂	0,71H ₂ O+0,29SiO ₂	0,72H ₂ O+0,28SiO ₂
0,79H ₂ O+0,21SiO ₂	0,8H ₂ O+0,2SiO ₂	0,81H ₂ O+0,19SiO ₂	0,82H ₂ O+0,18SiO ₂
0,89H ₂ O+0,11SiO ₂	0,9H ₂ O+0,1SiO ₂	0,91H ₂ O+0,09SiO ₂	0,92H ₂ O+0,08SiO ₂
H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O
<i>вариант 9</i>	<i>вариант 10</i>	<i>вариант 11</i>	<i>вариант 12</i>
SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂
0,13H ₂ O+0,87SiO ₂	0,14H ₂ O+0,86SiO ₂	0,15H ₂ O+0,85SiO ₂	0,16H ₂ O+0,84SiO ₂
0,23H ₂ O+0,77SiO ₂	0,24H ₂ O+0,76SiO ₂	0,25H ₂ O+0,75SiO ₂	0,26H ₂ O+0,74SiO ₂
0,33H ₂ O+0,67SiO ₂	0,34H ₂ O+0,66SiO ₂	0,35H ₂ O+0,65SiO ₂	0,36H ₂ O+0,64SiO ₂
0,43H ₂ O+0,57SiO ₂	0,44H ₂ O+0,56SiO ₂	0,45H ₂ O+0,55SiO ₂	0,46H ₂ O+0,54SiO ₂
0,53H ₂ O+0,47SiO ₂	0,54H ₂ O+0,46SiO ₂	0,55H ₂ O+0,45SiO ₂	0,56H ₂ O+0,44SiO ₂
0,63H ₂ O+0,37SiO ₂	0,64H ₂ O+0,36SiO ₂	0,65H ₂ O+0,35SiO ₂	0,66H ₂ O+0,34SiO ₂
0,73H ₂ O+0,27SiO ₂	0,74H ₂ O+0,26SiO ₂	0,75H ₂ O+0,25SiO ₂	0,76H ₂ O+0,24SiO ₂
0,83H ₂ O+0,17SiO ₂	0,84H ₂ O+0,16SiO ₂	0,85H ₂ O+0,15SiO ₂	0,86H ₂ O+0,14SiO ₂
0,93H ₂ O+0,07SiO ₂	0,94H ₂ O+0,06SiO ₂	0,95H ₂ O+0,05SiO ₂	0,96H ₂ O+0,04SiO ₂
H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O

Для удобства расчеты можно вести в таблице приложения *Microsoft Excel* (табл. 5.2).

Расчет плотности ядер i -го сорта выполняется по формуле:

$$n_i = \frac{\rho N_A}{M_i}, \quad (5.18)$$

где ρ – плотность среды; M_i – атомная масса i -го элемента в; N_A – число Авогадро ($6,02 \cdot 10^{23}$).

Например, для кремнезема ($W = 0 \%$) молекулярная масса равна 60 а.е., плотность равна $2,75 \text{ г/см}^3$. Тогда количество молекул кремнезема в 1 см^3 будет

$$n_{\text{SiO}_2} = \frac{2,75 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{60} = 2,76 \cdot 10^{22} \frac{\text{молекул}}{\text{см}^3} \quad (5.19)$$

Так как в молекулу кремнезема входит один атом (ядро) кремния и два атома (ядра) кислорода, то плотность ядер кремния и кислорода соответственно будет

$$n_{\text{Si}} = 2,76 \cdot 10^{22} \frac{\text{ядер}}{\text{см}^3} \quad \text{и} \quad n_{\text{O}_2} = 5,52 \cdot 10^{22} \frac{\text{ядер}}{\text{см}^3},$$

то есть, плотность ядер кислорода в два раза больше.

Для воды ($W = 100 \%$) молекулярная масса равна 18 а.е., плотность равна $1,0 \text{ г/см}^3$. Количество молекул воды в 1 см^3 будет

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1,0 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{18} = 3,34 \cdot 10^{22} \frac{\text{молекул}}{\text{см}^3}. \quad (5.20)$$

В молекулу воды входит два ядра водорода и одно ядро кислорода. Поэтому плотность ядер водорода и кислорода будут

$$n_{\text{H}_2} = 6,68 \cdot 10^{22} \frac{\text{ядер}}{\text{см}^3} \quad \text{и} \quad n_{\text{O}} = 3,34 \cdot 10^{22} \frac{\text{ядер}}{\text{см}^3}. \quad (5.21)$$

Для промежуточных значений влажности ($0 \% < W < 100 \%$) силикатной среды плотность ядер отдельных элементов вычисляется, исходя из объемного содержания влаги и кремнезема в среде. Например, при $W = 10 \%$ количество ядер водорода и кислорода будет в десять раз меньше, чем в чистой водной среде (то есть когда $\text{H}_2\text{O} = 100 \%$ и $\text{SiO}_2 = 0 \%$):

$$n_{\text{H}_2} = 0,668 \cdot 10^{22} \frac{\text{ядер}}{\text{см}^3} \quad \text{и} \quad n_{\text{O}} = 0,334 \cdot 10^{22} \frac{\text{ядер}}{\text{см}^3}. \quad (5.22)$$

Соответственно плотность молекул кремнезема для такой среды будет меньше и составит 90 % от плотности молекул SiO_2 в сплошной силикатной среде (то есть когда $\text{H}_2\text{O} = 0 \%$ и $\text{SiO}_2 = 100 \%$):

$$n_{\text{Si}} = 2,48 \cdot 10^{22} \frac{\text{ядер}}{\text{см}^3} \quad \text{и} \quad n_{\text{O}_2} = 4,97 \cdot 10^{22} \frac{\text{ядер}}{\text{см}^3}. \quad (5.23)$$

Таблица 5.2

Характеристики элементов				Элементы				Для быстрых нейтронов:																	
				H ₂	O	Si	O ₂																		
<i>A_i</i>				1	16	28	16																		
σ_{sl} , барн				15,00	3,75	2,25	3,75																		
ξ_i																									
σ_{Σ_2} , барн				38,00	4,20	1,76	4,20																		
σ_a , барн				0,33	0,0003	0,16	0,0003																		
1-cos ν																									
Состав	<i>W</i> , %	<i>C</i> , %	ρ , г/см ³	Плотность ядер <i>n_i</i> , ядер/см ³								$n_i \cdot \sigma_{sl i} \cdot (1 - \cos \nu_i)$				D_{I_s}				$n_i \cdot \sigma_{sl i} \cdot \xi_i$				Σ_{y_j} см ⁻¹	<i>L_{Sj}</i> см
				H ₂	O	Si	O ₂	H ₂	O	Si	O ₂	H ₂	O	Si	O ₂	H ₂	O	Si	O ₂						
SiO ₂	0		2,75	0	0	2,76	5,52																		
0.1H ₂ O+0.9SiO ₂	10		2,48																						
...	...		...																						
H ₂ O	100		1,00	6,68	3,34	0	0																		
<i>масштаб</i>				10 ²²	10 ²²	10 ²²	10 ²²	10 ²²	10 ²²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²

Продолжение таблицы 5.2

Характеристики элементов		Элементы					
		H ₂	O	Si	O ₂		
<i>A_i</i>		1	16	28	16		
σ_{sl} , барн		15,00	3,75	2,25	3,75		
ξ_i							
σ_{s2} , барн		38,00	4,20	1,76	4,20		
σ_a , барн		0,33	0,0003	0,16	0,0003		
1-cos ν							
Состав	<i>W</i> , %	<i>C</i> , %	ρ , г/см ³	Плотность ядер n_i , ядер/см ³			
				H ₂	O	Si	O ₂
SiO ₂	0		2,75	0	0	2,76	5,52
0.1H ₂ O+0.9SiO ₂	10		2,48				
...	...		...				
H ₂ O	100		1,00	6,68	3,34	0	0
<i>масса таб</i>				10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²

Состав	<i>W</i> , %	<i>C</i> , %	ρ , г/см ³	$n_i \cdot \sigma_{sl} \cdot (1 - \cos \nu_i)$				$D_{2,}$ см	$n_i \cdot \sigma_{ai}$				Σa_i см ⁻¹	L_{a_i} см
				H ₂	O	Si	O ₂		H ₂	O	Si	O ₂		
SiO ₂	0		2,75	0	0	2,76	5,52							
0.1H ₂ O+0.9SiO ₂	10		2,48											
...	...		...											
H ₂ O	100		1,00	6,68	3,34	0	0							
<i>масса таб</i>				10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²

Лабораторная работа № 6

Изучение влияния минерализации пластовой воды на нейтронные параметры коллекторов

На показания нейтронных методов каротажа кроме водородосодержания горных пород заметно влияет концентрация элементов с высоким сечением поглощения тепловых нейтронов. В большинстве осадочных пород нефтяных разрезов таким элементом является хлор, содержащийся в пластовых водах, минерализация которых может достигать 250-300 г/л. Микроскопическое сечение захвата тепловых нейтронов ядрами хлора составляет 32,6 барна.

Задание

1. Согласно указанного (табл. 6.1) варианта рассчитать нейтронные параметры для пластовой воды, содержащей хлорид натрия различной концентрации.

Таблица 6.1

Состав пластовой воды

<i>вариант 1</i>	<i>вариант 2</i>	<i>вариант 3</i>	<i>вариант 4</i>
H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O
0,99H ₂ O+0,01NaCl	0,98H ₂ O+0,02NaCl	0,97H ₂ O+0,03NaCl	0,96H ₂ O+0,04NaCl
0,94H ₂ O+0,06NaCl	0,93H ₂ O+0,07NaCl	0,92H ₂ O+0,08NaCl	0,91H ₂ O+0,09NaCl
0,89H ₂ O+0,11NaCl	0,88H ₂ O+0,12NaCl	0,87H ₂ O+0,13NaCl	0,86H ₂ O+0,14NaCl
0,84H ₂ O+0,16NaCl	0,83H ₂ O+0,17NaCl	0,82H ₂ O+0,18NaCl	0,81H ₂ O+0,19NaCl
0,79H ₂ O+0,21NaCl	0,78H ₂ O+0,22NaCl	0,77H ₂ O+0,23NaCl	0,76H ₂ O+0,24NaCl
0,74H ₂ O+0,26NaCl	0,73H ₂ O+0,27NaCl	0,72H ₂ O+0,28NaCl	0,71H ₂ O+0,29NaCl
<i>вариант 5</i>	<i>вариант 6</i>	<i>вариант 7</i>	<i>вариант 8</i>
H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O
0,95H ₂ O+0,05NaCl	0,94H ₂ O+0,06NaCl	0,98H ₂ O+0,02NaCl	0,97H ₂ O+0,03NaCl
0,9H ₂ O+0,1NaCl	0,89H ₂ O+0,11NaCl	0,94H ₂ O+0,06NaCl	0,93H ₂ O+0,07NaCl
0,85H ₂ O+0,15NaCl	0,84H ₂ O+0,16NaCl	0,9H ₂ O+0,1NaCl	0,89H ₂ O+0,11NaCl
0,8H ₂ O+0,2NaCl	0,78H ₂ O+0,21NaCl	0,86H ₂ O+0,14NaCl	0,85H ₂ O+0,15NaCl
0,75H ₂ O+0,25NaCl	0,74H ₂ O+0,26NaCl	0,82H ₂ O+0,18NaCl	0,81H ₂ O+0,19NaCl
0,7H ₂ O+0,3NaCl	0,69H ₂ O+0,31NaCl	0,78H ₂ O+0,22NaCl	0,77H ₂ O+0,23NaCl
<i>вариант 9</i>	<i>вариант 10</i>	<i>вариант 11</i>	<i>вариант 12</i>
H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O
0,96H ₂ O+0,04NaCl	0,95H ₂ O+0,05NaCl	0,99H ₂ O+0,01NaCl	0,94H ₂ O+0,06NaCl
0,92H ₂ O+0,08NaCl	0,91H ₂ O+0,09NaCl	0,93H ₂ O+0,07NaCl	0,9H ₂ O+0,1NaCl
0,88H ₂ O+0,12NaCl	0,87H ₂ O+0,13NaCl	0,87H ₂ O+0,13NaCl	0,86H ₂ O+0,14NaCl
0,84H ₂ O+0,16NaCl	0,83H ₂ O+0,17NaCl	0,81H ₂ O+0,19NaCl	0,82H ₂ O+0,18NaCl
0,8H ₂ O+0,2NaCl	0,79H ₂ O+0,21NaCl	0,75H ₂ O+0,25NaCl	0,78H ₂ O+0,22NaCl
0,76H ₂ O+0,24NaCl	0,75H ₂ O+0,25NaCl	0,69H ₂ O+0,31NaCl	0,74H ₂ O+0,26NaCl

Для удобства расчеты можно вести в таблице приложения *Microsoft Excel* (табл. 6.2). Методика расчета нейтронных параметров любой среды и основные количественные соотношения приведены в *лабораторной работе № 6*.

2. Построить графики зависимости нейтронных параметра от концентрации NaCl в воде: $D_1=f(C)$, $\Sigma_s=f(C)$, $\tau=f(C)$, $L_s=f(C)$, $D_2 = f(C)$, $\Sigma_a = f(C)$, $\tau_3 = f(W)$, $L_a=f(C)$. Примеры оформления на рис. 6.1, 6.2.

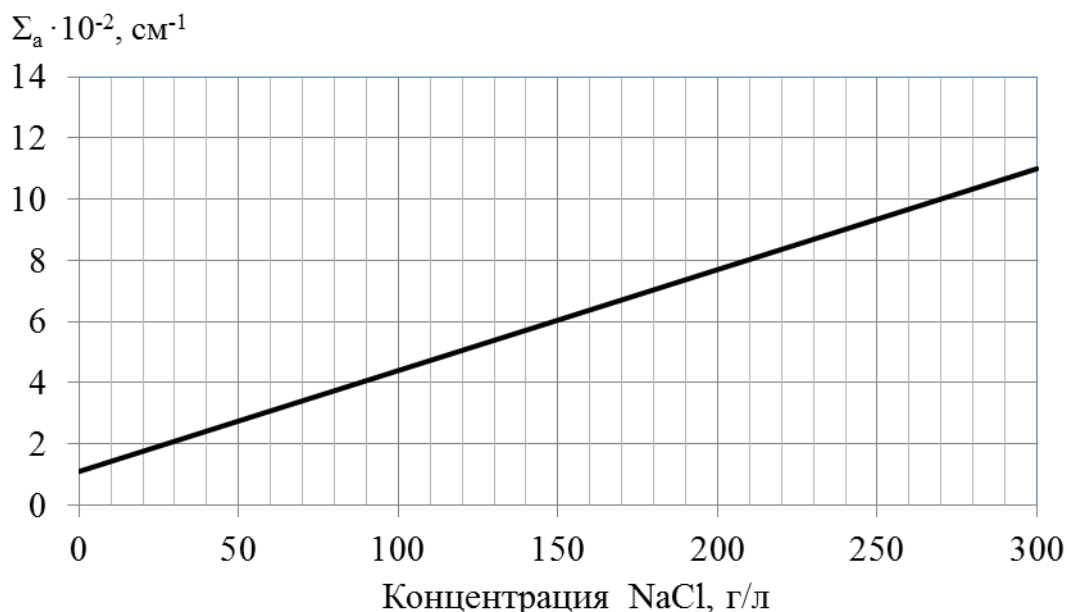


Рис. 6.1. Зависимость макроскопического сечения захвата тепловых нейтронов водным раствором от его минерализации

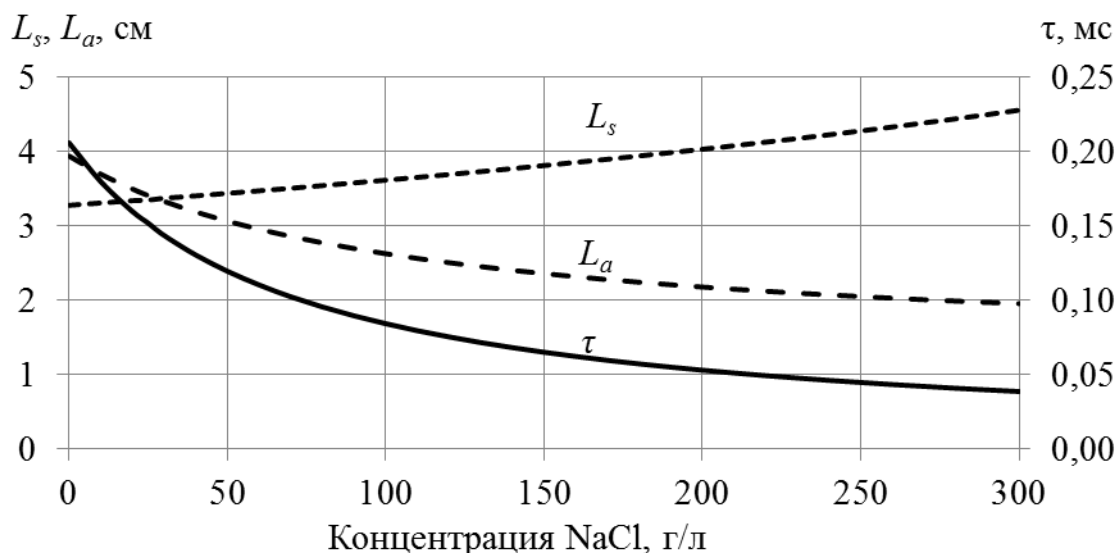


Рис. 6.2. Зависимость длины замедления быстрых нейтронов, длины диффузии и времени жизни тепловых нейтронов в водном растворе от его минерализации

3. Сделать выводы о влиянии концентрации NaCl в воде на ее нейтронные параметры. На какие нейтронные параметры минерализация пластовой воды сказывается более всего?

Таблица 6.2

Характеристики элементов				Элементы				Для быстрых нейтронов:										
				H ₂	O	Na	Cl											
A_i				1,00	16,00	23	35											
$\sigma_{\Sigma i}$, барн				15,00	3,75	4,1	1,5											
ξ_i																		
$\sigma_{\Sigma 2}$, барн				38,00	4,20	4	16											
σ_a , барн				0,33	0,0003	0,515	32,6											
$1-\cos v$																		
Состав	W , %	C , %	ρ , г/см ³	Плотность ядер n_i , ядер/см ³				$n_i \cdot \sigma_{\Sigma i} \cdot (1-\cos v_i)$				D_{1i} , см	$n_i \cdot \sigma_{\Sigma i} \cdot \xi_i$				$\Sigma_{\gamma i}$, см ⁻¹	L_{Σ} , см
				H ₂	O	Na	Cl	H ₂	O	Na	Cl		H ₂	O	Na	Cl		
H ₂ O		0	1	0	0	2,76	5,52											
0,99H ₂ O*0,01NaCl		1	1,01															
...		...	...															
NaCl		100	2,16	6,68	3,34	0	0											
масштаб				10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	

Продолжение таблицы 6.2

Характеристики элементов				Элементы				Для тепловых нейтронов:											
				H ₂	O	Na	Cl												
A_i				1,00	16,00	23	35												
$\sigma_{\Sigma i}$, барн				15,00	3,75	4,1	1,5												
ξ_i																			
$\sigma_{\Sigma 2}$, барн				38,00	4,20	4	16												
σ_{a2} , барн				0,33	0,0003	0,515	32,6												
$1-\cos v$																			
Состав	W , %	C , %	ρ , г/см ³	Плотность ядер n_i , ядер/см ³				$n_i \cdot \sigma_{\Sigma i} \cdot (1-\cos v_i)$				D_{22} , см	$n_i \cdot \sigma_{a i}$				Σa_{22} , см ⁻¹	L_{a2} , см	
				H ₂	O	Na	Cl	H ₂	O	Na	Cl		H ₂	O	Na	Cl			
H ₂ O		0	1	0	0	2,76	5,52												
0,99H ₂ O*0,01NaCl		1	1,01																
...		...	...																
NaCl		100	2,16	6,68	3,34	0	0												
<i>масштаб</i>				10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²		10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	10 ⁻²²	

Изучение пористости горных пород по данным ядерно-магнитных исследований керна

Несмотря на существенное расширение в последние годы комплекса геофизических исследования скважин и усовершенствование методики интерпретации результатов, эффективность методов промысловой геофизики при выделении коллекторов в разрезе скважин, оценке их коллекторских свойств и насыщающего их флюида в отдельных случаях оказывается недостаточно высокой. В значительной мере это объясняется тем, что геофизическими методами коллекторы выделяются по косвенным признакам, в то время как прямой признак коллектора — наличие в поровом пространстве свободного флюида — этими методами непосредственно не устанавливается.

Ядерно-магнитный каротаж (ЯМК) — геофизический метод исследования скважин, который позволяет непосредственно обнаруживать свободные флюиды в поровом пространстве пласта и оценивать их относительный объем.

Метод основан на использовании ядерно-магнитных эффектов, в частности, эффектов свободной прецессии ядер водорода в поле Земли, которые наблюдаются в условиях, когда молекулы воды, нефти или газа не закреплены на стенках пор, то есть могут перемещаться в поровом пространстве.

Ядерный магнитный резонанс является одним из методов квантовой радиофизики. В его основе лежит наблюдение эффектов, вызванных взаимодействием ядер, обладающих магнитным моментом, с окружающими их микрочастицами при воздействии на всю систему постоянного и переменного магнитных полей.

Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) наблюдается у ядер, имеющих механический (p) и магнитный (μ) моменты. Ядро, обладающее механическим моментом (спином), можно рассматривать как намагниченный волчок (рис. 7.1а). В постоянном внешнем магнитном поле на ядро, обладающее магнитным моментом, действует пара сил, стремящаяся расположить момент параллельно этому полю. В то же время вследствие наличия механического момента ядро, подобно волчку, будет прецессировать вокруг направления этого поля с частотой ω_0 , пропорциональной напряженности поля H_0 и называемой ларморовой частотой:

$$\overrightarrow{\omega_0} = \gamma \cdot \overrightarrow{H_0} , \quad (7.1)$$

где $\gamma = \mu / p$ — гиромагнитное отношение ядра.

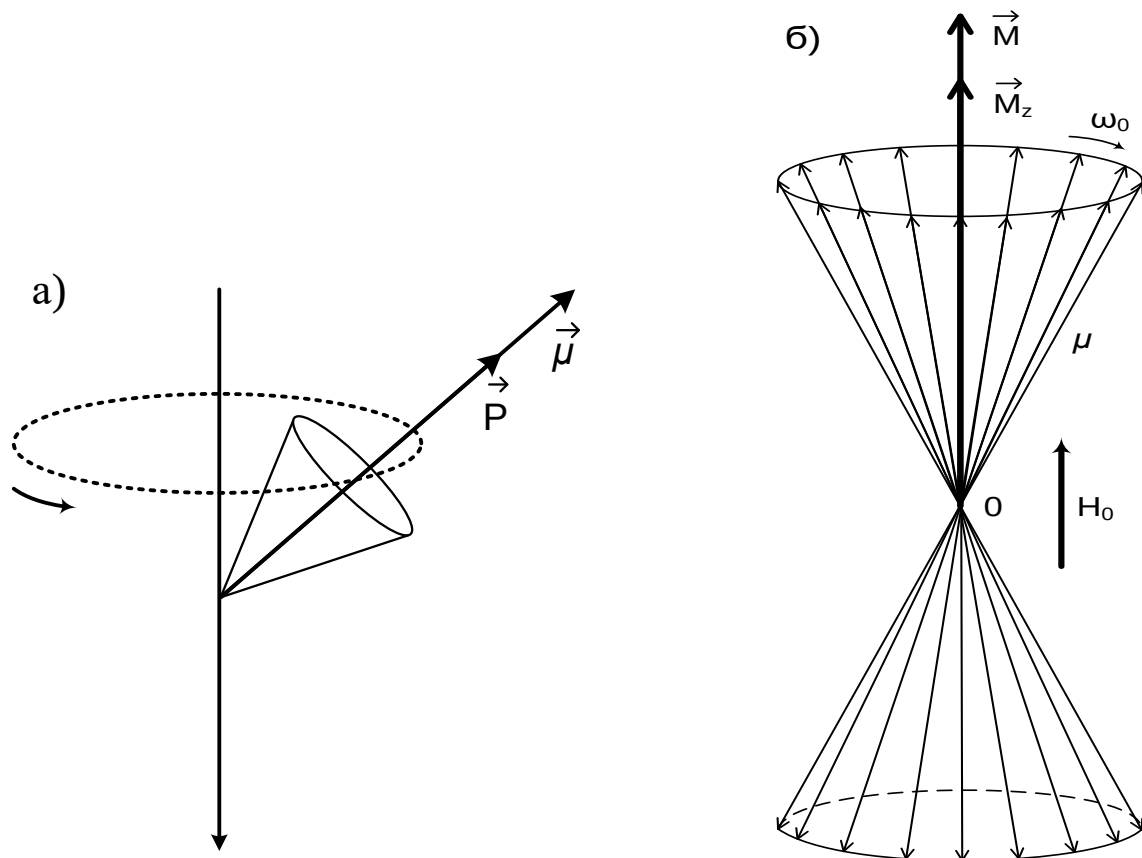


Рис. 7.1. Схема возникновения ядерной намагниченности: а) изображение прецессирующего магнитного момента ядра; б) изображение прецессирующих магнитных моментов ансамбля ядер и продольной составляющей вектора ядерной намагниченности M_z в поле H_0 .

В действительности ЯМР наблюдается не для единичного ядра, а для большой совокупности ядер. При этом поведение совокупности ядер, обладающих магнитным и механическим моментами, существенно отличается от поведения отдельно взятого ядра, так как в этом случае существенную роль играет взаимодействие спинов ядер друг с другом (спин-спиновое взаимодействие) и с окружающей средой, или решеткой (спин-решеточное взаимодействие).

При ЯМР исследованиях нефтегазовых коллекторов горные породы подвергают воздействию высокочастотного магнитного поля, частота которого равна резонансной частоте ядер водорода, входящего в состав пластовых флюидов. Создают короткие импульсы высокочастотного магнитного поля, переводящие систему ядер водорода в возбужденное состояние, происходит их намагничивание. После окончания высокочастотного импульса ядра водорода переходят в

основное состояние, происходит их релаксация. На рис. 7.2 приведено схематичное устройство ЯМР-приборов.

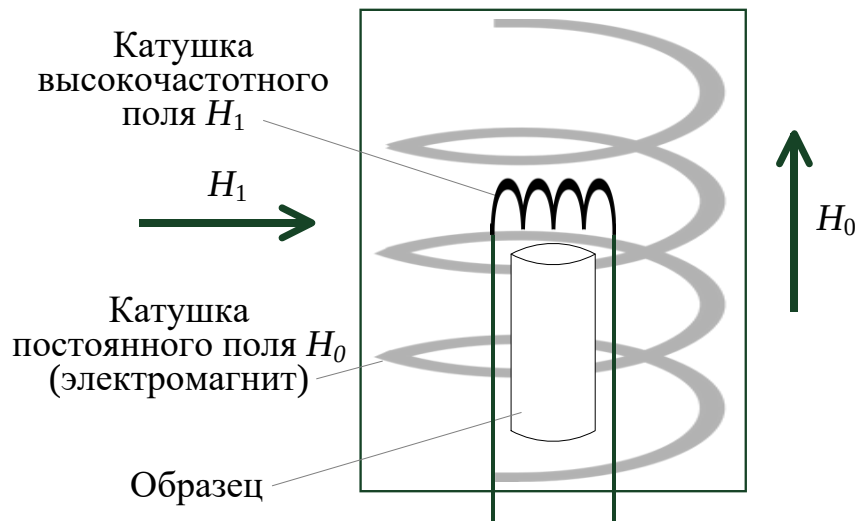


Рис. 7.2. Устройство ЯМР-приборов

Намагниченность образца M_1 в направлении, параллельном линиям поля H_0 , возрастает по закону:

$$M_1 = M_0 \cdot [1 - \exp(-t/T_1)], \quad (7.2)$$

где T_1 – время продольной (спин-решеточной) релаксации (интервал времени, за который будет намагничено 63 % ядер).

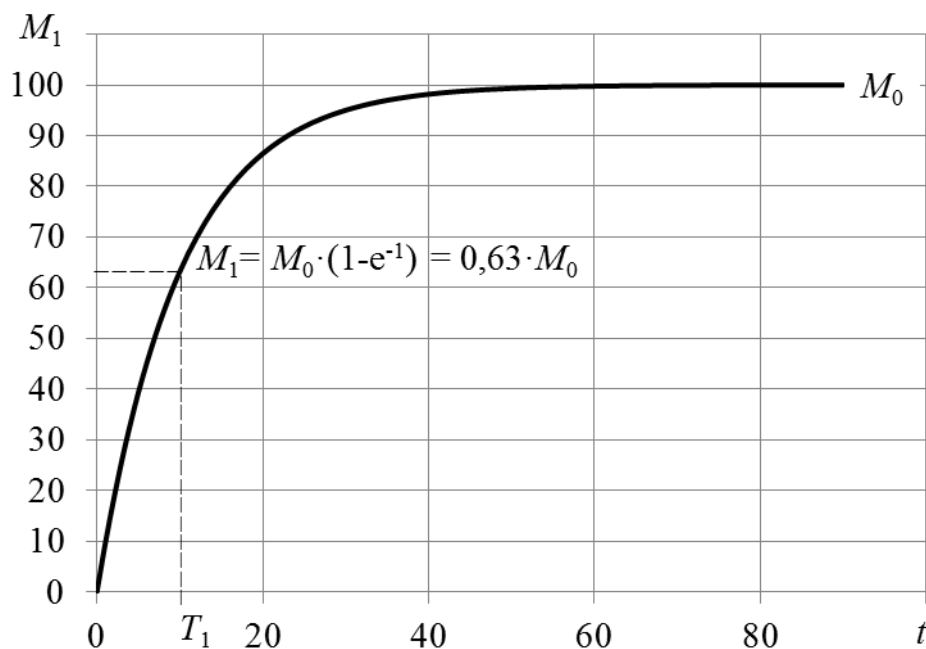


Рис. 7.3. Продольная (спин-решеточная) релаксация

Намагниченность образца M_2 в направлении, перпендикулярном линиям поля H_0 (и параллельном линиям высокочастотного поля H_1)

убывает по закону:

$$M_2 = M_0 \cdot \exp(-t/T_2) \quad (7.3)$$

где T_2 – время поперечной (спин-спиновой) релаксации (интервал времени, за который намагниченность уменьшится на 63 % от исходного уровня).

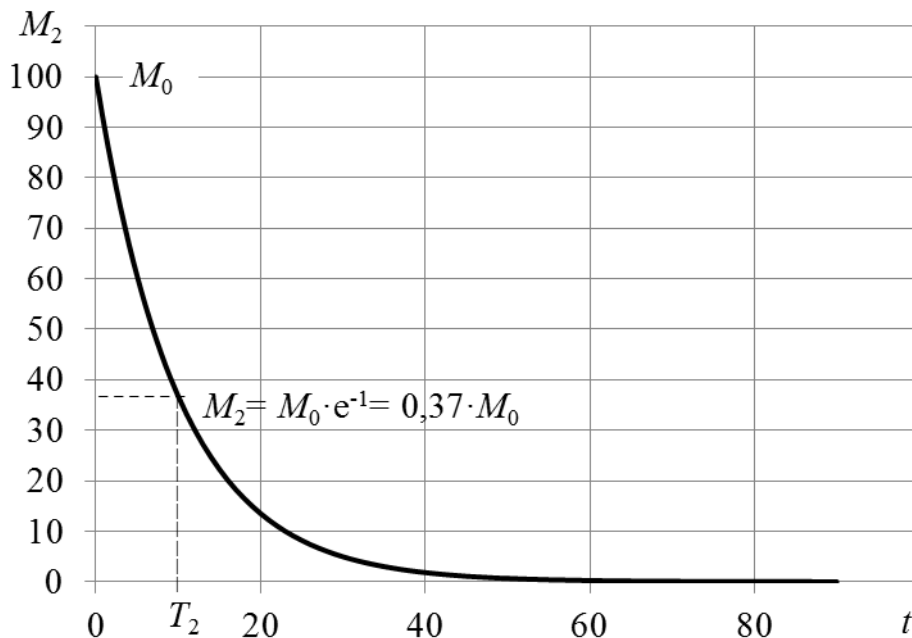


Рис. 7.4. Поперечная (спин-спиновая) релаксация

В геофизической практике при ЯМР-исследованиях определяют величину амплитуды сигнала и его затухание. Величина амплитуды сигнала при ЯМР пропорциональна числу ядер водорода и калибруется таким образом, чтобы определить значения пористости независимо от литологии. Однако наибольший интерес у петрофизиков вызывает величина затухания сигнала ЯМР в течение каждого цикла измерений, так как это затухание связано с подвижностью водородосодержащих молекул флюида.

Регистрируемый сигнал при ЯМР-исследованиях образует так называемую *релаксационную кривую* (рис.7.5), а характеристическое время затухания амплитуды сигнала и есть время поперечной релаксации T_2 .

Для правильного применения метода ЯМР при петрофизической интерпретации, исключительно важным является понимание природы релаксации сигнала в поровых флюидах. Так, известны три механизма ЯМР-релаксации, которые влияют на времена релаксации T_1 или T_2 , а именно:

- *поверхностная релаксация*, вызванная поверхностью зерен породы,
- *диффузионная релаксация*, вызванная молекулярной диффузией в магнитных полях,
- *объемная релаксация* вследствие процессов, происходящих в самом наполняющем поры флюиде.



Рис. 7.5. Аппаратурная релаксационная кривая. Отдельные точки - полевые данные, сплошная кривая - их осреднение. Эхо-сигналы записаны со временем между сигналами 1 мсек.

Все три процесса действуют одновременно и, следовательно, времена T_1 и T_2 поровых флюидов выражаются как

$$1/T_{2tot} = 1/T_{2S} + 1/T_{2D} + 1/T_{2B}, \quad (7.4)$$

где T_{2S} - поверхностная релаксация, T_{2D} - диффузионная релаксация и T_{2B} - объемная релаксация.

Относительный вклад каждого из механизмов зависит от типа флюида в порах (вода, нефть или газ), размера пор, силы поверхностной релаксации и смачиваемости поверхности породы.

В общем случае для гидрофильного коллектора установлено следующее:

- время T_2 для пластовой воды определяется, в основном, T_{2S} ;
- на время T_2 для высоковязкой нефти основное влияние оказывает T_{2B} ;

- время T_2 для нефтей средней вязкости и легких разностей - комбинация T_{2B} и T_{2D} , и также зависит от величины вязкости;
- время T_2 для газа определяется в основном T_{2D} .

Поверхностная релаксация. Молекулы флюидов находятся в постоянном броуновском движении и диффундируют в поровом пространстве, соприкасаясь с поверхностью зерен породы несколько раз в течение одного цикла измерений ЯМР. Исследования показали, что для большинства пород наибольшее влияние на T_1 и T_2 оказывает поверхностная релаксация. Способность поверхности зерен влиять на протоны называется поверхностной релаксируемостью. Поверхности зерен не одинаково эффективны в релаксации протонов водорода. Так, например, песчаники почти в три раза более эффективны в релаксации поровой воды, чем карбонаты.

Размер пор также играет важную роль в поверхностной релаксации. Скорость релаксации зависит от того, как часто протоны могут соударяться с поверхностью, а это в свою очередь зависит от величины отношения площади поверхности пор к объему – S/V (рис.7.6). Столкновения происходят менее часто в крупных порах, имеющих небольшие величины отношения S/V , и где времена релаксации сравнительно длительные. Аналогично, небольшие поры имеют большие значения отношения S/V и короткие времена релаксации.

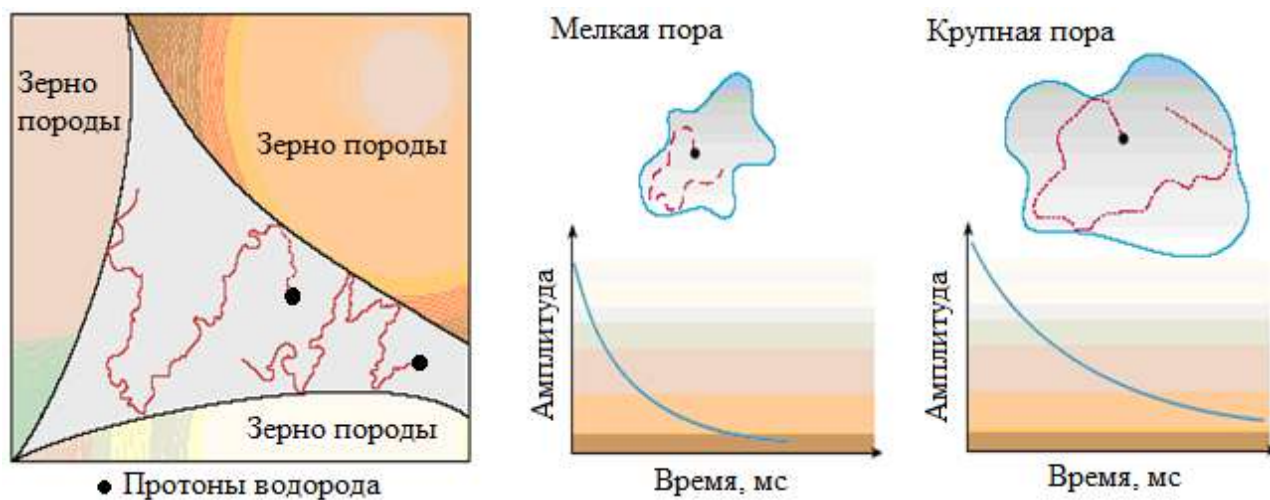


Рис. 7.6. Поверхностная релаксация.

Распределение пор по размерам характеризуется определенным значением отношения S/V . Полная намагниченность определяется суммарным сигналом отдельных пор. Суммарный объем всех пор эквивалентен объему флюида в породе, т.е. пористости. Таким образом,

полный сигнал пропорционален пористости, а общее затухание, отражающее распределение пор по размерам, является суммарным результатом отдельных затуханий. Измерения пористости и распределения пор по размерам являются ключевыми составляющими при интерпретации данных ЯМК.

Диффузионная релаксация. Газы, легкие нефти, вода и некоторые нефти средней вязкости обладают значительной диффузионной релаксацией.

Физические свойства флюидов, такие как вязкость и молекулярный состав влияют на коэффициент диффузии. На него также оказывают влияния параметры окружающей среды — температура и давление.

Коэффициенты диффузии газа, нефти и воды возрастают с увеличением температуры (т.к. при увеличении температуры снижается вязкость флюидов). Коэффициент диффузии газа снижается при возрастании давления, поскольку при этом возрастает его плотность. Коэффициенты диффузии нефтей меняются в широких пределах, поскольку нефти весьма разнятся по молекулярному составу, и, следовательно, по вязкости.

Объемная релаксация. Объемная релаксация является свойством собственной релаксации флюида и зависит от его физических свойств, таких как вязкость и химический состав. На объемную релаксацию флюида влияют такие параметры окружающей среды, как температура и давление.

Релаксацией общего объема флюида часто можно пренебречь, но она становится значимой, когда вода находится в порах очень большого размера, где протоны водорода редко соприкасаются с поверхностью, как, например, в кавернозных карбонатах. Объемная релаксация также значительна в случаях присутствия углеводородов. Углеводородная фаза не контактирует с поверхностью пор, и потому не может быть релаксирована механизмом поверхностной релаксации. Кроме того, повышенная вязкость флюида уменьшает время объемной релаксации. Содержание в буровом растворе ионов Cr, Mn, Fe, Ni или иных парамагнитных ионов также влияет на время объемной релаксации.

Основными измеряемыми параметрами при ЯМР-исследованиях являются релаксационная кривая, отражающая затухание намагниченности порового флюида в породе по времени поперечной релаксации T_2 и амплитуда сигнала, соответствующая времени начала измерения ($t_{\text{нач}} = 0$) релаксационной кривой.

Амплитуда сигнала, отражающая число резонирующих ядер, пропорциональна объемному водородосодержанию. Поскольку известна плотность содержания ядер водорода в воде, то данные ЯМР пересчитывают непосредственно в кажущуюся водонасыщенную пористость.

Пористость по ЯМР не зависит от состава матрицы, т.е. она определяется только флюидами, находящимися в порах. Релаксация ядер, относящихся к твердой фазе, происходит очень быстро и не вносит вклад в регистрируемый сигнал, поэтому свойства матрицы породы не оказывают влияние на пористость, измеренную ЯМР-приборами, и, соответственно, не требуется калибровка на литологию коллектора.

Затухание сигнала определяется тремя параллельно проходящими процессами релаксации: поверхностной релаксации (основной механизм), диффузионной и объемной, каждая из которых контролируется комплексом петрофизических характеристик.

Релаксация намагниченности определяется не только свойствами флюида, находящегося в порах горных пород, но также размером и свойствами поверхности этих пор. Скорость релаксации будет тем больше, чем меньше размер пор.

На рис. 7.7 представлены сигналы ЯМР от пор различных размеров. Из графиков видно, что малым размерам пор соответствует быстрое затухание сигнала ЯМР, а большим порам – медленное затухание.

В реальной горной породе могут присутствовать поры произвольных размеров и в самых разнообразных пропорциях. Результирующий сигнал, регистрируемый прибором, представляет собой сложную суперпозицию различающихся по временам релаксации компонент, каждая из которых соответствует группам пор разного размера. Релаксация жидкости, насыщающей пористую среду, происходит с разной скоростью в зависимости от того каковы размеры пор, свойства поверхности породы и вязкость жидкости. Пory разных размеров вносят разный вклад в общий сигнал. Вклад каждой поры в общий сигнал прямо пропорционален ее объему.

Распределение времен релаксации является мерой распределения размеров пор – нового петрофизического параметра. В результате интерпретации времен релаксации и их распределений можно получить такие петрофизические параметры как проницаемость, динамическая (эффективная) пористость и остаточная водонасыщенность.

Другие возможные приложения включают в себя построение кривых капиллярного давления, определение типа углеводородов и дополнительную информацию при проведении фациального анализа.

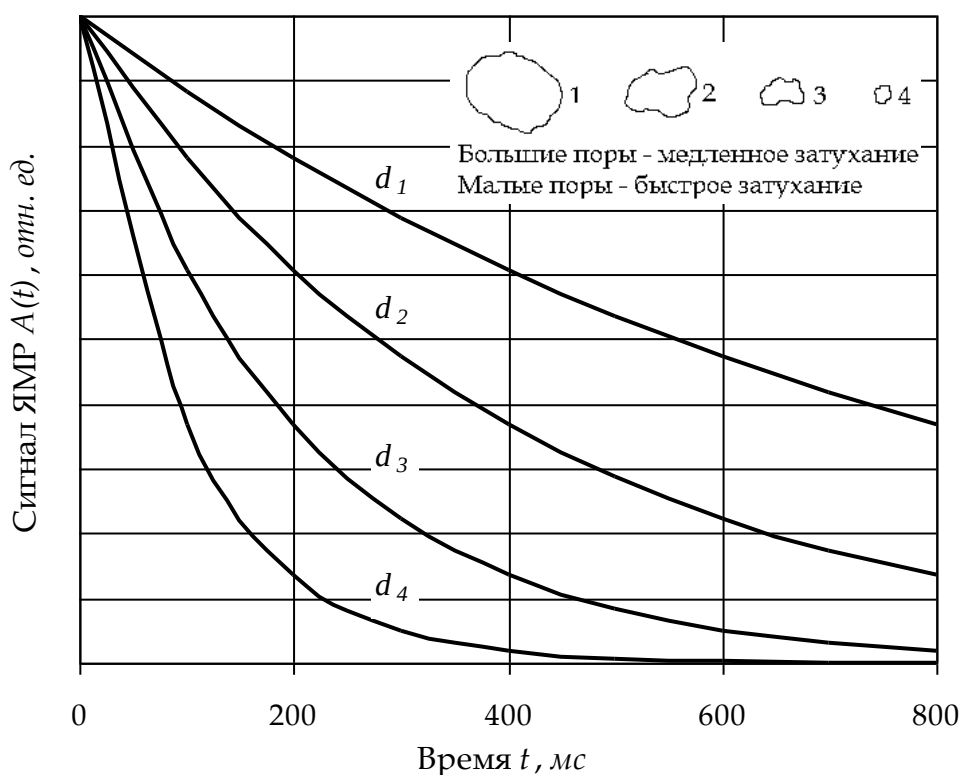


Рис. 7.7. Сигнал ЯМР от пор различных размеров ($d_1 > d_2 > d_3 > d_4$).

Таким образом, эффект ЯМР чувствителен к таким важным петрофизическим характеристикам, как емкость (распределение пористости по размерам пор и на этой основе - различные типы пористости), фильтрация (через распределение пористости по размерам пор), насыщенность и состав флюидов (на основе коэффициента диффузии). Наилучшие возможности ЯМР имеет для определения характеристик емкости, поскольку эффекты поверхностной релаксации при изучении горных пород являются основными в формировании релаксационной кривой, а амплитуда характеризует водородосодержание флюида. Поэтому в рамках интерпретационной модели пористости и проводится основная обработка данных ЯМК.

Определение характеристик разреза по ЯМР включает три стандартные процедуры: получение исходной релаксационной кривой; геофизическую обработку кривой с получением спектров; определение компонент емкости, фильтрации, флюидонасыщенности (рис. 7.8).

Технология обработки результатов ЯМК сводится к следующему.

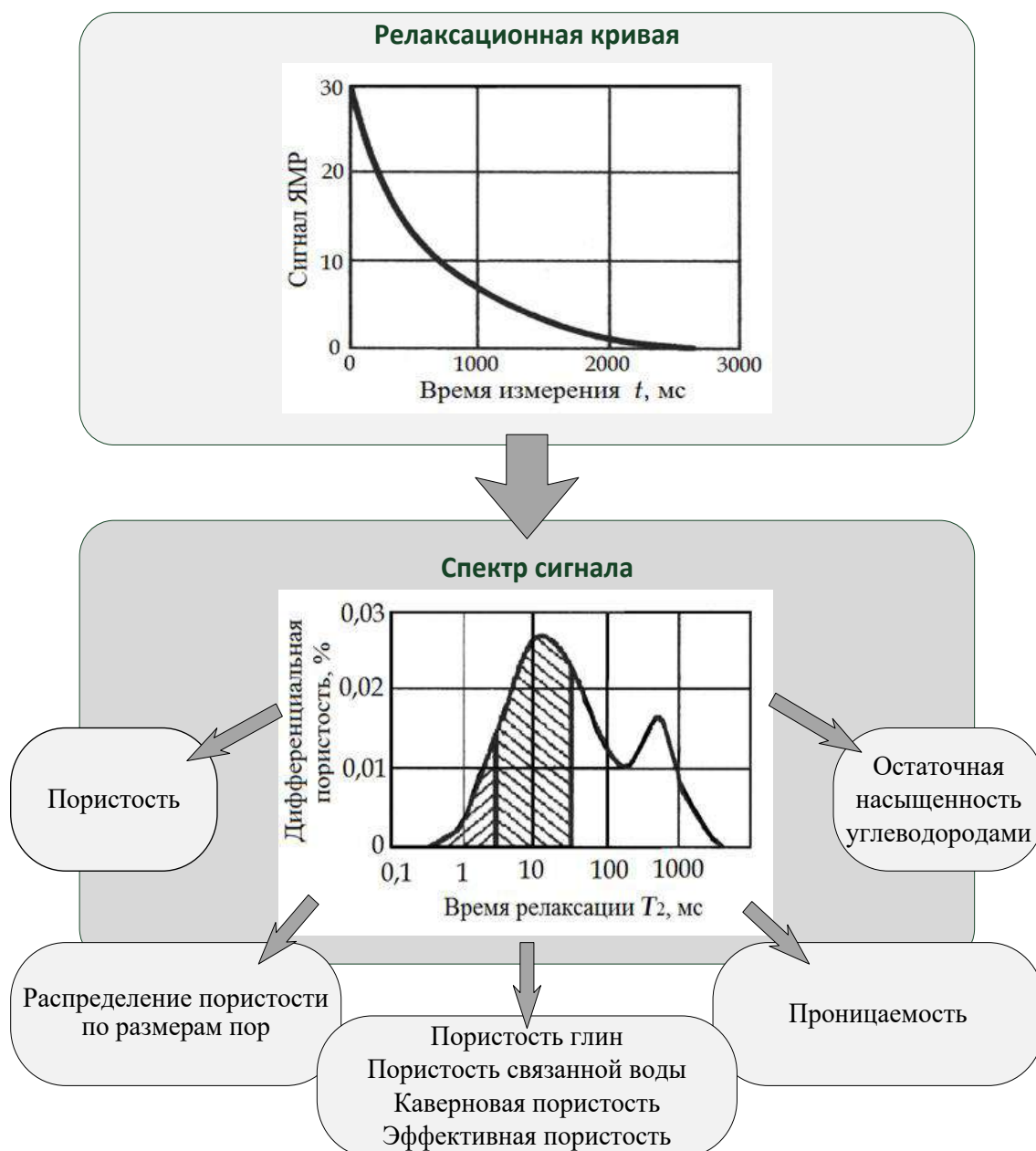


Рис.7.8. Обработка данных ЯМК

Так как поровые коллекторы, как правило, содержат набор пор разного размера и нередко насыщены более чем одним типом флюидов, то измеренный сигнал ЯМР не характеризуется единым значением T_2 , а представляет собой распределение времен релаксации, которое описывается уравнением:

$$A(t) = \sum A_i e^{-\frac{t}{T_{2i}}} \quad (7.5)$$

где A_i – амплитуда i –ой компоненты поперечной релаксации; T_{2i} – время поперечной релаксации i –ой компоненты.

Величины A_i пропорциональны объему флюида в порах соответствующего размера (с временами релаксации T_{2i}), а их сумма пропорциональна общей пористости. Для того что бы определить значение пористости, проводится калибровка: измерение сигнала ЯМР для среды, полностью состоящей из флюида. Обычно для этого используется калибровочная емкость, полностью заполненная дистиллированной водой.

Как было сказано выше, записанный сигнал представлен сложным распределением T_2 . Одним из самых важных шагов при обработке данных ЯМР является выделение отдельных релаксационных компонент и определение распределения времени релаксации, которое обуславливает наблюдаемое затухание намагниченности пластовых флюидов.

При обработке данных ЯМР может быть использован мультиэкспоненциальный анализ [2]: сигнал ЯМР представляется в виде суммы нескольких экспонент с разными амплитудами и временами релаксации.

$$A(t) = \phi_1 \cdot e^{-\frac{t}{T_{2,1}}} + \phi_2 \cdot e^{-\frac{t}{T_{2,2}}} + \dots \quad (7.6)$$

Существует много математических алгоритмов для определения искомым релаксационных компонент, дающих близкие результаты при корректно заданных начальных условиях. Как правило, это различные модификации классического метода Гаусса-Ньютона для решения задач нелинейной регрессии с помощью метода наименьших квадратов. Результатом является дифференциальный спектр времен релаксации (рис 7.9).

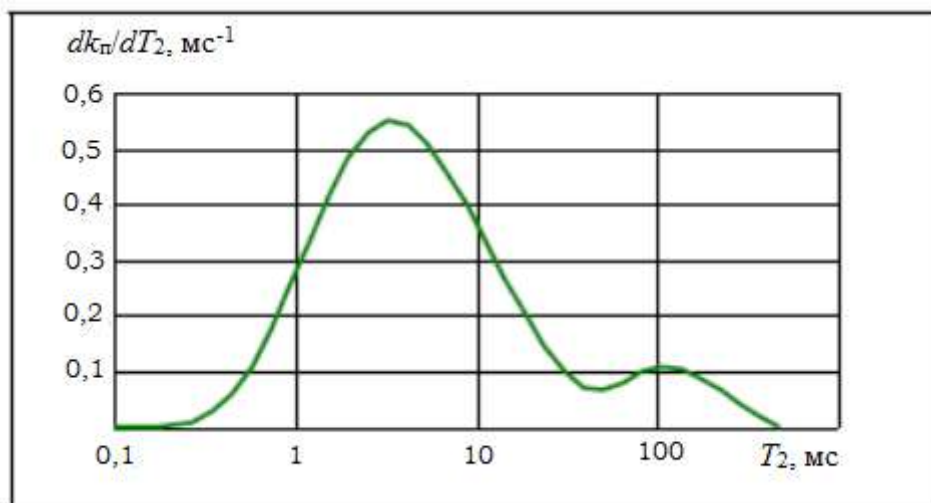


Рис. 7.9. Дифференциальный спектр

Затем, интегрированием дифференциального спектра, определяется интегральный спектр (рис. 7.10). Обычно этот спектр используется для определения пористости и разделения ее на составляющие методом отсечек. Но интегральный спектр хоть и отражает распределение пористости по временам релаксации, но неудобен для отображения на планшете (диаграмме ФЕС).

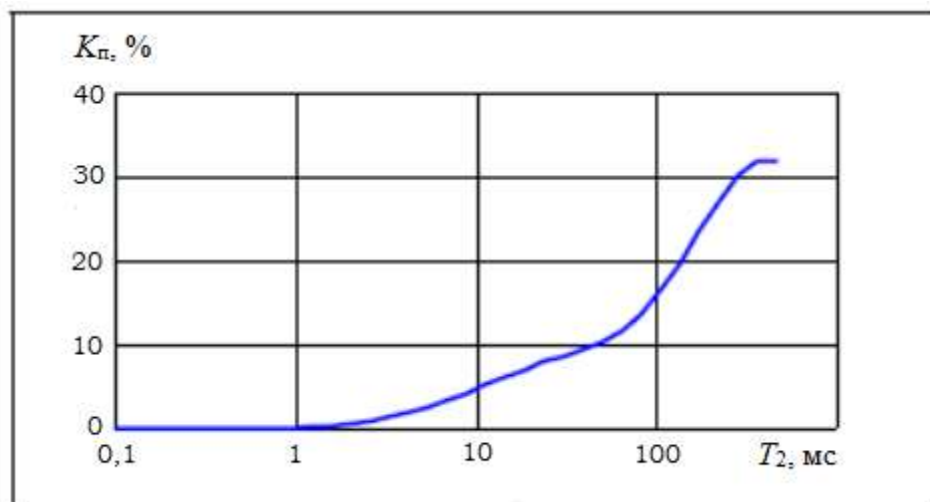


Рис. 7.10. Интегральный спектр

Для большей наглядности дифференциальный спектр пересчитывается в парциальный спектр (рис. 7.11). В этом случае дифференциальные спектры разбивают на фиксированное количество интервалов. Затем интегрированием определяется часть пористости, соответствующая каждой из полученных частей. Ордината соответствующей точки парциального спектра равна пористости, приходящейся на данный участок дифференциального спектра. Таким образом, полученный спектр напрямую показывает распределение пористости по временам релаксации.

Также может быть реализовано общепринятое представление распределения пористости по временам релаксации в виде бинов, при котором спектр разбивается по временам релаксации на части, равные степеням двойки – 2, 4, 8, 16 мс и так далее до 2048 мс. Затем находятся площади этих частей, т.е. соответствующая им пористость и выносятся на планшет в виде объемной модели. Сумма бинов равна общей пористости. Спектр, построенный по бином, является разновидностью парциальных спектров. Такая форма представления может быть удобна для быстрой оценки длины спектра.

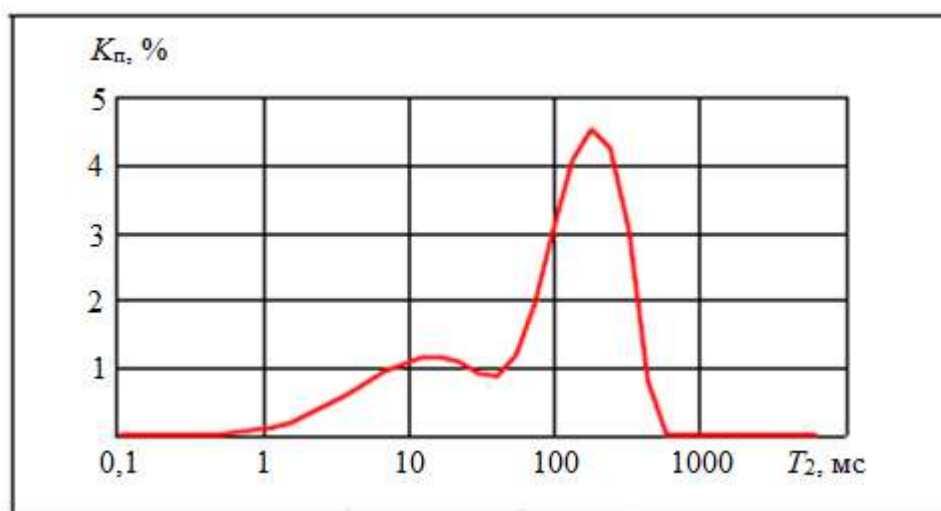


Рис. 7.11. Парциальный спектр

Определение общей пористости по данным ядерного магнитного резонанса не представляет затруднений. Согласно физическим основам метода вся площадь под кривой полученного распределения времен релаксации пропорциональна полной пористости. Чтобы получить распределение T_2 сразу в единицах пористости, аппаратуру перед началом измерений калибруют.

Определять составляющие пористости можно с использованием граничных значений. Многочисленные лабораторные исследования показали, что по кривой распределения T_2 можно устанавливать граничное значение времени релаксации путем сопоставления этого распределения с данными, получаемыми при вытеснении свободной воды из образца [7, 9]. На основании экспериментальных данных, сопоставленных с кривыми ртутного вытеснения, принято считать, что свободная вода полностью вытесняется при давлении 0,7 МПа. Максимальное время поперечной релаксации, наблюдаемое на кривой распределения T_2 после вытеснения воды при этом давлении, принимается за граничное значение $T_{2гр}$ [8]. Величину граничного значения также принято называть отсечкой («cutoff»).

В таблице 7.1 приведены граничные значения времен релаксации для воды, находящейся в порах разного размера.

Таблица 7.1

Граничные значения T_2 , мс	Пористость
0 ÷ 3	поры глин
3 ÷ 33	поры с капиллярно-связанной водой
> 33	эффективная пористость
> 750	каверновая пористость

Указанные граничные значения используются при интерпретации данных ЯМК, однако в некоторых случаях эти величины могут быть скорректированы по результатам лабораторных исследований образцов горных пород из конкретной части разреза.

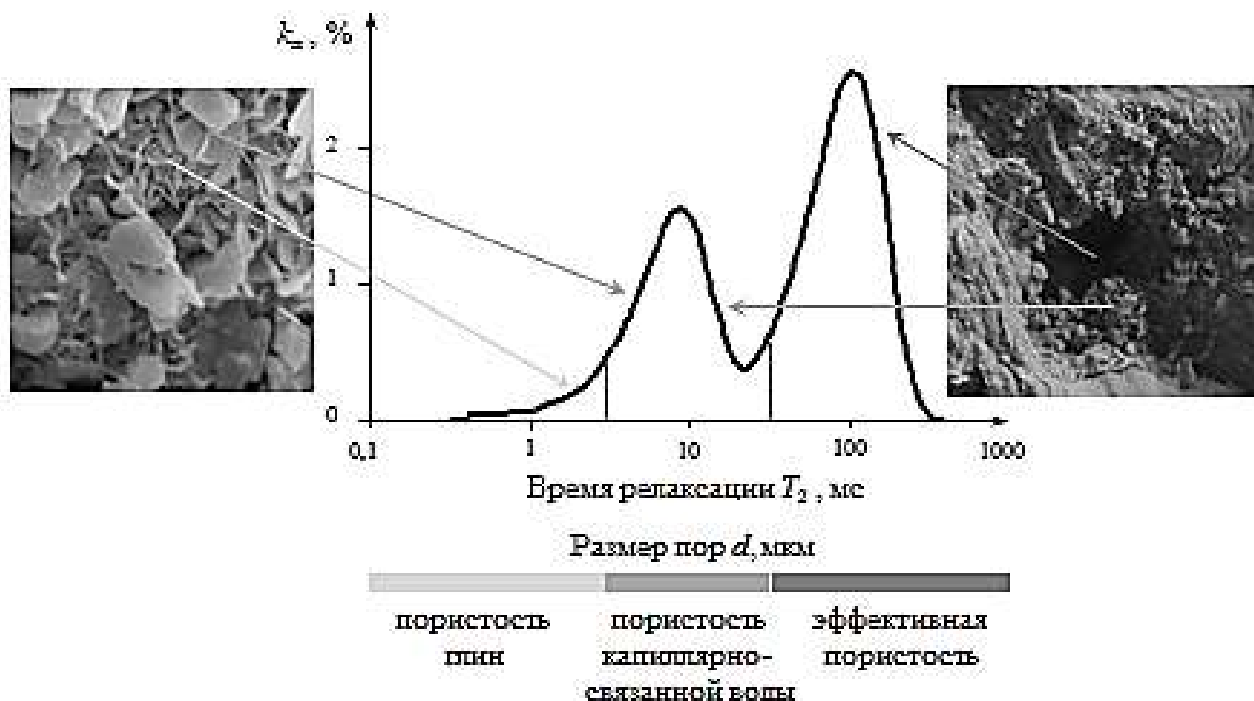


Рис. 7.9. Петрографическая и петрофизическая информативность спектров ЯМК

Таким образом, современные ЯМР-исследования позволяют в общем случае выходить на оценку коэффициента общей пористости K_p , а по характеристикам зарегистрированной релаксационной кривой оценивать структуру порового пространства породы в целом и связанные с ней дифференциальные характеристики емкости (эффективная, капиллярно-связанная и др.) и фильтрации. При этом такие оценки возможны для различных типов разрезов нефтегазовых скважин.

Задание

1. Согласно указанного (табл. 7.2) варианта построить дифференциальный спектр сигнала ЯМР для образца керна терригенной породы, как показано на рис. 7.12.
2. Пересчитайте дифференциальный спектр в парциальный.
 - а) значения dK_{pi}/dT_{2i} на дифференциальном спектре умножьте на коэффициенты логарифмического масштабирования l_i :

Таблица 7.2

T_2 , мс	dk_{II}/dT_2 , мс ⁻¹											
	<i>вариант</i>											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,2	0,035	0,035	0,030	0,030	0,016	0,012	0,006	0,033	0,006	0,006	0,006	0,006
0,3	0,300	0,258	0,110	0,080	0,063	0,044	0,009	0,092	0,009	0,019	0,019	0,019
0,4	0,446	0,407	0,191	0,145	0,127	0,087	0,013	0,168	0,013	0,077	0,035	0,048
0,5	0,511	0,487	0,248	0,186	0,183	0,126	0,019	0,230	0,019	0,172	0,051	0,097
0,6	0,550	0,521	0,277	0,205	0,230	0,136	0,024	0,276	0,024	0,237	0,070	0,176
0,7	0,559	0,533	0,291	0,220	0,255	0,152	0,033	0,312	0,027	0,280	0,098	0,292
0,8	0,565	0,543	0,304	0,229	0,271	0,157	0,047	0,344	0,036	0,330	0,120	0,376
0,9	0,565	0,548	0,316	0,240	0,285	0,155	0,056	0,385	0,048	0,370	0,146	0,415
1	0,561	0,549	0,322	0,245	0,303	0,154	0,063	0,414	0,063	0,400	0,166	0,449
2	0,471	0,471	0,332	0,255	0,326	0,100	0,149	0,470	0,166	0,470	0,201	0,473
3	0,368	0,368	0,311	0,245	0,294	0,145	0,235	0,418	0,235	0,423	0,193	0,456
4	0,283	0,283	0,262	0,229	0,229	0,265	0,298	0,265	0,298	0,353	0,166	0,378
5	0,213	0,213	0,213	0,200	0,172	0,299	0,299	0,196	0,332	0,281	0,129	0,212
6	0,164	0,164	0,164	0,157	0,137	0,266	0,280	0,147	0,359	0,208	0,111	0,128
7	0,125	0,125	0,125	0,125	0,110	0,170	0,233	0,110	0,378	0,171	0,087	0,087
8	0,102	0,102	0,102	0,095	0,095	0,107	0,197	0,095	0,391	0,142	0,076	0,066
9	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,142	0,082	0,405	0,121	0,067	0,053
10	0,077	0,077	0,069	0,069	0,069	0,069	0,116	0,069	0,419	0,093	0,055	0,035
20	0,108	0,068	0,068	0,068	0,094	0,065	0,065	0,065	0,464	0,058	0,031	0,031
30	0,196	0,103	0,149	0,149	0,183	0,123	0,095	0,090	0,464	0,043	0,054	0,054
40	0,227	0,144	0,253	0,295	0,336	0,375	0,296	0,107	0,450	0,038	0,124	0,093
50	0,227	0,164	0,352	0,399	0,424	0,455	0,441	0,117	0,432	0,032	0,254	0,125
60	0,212	0,172	0,378	0,442	0,467	0,453	0,466	0,119	0,408	0,028	0,359	0,141
70	0,197	0,170	0,377	0,446	0,470	0,420	0,472	0,121	0,374	0,024	0,413	0,151
80	0,172	0,154	0,355	0,401	0,436	0,260	0,472	0,116	0,345	0,018	0,429	0,156
90	0,151	0,131	0,250	0,250	0,371	0,154	0,469	0,107	0,297	0,017	0,429	0,157
100	0,120	0,108	0,170	0,170	0,288	0,093	0,459	0,093	0,257	0,014	0,428	0,157
200	0,030	0,022	0,022	0,022	0,062	0,029	0,062	0,041	0,062	0,009	0,248	0,110
300	0,010	0,010	0,010	0,010	0,022	0,016	0,016	0,022	0,016	0,005	0,082	0,052
400	0,001	0,007	0,007	0,007	0,015	0,010	0,010	0,015	0,010	0,005	0,029	0,021
500	0,000	0,003	0,003	0,003	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,004	0,014	0,009
600	0,001	0,001	0,001	0,001	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,009	0,000
700	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,000
800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,000
900	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Q , мс ⁻¹	1512											

$$s_i = \frac{dK_{ni}}{dT_{2i}} \cdot l_i, \quad (7.7)$$

где $l_i=1$ в интервале T_2 от 0,1 до 1 мс, $l_i=10$ в интервале от 1 до 10 мс, $l_i=100$ в интервале от 10 до 100 мс и $l_i=1000$ в интервале от 100 до 1000 мс.

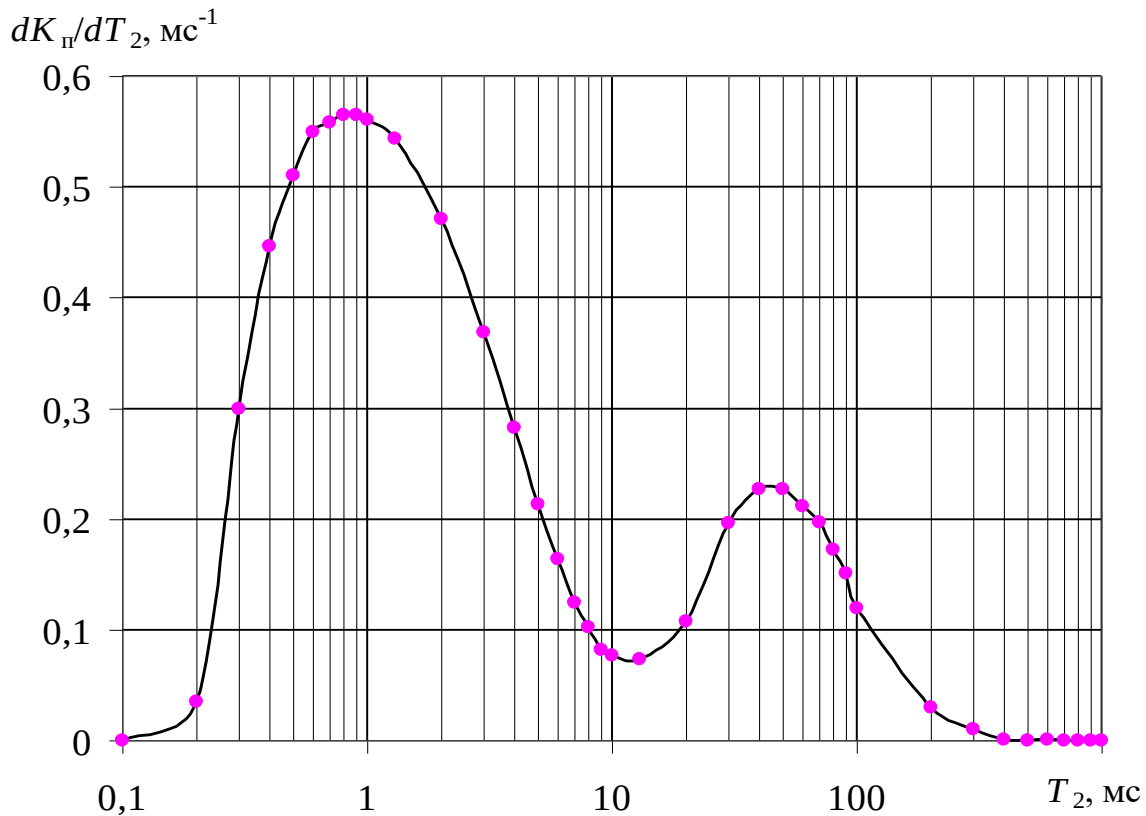


Рис. 7.12. Дифференциальный спектр

б) Просуммируйте все значения s_i , получив площадь спектра:

$$S = \sum_{T_{2i}} s_i \quad (7.8)$$

в) Перейдите к значениям пористости, используя данные калибровки Q , выполненной для чистой воды:

$$K_{ni} = \frac{s_i}{Q} \cdot 100\% \quad (7.9)$$

3. Постройте парциальный спектр, как показано на рис. 7.13.

4. Вычислите общую пористость образца керна:

$$K_n = \frac{S}{Q} \cdot 100\% \quad , \quad \text{либо} \quad K_n = \sum_{T_{2i}} K_{ni} \quad (7.10, 7.11)$$

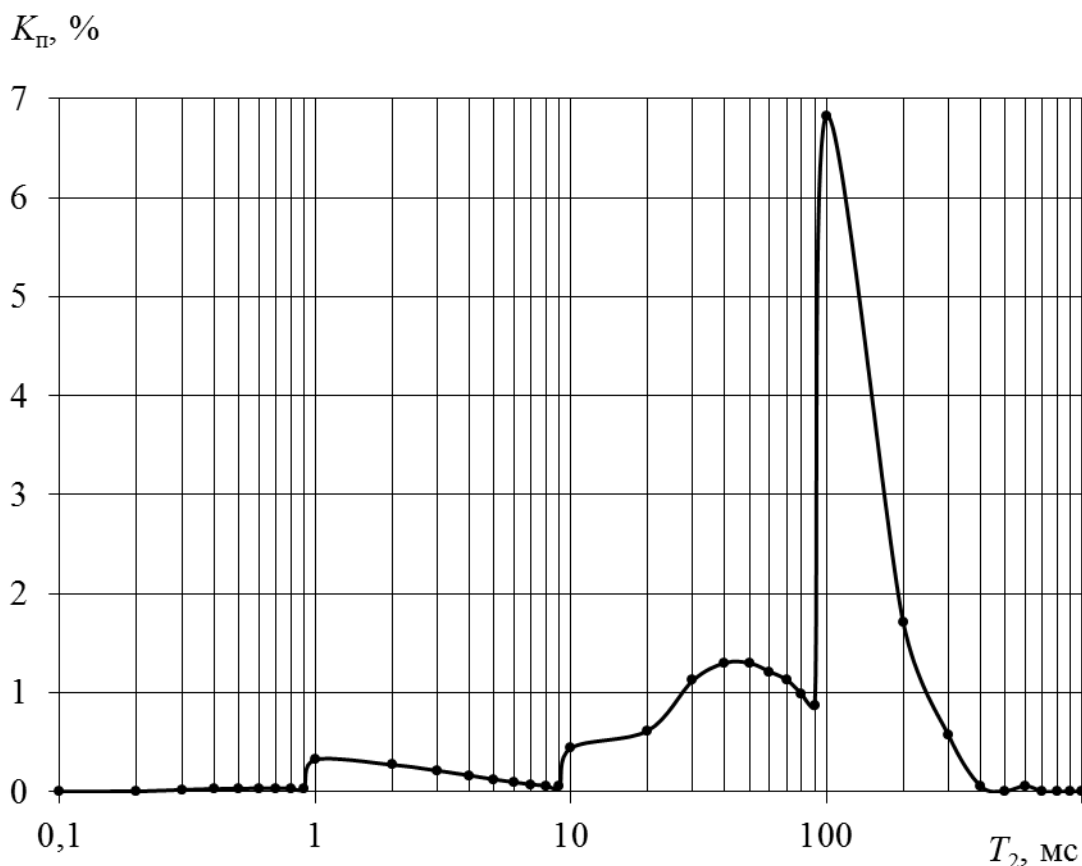


Рис. 7.13. Парциальный спектр

5. Вычислите пористость, приходящуюся на глины, капиллярно-связанную воду. Определите эффективную и каверновую пористость образца. Для этого воспользуйтесь установленными граничными значениями времен релаксации T_2 в порах разного размера (табл. 7.1).

Пористость, соответствующую глинам, можно вычислить так:

$$K_{\text{п}}^{\text{гл}} = \sum_{T_2=0\text{мс}}^{T_2=3\text{мс}} K_{\text{п}i} . \quad (7.12)$$

Пористость, соответствующая капиллярно-связанной воде:

$$K_{\text{п}}^{\text{гл}} = \sum_{T_2=3\text{мс}}^{T_2=33\text{мс}} K_{\text{п}i} . \quad (7.13)$$

Эффективная пористость:

$$K_{\text{п}}^{\text{гл}} = \sum_{T_2=33\text{мс}}^{T_2=1000\text{мс}} K_{\text{п}i} . \quad (7.14)$$

Каверновая пористость:

$$K_{\Pi}^{\text{ГЛ}} = \sum_{T_2=750\text{мс}}^{T_2=1000\text{мс}} K_{\Pi i} . \quad (7.15)$$

6. Сделайте вывод о том, какая пористость преобладает в образце – пористость глин, пористость капиллярно-связанной воды, либо эффективная пористость. Присутствует ли в образце каверновая пористость?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александрова Ж.Н.* Петрофизика коллекторов: Учебное пособие. – Екатеринбург: изд-во УГГУ, 2006. – 153 с.
2. *Аксельрод С.М., Неретин В.Д.* Ядерный магнитный резонанс в нефтегазовой геологии и геофизике. - М.: Недра, 1990. - 192 с.
3. *Добрынин В. М., Вендельштейн Б. Ю., Кожевников Д. А.* Петрофизика (физика горных пород) – М.: «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2004. – 368 с.
4. *Дахнов В.Н.* Геофизические методы определения коллекторских свойств и нефте-газонасыщения горных пород. – М.: Недра, 1985. - 310 с.
5. Интерпретация результатов геофизических исследований нефтяных и газовых скважин: Справочник. Под ред. *В.М. Добрынина*. – М.: Недра, 1988. - 476 с.
6. *Кобранова В.Н.* Петрофизика. – М.: Недра, 1986. – 392 с.
7. *Chang D., Vinegar H.J., Morriss C., Straley C.* Effective Porosity, Produccible Fluid, and Permeability in Carbonates from NMR Logging // The Log Analyst. 1997. Vol.38, №2, P.60 - 72. (50)
8. *Straley C., Rossini D., Vinegar H., Tutunjian P., Morriss C.* Core Analysis By Low-Field NMR // The Log Analyst. 1997. Vol.38, №2. P.84-94. (74)
9. *Straley C., Morriss C.E., Kenyon W.E., Howard J.J.* NMR in Partially Saturated Rocks Laboratory Insights on Free Fluid Index and Comparison with Borehole Logs // The Log Analyst. 1995. January-February, P.40-56. (75)

Учебное издание

Александрова Жанна Николаевна

ПРАКТИКУМ ПО ПЕТРОФИЗИКЕ

Руководство по выполнению практических работ
по дисциплине «Петрофизика» для студентов
специализации «Геофизические методы исследования скважин»
специальности 21.05.03 – «Технология геологической разведки»
очной и заочной формы обучения

Часть 2

Редактор _____
Компьютерная верстка автора

Подписано в печать ____ . ____ . 2018 г.
Бумага писчая. Формат 60 x 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. _____. Уч.-изд. л. _____. Тираж 100. Заказ _____

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

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

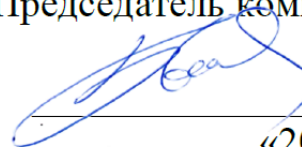
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

методической комиссией

факультета геологии и геофизики

Председатель комиссии



В. И. Бондарев

«20» марта 2020 г.

Г. С. Возжеников, Ю. В. Бельшев

РАДИОМЕТРИЯ И ЯДЕРНАЯ ГЕОФИЗИКА

Екатеринбург – 2020

Ядерные методы в разведочной геофизике

Радиометрия и ядерная геофизика – научные дисциплины, входящие составными разделами в современную область знаний среди наук о земле – «разведочную геофизику».

В отличие от «большой геофизики», которая имеет отношение к физическим процессам глобальных масштабов, протекающим в околоземном пространстве или на значительных глубинах внутри Земли, – **объектом** исследований разведочной геофизики является земная кора и скрытые в ней минеральные ресурсы.

Предметом исследований разведочной геофизики являются физические поля, в особенности их деформации (аномалии), вызываемые присутствием в природных средах объектов, отличающихся по физическим свойствам от вмещающих пород.

Радиометрия объединяет в своем составе методы, основанные на изучении *естественной* радиоактивности природных сред, а **ядерная геофизика** имеет дело с *искусственно*-радиоактивными полями.

Несмотря на очевидную общность радиометрических и ядерно-геофизических методов, в основе которых лежит явление радиоактивности, существует различие в областях применения и характере решаемых задач с использованием естественной и искусственной радиоактивности.

Главной **задачей** радиометрических исследований является получение сведений, которые могут оказаться полезными (или решающими) при поисках, разведке и добыче радиоактивных руд и полезных ископаемых, генетически или парагенетически связанных с естественно-радиоактивными элементами (ЕРЭ). Радиометрические измерения при этом настолько же целесообразны, насколько необходимы, например измерения напряженности магнитного поля при поисках и разведке магнетитовых руд. Кроме главной, существуют и другие задачи, решение которых облегчается при наличии данных об особенностях поведения естественной радиоактивности природных сред в изучаемом регионе.

Хорошо известна высокая эффективность воздушной или автомобильной γ -спектрометрии для геологического картирования горных пород (например гранитов), отличающихся повышенными величинами кларков ЕРЭ. Минимальными значениями γ -полей характеризуются ультрабазиты, а также отложения известняков и некоторых других пород. Радиометрические

исследования широко используются при разведке и эксплуатации месторождений калийных солей, горючих сланцев, углей, фосфоритов, бокситов, редкометальной минерализации и других месторождений, связанных с аномальными проявлениями естественной радиоактивности.

Применение методов, основанных на использовании искусственной радиоактивности, оказалось эффективным на разных стадиях геологоразведочных работ (съемка, поиски, разведка и эксплуатация) применительно к очень широкому перечню полезных ископаемых.

Топливо (нефть, газ, уголь, уран), руды черных, цветных, редких и благородных металлов, месторождения нерудных полезных ископаемых (фосфориты, флюориты, сырье для керамической промышленности, асбест, пьезооптическое сырье), другие виды минерального сырья – объекты, поиски, разведку и эксплуатацию которых в настоящее время трудно проводить без привлечения ядерно-геофизических методов.

Останавливаясь на областях применения радиометрических и ядерно-геофизических методов, следует подчеркнуть, что получаемые с их помощью сведения об особенностях состава и свойств природных сред носят дистанционный характер. Речь идет об *изучении вещества на расстоянии*, что важно не только в практике геологоразведочных работ, но и для других целей. Так, с помощью γ - γ -плотномера, установленного на автоматической станции «Луна-13», были впервые получены сведения о плотности лунного грунта, а с помощью рентгенорадиометрического анализатора «РИФМА» (радиоизотопный флуоресцентный метод анализа) – сведения о составе лунных пород по трассам перемещения луноходов.

Существенным недостатком практически каждого из радиометрических методов является малая представительность получаемой информации, что объясняется большой поглощающей способностью твердых веществ по отношению к ядерным излучениям. По этой причине имеется отличие эффективности ядерных методов на разных стадиях геологоразведочных работ. Известно, что их поисковые возможности заметно уступают по эффективности результатам, получаемым на разведочной и, особенно, на эксплуатационной стадии, где ядерные методы практически незаменимы при контроле и управлении качеством минерального сырья.

В последние годы развивается новое направление в ядерно-геофизических исследованиях, связанное с дистанционным изучением особенностей состава околорудных гидротермально-измененных пород. Известно, что наличие ореолов гидротермального метасоматоза является

необходимой (хотя и недостаточной) предпосылкой для локализации оруденений гидротермального типа. Значительные размеры метасоматических ореолов, обычно во много раз превышающие размеры рудных тел, многократно увеличивают геохимическую «глубинность» ядерных методов, ориентированных на обнаружение и оконтуривание околорудных изменений.

Конечно, главная отдача от использования ядерных методов связана с *разведкой* месторождений, где они особенно широко используются для бескернавого определения границ коллекторов нефти и газа, мощности угольных, рудных подсечений и других целей, включая решение проблемы дистанционной оценки линейных запасов полезной компоненты в рудных интервалах разведочных скважин. Несмотря на значительную отдачу в использовании ядерных методов при поисках и разведке, их применение на стадиях *добычи* и *переработки* минерального сырья рассматривается как не менее перспективное.

Известно, что совершенствование технологических процессов на добывающих и перерабатывающих предприятиях во многом зависит от достоверной и оперативной информации о качестве минерального сырья. Широко используемые для этой цели традиционные методы опробования и химического анализа во многих случаях не в состоянии удовлетворить требованиям современного производства в основном из-за низкой оперативности. Именно по этой причине на добывающих и перерабатывающих предприятиях все шире и с возрастающими масштабами используются геофизические, и в первую очередь ядерно-геофизические методы экспрессного контроля качества минерального сырья [15,33,38,75].

Помимо предприятий по добыче урановых руд, опыт радиометрического и ядерно-геофизического контроля и обогащения сырья имеется и на объектах других отраслей. Например, на предприятиях цветной металлургии для контроля и управления качеством оловосодержащего сырья широко используется рентгенорадиометрический метод (РРМ), основанный на явлении фотопоглощения γ -лучей и на законе Мозли. На основе этого метода разработаны эффективные технологии контроля качества полиметаллических руд на Pb и Zn, W и Mo, Ti в ильменитовом концентрате, Nb и Ta в редкометалльных карбонатитах, другие полезные ископаемые, включая Sb, As и Ag. Для контроля качества руд легких элементов (Li, Be, B) высокоэффективными оказались методы нейтронной геофизики из-за высоких сечений захвата тепловых нейтронов ядрами лития и бора и благоприятной предпосылки для фотонейтронного расщепления бериллия.

На горнорудных предприятиях черной металлургии в последнее время начал применяться γ -абсорбционный метод, позволяющий получать оперативные сведения о содержании полезной компоненты в исследуемом материале так называемого квазибинарного состава. Наиболее подробно этот метод разработан применительно к хромитовым рудам Донского горно-обогатительного комбината (ГОКа), где использовался в различных вариантах, включая непрерывный анализ на конвейерной ленте.

Предложенная и разработанная уральскими геофизиками (Институт горного дела УрО РАН и кафедра ядерной геофизики УГГГА) технология γ -абсорбционных измерений на Сг оказалась универсальной, принципиально пригодной для квалитетических целей при эксплуатации месторождений, руды которых по γ -лучевым свойствам могут быть отнесены к квазибинарным. Можно показать, что кроме хромитов к таким рудам относятся также марганцевые, железные и некоторые другие, например целестиновые, а также бруситы (если оценивать их качество по содержанию СаО).

Применительно к железным рудам γ -абсорбционный метод (ГАМ) может оказаться полезным при необходимости получения сведений о содержании так называемого общего Fe или когда связь между магнитной восприимчивостью и массовой долей железа оказывается неустойчивой.

При благоприятном поведении элементного состава матрицы γ -абсорбционный метод оказывается весьма эффективным при контроле и управлении качеством Mn-содержащего минерального сырья. В последнее время уже получены положительные результаты по использованию γ -просвечивания в условиях ферросплавного производства для целей дозирования марганцевого агломерата. Интересные результаты получены с помощью γ -абсорбционных измерений при оценке качества огнеупорного сырья (бруситы и продукты их переработки – периклазовый порошок).

В отличие от многочисленных разновидностей γ - γ -метода, работающих в режиме «отражения», γ -просвечивание позволяет получать экспрессную и достоверную информацию о *количестве* дробленого материала, прошедшего через рудоконтрольный пункт за произвольное время. Имеются и другие примеры эффективного использования методов ядерной геофизики в практике горнодобывающих работ, однако подлинные возможности ядерных и других геофизических методов для контроля и управления качеством минерального сырья еще далеко не исчерпаны.

Главным препятствием для более широкого использования прогрессивных «горно-геофизических» технологий является практическое

отсутствие геофизической службы на горно-обогатительных комбинатах ряда отраслей. Но даже и там, где такие службы в свое время были сформированы (урановое и редкометальное сырье, некоторые предприятия цветной и черной металлургии), ощущается острый недостаток геофизиков «горного профиля», поскольку отсутствует целенаправленная подготовка таких специалистов. В технических вузах горно-геологического профиля отсутствуют выпускающие кафедры горной геофизики, хотя необходимость в геофизиках для горно-металлургических предприятий является очевидной.

Важной областью применения ядерных методов является их использование для аналитических целей, особенно для надежного и экспрессного определения массовых долей редких и драгоценных металлов. Например, с помощью γ -активационного метода присутствие Au в геологических пробах определяется практически немедленно по интенсивности аналитической линии γ -излучения изомера Au^{197m} , образующегося в результате ядерной реакции (γ, γ') за счет материнского изотопа Au^{197} . Для количественных определений Au широко используется также нейтронно-активационный анализ (НАА). В этом случае оказывается возможным определение Au в активированных пробах по искусственно-радиоактивному изотопу Au^{198} , который образуется в результате ядерной реакции (n, γ), идущей на тепловых нейтронах. При наличии достаточно мощных потоков нейтронного излучения, например с использованием нейтронных каналов реакторов атомных станций, оказывается возможным количественное определение содержания Au в пробах на кларковом уровне.

Нейтронный активационный анализ успешно используется в аналитических целях не только на Au, но и на другие элементы, включая редкоземельные. При этом в ряде случаев отсутствует необходимость «нейтронной накачки» исследуемых проб с помощью нейтронных каналов АЭС. К настоящему времени на вооружении геофизиков имеются полевые лаборатории с γ -спектрометрической аппаратурой и источниками нейтронов с выходом до 10^{11} н/с. Гамма-спектры активированных проб регистрируются с помощью полупроводниковых детекторов, а для расшифровки и интерпретации спектров применяется бортовая ЭВМ. Такая лаборатория для экспрессного многоэлементного анализа геологических проб создана, например, в Канаде [35]. Применение детекторов с высоким энергетическим разрешением позволяет идентифицировать одновременно более 20 редких элементов с пределом обнаружения 10^{-4} %. В полевых условиях используется также малогабаритная установка для многоэлементного нейтронно-активационного анализа, разработанная в США. В установке применяется калифорниевый

источник нейтронов с выходом $3 \cdot 10^7$ н/с (масса Cf^{252} – 12 мкг). Анализ ведется по короткоживущим радионуклидам, образующимся в результате ядерной реакции (n, γ). С помощью этой установки оказывается возможным экспрессное количественное определение Al и 12 редких элементов. Предел обнаружения Sc, V, Co, Se, Br, Ag и Dy – менее 1 мкг; Al, Ti, Cu и Gd – от 1 до 10 мкг; Ro и Ir – от 10 до 100 мкг [35].

Кроме отмеченных, имеются и другие варианты полевых ядерно-геофизических лабораторий, предназначенных для получения достоверной и экспрессной информации относительно особенностей элементного состава исследуемых природных сред. Например, на основе узкополосного дифференциального детектора (УДД) в НПО «Буревестник» разработана серия отечественных портативных рентгеновских приборов, обеспечивающих экспрессное определение ряда элементов, включая раздельное определение элементов со смежными атомными номерами, например Cr, Mn, Fe.

Особую роль в геологии и других отраслях знаний (археология, биология) играют способы датировки природных сред и живых организмов, в основе которых лежит постоянство скорости «остывания» любых, в том числе долгоживущих радионуклидов. К настоящему времени детально разработаны K-Ar, Rb-Sr, радиоуглеродный, U-Pb и другие методы определения абсолютного возраста самых разнообразных объектов.

Краткая история развития ядерных методов

Ядерная геохронология – это, пожалуй, первое приложение явления радиоактивности в геологии. Уже в 1902 г. П. Кюри, а вслед за ним Э. Резерфорд высказали мысль о том, что скорость радиоактивного распада элементов может быть использована в качестве эталона времени для определения абсолютного возраста горных пород. В 1907 г. эта идея получила практическое осуществление. Английский физик Б. Болтвуд по содержанию в горных породах U и конечного продукта его распада – Pb впервые определил абсолютный возраст урансодержащих минералов. В дальнейшем радиологические методы датировки минералов непрерывно совершенствуются и расширяются.

Кроме U-Pb-метода, разрабатываются U-He-, K-Ar-, Rb-Sr- и другие методы. В США в 1923 г. была организована специальная комиссия по измерению геологического возраста радиоактивными методами. В нашей стране такие измерения начали проводиться в Радиевом институте с 1924 г. Отечественные специалисты В. Г. Хлопин, К. А. Ненадкевич, Э. К. Герлинг, Л. В. Комлев, И. Е. Старик и др. внесли большой вклад в разработку радиоактивных способов датировки горных пород.

Параллельно с разработкой ядерных методов непрерывно исследуются особенности распределения радиоактивных элементов в земной коре и изучается тепло, выделяющееся при распаде ЕРЭ. Ведущую роль в изучении распределения радиоактивных элементов в земной коре играли отечественные ученые. В 1912 г. по инициативе и под руководством академика В. И. Вернадского в России была организована Радиовая экспедиция Академии наук. В начале 30-х годов проблемы ядерной геохронологии и радиотермии определились настолько отчетливо, что появилась самостоятельная отрасль геологии – радиогеология. Основоположником радиогеологии как самостоятельной ветви наук о Земле является В. И. Вернадский. Большой вклад в развитие радиологии внесли А. Е. Ферсман, В. Г. Хлопин, К. А. Ненадкевич, А. П. Соколов, И. Е. Старик, Г. В. Войткевич, В. И. Баранов и др.

С открытием явления радиоактивности (А. Беккерель, 1896 г., М. Кюри, 1898 г.) непрерывно разрабатываются методы исследования этого фундаментального явления. Разрабатываются также методы поисков и разведки месторождений радиоактивных руд, других полезных ископаемых, связанных с радиоактивностью.

Первые полевые работы, связанные с изучением радиоактивности, были выполнены отечественными геофизиками на урановом месторождении Тюя-Муюн (Средняя Азия). Здесь в 1923 г. А. П. Кириковым впервые был применен эманационный радоновый метод с целью поисков рудных тел на площадях, перекрытых чехлом четвертичных отложений. Несколько позже (1923-1925) Л. Н. Богоявленским были выполнены первые измерения естественного γ -излучения с целью поисков полезных ископаемых.

Эманационная съемка, разновидности γ -измерений (включая γ - γ -каротаж скважин), некоторые виды радиометрического анализа геологических проб, γ -опробование руд в условиях естественного залегания впервые возникли в нашей стране. Некоторые из этих методов параллельно развивались в Германии; в США они начали применяться на несколько лет позже.

В 1924-1925 гг. были организованы радиометрические комитеты при Геолкоме (А. П. Кириков) и при Институте прикладной геофизики (Л. Н. Богоявленский). Исследования велись как по линии полевых радиометрических измерений, так и по линии исследования радиоактивности геологических коллекций образцов горных пород. Уже в 1925 г. в результате радиометрического изучения коллекций геолога С. Ф. Машковцева было открыто Табошарское месторождение урановых руд в Средней Азии. В 1926-1927 гг. на этом месторождении были выполнены эманационные и γ -измерения, позволяющие обнаружить новые рудные тела.

Существенную роль в разработке радиометрических методов как методов разведочной геофизики сыграл радиометрический кабинет при Ленинградском центральном научно-исследовательском геологоразведочном институте (А. П. Кириков, А. Г. Граммаков, Г. В. Горшков, Б. С. Айдаркин, П. Н. Тверской) и радиометрический кабинет при лаборатории ЦНИГРИ в Москве (В. И. Баранов, Е. Г. Грачева).

Курс лекций по радиометрии впервые прочитан Л. Н. Богоявленским в 1923-1924 гг. в Петроградском горном институте. В 1930 г. в Московском геологоразведочном институте создана первая в стране кафедра радиометрии во главе с В. И. Барановым (в настоящее время – кафедра ядерной геофизики и геоинформатики, зав. кафедрой – проф. А. А. Ники-тин).

Мощным толчком к дальнейшему развитию ядерно-геофизических методов послужила проблема поисков, разведки и эксплуатации месторождений нового вида энергетического и стратегического сырья – урана. С этой целью уже в первые послевоенные годы совершенствуется техника и методика радиометрических измерений. Появляются автомобильный и воздушный варианты γ -съемки. Развивается теория этих методов, методика измерений и способы интерпретации результатов. Создается и внедряется в практику γ -спектрометрическая аппаратура, позволяющая получать сведения о долях К, U и Th в суммарной γ -активности пород. А. Г. Граммаков, В. Л. Шашкин и др. разработали метод анализа радиоактивности горных пород в условиях естественного залегания (*in situ*) и в лабораториях. Полевые методы измерений естественной радиоактивности к настоящему времени достигли высокой степени развития. Эти методы в разных модификациях, от аэро- γ -спектрометрии до γ -измерений в скважинах (приоритет в изобретении γ -каротажа принадлежит отечественным геофизикам: Г. В. Горшков, Л. М. Курбатов, В. А. Шпак – 1935 г.) стали неотъемлемой частью геолого-съемочных, поисковых, разведочных и эксплуатационных работ.

Собственно ядерно-геофизические методы, составляющие арсенал современных средств ядерной геофизики и основанные на эффектах взаимодействия ядерных излучений с веществом, появились позже радиометрических методов. Их появление связано с потребностями отраслей хозяйства в различных видах минерального сырья: от нефти, газа и угля до редких и драгоценных металлов. Возможности ядерных методов заметно расширились благодаря развитию атомной энергетики, когда оказалось возможным получение в широких масштабах источников α -, β -, γ - и n -излучений.

Среди ядерно-геофизических методов важное значение принадлежит методам нейтронной геофизики, среди которых выделяется нейтронный активационный анализ. В его основе лежит явление искусственной радиоактивности, за открытие которого в 1934 г. французские физики Ирен и Фредерик Жолио-Кюри были удостоены Нобелевской премии. Несколько позже итальянский физик Э. Ферми предложил использовать нейтронное излучение для изучения состава вещества. Образующиеся в результате взаимодействия нейтронов с ядрами вещества искусственно-радиоактивные продукты являются объектом изучения в активационном анализе.

Вслед за фундаментальным открытием явления искусственной радиоактивности были предприняты успешные попытки использовать его для прикладных целей в различных областях науки и техники, в том числе и в геологии. В 1935 г. венгерские ученые Хевизи и Леви исследовали искусственно-радиоактивные изотопы, образующиеся при облучении нейтронами редкоземельных элементов. Эти работы положили начало развитию нейтронного активационного анализа. В 1940 г. Р. Е. Фирон предложил использовать активацию нейтронами Al для расчленения горных пород в скважинах при поисках бокситов. В патентной заявке содержалась схема глубинного зонда, в котором источник нейтронов заключался между двумя детекторами γ -лучей. При подъеме снаряда по скважине верхний детектор регистрировал интенсивность естественного γ -излучения, а нижний – суммарное γ -излучение (естественное и искусственно созданное).

В нашей стране предложение об использовании искусственной радиоактивности для литологического расчленения горных пород в скважинах было впервые высказано в 1946 г. А. А. Коржевым. Реализация этого предложения была начата в 1950 г. в Московском институте нефтяного хозяйства по инициативе проф. В. Б. Лапука, а с 1953 г. в Институте нефти АН СССР под руководством академика Г. Н. Флерова и проф. Ф. А. Алексеева.

Важным достижением в совершенствовании технологии геофизических исследований скважин следует считать предложенный в 1942 г. физиком-ядерщиком Б. Понтекорво нейтронный γ -метод, который позволил получать информацию о распределении Н по оси скважин. Появление этого метода по праву считается крупным «подарком» геологии со стороны физиков, поскольку благодаря возможности получения дистанционной информации о распределении водорода по разрезу скважины геологи оказались в состоянии перейти на бескерновое бурение нефтяных скважин.

В 1947 г. Холленбах предложил γ - γ -метод, основанный на регистрации рассеянного γ -излучения. Физической основой этого метода является эффект

Комптона, названный так в честь лауреата Нобелевской премии, исследовавшего процессы взаимодействия γ -квантов с электронами.

Период с 1950 г. характеризовался исследованиями по усовершенствованию γ - γ -метода. В 1954 г. метод впервые был успешно испытан для выделения рудных (М. М. Соколов, А. П. Очкур) и угольных подсечений в скважинах (Ю. П. Булашевич, Г. М. Воскобойников, 1955-1957 гг.). В 1957 г. Г. М. Воскобойников предложил модификацию γ - γ -каротажа с источниками мягких γ -лучей, названную им селективным γ - γ -каротажем (ГГК-С). Этот метод обладает высокой чувствительностью даже к небольшим изменениям эффективного атомного номера природных сред. В определенных условиях с помощью ГГК-С оказалось возможным определение концентрации тяжелых металлов в рудах (Г. М. Воскобойников) и зольности каменных углей (В. И. Уткин, 1966 г.). Значительный вклад в теорию и практику γ - γ -измерений внесли Е. М. Филиппов, И. Г. Дядькин, В. А. Арцыбашев и др.

В качестве важного этапа развития методов, основанных на взаимодействии γ -лучей с веществом, следует отметить исследования Л. Рейфела и Р. Хемфриса по рентгенофлуоресцентному анализу вещества с использованием источников γ -лучей. В 1958 г. А. Л. Якубович и В. Ю. Залесский разработали методику и аппаратуру для количественных определений металлов в геологических пробах, доказав реальную возможность применения метода, названного ими рентгенорадиометрическим (РРМ). Важным этапом в развитии этого метода были работы специалистов кафедры ядерной геофизики Ленинградского университета (В. А. Мейер, В. С. Нахабцев и др.) по созданию скважинного варианта РРМ. Разработка РРМ послужила основой для широкого использования рентгенофлуоресцентного метода при исследовании состава руд в горных выработках (Е. П. Леман и др.), на обнажениях, т. е. в естественном залегании. В дальнейшем РРМ стал использоваться также как средство контроля и сортировки минерального сырья на ГОКах при добыче и обогащении руд цветных металлов.

Для контроля и управления качеством минерального сырья и продуктов переработки руд черных металлов весьма эффективным оказался также γ -абсорбционный метод, в разработке которого большую роль сыграли уральские геофизики (С. Г. Возжеников, Ю. В. Белыйшев и др.).

В начале 60-х годов появились работы геофизиков Московского геологоразведочного института (В. М. Бондаренко, Г. Г. Викторов и др.), связанные с разработкой нового способа подземных геофизических исследований, основанного на регистрации проникающего космического излучения.

В середине 50-х годов заметно усилилось внимание к методам нейтронной геофизики. В 1956 г. академик Г. Н. Флеров обосновал применение так называемого импульсного варианта нейтрон-нейтронного каротажа (ННК) для решения ряда проблем нефтяной геофизики, например установление положения водонефтяного контакта в скважине. Появление импульсного нейтрон-нейтронного каротажа (ИННК), разработка которого была выполнена С. А. Кантором, Ю. С. Шимилевичем, Б. Г. Ерозолимским, А. С. Школьниковым, Д. Ф. Беспаловым (ВНИИ ядерной геофизики и геохимии), ознаменовало начало внедрения скважинных генераторов нейтронов.

В рудной геофизике ядерные методы появились несколько позже, чем в нефтяной отрасли. В начале 60-х годов появились первые технологии дистанционного определения линейных запасов полезных ископаемых в рудных подсечениях разведочных скважин, пройденных с недостаточным выходом керна или его отсутствием: Си в медных колчеданах (Г. С. Возжеников, 1961 г.), Al в бокситах (И. Н. Сенько-Булатный, 1963 г.), черные металлы (К. И. Якубсон, 1964 г.), F во флюоритовых рудах (В. Я. Бардовский, 1965 г.). Бериллий в редкометальных рудах – И. П. Кошелев, А. К. Сенько, Е. М. Филиппов, В. В. Шестаков и др., 1959-1966 гг.

С появлением полупроводниковых детекторов были решены задачи о редкометальных ассоциациях в связи с прогнозированием рудных месторождений (Au в черных сланцах Средней Азии – П. А. Ваганов, 1981 г.).

Историю развития методов ядерной геофизики невозможно с необходимыми подробностями изложить в вводном разделе курса лекций. Перечислим лишь основные организации, без упоминания которых невозможно осветить даже ключевые моменты развития ядерно-геофизических методов в нашей стране. В дополнение к уже упоминавшимся учреждениям или лабораториям, сыгравшим основополагающую роль в формировании ядерного направления в разведочной геофизике, отметим, что некоторые лаборатории или научные группы в разное время вошли в состав крупных научно-исследовательских центров – ВНИИ ядерной геофизики и геохимии, ВНИИ разведочной геофизики, ВНИИ минерального сырья, ВНИИ радиационной техники, ВНИИ геофизических исследований скважин и др.

Были созданы ядерно-геофизические лаборатории при Институте геофизики Уральского научного центра АН (Ю. П. Булашевич), при Институте геологии и геофизики Сибирского отделения АН (Е. М. Филиппов) и др.

Еще на рубеже 40-50-х годов по инициативе академика И. В. Курчатова для обеспечения специалистами научных и производственных организаций в ряде вузов страны была организована подготовка инженеров выпускающими

кафедрами ядерно-геофизического профиля: в Московском геологоразведочном институте – МГРИ (В. И. Баранов, А. С. Сердюкова, Д. Ф. Зимин), Ленинградском университете – ЛГУ (В. А. Мейер, А. А. Са-турин, П. А. Ваганов), Ленинградском горном институте – ЛГИ (Г. Ф. Новиков, Ю. Н. Капков, А. Я. Синицын), Московском институте нефтехимической и газовой промышленности – МИНХиГП (В. Н. Дахнов, В. В. Ларионов, Д. А. Кожевников), Свердловском горном институте – СГИ (Н. А. Иванов, Ю. П. Булашевич, Г. С. Возжеников).

Из названия учебного пособия следует, что его основу составляет одноименный курс лекций, который преподается студентам геофизического факультета СГИ (ныне Уральский государственный горный университет) с 1952 г. Формирование и развитие курса, особенно разделов книги 1 и 2, происходило в значительной степени под влиянием профессоров Н. А. Иванова и Ю. П. Булашевича, которые в свое время (1952-1959) начинали преподавание этой дисциплины на геофизическом факультете СГИ. Наряду с отмеченным в книгу включены сведения, заимствованные из литературных источников (учебные пособия, монографии, справочники), а также оригинальные материалы из работ авторов.

Третий раздел книги составлен на основе спецкурса «Ядерная геофизика», который был подготовлен и впервые прочитан Г. С. Возжениковым в 1970 г. на геофизическом факультете СГИ для студентов старших курсов специализации ядерно-геофизического профиля.

Авторы будут признательны всем, кто сочтет возможным прислать замечания и пожелания по изложенному в курсе материалу по адресу: 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет, факультет геологии и геофизики, кафедра геофизики.

1. ОСНОВЫ УЧЕНИЯ О РАДИОАКТИВНОСТИ

1.1. Общие сведения

Радиоактивность – физическое явление, заключающееся в способности ядер некоторых элементов самопроизвольно распадаться с испусканием ядерных излучений. При этом исходное (*материнское*) ядро превращается в *дочернее* ядро – продукт распада. Явление радиоактивности связывают также со взаимным превращением одних элементарных частиц в другие (например, нейтронов в протоны).

Различают *естественную* и *искусственную* радиоактивность. Естественная радиоактивность наблюдается у неустойчивых изотопов, существующих в природе. Искусственная радиоактивность – радиоактивность нуклидов, полученных с помощью ядерных реакций. При этом ядерные свойства данного радионуклида не зависят от способа его получения.

История открытия естественной радиоактивности связывается с именем немецкого физика Рентгена, который в 1895 г. открыл лучи, впоследствии названные его именем. В первых опытах испускание так называемых *X*-лучей сопровождалось флуоресценцией стеклянных стенок рентгеновской трубки. Вскоре были выполнены исследования флуоресценции, чтобы выяснить, всегда ли она сопровождается испусканием рентгеновского излучения. Опыты проводились с завернутыми в черную бумагу фотопластинками, на которые накладывались разные вещества, флуоресцирующие под действием яркого света. Если флуоресценция сопровождается испусканием рентгеновских лучей, то фотопластинки должны почернеть.

При испытании большого количества флуоресцирующих веществ французский ученый Беккерель в 1896 г. обнаружил, что ожидаемый эффект дают урансодержащие вещества. Однако дополнительные опыты показали, что почернение фотопластинки не было связано с флуоресценцией, так как почернение наблюдалось даже в том случае, когда соли *U* не освещались. В дальнейшем было установлено, что наблюдаемое излучение характерно для всех соединений *U*, а наиболее эффективным был металлический *U*. Оказалось, что интенсивность излучения не зависит от внешних условий и не меняется со временем. Таким образом было установлено, что наблюдаемый эффект является внутренним свойством атомов *U*.

Свойство атомов (в то время еще не существовало представления об атомном ядре) урана испускать излучение Пьер и Мария Кюри назвали радиоактивностью. Вскоре супруги Кюри открыли радиоактивность другого тяжелого элемента – тория. Как и в случае с ураном, оказалось, что это явление

не связано с физико-химическим состоянием вещества, а является свойством элемента. Позднее анализ урансодержащих руд привел к открытию полония и радия, удельная радиоактивность которых оказалась значительно выше, чем у U и Th.

Впервые радиоактивное излучение было проанализировано Резерфордом при помощи опытов по наблюдению за его поведением в электрическом и магнитных полях и поглощению в веществе. В результате этих опытов установлено, что радиоактивные вещества испускают 3 вида лучей:

1. α -лучи – тяжелые положительно заряженные частицы, двигающиеся со скоростью $\sim 10^9$ см/с и поглощающиеся алюминиевой фольгой. Впоследствии было установлено, что этими частицами являются ядра ${}^4_2\text{He}$.

2. β -лучи – легкие заряженные частицы, двигающиеся со скоростью, близкой к скорости света и поглощаемые слоем алюминия толщиной в несколько мм. Этими частицами оказались электроны (в дальнейшем были обнаружены и положительно заряженные β -частицы – позитроны).

3. γ -лучи – сильно проникающее излучение, не отклоняющееся ни в электрическом, ни в магнитном полях. Природа γ -лучей – жесткое электромагнитное излучение с длиной волны менее 10 нм ($<10^{-9}$ м). Гамма-излучение связано с энергетической перестройкой ядер, испытывающих то или иное ядерное превращение.

1.2. Элементы строения атомных ядер

Атомное ядро представляет собою систему, состоящую из некоторого числа сильно связанных между собой частиц – протонов и нейтронов, которые обычно называют *нуклонами* (от лат. *nucleos* – ядро). Идея о протонно-нейтронном составе ядра была впервые высказана академиками Д. Иваненко и А. Амбарцумяном в 1930 г.

Протон (p) – элементарная частица, имеющая единичный положительный заряд, равный по абсолютной величине заряду электрона, представляет собою ядро основного изотопа водорода ${}^1_1\text{H}$. Таким образом, масса протона равна массе атома водорода за вычетом массы электрона. Так как масса атома H составляет 1,00814 атомных единицы массы (а.е.м.), а масса электрона составляет 0,00055 а.е.м., то масса протона равна 1,00759 а.е.м. ($1,672 \cdot 10^{-24}$ г.).

Нейтрон (n) – электрически нейтральная частица с массой, близкой и немного большей, чем у протона (1,00893 а.е.м., $1,674 \cdot 10^{-24}$ г.).

Количество протонов в ядре равно порядковому (атомному) номеру элемента в периодической системе Менделеева и обозначается Z . Общее количество протонов и нейтронов в ядре определяет его массовое число (атомный вес) и обозначается A . Число нейтронов в ядре равно $A-Z$.

Разновидности одного и того же химического элемента с одинаковыми значениями Z и разными массовыми числами называются *изотопами* (равноместными). Элементы с нечетными атомными номерами являются либо моноизотопными, либо состоят не более чем из двух изотопов. Четные элементы, как правило, являются полиизотопными.

Атомы с одинаковыми A , но разными Z (принадлежащим разным химическим элементам) называются *изобарами* (барос - вес).

Атомы с одинаковым числом нейтронов $A-Z$ называют *изотонами*.

В легких ядрах (с малым Z) обычно содержится равное или примерно равное количество протонов и нейтронов, в тяжелых ядрах нейтронов примерно в 1,5 раза больше, чем протонов. Связь Z с A для стабильных ядер описывается эмпирической формулой [41]

$$Z = \frac{A}{1,98 + 0,015A^{2/3}},$$

следовательно, для легких ядер отношение $Z/A \approx 0,5$.

Нуклоны, входящие в состав атомных ядер, испытывают конкуренцию кулоновских сил отталкивания и ядерных сил сцепления. Преобладание первых приводит к распаду ядра, вторых – к его устойчивому состоянию.

Сравнение массы атомного ядра с суммой масс входящих в его состав нуклонов показывает, что масса ядра всегда меньше суммы масс всех составляющих его протонов и нейтронов. Разность между суммой масс нуклонов и массой ядра называется *дефектом массы* Δm , определяет *энергию связи* ядра относительно составляющих его нуклидов. Если обозначить через m_p , m_n и $M_{\text{я}}$ соответственно массы p , n и ядра, то

$$\Delta m = [m_p Z + m_n (A - Z)] - M_{\text{я}}. \quad (1.1)^*$$

Согласно формуле Эйнштейна, каждому значению массы соответствует определенная энергия $E = mc^2$, так что энергию связи ядра W можно выразить следующим образом:

$$W = \Delta m c^2. \quad (1.2)$$

Энергия связи представляет собою ту энергию, которую надо затратить, чтобы разделить нуклоны, «упакованные» в ядре с плотностью порядка 10^8

* Здесь и далее для широко известных формул и определений ссылки не приводятся.

т/см³. Таким образом, энергия связи является мерой прочности ядра. Особенно велика энергия связи у четно-четных ядер, т. е. у ядер с четным числом протонов и нейтронов, например у ${}^2\text{He}^4$, ${}^6\text{C}^{12}$, ${}^8\text{O}^{16}$ и др.

Энергия связи, отнесенная к массовому числу, называется *удельной энергией связи*, или средней энергией связи нуклона в ядре, $\varepsilon = W/A$. Средняя энергия связи нуклона в ядре изменяется от ядру к ядру. На рис. 1.1 приводится зависимость ε от массового числа A .

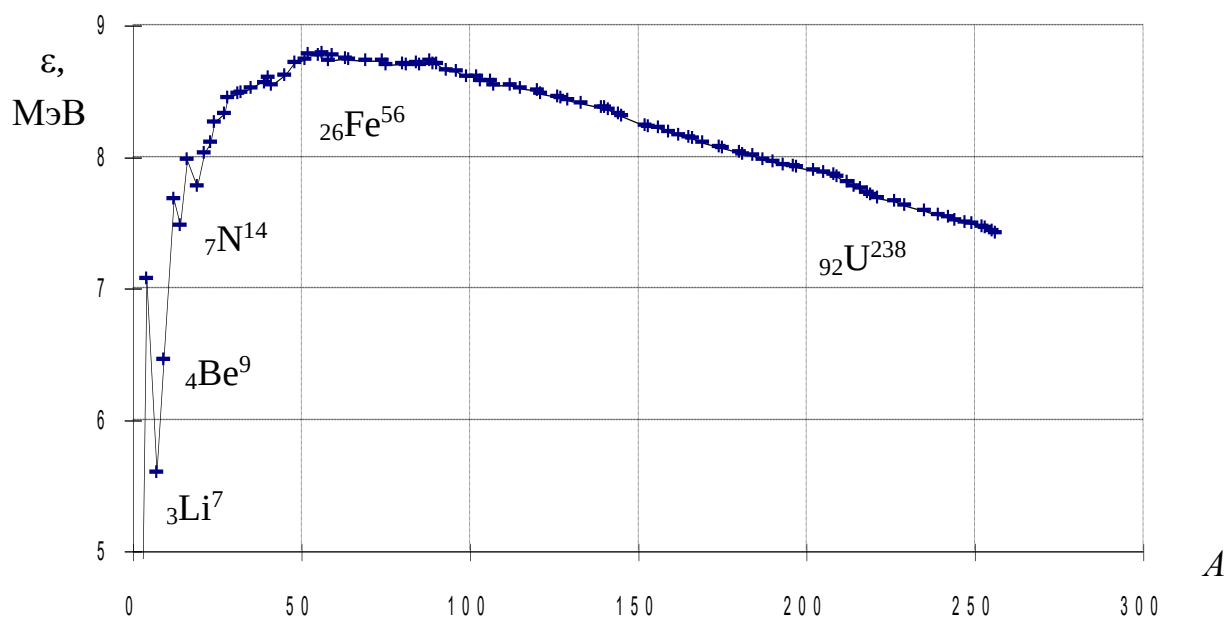


Рис. 1.1

Наименьшее значение энергии связи нейтрона имеет место для изотопа ${}^9_4\text{Be}$. В случае распада ${}^9_4\text{Be}$ на две α -частицы и нейтрон она составляет 1,67 МэВ, хотя энергия связи ядра ${}^9_4\text{Be}$, отнесенная ко всем девяти составляющим его нуклонам, равна 6,46 МэВ.

Ядра тяжелых элементов имеют очень большую энергию связи относительно всех составляющих его нуклонов, однако, например, для ${}^{238}_{92}\text{U}$ энергия связи в случае распада этого ядра на ${}^4_2\text{He}$ и ${}^{234}_{90}\text{Th}$ оказывается отрицательной (-4,25 МэВ). Это означает, что ядро урана является неустойчивым и распадается на α -частицу и ядро ${}^{234}_{90}\text{Th}$ с выделением избытка энергии. Точно так же U обладает отрицательной энергией связи для двух примерно равных по массе осколков деления, что определяет спонтанное (самопроизвольное) деление ядер U на два примерно равных по массе осколка деления.

Нуклоны, находящиеся на периферии атомных ядер, окружены не со всех сторон другими нуклонами, поэтому они связаны ядерными силами слабее

внутренних. Кроме того, ядерные силы начинают проявлять себя лишь на расстоянии, сравнимом с размером нуклона, в результате чего нуклоны в ядре сцеплены фактически лишь со своим ближайшим окружением. Следовательно, ядерные силы в отличие от кулоновских обладают свойством насыщения. По мере роста массового числа A уменьшается доля поверхностных нуклонов, и средняя энергия связи, приходящаяся на нуклон, сначала растет (рис. 1.1). По мере увеличения Z кулоновское отталкивание нуклонов непрерывно растет, поскольку эти силы имеют радиус действия порядка атомных размеров, и, следовательно, каждый протон взаимодействует со всеми другими протонами ядра.

Для сохранения устойчивости тяжелые ядра содержат большее количество нейтронов, чем протонов: с ростом числа нейтронов увеличивается среднее расстояние между протонами и уменьшаются кулоновские силы отталкивания. Однако эти «меры» лишь частично компенсируют рост сил отталкивания в ядре по мере увеличения A , в связи с чем удельная энергии связи ϵ начинает уменьшаться уже при $A > 60$. Ядра с $A > 230$ становятся неустойчивыми.

1.3. Виды ядерных превращений

Ядерные (или *радиоактивные превращения*) происходят с изменением строения и энергетического состояния ядра атома и сопровождаются испусканием или захватом заряженных частиц, делением ядра или испусканием коротковолнового γ -излучения электромагнитной природы.

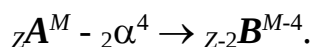
Различают следующие основные виды *ядерных превращений*: α -распад, β -распад (электронный β^- -распад, позитронный β^+ -распад и электронный захват), изомерный переход (ИП) и деление ядер (f -распад).

1.3.1. Альфа-распад

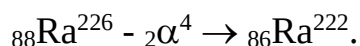
Заключается в превращении материнского ядра A в дочерний продукт B путем испускания α -частицы, представляющей собою ядро ${}^4_2\text{He}$. Альфа-частицы имеют массу, равную 4,002264 а.е.м. ($6,598 \cdot 10^{-24}$ г.), и несут двойной электрический заряд, равный $3,2044 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Радиоактивные элементы испускают α -частицы разной энергии (2-10 МэВ), однако для каждого элемента начальная энергия α -частиц постоянна и является характеристической величиной, если не учитывать особенности, связанные с так называемой «тонкой структурой» α -спектров.

Вылет α -частицы с кинетической энергией E_α из ядра радиусом R_0 с потенциальным барьером $U_0 > E_\alpha$ представляет случай *туннельного перехода* частицы через кулоновский барьер (в силу соотношения неопределенности $\Delta E \Delta t \sim h$). Схема α -распада записывается следующим образом:



Другими словами, заряд дочернего ядра в случае α -распада уменьшается на 2, а массовое число на 4 соответствующие единицы. Дочерний продукт α -распада перемещается в таблице Менделеева на 2 клетки влево. Примером α -распада может служить превращение Ra в Rn (эманация Ra):



Альфа-распад часто сопровождается γ -излучением с энергией E_γ от десятков до первых сотен кэВ. Возникновение γ -лучей связано с *тонкой структурой* α -спектра, сущность которого заключается в том, что часть материнских ядер испускает α -частицы с энергией $E_\alpha < E_\alpha^{\max}$. Дочерние ядра при этом оказываются в состоянии возбуждения и переходят в *основное энергетическое состояние* (уровень, при котором ядро обладает наименьшей эквивалентной массой) путем высвечивания избыточной энергии в виде γ -излучения сравнительно небольшой энергии и интенсивности.

При прохождении через вещество энергия α -частицы расходуется в основном на ионизацию и возбуждение атомов. Вследствие большой начальной энергии при столкновении с молекулами поглощающей среды α -частица образует на длине своего пробега (трека) сотни тысяч пар ионов. В этом смысле говорят о большой ионизирующей способности α -частиц. Оценим количество пар ионов, которые образуются на длине трека α -частицы при распаде ядер ${}_{84} \text{Po}^{210}$. Имея в виду, что $E_\alpha^{\text{Po}} = 5,3$ МэВ, а энергия, затрачиваемая на образование одной пары ионов, составляет ~ 30 эВ, имеем около 175 тысяч эффектов ионизации. Из-за относительно малой величины энергии, затрачиваемой α -частицей на один акт ионизации, α -частица после взаимодействия с атомом не меняет направления своего переноса, ее траектория движения в веществе является прямолинейной.

Отличительной способностью α -частиц является их малая проникающая способность. В зависимости от начальной энергии пробег α -частиц в воздухе составляет несколько сантиметров и может быть найден из следующей эмпирической формулы:

$$R_\alpha(E) = 0,316 E_\alpha^{3/2}, \quad (1.3)$$

где E_α - энергия α -частицы, МэВ;

$R_\alpha(E)$ - пробег α -частицы в воздухе, см.

В твердом веществе пробег еще меньше, измеряется микронами и может быть найден с помощью эмпирической формулы Брегга-Климэна:

$$L_\alpha(E) = 3,2 \cdot 10^{-4} R_\alpha(E) \frac{\sqrt{A}}{\rho}, \quad (1.4)$$

где A и ρ - соответственно атомный вес и плотность среды переноса α -частицы с энергией E .

Поскольку начальная энергия вылета α -частиц для данного типа α -излучателя постоянна, то длина их пробега в каждом конкретном веществе является также постоянной величиной. Между длиной пробега α -частиц (их энергией) и постоянной распада α -излучателей λ существует тесная связь. Согласно правилу (закону) Гейгера-Неттола эта связь выражается следующим образом:

$$\lg \lambda = A \lg R_\alpha + B, \quad (1.5)$$

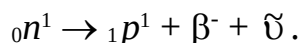
где A и B - коэффициенты, несколько отличающиеся для α -излучателей семейств урана и тория.

Ионизация и возбуждение α -частицами атомов различных веществ сопровождаются их химическими изменениями, нарушением кристаллической структуры твердых тел, выделением тепла, почернением фотопластинок, люминесценцией ряда веществ и другими физико-химическими явлениями. Явление люминесценции используется для регистрации ядерных частиц. Хорошим люминофором для регистрации α -частиц является сернистый цинк, активированный серебром $\text{ZnS}(\text{Ag})$.

1.3.2. Бета-распад

Различают три разновидности β -распада: электронный, позитронный и электронный захват (K -захват).

Электронный β -распад (β^- -распад). Заключается в ядерном превращении нейтрона в протон по следующей схеме:



Энергия β^- -распада ($E_\beta^{\max}$) распределяется сложным (случайным) образом между электроном и антинейтрино, поэтому энергетический спектр β -излучения в отличие от α -спектра, является непрерывным (рис. 1.2), причем

максимум кривой распределения β -частиц по энергиям приходится на энергию, составляющую примерно треть от $E_{\beta}^{\max}$.

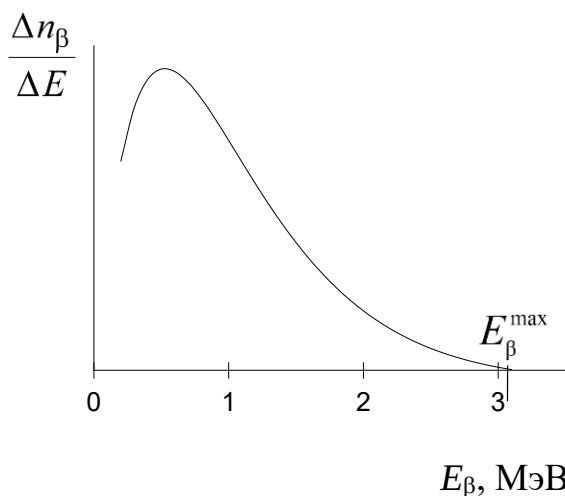
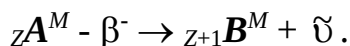


Рис. 1.2

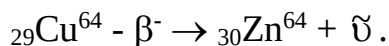
Часть дочерних ядер при своем образовании оказывается на промежуточных энергетических уровнях и при переходе на основной уровень испускают γ -лучи квантованных линий.

В результате электронного β^- -распада образуется дочернее ядро с тем же массовым числом, но его порядковый номер будет на единицу больше.

Схему β^- -распада можно представить следующим образом:



По этой схеме распадаются не только естественные радионуклиды, но и искусственно-радиоактивные изотопы, например:



Представление о частицах, не обладающих ни зарядом, ни массой покоя, было введено в 1930 г. Паули для объяснения непрерывности β -спектра; для таких частиц Ферми предложил термин «нейтрино» («маленький нейтрон», «нейтрончик»). Впоследствии была предложена концепция антинейтрино $\bar{\nu}$, согласно которой нейтрино ν испускается при β -распаде одновременно с позитроном, а $\bar{\nu}$ — вместе с электроном. Нейтрино и $\bar{\nu}$ отличаются противоположными направлениями спинов.

Специфические свойства нейтрино (отсутствие заряда и практическое отсутствие массы) делают чрезвычайно трудными опыт по их обнаружению. Оценка сечения взаимодействия нейтрино с ядром приводит к величине $\sigma \approx 10^{-44} \text{ см}^2$, что соответствует среднему пробегу в концентрированной среде ($n_a \sim 10^{22} \text{ атомов/см}^3$), равному $n_a \sigma \approx 10^{17} \text{ км}$.

Очевидно, что столь малый эффект взаимодействия нейтрино с веществом можно обнаружить лишь при наличии мощных потоков этих частиц. В последние годы уже возникал вопрос об использовании мощных потоков нейтрино подземных ядерных взрывов для нейтринного «просвечивания» Земли как планеты. Главной трудностью для реализации такого проекта является его большая стоимость.

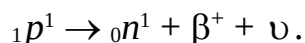
При прохождении электронов через вещество их энергия в основном расходуется на ионизацию и на возбуждение атомов. При больших энергиях электронов значительная ее часть затрачивается на образование электромагнитного излучения, называемого *тормозным*. Последнее связано с тем, что, в отличие от α -частиц, электроны взаимодействуют как с электронными оболочками атомов, так и с их ядрами. Так как массы взаимодействующих β -частиц и атомных электронов равны, то, помимо потерь энергии, электроны отклоняются от своего первоначального направления, т. е. рассеиваются. Траектории электронов не прямолинейны, а суммарная длина их пробега существенно превышает толщину слоя вещества, через который они могут пройти.

Между пробегом электронов и максимальной энергией β -спектра $E_{\max}$ существуют следующие эмпирические зависимости:

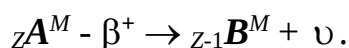
$$\begin{cases} R_m = 0,407 E_{\max}^{1,38}, & E_{\max} \leq 0,8 \text{ МэВ} \\ R_m = 0,54 E_{\max}, & E_{\max} > 0,8 \text{ МэВ}, \end{cases} \quad (1.6)$$

где R_m - массовый пробег, г/см²;
 $E_{\max}$ - энергия электронов, МэВ.

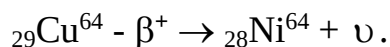
Позитронный β -распад (β^+ -распад). Заключается в ядерном превращении протона в нейтрон по следующей схеме:



В результате позитронного β -распада образуется дочернее ядро с тем же массовым числом, но с порядковым номером на единицу меньше:



Пример β^+ -распада для искусственно-радиоактивного изотопа ${}_{29}\text{Cu}^{64}$:



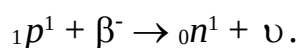
Так же, как и в случае β^- -распада, энергия позитронного распада $E_{\max}$ распределяется случайным образом между позитроном и нейтрино, поэтому энергетический спектр позитронного распада непрерывен.

Следует заметить, что превращение ${}_1p^1$ в ${}_0n^1$ надо понимать в условном смысле. Поскольку масса протона несколько меньше, чем масса нейтрона, то позитронный распад свободного протона невозможен. Однако для протона, связанного в ядре, подобное превращение возможно, так как недостающая энергия восполняется (дотируется) ядром.

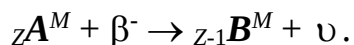
Позитрон, как и все античастицы, недолговечен. При взаимодействии позитрона с электроном возможно взаимное «уничтожение» этих частиц. В этом смысле говорят об *аннигиляции* позитрона. При аннигиляции позитрона и электрона возникают кванты электромагнитного поля. Число γ -квантов при аннигиляции определяется законами сохранения энергии и импульса. Наиболее распространена аннигиляция, в результате которой за счет античастицы образуется фотонная пара с энергией каждого из аннигиляционных квантов, равной энергии покоящегося электрона. Поскольку энергия электрона, находящегося в покое, равна $m_e c^2$, то β^+ -распад обычно сопровождается так называемого аннигиляционным γ -излучением с энергией 511 кэВ. Таким образом, позитронные излучатели возможно принципиально обнаружить по наличию аннигиляционного излучения.

В качестве примера можно сослаться на возможность дистанционного определения Cu по искусственно-радиоактивному изотопу $^{64}_{29}\text{Cu}$. В схеме его распада имеется позитронное излучение, поэтому присутствие меди обнаруживается по γ -лучам с энергией 511 кэВ.

Электронный захват (K -захват). Третья разновидность β -распада – электронный захват (ϵ) был открыт американским физиком Альварецом в 1938 г. Сущность электронного захвата заключается в захвате ядром электрона из внутренней оболочки собственного атома. При этом один из протонов внутри ядра трансформируется в нейтрон, а за пределы ядра выбрасывается нейтрино:



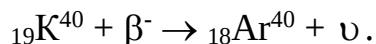
В результате электронного захвата образуется дочернее ядро с тем же массовым числом, но с порядковым номером на единицу меньше:



Природа электронного захвата была раскрыта при изучении сопровождающего его рентгеновского излучения. Оказалось, что оно соответствует переходу электронов на освободившееся место в электронной оболочке, образовавшееся после электронного захвата. Электронный захват имеет существенное значение для тяжелых ядер, у которых K -оболочка расположена близко к ядру. Наряду с захватом электрона из K -оболочки (K -захват) значительно реже наблюдается захват электрона из L -оболочки (L -захват), M -оболочки (M -захват) и т. д.

Своеобразный характер процесса ЭЗ (не испускание, а захват электрона атомом) приводит к тому, что в случае ЭЗ постоянная распада λ оказывается в некоторой зависимости от внешних условий.

Примером K -радиоактивного ядра является изотоп ${}_{19}\text{K}^{40}$, захватывающий K -электрон и превращающийся в ядро ${}_{18}\text{Ar}^{40}$ по схеме:



Нейтрино, образующееся по этой схеме, отличается от нейтрино, связанного с позитронным излучением (β^{+} -распадом) своей монохроматичностью (моноэнергетичностью).

Ядерное превращение калия в аргон лежит в основе так называемого K - Ar -метода, который используется для определения абсолютного возраста калийсодержащих горных пород по количеству накопившегося аргона.

1.3.3. Изомерный переход

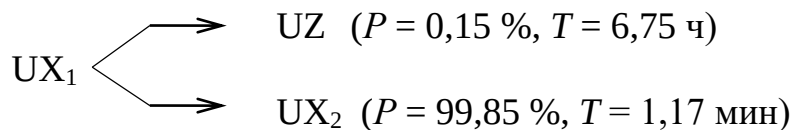
Один из видов ядерных превращений, представляющий собою переход ядра из *метастабильного* состояния в *основное*. Под метастабильным состоянием понимается такое возбужденное состояние ядра, период «высвечивания» которого по крайней мере на несколько порядков больше периода высвечивания при простом возбуждении ядра. Таким образом, состояние ядра будет метастабильным, если вероятность перехода его на основной уровень очень мала. Периоды полураспада *изомеров* (ядер в метастабильном состоянии) колеблются от 10^{-4} с до нескольких месяцев.

Переход ядер в метастабильное состояние осуществляется после ядерных превращений, происходящих в результате захвата тепловых нейтронов, фотонейтронного процесса, бомбардировки ядер тяжелыми частицами и т. д. Изомерный переход всегда сопровождается γ -излучением. В отдельных случаях, кроме γ -излучения при «успокоении» метастабильного ядра, имеет место испускание электронов или позитронов, а также электронов *конверсии*, возникающих в процессе прямой передачи энергии от возбужденного ядра к электронной оболочке.

Изомерный переход связан с явлением ядерной изомерии, проявляющейся в существовании радиоактивных ядер, одинаковых по числу Менделеева Z и по атомному весу A , но находящихся в разном энергетическом состоянии и отличающихся между собою по периоду полураспада.

Первая пара изомерных ядер была открыта в 1921 г. Ганом. Он обнаружил радиоактивное вещество UZ (${}_{91}\text{Pa}^{234}$), в точности совпадающее по номеру и массе с изотопом UX_2 , но отличающееся от него радиоактивными

свойствами. Оба изомера получаются с разной вероятностью P в результате β^- -распада одного и того элемента UX_1 (${}_{90}\text{Th}^{234}$):



и состоят из одинаковых ядер, но имеют разные периоды полураспада.

Разобраться в природе этого явления помогли опыты Курчатова и его сотрудников, открывших в 1935 г. существование изомерии у искусственно-радиоактивных ядер. В частности, искусственно-радиоактивный изотоп брома ${}_{35}\text{Br}^{80}$ характеризуется двумя периодами полураспада: 18 мин и 4,4 ч. Существование у одного ядра двух периодов полураспада можно понять, если предположить, что ядро ${}_{35}\text{Br}^{80}$ может возникать в двух изомерных состояниях: основном и возбужденном долгоживущем (метастабильном).

Стабильный (материнский) изотоп золота ${}_{79}\text{Au}^{197}$ в результате бомбардировки γ -квантами образует по ядерной реакции (γ , γ') дочерний продукт ${}_{79}\text{Au}^{197m}$ (метастабильный), который в отличие от материнского является радиоактивным с периодом полураспада 7,2 с. Изомерный переход ядер ${}_{79}\text{Au}^{197m}$ в основное состояние происходит путем испускания γ -квантов с энергий 279 кэВ. Регистрируя интенсивность γ -излучения, связанного с изомером ${}_{79}\text{Au}^{197m}$, оказывается возможной быстрая и надежная идентификация золота в исследуемых пробах.

1.3.4. Деление ядер

Термин «деление» (*f-распад*) применяется к процессам, когда атомное ядро, захватив нейтрон, расщепляется (делится) на две части (осколки деления), между которыми распределяются нуклоны исходного ядра (например, ${}_{92}\text{U}^{235}$): $Z_U = Z_1 + Z_2$; $A_U \cong A_1 + A_2$. Соотношение масс осколков деления может варьировать в широких пределах, но наиболее вероятное значение A_1/A_2 (или A_2/A_1) близко к 2 (0,5).

При делении тяжелого ядра высвобождается большая энергия. Этот вывод следует из сравнения масс делящегося ядра A_U и масс образующихся осколков A_1 и A_2 . Величину выделяющейся энергии Q_U можно оценить, имея в виду удельную энергию связи осколков $\bar{\varepsilon}$ и параметр ε для урана:

$$Q_U = \Delta \varepsilon A,$$

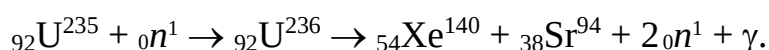
где $\Delta \varepsilon = \bar{\varepsilon} - \varepsilon$; A – массовое число делящегося ядра.

Так как ε для ядер середины периодической системы примерно на 0,8 МэВ больше, чем $\bar{\varepsilon}$ для ${}_{92}\text{U}^{235}$, получим: $Q_U = 235 \cdot 0,8 \approx 200$ МэВ.

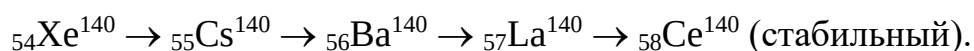
Подавляющая часть энергии деления проявляется в виде кинетической энергии осколков деления Q_f . Образующиеся при делении осколки являются радиоактивными (β -излучателями) и могут испускать *нейтроны деления*. Последнее обстоятельство определяет то, что процесс деления при определенных условиях может стать самоподдерживающимся с непрерывным выделением энергии. В этом и состоит основной принцип получения атомной энергии. Важнейшими материалами, испытывающими деление, являются: ${}_{92}\text{U}^{235}$, ${}_{92}\text{U}^{233}$ и ${}_{94}\text{Pu}^{239}$. Частицы с очень высокими энергиями могут вызывать деление и в других материалах (например, ядра ${}_{92}\text{U}^{238}$ делятся при их облучении быстрыми нейтронами).

В результате деления ядра испускаются *мгновенные* и *запаздывающие* нейтроны. Первые из них составляют ~99 % всех нейтронов деления и испускаются в течение 10^{-14} с за пределы ядра после акта деления. Большая часть мгновенных нейтронов имеет энергию от 1 до 2 МэВ, а распределение их по энергиям называется *спектром нейтронов деления*. Запаздывающие нейтроны испускаются с задержкой до нескольких секунд со спадающей интенсивностью. Запаздывающие нейтроны представляют особый интерес с точки зрения управления цепной реакцией. Регистрация запаздывающих нейтронов лежит в основе одного из методов количественного определения ${}_{92}\text{U}^{235}$ в природных средах.

Механизм деления обычно объясняется с помощью *капельной модели* ядра [41]. Схема деления ядра ${}_{92}\text{U}^{235}$ может быть представлена следующим образом:



Осколки деления являются β -излучателями. В частности, ${}_{54}\text{Xe}^{140}$ испытывает следующую цепочку β -превращений:



Как впервые показали Петржак и Флеров, ядра урана способны делиться не только под действием нейтронов, но и сами по себе, самопроизвольно, без внешнего воздействия (так называемого *спонтанное* деление).

Основные закономерности распространения изотопов

Большинство известных изотопов неустойчиво, но из 340 ядер, находящихся в природе, 273 относятся к стабильным, из которых очень небольшая часть обладает крайне слабой радиоактивностью.

Все известные нуклиды могут быть разделены на четыре типа в зависимости от четного или нечетного числа протонов и нейтронов в их

составе: четно-четный ${}^8\text{O}^{16}$ (известно 166 нуклидов), четно-нечетный ${}^4\text{Be}^9$ (55), нечетно-четный ${}^3\text{Li}^7$ (47), нечетно-нечетный ${}^5\text{B}^{10}$ (5). Из этих данных видно, что изотопы с четным Z и $N = A - Z$ преобладают над изотопами с нечетными Z и N . В то же время четно-четные ядра в природе наиболее распространены и наиболее стабильны. К ним относятся шесть изотопов: ${}^2\text{He}^4$, ${}^8\text{O}^{16}$, ${}^{12}\text{Mg}^{16}$, ${}^{14}\text{Si}^{28}$, ${}^{20}\text{Ca}^{40}$, ${}^{26}\text{Fe}^{56}$, пять из которых входят в число восьми главных химических элементов, составляющих верхнюю часть литосферы. Ядра с четным A более многочисленны, чем с нечетным A . Всего известно пять стабильных изотопов нечетно-нечетного типа: ${}^1\text{H}^2$, ${}^3\text{Li}^6$, ${}^5\text{B}^{10}$, ${}^7\text{N}^{14}$, ${}^{25}\text{V}^{50}$. Все остальные известные нечетно-нечетные ядра с $A > 14$ (включая ${}^{19}\text{K}^{40}$) β -радиоактивны.

Все тяжелые изотопы с $Z > 83$ радиоактивны, многие из них испытывают α -распад. Они группируются в четыре радиоактивных ряда: ториевый, нептуниевый, урановый и актиноурановый (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Четыре типа радиоактивных рядов

Ряд	Родоначалник ряда	Конечный продукт	Признак делимости на 4	Тип ядра
Ториевый	${}_{90}\text{Th}^{232}$	${}_{82}\text{Pb}^{208}$	$4n$	Четно-четный
Нептуниевый	${}_{93}\text{Np}^{237}$	${}_{83}\text{Bi}^{209}$	$4n + 1$	Нечетно-четный
Урановый	${}_{92}\text{U}^{238}$	${}_{82}\text{Pb}^{206}$	$4n + 2$	Четно-четный
Актиниоурановый	${}_{92}\text{U}^{235}$	${}_{82}\text{Pb}^{207}$	$4n + 3$	Четно-нечетный

В современную эпоху на Земле отсутствует нептуниевый ряд. Родоначалник этого ряда ${}_{93}\text{Np}^{237}$ получен искусственным путем.

На основании астрофизических данных по составу звездных атмосфер были получены данные о космическом (галактическом) распространении элементов и их изотопов [60] (рис. 1.3). Зависимость между распространением элемента и Z выражается следующими закономерностями:

1. Распространенность химических элементов с четным Z в общем более высокая, чем у элементов с нечетным Z . Эта закономерность получила название *правила Оддо-Гаркинса*.

2. Распространенность легких элементов с атомным номером $Z < 28$ резко преобладает над распространенностью остальных, более тяжелых элементов, за исключением Li, Be, B.

3. Существуют так называемые *магические числа*: 2, 8, 20, 50, 82, 126, относящиеся как к числу нейтронов, так и протонов в ядре.

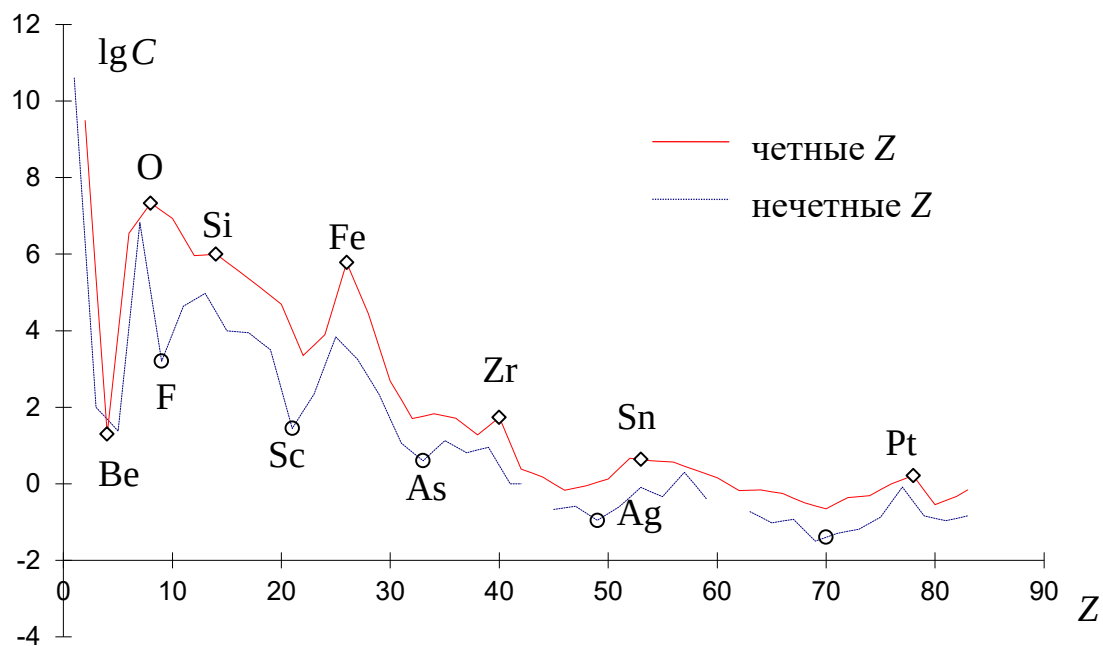


Рис. 1.3

Нуклиды с этими характеристиками обладают наибольшей прочностью (удельной энергией связи нуклонов в ядре) и повышенным распространением.

1.4. Законы радиоактивных превращений

1.4.1. Закон распада

На основании экспериментальных исследований Резерфорд и Содди в 1903 г. показали, что при радиоактивном распаде проявляется общая для всех радионуклидов закономерность, заключающаяся в том, что *количество атомов данного радиоактивного изотопа, распадающихся в среднем в единицу времени, всегда составляет определенную, характерную для данного радионуклида долю от полного числа еще не распавшихся ядер*. Математически это записывается следующим образом:

$$-\Delta N = \lambda N \Delta t, \quad (1.7)$$

где ΔN — число атомов, распадающихся за время между t и Δt ;

N — число атомов еще не распавшихся к моменту времени t ;

λ — *постоянная распада*, характеризующая вероятность ядерного превращения, отнесенная к одному ядру в единицу времени.

В форме дифференциального уравнения выражение (1.7) записывается так:

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N. \quad (1.8)$$

Из соотношения (1.8) видно, что количество ядерных превращений, происходящих в активном препарате, пропорционально начальному количеству радиоактивных ядер. Перепишем (1.8) в следующем виде:

$$\frac{dN}{dt} + \lambda N = 0, \text{ или } \frac{dN}{N} + \lambda dt = 0. \quad (1.9)$$

Интегрируя (1.9), имеем:

$$\ln N + \lambda t = A.$$

Постоянную интегрирования A найдем из начального условия: $t = 0$, $N(0) = N_0$. С учетом отмеченного, получим:

$$\ln N + \lambda t = \ln N_0, \text{ откуда}$$

$$N(t) = N_0 \exp(-\lambda t). \quad (1.10)$$

Соотношение (1.10) носит название *закона радиоактивного распада*.

Найдем время T , по истечении которого распадается половина от исходного количества ядер N_0 . Полагая $N(t)/N_0 = 0,5$, имеем:

$$0,5 = e^{-\lambda T}, \text{ откуда } T = \frac{\ln 2}{\lambda}.$$

Параметр T имеет размерность времени и носит название *периода полураспада*. Отношение $N(t)/N_0$ часто называют *функцией выживания*. Учитывая связь между λ и T , запишем для функции выживания:

$$\frac{N(t)}{N_0} = \exp\left(-\ln 2 \frac{t}{T}\right).$$

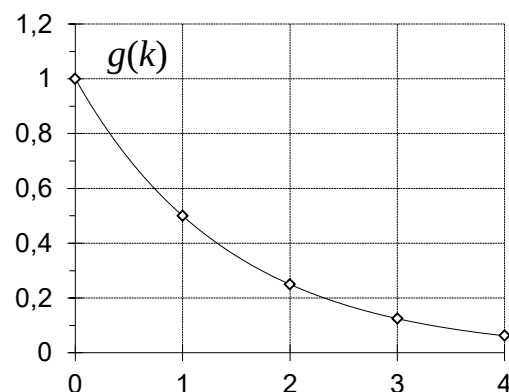
Обозначим $k = t/T$, тогда

$$g(k) = \frac{N(k)}{N_0} = 2^{-k}. \quad (1.11)$$

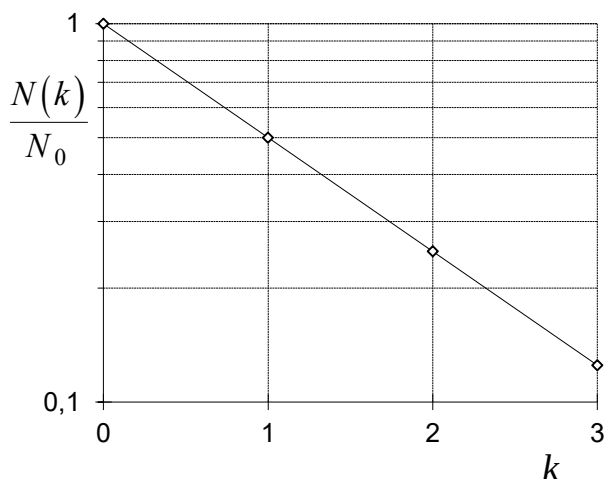
Выражение (1.11) представляет одну из форм записи закона распада. На рис. 1.4 представлено поведение функции выживания в зависимости от параметра k , представляющего собою время распада в нормировке к периоду полураспада данного радионуклида.

Если зависимость (1.11) построить в полулогарифмическом мас-

Рис. 1.4



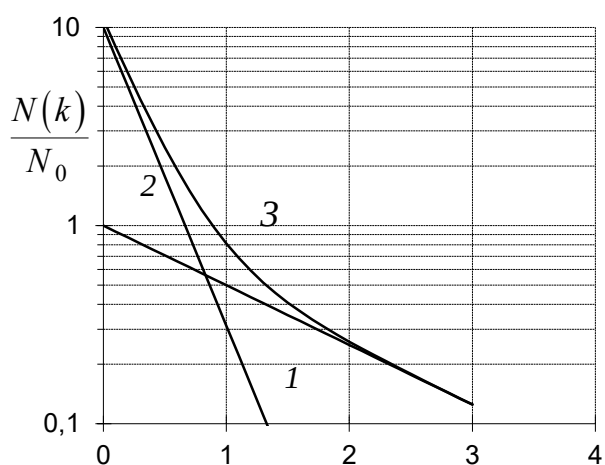
k



штабе, откладывая по ординате функцию выживания N/N_0 , а по оси абсцисс – время в линейном масштабе, то будем иметь дело с линейной зависимостью (рис. 1.5). Угловой коэффициент функции $f(k) = \ln(N/N_0)$ зависит от T . Если в радиоактивном препарате присутствуют не один, а несколько радио-

Рис. 1.5

нуклидов, например 1 и 2, отличаю-



щихся между собою по периоду полураспада T , то результирующая функция 3 в полулогарифмическом масштабе будет отличаться от прямой (рис. 1.6). Получение отдельных (парциальных) зависимостей в таких случаях возможно графическим путем лишь для двух, иногда трех изотопов с контрастными периодами полураспада (отличающихся в нес-

Рис. 1.6

сколько

Если функция $N(t)$ известна, например, получена по данным измерений активности радионуклида во времени, то его период полураспада может быть найден из следующей зависимости:

$$T = \ln 2 (\ln a_1 - \ln a_2)^{-1} \Delta t, \quad (1.12)$$

где a_1 , a_2 - активности (или аппаратные параметры), соответствующие моментам времени t_1 и t_2 , а $\Delta t = t_2 - t_1$.

Численные значения периодов полураспада для естественно-радиоактивных элементов изменяются в очень больших пределах – от $1,40 \cdot 10^{10}$ лет для ${}_{90}\text{Th}^{232}$ до $2,09 \cdot 10^{-7}$ с для ThC' (${}_{84}\text{Po}^{212}$).

Понятие о средней продолжительности жизни атомов

Ядра радионуклидов распадаются стохастически (случайно), независимо друг от друга, поэтому о времени жизни каждого отдельного ядра любого изотопа можно сказать, что это время меняется от нуля до бесконечности. Однако средняя продолжительность жизни большой группы атомов любого из

радионуклидов является определенной и устойчивой величиной, связанной с постоянной распада.

Допустим, что на некотором отрезке времени dt распалось dN ядер данного радионуклида. Тогда произведение $t dN$ будет представлять собою суммарное время жизни всех ядер некоторой выборки dN , существующих в течение времени t , вплоть до отрезка $t + dt$. Если исходное количество ядер обозначить через N_0 и предположить, что любая сколь угодно малая выборка ядер может существовать неограниченное время от 0 до ∞ , то для среднего времени жизни τ группы атомов N_0 можно записать:

$$\tau = \frac{1}{N_0} \int_0^{N_0} t dN, \text{ или} \quad (1.13)$$

$$\tau = \frac{1}{N_0} \int_0^{\infty} t \lambda N dt = \int_0^{\infty} t \lambda e^{-\lambda t} dt. \quad (1.14)$$

Интеграл (1.14) легко берется по частям, поэтому, опуская промежуток, запишем:

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T}{\ln 2} \cong 1,44T. \quad (1.15)$$

Из-за статистического характера радиоактивного распада законы радиоактивных превращений выполняются строго лишь для очень большого количества распадающихся ядер N . При малых N наблюдаются отклонения от этих законов, называемые (статистическими) *флуктуациями*. Отклонение числа распадов n от среднего значения $\bar{N}$ подчиняется закону *распределения Пуассона*, согласно которому при большом количестве наблюдений распределение вероятностей $p(n)$ того, что за определенный промежуток времени будет зарегистрировано n распадов, описывается выражением

$$p(n) = \frac{\bar{N}^n}{n!} e^{-\bar{N}}. \quad (1.16)$$

При достаточно большом количестве ядер (на практике для $n \geq 30$), распадающихся за данный промежуток времени, пуассоновское дискретное распределение вероятностей $p(n)$ может быть описано через непрерывное *распределение Гаусса* с дисперсией $\bar{N}$:

$$p(n) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\bar{N}}} \exp \left[-\frac{(n - \bar{N})^2}{2\bar{N}} \right]. \quad (1.17)$$

Величина среднеквадратического отклонения σ_n , характеризующая разброс значений n относительно среднего $\bar{N}$, рассчитывается по формуле

$$\sigma_n = \pm \sqrt{N}. \quad (1.18)$$

В соответствии с этим относительное среднеквадратическое отклонение δ_n определяется выражением

$$\delta_n = \frac{\sigma_n}{N} = \frac{1}{\sqrt{N}}. \quad (1.19)$$

При использовании формул (1.18) и (1.19) следует иметь в виду, что они определяют лишь вероятность, а не возможность флуктуации. Около 30 % от числа распавшихся атомов отклоняются от среднего значения на величину, большую, чем σ_n , причем 4,5 % их них на величину $2\sigma_n$, а 0,3 % – на величину $3\sigma_n$.

Закономерности (1.16) - (1.19) справедливы как для распадающихся ядер, так и для аппаратурных параметров (например скорость счета импульсов), зарегистрированных любым детектором ядерных частиц.

1.4.2. Последовательные ядерные превращения

В ряде случаев при распаде ядер исходного (материнского) элемента, родоначальника радиоактивного семейства, образуются атомы другого (дочернего) элемента, которые также являются радиоактивными и при ядерном превращении дают начало третьему элементу и т. д. Другими словами, образуется цепочка последовательных превращений типа

$$N_1(t) \rightarrow N_2(t) \rightarrow \dots \rightarrow N_{n-1}(t) \rightarrow N_n(t),$$

которая заканчивается образованием стабильных ядер. Если известно исходное количество ядер материнского элемента N_{01} , а также постоянные распада радионуклидов цепочки, то можно найти количество любого из дочерних продуктов в любой момент времени.

Вначале рассмотрим **случай двух веществ**. Допустим, что мы имеем дело с бинарной цепочкой

$$N_1(t) \rightarrow N_2(t).$$

Если обозначить через λ_1 и λ_2 постоянные распада материнского и дочернего радионуклида, то прирост дочерних ядер dN_2 за время dt составит

$$dN_2 = \lambda_1 N_1 dt - \lambda_2 N_2 dt, \quad (1.20)$$

откуда скорость прироста составит

$$\frac{dN_2}{dt} = \lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2. \quad (1.21)$$

Перепишем (1.21) с учетом того, что $N_1(t) = N_{01} \exp(-\lambda_1 t)$:

$$\frac{dN_2}{dt} + \lambda_2 N_2 = \lambda_1 N_{01} \exp(-\lambda_1 t). \quad (1.22)$$

Будем искать функцию $N_2(t)$, имея в виду, что при $t = 0$, $N_1(0) = N_{01}$. Обычным приемом при решении уравнений типа (1.22) является нахождение решения в виде суммы

$$N_2(t) = N_2'(t) + N_2''(t), \quad (1.23)$$

где $N_2'(t)$ – общее, $N_2''(t)$ – частное решение уравнения (1.22).

Полагая нулю правую часть (1.22), имеем для общего решения:

$$N_2'(t) = A \exp(-\lambda_2 t).$$

Частное решение обычно ищется в соответствии со структурой правой части дифференциального уравнения. В нашем случае:

$$N_2''(t) = B \exp(-\lambda_1 t).$$

Будем искать постоянные интегрирования A и B . Поскольку частное решение обязано удовлетворять исходному дифференциальному уравнению (1.22), то можно записать:

$$-\lambda_1 B \exp(-\lambda_1 t) + \lambda_2 B \exp(-\lambda_1 t) = \lambda_1 N_{01} \exp(-\lambda_1 t). \quad (1.24)$$

Из (1.24) легко находится постоянная интегрирования:

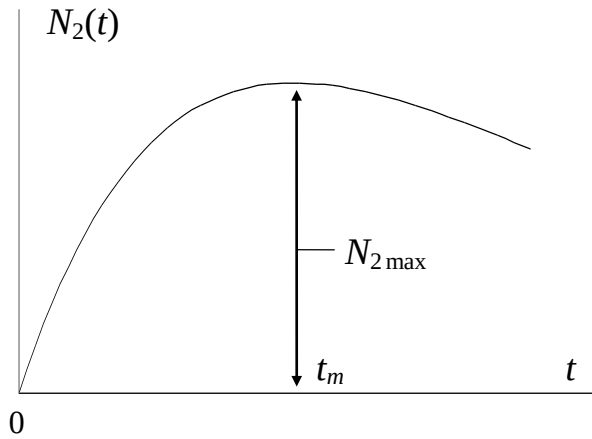
$$B = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_{01}.$$

Постоянную A найдем из начального условия. Поскольку при $t = 0$ $N_2(0) = 0$ (процесс распада материнских ядер еще не начался), то, имея в виду (1.23), получим:

$$A + B = 0, \text{ откуда } A = -B = -\frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_{01}.$$

С учетом полученного запишем выражение для искомой функции $N_2(t)$:

$$N_2(t) = \frac{\lambda_1 N_{01}}{\lambda_2 - \lambda_1} [\exp(-\lambda_1 t) - \exp(-\lambda_2 t)]. \quad (1.25)$$



Элементарный анализ формулы (1.25) убеждает, что функция $N_2(t)$ в нуле и в бесконечности оказывается равной нулю, поэтому в соответствии с *теоремой Ролля* она должна иметь экстремум (максимум), рис. 1.7. Решая задачу на максимум, имеем:

Рис. 1.7

$$\frac{d}{dt}[N_2(t)] = 0, \text{ откуда}$$

$$-\lambda_1 \exp(-\lambda_1 t_m) + \lambda_2 \exp(-\lambda_2 t_m) = 0, \text{ и}$$

$$t_m = \frac{\ln \lambda_2 - \ln \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}. \quad (1.26)$$

Рассмотрим поведение $N_2(t)$ для частного случая, когда период полураспада материнского изотопа оказывается много больше периода полураспада дочернего продукта, т. е. $\lambda_1 \ll \lambda_2$. С учетом отмеченного неравенства формулу (1.25) можно переписать:

$$N_2(t) = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} N_{01} \exp(-\lambda_1 t) [1 - \exp(-\lambda_2 t)], \text{ или} \quad (1.27)$$

$$\lambda_2 N_2(t) = \lambda_1 N_1(t) [1 - \exp(-\lambda_2 t)], \lambda_1 \ll \lambda_2. \quad (1.28)$$

Произведение $A = \lambda N$ определяет *абсолютную активность* данного радиоактивного препарата или количество ядерных превращений, происходящих в нем за единицу времени. Обозначив активность материнского и дочернего продуктов через $A_1(t)$ и $A_2(t)$, получим:

$$A_2(t) = A_1(t) [1 - \exp(-\lambda_2 t)]. \quad (1.29)$$

Рассмотрим поведение функции $A_2(t)$ в начальные моменты времени (до достижения t_m), например, когда $t < T_2$ или $t \ll T_1$. В этом случае произведение $N_{01} \exp(-t \ln 2 / T_1) \approx N_{01}$, т. е. количество ядер материнского изотопа за промежуток времени, много меньший, чем его период полураспада, практически не изменяется. Обозначим через $A_0 = \lambda_1 N_{01}$ начальную активность материнского вещества, тогда

$$\frac{A_2(t)}{A_0} = 1 - \exp(-\lambda_2 t). \quad (1.30)$$

Другими словами, в начальные моменты времени (до достижения максимума) накопление дочерних ядер происходит пропорционально *функции накопления* $f(t) = 1 - \exp(-\lambda_2 t)$ с постоянной распада короткоживущего дочернего продукта, т. е. накопление дочернего вещества происходит достаточно быстро.

В моменты времени после достижения $N_2(t)$ максимума, например, когда $t > T_1$ или $t \gg T_2$, непосредственно из (1.27) вытекает, что

$$A_2(t) = \lambda_1 N_{01} \exp(-\lambda_1 t). \quad (1.31)$$

Другими словами, уменьшение активности дочернего продукта (после достижения максимума) происходит пропорционально *функции остывания* $f(t) = \exp(-\lambda_1 t)$ с постоянной распада долгоживущего материнского вещества, т. е. относительно медленно.

Можно показать, что процесс накопления дочерних ядер всегда происходит быстро (с постоянной распада короткоживущего нуклида), а уменьшение идет медленно, т. е. с постоянной распада долгоживущего нуклида, вне зависимости от того, материнский это изотоп или дочерний.

Понятие о радиоактивном равновесии

Если в дифференциальном уравнении (1.21) левую часть принять равной нулю, то получим следующее равенство:

$$\lambda_1 N_1(t) = \lambda_2 N_2(t). \quad (1.32)$$

Соотношение (1.32) характеризует состояние *радиоактивного равновесия*, наступающего по достижении максимума функции $N_2(t)$. Радиоактивное равновесие свидетельствует о равенстве активностей материнского и дочернего продуктов, при этом количество тех и других ядер меняется во времени, сохраняется постоянным лишь их отношение

$$\frac{N_2(t)}{N_1(t)} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \text{const}. \quad (1.33)$$

Различают *подвижное* и *устойчивое (вековое)* состояния радиоактивного равновесия. Допустим, что продолжительность жизни материнского вещества больше времени жизни любого из дочерних продуктов цепочки последовательных превращений, но пренебречь распадом («остыванием») материнского вещества нельзя. В этом случае по истечении достаточно длительного промежутка времени количество каждого из последующих продуктов превращения изменится по закону распада материнского вещества и отношение между количеством материнского изотопа и количеством

последующих продуктов распада будет приближаться к постоянному предельному значению.

Рассмотренный выше случай относится к так называемому подвижному равновесию, что имеет место, например, при установлении равновесия между Rn ($T = 3,825$ суток) и его дочерними продуктами распада RaA , RaB и RaC . При малых периодах полураспада указанные продукты быстро достигают состояния радиоактивного равновесия с материнским веществом. Так, RaA ($T = 3,05$ мин.) приходит в состояние равновесия с Rn практически через 12-15 минут, а ThA ($T = 0,16$ с) практически всегда находится в равновесии с торием ($T = 54,5$ с). То же самое относится к AcA ($T = 1,08 \cdot 10^{-3}$ с), находящемуся в равновесии с актиноном ($T = 3,9$ с).

Если материнское вещество распадается настолько медленно, что его остыванием можно пренебречь, то во всей цепочке последовательных превращений по истечении достаточного времени наступит состояние, называемое устойчивым (вековым) равновесием. Накопление любого продукта цепочки будет происходить до тех пор, пока число его распадающихся ядер в единицу времени не окажется равным числу распадающихся в единицу времени ядер материнского вещества. Теоретически такое состояние может быть достигнуто через бесконечно большой промежуток времени, практически же он достигается за такой конечный отрезок, когда прирост ядер дочернего продукта уже нельзя заметить опытом. По достижении в радиоактивном ряду состояния устойчивого равновесия количество распадающихся в единицу времени атомов любого радионуклида цепочки становится одинаковым, т. е.

$$\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2 = \dots = \lambda_n N_n = \text{const} . \quad (1.34)$$

Из (1.34) видно, что при устойчивом радиоактивном равновесии число атомов $N_1, N_2, \dots, N_n$ пропорционально их периодам полураспада.

Число ядер радионуклида, соответствующее активности 1 расп/с, можно оценить как $N = 1/\lambda$, а масса вещества в грамм, излучающая эту активность, составляет:

$$m = N \frac{A}{N_A} = \frac{A}{\lambda N_A} = \frac{A}{N_A} \frac{T}{\ln 2} ,$$

где N_A – число Авогадро; A – атомный вес радионуклида.

О радиоактивном равновесии между U и Ra

Радиоактивное равновесие между ураном и радием наступает по истечении длительного промежутка времени и наблюдается в древних хорошо сохранившихся породах и минералах. Имея в виду (1.32), оценим количество Ra , находящегося в равновесии с одним граммом U . Полагая массу урана

равной 1 г, а периоды полураспада ${}_{92}\text{U}^{238}$ и ${}_{88}\text{Ra}^{226}$ равными $4,47 \cdot 10^9$ и 1602 лет, соответственно, получим:

$$m_{\text{Ra}} = m_{\text{U}} \frac{\lambda_{\text{U}}}{\lambda_{\text{Ra}}} \frac{A_{\text{Ra}}}{A_{\text{U}}}, \quad (1.35)$$

где $A_{\text{Ra}}, A_{\text{U}}$ – массовые числа радия и урана.

Из (1.35) следует, что один грамм U соответствует активности (количеству распадов в единицу времени) $3,4 \cdot 10^{-7}$ г Ra, т. е. из трех тонн равновесного U можно извлечь примерно один грамм Ra.

Происходящие в природе процессы растворения и выщелачивания радиоактивных элементов из горных пород и минералов приводят к нарушениям радиоактивного равновесия и, в частности, вызывают смещение равновесия между Ra и U. В этом случае степень смещения равновесия выражается в % и определяется соотношением

$$K_{\text{pp}} = \frac{\alpha}{\alpha_0} 100 \%, \text{ или} \quad (1.36)$$

$$K_{\text{pp}} = \frac{Q_{\text{Ra}}}{Q_{\text{U}}} \frac{100 \%}{3,4 \cdot 10^{-7}},$$

где α – отношение Ra к U в исследуемом образце;

α_0 – равновесное соотношение между Ra и U ($3,4 \cdot 10^{-7}$);

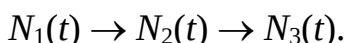
$Q_{\text{Ra}}, Q_{\text{U}}$ – содержания Ra и U в исследуемом образце.

Если $\alpha > \alpha_0$, то говорят о смещении равновесия в сторону Ra; при $\alpha < \alpha_0$ – в сторону U; если $\alpha = \alpha_0$ – равновесной руде.

Отношение (1.36) называется *коэффициентом радиоактивного равновесия* между Ra и U и может меняться от 0 до ∞ . Сведения о состоянии радиоактивного равновесия имеют важное значение при интерпретации результатов γ -измерений, например при количественных определениях U по результатам γ -каротажа.

Случай трех веществ

Допустим, что имеется цепочка последовательных превращений



Атомы 3-го вещества образуются за счет распада 2-го вещества, который, в свою очередь, возникает за счет распада материнских ядер.

Будем считать, что в начальный момент времени $t = 0$, $N_1(0) \neq 0$, $N_2(0) = 0$, $N_3(0) = 0$. Требуется найти выражение для функции $N_3(t)$, т. е. количество ядер третьего продукта в любой момент времени. Скорость прироста ядер 3-го элемента можно записать следующим образом:

$$\frac{dN_3}{dt} = \lambda_2 N_2 - \lambda_3 N_3, \text{ или} \quad (1.37)$$

$$\frac{dN_3}{dt} + \lambda_3 N_3 = \lambda_2 N_2. \quad (1.38)$$

Имея в виду, что количество ядер N_2 зависит от времени и определяется формулой (1.25), получим:

$$\frac{dN_3}{dt} + \lambda_3 N_3 = \frac{\lambda_1 \lambda_2 N_{01}}{\lambda_2 - \lambda_1} [\exp(-\lambda_1 t) - \exp(-\lambda_2 t)]. \quad (1.39)$$

Будем искать функцию $N_3(t)$ в виде суммы

$$N_3(t) = N_3'(t) + N_3''(t), \quad (1.40)$$

где $N_3'(t)$ – общее, $N_3''(t)$ – частное решение уравнения (1.39).

Полагая нулю правую часть (1.39), получим для общего решения:

$$N_3'(t) = A \exp(-\lambda_3 t).$$

Частное решение будем искать в виде, соответствующем структуре правой части уравнения. В нашем случае:

$$N_3''(t) = B \exp(-\lambda_1 t) + C \exp(-\lambda_2 t).$$

Поскольку частное решение обязано удовлетворять исходному дифференциальному уравнению, то, учитывая, что

$$\frac{dN_3''}{dt} = -\lambda_1 B \exp(-\lambda_1 t) - \lambda_2 C \exp(-\lambda_2 t), \text{ имеем:}$$

$$B(\lambda_3 - \lambda_1) \exp(-\lambda_1 t) - C(\lambda_3 - \lambda_2) \exp(-\lambda_2 t) = \frac{\lambda_1 \lambda_2 N_{01}}{\lambda_2 - \lambda_1} [\exp(-\lambda_1 t) - \exp(-\lambda_2 t)],$$

откуда легко находятся постоянные интегрирования B и C :

$$B = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{(\lambda_2 - \lambda_1)(\lambda_3 - \lambda_1)} N_{01}, \quad C = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_3 - \lambda_2)} N_{01}.$$

Постоянную интегрирования A найдем, имея в виду начальное условие. Считая, что при $t = 0$, $N_3(0) = 0$, получим из (1.40): $A + B + C = 0$, откуда легко показать, что

$$A = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{(\lambda_1 - \lambda_3)(\lambda_2 - \lambda_3)} N_{01}.$$

Подставляя выражения для постоянных A , B и C в (1.40), имеем:

$$N_3(t) = \lambda_1 \lambda_2 N_{01} \left[\frac{\exp(-\lambda_1 t)}{(\lambda_2 - \lambda_1)(\lambda_3 - \lambda_1)} + \frac{\exp(-\lambda_2 t)}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_3 - \lambda_2)} + \frac{\exp(-\lambda_3 t)}{(\lambda_1 - \lambda_3)(\lambda_2 - \lambda_3)} \right]. \quad (1.41)$$

Обобщение на случай n веществ

Пусть имеется цепочка ядерных превращений типа

$$N_1(t) \rightarrow N_2(t) \rightarrow \dots \rightarrow N_{n-1}(t) \rightarrow N_n(t).$$

Будем считать, что в начальный момент времени $t = 0$, $N_1(0) \neq 0$, $N_2(0) = N_3(0) = \dots = N_n(0) = 0$. Имея в виду особенности правых частей функций $N_2(t)$ и $N_3(t)$, формулы (1.25) и (1.41), запишем для $N_n(t)$:

$$N_n(t) = \lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_{n-1} N_{01} \left[\frac{\exp(-\lambda_1 t)}{(\lambda_2 - \lambda_1)(\lambda_3 - \lambda_1) \dots (\lambda_n - \lambda_1)} + \frac{\exp(-\lambda_2 t)}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_3 - \lambda_2) \dots (\lambda_n - \lambda_2)} + \dots + \frac{\exp(-\lambda_n t)}{(\lambda_1 - \lambda_n)(\lambda_2 - \lambda_n) \dots (\lambda_{n-1} - \lambda_n)} \right]. \quad (1.42)$$

Если период полураспада первого (материнского) вещества является наибольшим, то по истечении достаточно длительного времени в цепочке из n веществ устанавливается состояние радиоактивного равновесия либо подвижное, либо вековое. В первом случае количество каждого нуклида уменьшается пропорционально остыванию материнского вещества:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{N_n}{N_1} = \frac{\lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_{n-1}}{(\lambda_2 - \lambda_1)(\lambda_3 - \lambda_1) \dots (\lambda_n - \lambda_1)}. \quad (1.43)$$

Если же период полураспада материнского (1-го) вещества оказывается настолько большим, что $\lambda_1 \ll \lambda_2$, $\lambda_1 \ll \lambda_3$, ..., $\lambda_1 \ll \lambda_n$, то в этом случае между материнским и дочерними радионуклидами устанавливается вековое равновесие, которое характеризуется равенством активностей:

$$\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2 = \dots = \lambda_n N_n.$$

Радиоактивное равновесие в цепочке последовательных превращений практически наступает спустя время, на порядок превышающее период полураспада дочернего радионуклида с наибольшим временем жизни.

1.5. Естественные радиоактивные элементы

Систематическое изучение радиоактивности природных сред показало, что в любой горной породе содержатся (в разных количествах) радиоактивные изотопы тяжелых элементов с числами Менделеева от 81 до 92.

К числу естественных радиоактивных элементов (ЕРЭ), все изотопы которых являются неустойчивыми, относятся элементы от ^{84}Po до ^{92}U . Встречающиеся в природе ^{81}Tl , ^{82}Pb , ^{83}Bi содержат в своем составе радиоактивные изотопы. Имеются радиоактивные изотопы и у других элементов средней части таблицы Менделеева.

Таблица 1.2

Ядерные характеристики одиночных естественных радионуклидов

Изотоп	Отн. распростран., %	Период полураспада	Схема распада	Дочернее ядро	Энергия излучений, МэВ
$^{19}\text{K}^{40}$	0,0119	$1,27 \cdot 10^9$ лет	β^- -распад (89%) <i>K-захват</i> (11%)	$^{20}\text{Ca}^{40}$ $^{19}\text{Ar}^{40}$	β_m - 1,325 γ - 1,460
$^{37}\text{Rb}^{87}$	27,5	$4,7 \cdot 10^{10}$ лет	β^- -распад	$^{38}\text{Sr}^{87}$	β_m - 0,274 γ - 0,394
$^{49}\text{In}^{115}$	95,72	$6,0 \cdot 10^{14}$ лет	β^- -распад	$^{49}\text{Sn}^{115}$	β_m - 0,6
$^{57}\text{La}^{138}$	0,089	$1,1 \cdot 10^{11}$ лет	β^- -распад (6%) <i>K-захват</i> (94%)	$^{58}\text{Ce}^{138}$ $^{56}\text{Ba}^{138}$	β_m - 1,0 γ - 0,81, 1,43
$^{62}\text{Sm}^{147}$	14,97	$1,2 \cdot 10^{11}$ лет	α -распад	$^{60}\text{Nd}^{143}$	α - 2,18
$^{71}\text{Lu}^{176}$	2,59	$2,1 \cdot 10^{10}$ лет	β^- -распад (33%) <i>K-захват</i> (67%)	$^{72}\text{Hf}^{176}$ $^{70}\text{Yb}^{176}$	β_m - 0,43 γ - 0,19, 0,31
$^{75}\text{Re}^{187}$	66,93	$1,2 \cdot 10^{11}$ лет	β^- -распад	$^{76}\text{Os}^{187}$	$\beta_m < 0,008$ γ - нет
$^{78}\text{Pt}^{190}$	0,012	$6,9 \cdot 10^{11}$ лет	α -распад	$^{76}\text{Os}^{186}$	α - 3,3

В 1906 г. Кэмпбелл и Вуд обнаружили слабую β^- -активность у калия и рубидия, которая не была обусловлена какими-либо примесями, поскольку оказалась пропорциональной массовой доле элемента. Впоследствии выяснилось, что радиоактивность К связана с присутствием в его составе малораспространенного изотопа $^{19}\text{K}^{40}$, распадающегося по схеме β^- - и *K*-захвата. Радиоактивным изотопом рубидия оказался $^{37}\text{Rb}^{87}$, испускающий β^- -частицы. Известны и другие радионуклиды, встречающиеся в земной коре, их основные свойства приведены в табл. 1.2.

1.5.2. Ядерная геохронология

Особенности ядерных превращений широко используются в приложениях, в частности для определения абсолютного возраста горных

пород. Известно, что в любой горной породе можно обнаружить даже самые микроскопические количества любого химического элемента, включая и естественно-радиоактивные.

Допустим, что начальное количество ядер некоторого радионуклида в заданном образце горной породы составляет N_0 ядер. Если установлено, что за прошедший период этот радионуклид не выносился или дополнительно не поступал в исследуемую породу, то, зная постоянную распада радионуклида и соотношение начального N_0 и конечного количества N ядер, можно вычислить время t , которое потребовалось для этого соотношения.

Конечное (существующее на момент датировки) содержание радионуклида определяется аналитически (химия, радиохимия, γ -спектрометрия и др. методы анализа). О начальном содержании N_0 судят по количеству накопившегося в породе стабильного изотопа $N_{\text{ст}}$, являющегося конечным продуктом распада исходного радионуклида. При этом используется то обстоятельство, что начальное содержание радионуклида может быть представлено в виде суммы его концентрации N на момент исследований и содержания $N_{\text{ст}}$ – продукта распада, т. е.

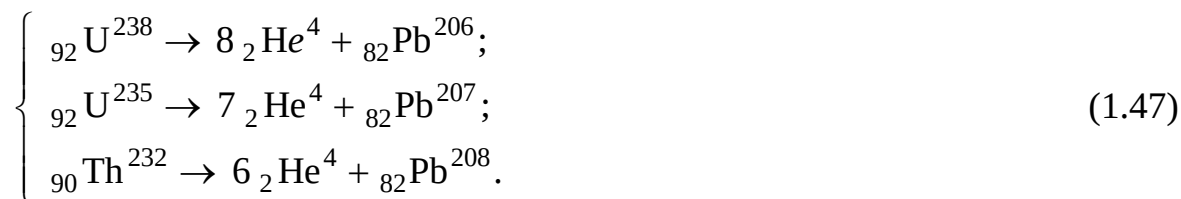
$$N_0 = N + N_{\text{ст}}. \quad (1.44)$$

Учитывая, что $N = N_0 \exp(-\lambda t)$, имеем:

$$\frac{N_{\text{ст}}}{N} = \exp(\lambda t) - 1, \text{ откуда} \quad (1.45)$$

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left(1 + \frac{N_{\text{ст}}}{N} \right). \quad (1.46)$$

Первые методы определения абсолютного возраста были основаны на использовании цепочки последовательных превращений U, Th и актиноурана в соответствующие стабильные изотопы ${}_{82}\text{Pb}^{206}$, ${}_{82}\text{Pb}^{208}$ и ${}_{82}\text{Pb}^{207}$:



В результате этих реакций образуется He и изотопы Pb в зависимости от того, по какому из указанных конечных продуктов распада определяется возраст, метод соответственно называется *гелиевым* или *свинцовым*.

В наиболее простом случае, когда возраст минерала априори относительно невелик ($t < 200$ млн лет), а Th в его составе отсутствует, возраст может быть оценен приближенно по формуле

$$t = 1,155 \frac{1}{\lambda_{U^{238}}} \frac{C_{Pb}}{C_U}, \quad (1.48)$$

где C_{Pb} , C_U - массовые доли свинца и урана.

При наличии в минерале Th его содержание выражают в эквиваленте U, учитывая соотношения их активностей. Формула для расчета возраста при этом выглядит так:

$$t = 7600 \frac{C_{Pb}}{0,36C_{Th} + C_U}. \quad (1.49)$$

При более древнем возрасте минералов ($t > 200$ млн. лет) его рассчитывают через содержания изотопов свинца $^{82}Pb^{206}$, $^{82}Pb^{207}$ и $^{82}Pb^{208}$, определяемые масс-спектрометрическим методом.

Расчет ведется по формулам [59]:

$$\left\{ \begin{array}{l} t = \frac{1}{\lambda_{U^{238}}} \ln \left(1 + 1,155 \frac{C_{Pb^{206}}}{C_{U^{238}}} \right); \\ t = \frac{1}{\lambda_{U^{235}}} \ln \left(1 + 1,135 \frac{C_{Pb^{207}}}{C_{U^{235}}} \right); \\ t = \frac{1}{\lambda_{Th^{232}}} \ln \left(1 + 1,115 \frac{C_{Pb^{208}}}{C_{Th^{232}}} \right). \end{array} \right. \quad (1.50)$$

Возраст, полученный по трем формулам (1.50), теоретически должен быть одинаковым. В действительности этого обычно не наблюдается, так как природные системы не являются полностью закрытыми, и на протяжении геологической истории возможна частичная потеря как промежуточных, так и конечных нуклидов. Определенную погрешность дают также и масс-спектрометрические измерения.

Для определения истинного возраста урановых минералов и руд применяют способ так называемой «*кривой конкордии*». Указанная кривая представляет собою теоретическую зависимость отношения $^{82}Pb^{207}/^{92}U^{235}$ к $^{82}Pb^{206}/^{92}U^{238}$ от возраста природных сред, построенного на основании закона распада (рис. 1.9) [59].

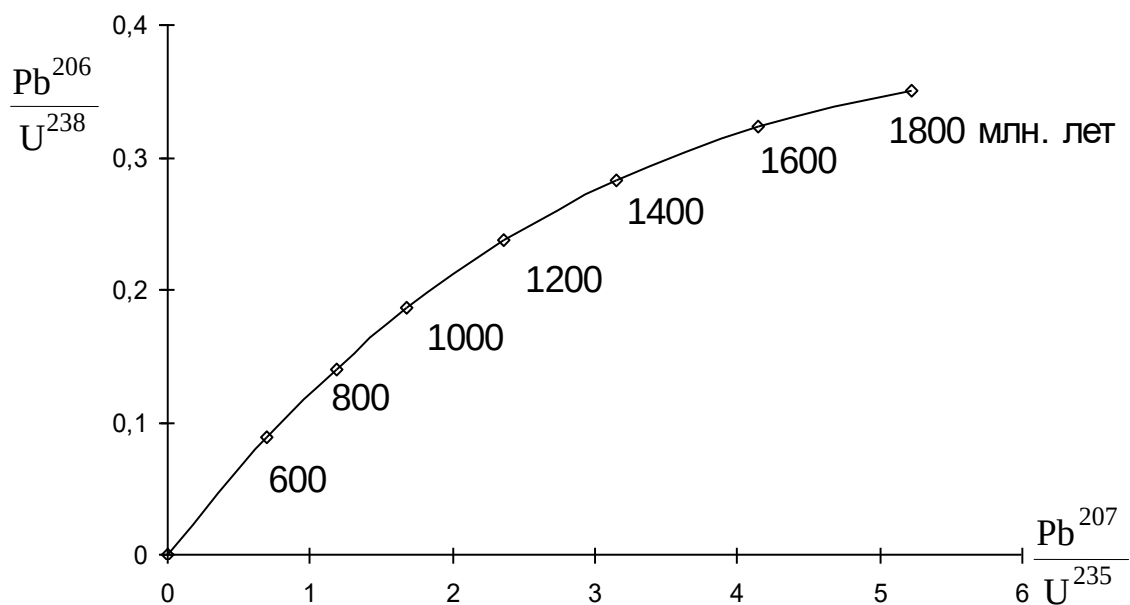


Рис. 1.9

Кроме указанных методов, для датировки природных образований используются также К-Аг-, Rb-Sr- и радиоуглеродный (C^{14}) методы.

Калий-аргоновый метод. Калий - широко распространенный элемент, входит в состав большинства горных пород. Кларк К в земной коре равен 2,5 %, его содержание в горных породах колеблется от 0,03 до 3,34 % (кроме солей). Почти 18 % массы земной коры приходится на долю К-содержащего минерала – ортоклаза (КПШ). Это двойная соль кремниевой кислоты $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$. В результате химического выветривания ортоклаз превращается в каолин, песок (SiO_2) и воду. По этой причине К можно встретить как в изверженных, так и в осадочных горных породах.

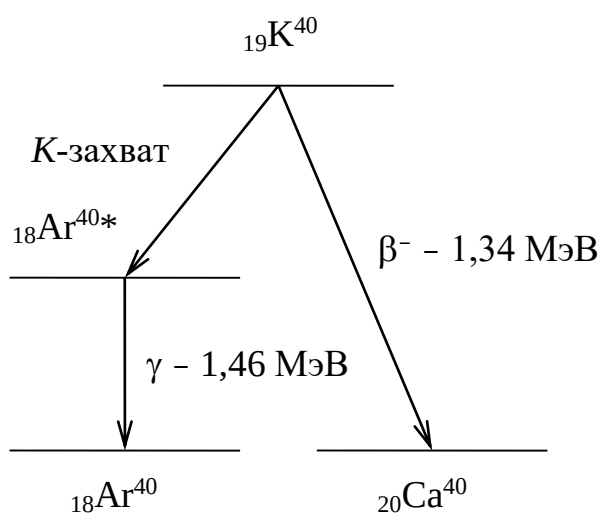
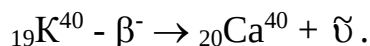


Рис. 1.10

Природная смесь К состоит из двух стабильных изотопов $^{19}K^{39}$ (98,03 %), $^{19}K^{41}$ (6,91 %) и одного радиоактивного - $^{19}K^{40}$ (0,0119 %). Радиоактивный изотоп калия распадается путем β^- -превращения (с вероятностью 89 %) и превращения типа К-захвата (11 %), сопровождающегося γ -излучением с энергией 1,46 МэВ (рис. 1.10). В результате К-захвата по схеме $^{19}K^{40} + \beta^- \rightarrow ^{18}Ar^{40} + \nu$

образуется возбужденное ядро ${}_{18}\text{Ar}^{40*}$, которое переходит в основное состояние после испускания γ -кванта с энергией 1,46 МэВ.

Постоянная распада λ_e , соответствующая явлению e -захвата, для ${}_{19}\text{K}^{40}$ составляет $0,585 \cdot 10^{-10} \text{ год}^{-1}$. Бета-минус распад ${}_{19}\text{K}^{40}$ приводит к образованию стабильного изотопа ${}_{20}\text{Ca}^{40}$ по схеме



Постоянная β^- -распада ${}_{19}\text{K}^{40}$ составляет $\lambda_\beta = 4,72 \cdot 10^{-10} \text{ год}^{-1}$.

При расчетах значение абсолютного возраста t может быть получено из следующего соотношения:

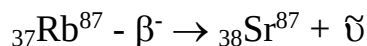
$$t = \frac{1}{\lambda_\beta + \lambda_e} \ln \left(1 + \frac{\lambda_\beta + \lambda_e}{\lambda_e} \frac{C_{\text{Ar}^{40}}}{C_{\text{K}^{40}}} \right). \quad (1.51)$$

Надежность датировки пород с помощью К-Аг-метода во многом зависит от скорости утечки образующегося Аг из минералов.

Рубидиево-стронциевый метод. Рубидий – химический элемент I группы периодической системы, имеет порядковый номер $Z = 37$ и атомный вес $A = 85,47$. Рубидий малораспространен в природе, его кларк в земной коре составляет 0,015 % по массе.

Среди изверженных пород наиболее высокие содержания Rb отмечаются в кислых разностях (0,02 %), а наиболее низкие – в ультрабазитах (2 г/т). Среднее содержание Rb в глинах и глинистых сланцах 0,02 %. В природе Rb, как правило, встречается совместно с Cs и собственных минералов не образует. Наиболее высокие концентрации этих элементов наблюдаются в некоторых минералах пегматитовых жил: полевых шпатах, слюдах, бериллах и особенно в поллуците. Содержание Rb в ортоклазах и микроклинах может достигать 2,7-2,8 %, в мусковитах – 1,8, в биотитах – 0,37, в лепидолитах – 2,7-3,7 %.

Природный рубидий состоит из смеси двух изотопов с массовыми числами 85 (72,81 %) и 87 (27,19 %). Изотоп ${}_{37}\text{Rb}^{87}$ β -радиоактивен и распадается по схеме



с периодом полураспада $T = 4,7 \cdot 10^{10}$ лет. В природных условиях встречаются четыре стабильных изотопа стронция: ${}_{38}\text{Sr}^{84}$ (0,56 %), ${}_{38}\text{Sr}^{86}$ (9,86 %), ${}_{38}\text{Sr}^{87}$ (7,02 %) и ${}_{38}\text{Sr}^{88}$ (82,56 %).

Данные по относительной распространенности стабильных изотопов Sr были получены после того, как Гольдшмидт в 1937 г. высказал предположение, что β^- -распад ${}_{37}\text{Rb}^{87}$ с образованием ${}_{38}\text{Sr}^{87}$ можно использовать в качестве

геохронометра. Поскольку изотоп $^{87}_{38}\text{Sr}$ может быть как естественным, так и радиогенным (за счет распада $^{87}_{37}\text{Rb}$), то при расчете геологического возраста следует сопоставлять между собою массовые доли радионуклида $^{87}_{37}\text{Rb}$ и радиогенной «добавки» $^{87}_{38}\text{Sr}$.

Время t , необходимое для получения имеющегося в данном образце количества радиогенного $^{87}_{38}\text{Sr}$, рассчитывается из соотношения

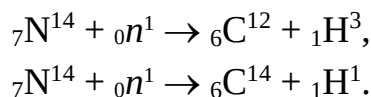
$$t = \frac{1}{\lambda_{\text{Rb}^{87}}} \frac{C_{\text{Sr}^{87}}}{C_{\text{Rb}^{87}}}, \quad (1.52)$$

где $\lambda_{\text{Rb}^{87}}$ – постоянная распада материнского изотопа $^{87}_{37}\text{Rb}$;

$C_{\text{Rb}^{87}}$, $C_{\text{Sr}^{87}}$ – массовые доли изотопа $^{87}_{37}\text{Rb}$ и радиогенного $^{87}_{38}\text{Sr}$.

Радиоуглеродный метод. Ниже рассматривается метод, который широко используется для датировки объектов жизнедеятельности, существовавших тысячи или первые десятки тысяч лет. Речь идет о датировке по радиоуглероду $^{14}_6\text{C}$, который образуется в атмосфере под действием космического излучения.

Космические лучи, состоящие из частиц высокой энергии, разрушают в верхних слоях атмосферы ядра атомов азота, входящих в состав воздуха. При этом образуются вторичные ядерные частицы и дочерние продукты, которые могут быть радиоактивными. Вторичные ядерные частицы, например нейтроны, могут взаимодействовать с $^{14}_7\text{N}$ и образовывать ^3_1H и $^{14}_6\text{C}$:



Первая из этих реакций идет на быстрых, а вторая на тепловых нейтронах. Возникающие под действием космических лучей нейтроны замедляются в воздухе до тепловых энергий, поэтому скорость образования ядер $^{14}_6\text{C}$ оказывается заметно выше скорости образования ^3_1H (примерно 2,3 атом/с на 1 см² поверхности для $^{14}_6\text{C}$ и 0,4 атома ^3_1H при тех же условиях).

Радиоуглерод $^{14}_6\text{C}$ является β -излучателем с периодом полураспада 5570 лет. Максимальная энергия β -частиц составляет 155 кэВ. Если предположить, что интенсивность космического излучения оставалось постоянной за последние десятки тысяч лет, то, исходя из периода полураспада $^{14}_6\text{C}$, можно считать, что к настоящему времени достигнуто равновесие между образующимися и распадающимися ядрами $^{14}_6\text{C}$. Атом радиоуглерода в воздухе довольно быстро окисляется и переходит в двуокись $\text{C}\hat{\text{I}}_2$.

Растительный мир живет за счет атмосферного углекислого газа. Животный мир питается растительным, и, следовательно, слабо радиоактивный углерод проникает в организм животных. В результате распада атомов $^{14}_6\text{C}$

каждый грамм углерода в живом организме испускает примерно 15 β -частиц в минуту. Когда жизнедеятельность прекращается, то обрывается и углеродный обмен с атмосферой и биосферой, количество атомов ${}^6\text{C}^{14}$ в организме не восполняется, происходит лишь их распад с известным периодом. Спустя 5570 лет после прекращения жизнедеятельности, число испускаемых β -частиц на каждый грамм содержащегося в нем С уменьшается вдвое, а спустя два периода полураспада ${}^6\text{C}^{14}$, это число уменьшится в 4 раза. Следовательно, измеряя удельную активность ${}^6\text{C}^{14}$, можно установить в пределах точности метода, когда для изучаемого объекта прекратился углеродный обмен, т. е. когда этот живой организм умер.

Зная удельную радиоактивность атмосферного углерода I_0 (та же, что и в организме) и активность исследуемого ископаемого остатка I , можно вычислить возраст с момента прекращения обмена углеродом:

$$t = \frac{1}{\lambda_{{}^6\text{C}^{14}}} \ln \left(\frac{I_0}{I} \right). \quad (1.53)$$

Радиоуглеродный метод применим для датировки образований, возраст которых не превышает 20 тыс. лет. Для него пригодны древесный уголь (обугленное вещество), древесина, торф, кости, раковины и т. п.

Радиоуглеродный метод был проверен на образцах пород, возраст которых был хорошо известен из археологических данных. Одним образцом служил брусок кипариса из гробницы фараона Снофру; возраст бруска по археологическим данным оценивался в 5600 лет. Другой образец был взят из палубы похоронного судна фараона Сезостриса III; возраст – 3800 лет. Для каждого из этих образцов, как и для ряда других, возраст по ${}^6\text{C}^{14}$ совпал с археологическими данными с точностью $\pm 10\%$ относительных [61].

1.5.3. Физико-химические свойства некоторых естественно-радиоактивных элементов

Уран (U). Уран является наиболее тяжелым природным элементом с порядковым номером 92. Атомный вес природной смеси его изотопов (U^{238} , U^{235} , U^{234}) равен 238,03, плотность урана – 18,9 г/см³. Этот элемент открыт Клапротом в 1782 г., а его радиоактивность обнаружена Беккерелем в 1896 году. Уран характеризуется большим зарядом ядра и сложным строением электронной оболочки. В природных условиях он встречается в 4- (U^{+4}) и 6-валентной (U^{+6}) формах. Основной особенностью U является большая химическая активность и сильная восстановительная способность, особенно ярко проявляющаяся в кислых водных растворах. С кислородом U образует

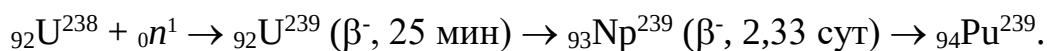
оксиды UO_2 , U_3O_8 , и UO_3 . Последний оксид в природных условиях без воды обычно не встречается. Галогенные соединения урана неустойчивы и весьма летучи. Сульфатные соединения урана в природе неизвестны. В природных условиях соединения 4-валентного U имеют черный, темно-коричневый и красно-бурый цвет и характеризуют гипогенные условия образования минералов при условиях восстановительной среды. Соединения U^{+6} имеют яркий зеленовато-желтый цвет и относятся ко вторичным урановым минералам.

Все урановые минералы делятся на *первичные* и *вторичные*. В группу первичных минералов U, представленных его оксидами, в первую очередь выделяют уранинит и настуран, отличающийся от уранинита тем, что он образуется в виде плотных натечных форм. Для всех первичных минералов U характерно присутствие Th. Вторичные минералы U представлены карбонатами, силикатами, фосфатами, ванадатами и сульфатами уранила. Во вторичных урановых минералах Th, как правило, отсутствует.

Кларк U в земной коре составляет $2,5 \cdot 10^{-4} \%$. Наиболее высокие средние содержания урана отмечаются в кислых изверженных породах (4,5 г/т), а наиболее низкие – в ультрабазитах $3 \cdot 10^{-7} \%$. В глинах и глинистых сланцах среднее содержание урана 3,2 г/т. Основная масса U (60 - 90 %) находится в литосфере в рассеянном состоянии, хотя известно большое количество (~200) U-содержащих минералов. Наибольшее практическое значение из них имеет около 30. Многие U-содержащие минералы являются сырьем на редкие земли и другие элементы.

Природные скопления урана образуются при магматических и гидротермальных процессах, при осадконакоплении, метаморфизме и выветривании пород. Встречаются как собственно урановые месторождения, так и комплексные. Массовые доли U в рудах колеблются от сотых долей процента до первых процентов. Среди урановых руд выделяют богатые (1-3 %), рядовые (0,1-1,0 %) и бедные (0,05-0,1 %). Из комплексных руд U извлекается и при убогих концентрациях (< 0,05 %)

Изотоп U^{235} делится под действием тепловых нейтронов и является основным сырьем для тепловых АЭС. Наиболее распространенный изотоп U^{238} делится под действием быстрых нейтронов и служит сырьем для получения стратегического делящегося материала – плутония. Образование Pu идет по следующей схеме:



Изотоп ${}_{94}\text{Pu}^{239}$ был открыт в 1941 г; он является α -излучателем с периодом полураспада $2,44 \cdot 10^4$ лет, превращаясь в дочерний продукт ${}_{92}\text{U}^{235}$.

Изотоп ${}^{239}\text{Pu}_{94}$ имеет очень большое сечение деления тепловыми нейтронами (738 барн) и испускает при одном акте деления $\sim 2,9$ нейтрона, что позволяет использовать ${}^{239}\text{Pu}_{94}$ в качестве стратегического сырья.

До пуска первых атомных реакторов урановые руды добывали в основном для извлечения из них Ra. Мизерные количества урановых соединений использовали в некоторых красителях и катализаторах. Когда из элемента, не имеющего почти никакого промышленного значения, U превратился в стратегическое сырье № 1, началась настоящая охота за его рудами. Чуть ли не все уголки земного шара были обследованы на U, благо его радиоактивность подсказывала принципы конструирования чувствительных поисковых радиометров.

При среднем содержании урана 2,5 г/т в некоторых горных породах, например в гранитах, его массовая доля составляет 4,5 г/т. Полная энергия, «спрятанная» в этих граммах, эквивалентна теплосодержанию сотен тонн каменного угля. Поэтому (а еще и потому, что во всем мире наблюдается устойчивая тенденция к извлечению U, и не только его, из все более бедных руд) можно полагать, что со временем гранит вполне может оказаться одним из видов минерального сырья. Всего в относительно тонком, 20-км верхнем слое Земли заключено 10^{14} т U. Количество громадное, способное удовлетворить все энергетические потребности человечества на долгое время. Энергия этого U оценивается астрономической цифрой – $2,3 \cdot 10^{24}$ киловатт-часов. Это в 10^6 раз больше, чем могут дать все разведанные и предполагаемые месторождения горючих полезных ископаемых.

Если бы в массе планеты концентрация U была такой же, как в гранитном слое, то температура Земли была бы намного выше существующей. Это обстоятельство, подтвержденное прямыми измерениями, показывает, что по мере продвижения к центру Земли концентрация U падает.

Способов извлечения U из руд разработано великое множество. Причина тому, с одной стороны – стратегическая важность этого элемента, а с другой, – разнообразие его минеральных форм. Но каков бы ни был метод или сырье, любое урановое производство включает три стадии: предварительное концентрирование (обогащение), выщелачивание U и получение достаточно чистых соединений U осаждением, экстракцией или ионным обменом. Далее, в зависимости от назначения получаемого урана, следует обогащение продукта изотопом U^{235} или сразу же восстановление элементного (металлического) урана.

Радий (Ra). Промежуточный продукт распада в радиоактивном семействе U^{238} , радий имеет порядковый номер 88 и атомный вес 226, плотность 5,0 г/см³. Открыт супругами Кюри в 1898 г. В чистом виде представляет собой довольно мягкий металл серебристого цвета. Химические свойства Ra близки к свойствам Ba, вместе с которым они часто встречаются в руде. Радий всегда двухвалентен. При взаимодействии с кислотами оксиды и гидраты окисей Ra легко образуют соли, причем соли с анионами Cl^- и NO_3^- легкорастворимы, а соли с анионами F^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} – труднорастворимы в воде.

В природных условиях Ra встречается преимущественно в рассеянном состоянии и вследствие чрезвычайно низкого кларка ($1 \cdot 10^{-10}$ %) самостоятельных минералов не образует. Наиболее высокие содержания Ra отмечаются в кислых породах, а наиболее низкие – в ультрабазитах. Среднее содержание Ra в глинах и глинистых сланцах $1 \cdot 10^{-10}$ %.

Наиболее распространенный изотоп ${}^{226}_{88}Ra$ образуется за счет α -распада иония Io (${}^{230}_{90}Th$). Изотоп ${}^{226}_{88}Ra$ является α -излучателем с периодом полураспада 1602 лет. Кроме этого изотопа, в природе еще известен продукт цепочки ядерных превращений семейства U^{235} – Ra^{223} ($T = 11,43$ сут) и продукт цепочки Th^{232} – Ra^{224} ($T = 3,64$ сут).

Радон (Rn). Радиоактивный инертный газ (эманация), существует в природе как одно из промежуточных звеньев в цепочке ядерных превращений семейства U^{238} . Образуется в результате α -распада Ra^{226} . Массовое число 222, атомный номер 86, период полураспада 3,825 сут. Является α -излучателем. К настоящему времени известно 19 изотопов Rn с массовыми числами 204 и от 206 до 224. Искусственным путем получено 16 изотопов. В природных средах существует всего три изотопа Rn.

Эманация тория – Tn (${}^{220}_{86}Rn$ – торон) является членом другого естественно-радиоактивного семейства – ряда ${}^{232}_{90}Th$. Это изотоп радона с массовым числом 220 и периодом полураспада 55,6 с.

Третий природный изотоп радона – актинон An (${}^{219}_{86}Rn$). Так же как радон и торон, он является радиоактивным газом, относящихся к группе инертных (благородных) газов. Актинон является членом семейства актиноурана ${}^{235}_{92}U$, его массовое число 219, период полураспада 3,96 с.

Рассматриваемые эманации распространены в почвенном и (очень незначительно) в атмосферном воздухе, а также в минеральных источниках. Концентрация Rn в почвенном воздухе изменяется в широких пределах: от $2,6 \cdot 10^{-15}$ до $44 \cdot 10^{-15}$ %. В районах развитого уранового оруденения концентрация Rn в почвенном воздухе может достигать 10^{-12} %. В атмосферном воздухе

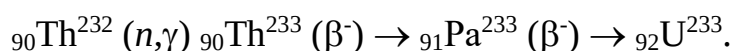
концентрация Rn невелика, примерно на три порядка ниже нормальной концентрации в почвенном воздухе, и составляет $\sim 4 \cdot 10^{-18}$ %.

В природных водах концентрация Rn меняется в очень широких пределах – от $4 \cdot 10^{-16}$ до $4 \cdot 10^{-10}$ %.

Торий (Th). Естественнo-радиоактивный элемент Th состоит из одного изотопа с массовым числом 232, который является родоначальником ториевого семейства. Открыт Берцелиусом в 1828 г., а его радиоактивность обнаружена М. Кюри в 1898 г.

Торий – металл белого цвета, плотностью $11,7 \text{ г/см}^3$, темнеющий на открытом воздухе. Торий является относительно широко распространенным элементом, его присутствие можно обнаружить практически в любой горной породе. Кларк Th составляет $1,5 \cdot 10^{-3}$ % (15 г/т), т. е. примерно в четыре раза выше кларка урана. Наиболее высокое содержание тория отмечается в кислых породах (18 г/т), минимальные – в ультрабазитах (до $5 \cdot 10^{-7}$ %). В некоторых типах изверженных пород содержание Th достигает сотых долей процента, в глинах и глинистых сланцах – 11 г/т.

Известно более 120 Th-содержащих минералов, однако промышленное значение имеют немногие: монацит $(\text{GeLaTh})(\text{PO}_4)$, торит ThSiO_4 , ураноторит, торианит и др. Торий тесно связан с редкими землями и U. Основным источником Th является монацитовый песок. Не меньшую ценность представляет и находящийся в его составе Ce. Торий может использоваться для получения делящегося материала, которым наряду с U^{235} , Pu^{239} является U^{233} . Этот изотоп получается по ядерной реакции



Калий (K). Среди трех природных изотопов калия только ${}_{19}\text{K}^{40}$ является радиоактивным с содержанием в естественной смеси 0,0119 % и периодом полураспада $T = 1,27 \cdot 10^9$ лет. Физико-химические свойства K резко отличаются от свойств других радиоактивных элементов. Прежде всего K распространен в природе в несравненно больших количествах. Кларк K в земной коре равен 2,4 %, высокие содержания отмечены в щелочных и кислых породах – 4,9 и 3,6 % соответственно, минимальные – в ультрабазитах – 0,03 %. Калий относится к группе щелочных металлов, имеет порядковый номер 19, атомную массу 39,1 и плотность $0,86 \text{ г/см}^3$.

Из наиболее распространенных K-содержащих минералов, обуславливающих повышенную радиоактивность горных пород, можно назвать сильвин $\hat{\text{E}}\text{Cl}$, карналлит, микроклин и ортоклаз. В глинистых минералах

значительная часть $\hat{E}$ находится в сорбированной форме и прочно связана с ними. Наиболее сильно $\hat{E}$ адсорбируется гидрослюдами.

1.5.4. Естественно-радиоактивные элементы в природе

Естественная радиоактивность горных пород обуславливается присутствием в их составе K, U и Th. Присутствие радиоактивных элементов в том или ином количестве характерно для всех горных пород – изверженных, метаморфических и осадочных, а также для современных почв и донных осадков различных водоемов.

Радиоактивность изверженных пород. В результате изучения радиоактивности изверженных пород были установлены закономерности.

Массовые доли U и Th, а соответственно и продуктов их распада, значительно выше в кислых породах, чем в основных; радиоактивность изверженных пород растет в направлении от ультрабазитов к кислым.

Радиоактивные элементы в магматических породах концентрируются в основном в цветных и акцессорных минералах: монаците, цирконе, сфене, рутиле, биотите и др. В наиболее общем случае в минералах пород гранитного ряда радиоактивность, связанная с U и Th, растет в направлении кварц → полевые шпаты → слюды → магнезиально-железистые минералы → акцессорные минералы. Особенности концентрации радиоактивных элементов обуславливают неодинаковую радиоактивность пород даже одного и того же интрузивного массива; для гранитов она обычно выше в зонах концентрации акцессорных минералов, в сравнении с участками, сложенными кварцем и полевыми шпатами альбитового ряда.

Радиоактивность метаморфических пород. Зависит, во-первых, от радиоактивности исходных пород, а во-вторых, от характера метаморфизма: происходил ли он с привносом материала, включая радиоактивные элементы, или этого привноса не было. Кроме того, при метаморфизме осадочных толщ может происходить минеральная перегруппировка внутри образований с обеднением или обогащением их ЕРЭ в отдельных участках толщи. Считается, что в результате перегруппировки U внутри пород, подвергшихся изменению, могут образовываться так называемые метаморфогенные месторождения урана. Из сказанного можно сделать выводы:

Радиоактивность метаморфических пород весьма различна не только для разных пород, но и для одной и той же толщи.

Радиоактивность гнейсов и сланцев, образовавшихся из глинистых отложений, в целом оказывается выше, чем радиоактивность мраморов и кварцитов, образовавшихся из осадков с пониженной радиоактивностью.

Радиоактивность пород растет при гидротермальном метаморфизме.

Радиоактивность осадочных пород. Среди осадочных пород наибольшей радиоактивностью отличаются калийные соли, глины и, особенно, горючие сланцы. Наименьшей радиоактивностью обладают известняки, доломиты, гипс, ангидрит, галит. Радиоактивность песчаников увеличивается с ростом содержания глинистого материала, слюд и акцессорных минералов. Резко аномальные содержания радиоактивных элементов нередко фиксируются в природных средах с развитием органических остатков.

В некоторых разностях углей, фосфоритов, песчаников и известняков содержание ЕРЭ может достигать промышленных значений. Нередко в осадочных породах повышенные концентрации U обусловлены гипергенными процессами выщелачивания и его переотложением в более благоприятных участках осадочных толщ. Замечено, что морские отложения содержат более высокие концентрации ЕРЭ, чем осадочные породы речного и озерного происхождения. Накопление ЕРЭ элементов в осадочных породах связано также с адсорбцией их тонкокластическим (глинистым) материалом из водоемов, где шло осадконакопление. Более подробные сведения о радиоактивности природных сред приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Содержания ЕРЭ и интенсивность γ -излучения природных сред

Породы, объекты	Содержание элементов				γ -поле I_γ , мкР/ч	Парциальные доли ЕРЭ в I_γ (%)			Отношения ЕРЭ		
	Ra, мкг/т	U, г/т	Th, г/т	K, %		U γ	Th γ	K γ	Th/U	U/K	Th/K
Земная кора (ЗК)	0,8 0,6-1,3	2,3 1,8- 4,4	8,0 5-13	2,4 2,3-2,6	8,4 5- 8	26 22-32	46 40-48	28 24-34	3,5 2,5-4,5	1,0 0,8-1,5	3,5 2,0-5
Гранитный слой ЗК	1,2 0,8-1,7	3,6 2,4- 5,0	15,5 12-18	3,6 2,5-3,6	12,5 10- 15	24 23-31	52 48-54	24 19-26	4,0 3,0-5	1,0 0,8-2,0	4,0 3,5-6
Базальтовый слой ЗК	0,3 0,2-0,5	1,0 0,6- 1,5	3,3 1,8-3,8	1,0 0,7-1,2	3,5 2,0-5,0	28 22-32	44 40-48	28 24-34	3,5 3,0-4	1,0 0,8-1,5	3,5 2,0-4
Щелочные породы	1,6 0,1-30	4,7 0,3- 89	18,5 5-80	4,9 3- 12,5	18,0 9-130	25 20-35	49 40-55	26 23-32	4,0 1,0-8	1,0 0,9-3,0	4,0 1,5-9
Кислые породы	1,2 0,2-17	3,5 0,6- 35	15,5 3-96	3,6 1,6-9,0	15,0 8-95	24 20-35	52 45-55	24 20-30	4,0 1,5-15	1,0 0,8-2,0	4,5 3-8
Средние породы	0,7 0,1-1,9	2,0 0,3- 5,6	8,3 2-34	2,2 0,8-6,8	8,0 2- 23	24 20-30	49 45-55	27 22-30	4,0 1,5-7	1,0 0,8-1,5	4,0 2-6
Основные породы	0,3 0- 0,9	0,9 0,1- 2,7	3,5 0,5-15	1,0 0,3-1,8	3,5 0,5-10	25 20-30	47 40-50	28 24-34	4,0 1,5-6	1,0 0,8-1,5	3,5 2,5-5
Ультра-базиты	0,01 0-0,02	0,03 0- 0,06	0,1 0-0,3	0,03 0-0,2	0,1 0- 2,0	27 22-32	46 40-48	27 24-34	3,5 1,0-4	1,0 0,8-1,5	3,0 2-4

Известняки	0,4 0,3-4,5	1,2 0,9- 12	2,5 0,7-8	0,4 0,1-1,2	2,5 1,5-13	43 35-50	43 35-50	14 10-20	2,0 0,5-5	3,0 1,5-4	6,0 4-8
Сланцы	1,0 0,1-5,0	2,9 0,3- 90	10,0 8-17	2,7 0,7-3,2	10,0 5-25	27 22-40	47 40-50	26 20-35	3,5 1,0-5	1,0 0,8-1,5	3,5 2-7
Глины	1,3 0,2-26	3,5 0,8- 78	7,0 5-16	2,3 0,6-2,9	9,0 4- 25	38 33-60	36 30-40	26 8-30	2,0 0,5-4	2,0 1,0-8	3,0 2-5
Песчаники	0,7 0,1-2,7	2,1 0,3- 8	9,0 6-30	2,1 1,1-3,0	7,5 4,5-18	24 20-30	52 45-60	24 20-30	4,5 1,5-7	1,0 0,8-1,5	4,0 2-10
Почвы	0,8 0,2-2,5	2,1 0,3- 4,5	6,0 2,5-15	1,4 0,3-3,6	6,0 1,8-15	32 25-55	46 30-50	22 10-25	3,0 1,0-4,5	1,5 1,0-6	4,0 2-6
Морские илы	2,0 0,3-15	3,2 1,0- 20	4,6 1,6-8,8	1,2 0,5-2,5	6,5 3- 30	48 40-65	34 25-35	18 10-25	1,5 0- 3	2,7 1,5-10	4,0 3-5
Морская вода	10 ⁻⁴	0,003	0,001	0,04	0	7	2	91	0,3	0,07	0,02

Примечания: 1. В числителе приведено среднее значение, в знаменателе - возможные отклонения; 2. Модули U/K и Th/K указаны в (г/т)/%.

Основная часть U и Th присутствует в горных породах, растениях и живых организмах в рассеянном состоянии. В благоприятных условиях эти элементы создают рудные скопления с коэффициентом концентрации от двух до четырех порядков (10^2 - 10^4). В первичных и вторичных ореолах урановых месторождений этот коэффициент снижается до 5-50 единиц.

Высокая геохимическая активность U является причиной большого разнообразия его природных образований, встречающихся в форме 4-валентных U^{4+} и неустойчивых 6-валентных U^{6+} соединений. Эти особенности обеспечивают возможность промышленных скоплений U в самых разнообразных геологических условиях. Месторождения U имеют разное происхождение и встречаются в кристаллическом основании фундамента, осадочном чехле древних и молодых платформ, и особенно широко – в областях послеплатформенного орогенеза. Они отличаются по вещественному и минеральному составам руд и не обнаруживают выраженной тенденции к устойчивой ассоциации с определенными типами месторождений других типов полезных ископаемых.

Все известные наиболее значительные концентрации U связаны с эндогенными и экзогенными процессами, протекающими в орогенных условиях формирования или распада коры континентального типа. В областях с корой океанического типа крупные месторождения U не обнаружены.

В 1986 г. академиком Н. П. Лаверовым была предложена генетическая систематика месторождений U, учитывающая новые данные и сохраняющая

привычные для специалистов основные подразделения. Среди них выделены четыре основные серии: эндогенная, экзогенная, метаморфогенная и полигенная. При этом схема систематики эндогенных месторождений насчитывает три типа: А – эндогенные месторождения, связанные с щелочно-ультраосновным метаморфизмом, Б – связанные со щелочным магматизмом и В – связанные с гранитоидным метаморфизмом.

Месторождения экзогенной серии разделяются на две группы: седиментационно-диагенетические и инфильтрационные (эпигенетические), образованные поверхностными и подземными водами. В первую группу входят осадочные месторождения, образованные в речных, озерно-болотных и морских условиях. Вторая группа подразделяется на три класса месторождений, образованных грунтовыми, пластовыми и трещинными подземными водами. Внутри выделяются типы экзогенных месторождений, отличающихся минеральным и вещественным составом руд, условиями их формирования и морфологией рудных тел.

Месторождения метаморфогенной серии подразделяются на две группы – метаморфизованные и ультраметаморфизованные. Группы включают несколько классов, которые в свою очередь состоят из конкретных типов месторождений.

Месторождения полигенной серии в качестве самостоятельных выделяются Лаверовым впервые. Они включают 2 группы, 3 класса и 6 типов месторождений, например полиметаллические урановые (Ni, Co, Cu, Ag).

1.6. Метрология радиационных измерений

1.6.1. Измеряемые величины и единицы измерений [48]

Физические величины, прямо или косвенно определяемые при радиационных измерениях, приведены в табл. 1.4. Это – масса и массовая доля радиоактивных веществ, активность, плотность потока ионизирующих излучений и дозовые характеристики γ -поля. Для удобства работы с литературой наряду с единицами системы СИ в табл. 1.4. приведены ранее применявшиеся единицы и их соотношения с единицами СИ.

В соответствии со стандартом СЭВ 1052-78 массу радиоактивных веществ выражают в килограммах и производных от них единицах (миллиграммах, граммах, тоннах и т. п.).

Содержание радиоактивных веществ (ГОСТ 8.505, прил. 4) – обобщающее наименование физических величин: массовой и объемной доли, массовой концентрации, которые количественно характеризуют состав горных

пород и руд. Единицами их измерений являются массовые и объемные проценты, кг/кг, кг/м³ и др.

Единицей *активности*, характеризующей число ядерных превращений в источнике в секунду, является *беккерель* (Бк). Один беккерель соответствует активности источника, в котором происходит одно ядерное превращение в секунду. Переход от активности a (Бк) радионуклида с постоянной распада λ (с⁻¹) к массе M (г) осуществляется по формуле

$$a = \lambda \frac{N_A}{A} M, \quad (1.54)$$

где N_A – число Авогадро; A – массовое число радионуклида.

Таблица 1.4

Единицы измерения радиоактивных веществ и ядерных излучений

Физическая величина	Единицы измерения		Соотношение единиц
	система СИ	внесистемные ед.	
Масса	кг	мг-экв Ra	1 мг-экв Ra = 10 ⁻⁶ кг Ra (по γ -излучению)
Активность	беккерель (Бк)	кюри (Ки)	1 Ки = 3,7·10 ¹⁰ Бк 1 Бк = 2,7·10 ⁻¹⁰ Ки
Массовая доля	кг/кг, % мас.	г/г, % мас.	1 % мас. = 0,01 кг/кг 1 кг/кг = 100 % мас.
Объемная доля	м ³ /м ³ , % об.	см ³ /см ³ , % об.	1 % об. = 0,01 м ³ /м ³ 1 м ³ /м ³ = 100 % об.
Удельная активность	Бк/кг	Ки/г, Ки/кг	1 Ки/г = 3,7·10 ¹³ Бк/кг 1 Бк/кг = 2,7·10 ⁻¹⁴ Ки/г
Объемная активность	Бк/м ³	Ки/л, эман	1 Ки/л = 3,7·10 ¹³ Бк/м ³ 1 эман = 10 ⁻¹⁰ Ки/л 1 Бк/л = 0,27 эман
Плотность потока ядерных частиц	с ⁻¹ ·м ⁻²	с ⁻¹ ·см ⁻²	1 с ⁻¹ ·см ⁻² = 10 ⁴ с ⁻¹ ·м ⁻² 1 с ⁻¹ ·м ⁻² = 10 ⁻⁴ с ⁻¹ ·см ⁻²
Энергия	джоуль (Дж)	эВ	1 эВ = 1,602·10 ⁻¹⁹ Дж 1 Дж = 6,24·10 ¹⁸ эВ
Плотность потока энергии	Вт/м ²	эВ/(см ² ·с)	1 эВ/(см ² ·с) = 1,602·10 ⁻¹⁵ Вт/м ² 1 Вт/м ² = 6,24·10 ¹⁴ эВ/(см ² ·с)
Экспозиционная доза излучения	Кл/кг	рентген (Р)	1 Р = 2,58·10 ⁻⁴ Кл/кг 1 Кл/кг = 3,88·10 ³ Р
Мощность экспозиционной дозы излучения	А/кг	Р/с, мкР/ч	1 Р/с = 2,58·10 ⁻⁴ А/кг 1 мкР/ч = 0,0717 пА/кг

			1 пА/кг $\cong$ 14 мкР/ч
Поглощенная доза излучения	грей (Гр)	рад	1 рад = 0,01 Гр 1 Гр = 100 рад
Мощность поглощенной дозы излучения	Гр/с	рад/с	1 рад/с = 0,01 Гр/с 1 Гр/с = 100 рад/с
Эквивалентная поглощенная доза излучения	зиверт (Зв)	бэр	1 бэр = 0,01 Зв 1 Зв = 100 бэр

Ранее активность выражали в *кюри* (Ки), понимая под этим число ядерных превращений в секунду в 1 г Ra без его продуктов распада. В соответствии с (1,54) при $M_{Ra} = 1$ г активность Ra составит $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк.

Различают *массовую* (или удельную) и *объемную* активность. В первом случае это активность вещества единичной массы (Бк/кг), во втором - вещества единичного объема (Бк/м³). Обычно в радиометрии объемная активность выражается в Бк/л при оценке концентраций эманаций. Ранее применяли единицу измерения удельной активности – кюри на литр (Ки/л) и производную от нее – *эман*: 1 эман = 10^{-10} Ки/л.

Плотность потока частиц и квантов имеет размерность $c^{-1} \cdot m^{-2}$, плотность потока энергии – Вт/м². Из-за сложности измерения потока энергии для количественной характеристики рентгеновского и γ -излучения на практике используют дозовые параметры. Под *дозой* понимается энергия излучения, предназначенная для передачи или переданная среде и рассчитанная на единицу массы или объема этой среды. Доза, определяемая по степени ионизации воздуха в условиях электронного равновесия, называется *экспозиционной дозой D*; доза, определяемая поглощенной энергией в любом другом веществе, – *поглощенная доза X*. Доза, отнесенная к единице времени, – *мощность дозы*.

Единица экспозиционной дозы – кулон на килограмм (Кл/кг). Это экспозиционная доза рентгеновского или γ -излучения, при которой сопряженная корпускулярная эмиссия в одном килограмме сухого атмосферного воздуха за время t образует ионы, несущие заряд каждого знака, соответствующий 1 Кл. Единица *мощности экспозиционной дозы (МЭД)* – кулон на килограмм в секунду [Кл / (кг·с)] или ампер на килограмм (А / кг).

Мощность экспозиционной дозы I_D (А / кг) от полиэнергетического источника с квантовым выходом K_i и плотностью потока i -й линии спектра n_i ($c^{-1} \cdot m^{-2}$)

$$I_D = \frac{D}{t} = \sum_{i=1}^K \frac{E_i n_i}{F}, \quad (1.55)$$

где E_i - энергия i -й линии в спектре γ -излучения (эВ);
 F - энергетический эквивалент (Кл /кг), равный $2,75 \cdot 10^{14}$ эВ.

1.6.2. Эталоны и образцовые меры [48]

В радиометрической разведке используют стандартные образцы состава ЕРЭ и их активности, а также образцовые источники плотности потока заряженных частиц и мощности дозы γ -излучения.

Стандартные образцы состава, аттестованные по массовой доле К, U и Th, изготавливают в виде порошковых препаратов для целей радиометрического анализа, а также в виде насыщенных и ненасыщенных по γ -лучам рудных моделей, используемых для градуирования γ -спектрометров.

Стандартные образцы активности Rn представляют собою водные растворы $RaCl_2$, аттестованные по массе Ra с погрешностью 1-3 % отн. Обычно это жидкие радиевые эталоны типа ЕВ-8, ЕВ-9, ЕВ-10 с массой Ra, соответственно $(100,10,1) \times 10^{-10}$ г, а также другие источники этого типа с массой Ra до $5 \cdot 10^{-6}$ г (ЕВ-65). В герметичном сосуде (после предварительного продувания), содержащем водный раствор Ra с массой M_{Ra} (г), за время t образуется Rn активностью в Бк:

$$a_{Rn} = 3,7 \cdot 10^{10} M_{Ra} [1 - \exp(-\lambda_{Rn} t)], \quad (1.56)$$

или в кюри (Ки):

$$a_{Rn} = M_{Ra} [1 - \exp(-\lambda_{Rn} t)]. \quad (1.57)$$

В качестве образцовых источников плотности потока α -частиц используют радиоизотопы Pu²³⁹, Pu²³⁴, U²³⁸; β -частиц – Sr⁹⁰ в равновесии с Y⁹⁰; нейтронного излучения – Pu+Be, Cf²⁵² и др.

Стандартные образцы мощности дозы γ -излучения изготавливают из смеси солей $RaSi_4$ и $BaSi_4$ в виде ампульных источников в Pt-Ir-экране толщиной 0,5 мм или в другом кожухе, с толщиной стенок, эквивалентной по поглощающим свойствам 0,5 мм Pt. Обычно это источники типа ЕР, аттестованные по массе Ra (мг) с погрешностью 0,5-2,0 % отн. Из них наиболее удобны для использования источники P₁₋₂, C₄₁ с массой Ra соответственно 1,0 и 0,1 мг, также ЕР-1 и ЕР-14.

Расчетная мощность дозы (пА/кг) γ -излучения источника массой M_{Ra} (мг) на расстоянии R (м) описывается соотношением

$$I_D(R) = 60,2 \frac{M_{Ra}}{R^2}. \quad (1.58)$$

Мощность дозы в микрорентгенах в час (мкР/ч):

$$I_D(R) = 840 \frac{M_{Ra}}{R^2}. \quad (1.59)$$

Сопоставляя между собою (1.58) и (1.59), видно, что $1 \text{ пА/кг} \cong 14 \text{ мкР/ч}$.

1.6.3. Средства измерения и их метрология

В качестве средств измерения в радиометрической разведке используют радиометры, эманометры, γ -спектрометры разного назначения (табл. 1.5). Измерения этими приборами физических величин относятся к разделу косвенных. Для перехода к их действительным значениям выполняют градуирование аппаратуры с помощью эталонов и образцовых мер.

При измерениях часто говорят о *пороге чувствительности*, под которым принято понимать наименьшее значение измеряемой величины, которое может быть обнаружено прибором в превышении над флуктуацией фонового излучения с заданной доверительной вероятностью.

Значение порога чувствительности L оценивают по формуле

$$L = k\sigma_{\phi}, \quad (1.60)$$

где σ_{ϕ} - среднеквадратическое отклонение измеряемых значений фона;

k - коэффициент, соответствующий значению доверительной вероятности (обычно $k = 3$).

1.6.4. Погрешности измерений

Разность Δ между результатом измерения x и истинным значением x_0 измеряемой величины называется *погрешностью измерений*:

$$\Delta = x - x_0.$$

По своей структуре погрешности измерений подразделяются на систематические, случайные, грубые, аппаратные, методические, абсолютные и относительные.

Систематическая погрешность представляет собою составляющую погрешности Δ , остающуюся постоянной или закономерно изменяющуюся при повторных измерениях одной и той же величины.

Случайная погрешность — это составляющая погрешности Δ , изменяющаяся случайным образом при повторных измерениях.

Грубая погрешность – отклонение измеряемой величины от истинной вследствие грубого нарушения методики измерений оператором или вследствие неисправности аппаратуры.

Таблица 1.5

Радиометрическая аппаратура и ее характеристики

Прибор	Область применения	М, кг	Питание	Детектор	Регистратор	Порог чувствительности	Верхний предел регистрации
СРП-68-01, радиометр	Пешеходная γ -съемка	3,6	А-343 (9 шт.)	NaI(Tl) 30×25 ФЭУ-85	Стрелочный, телефон	0,07 при фоне 0,35 пА/кг	215 пА/кг
СРП-88Н, радиометр	Пешеходная γ -съемка	2,2	А-343 (4 шт.)	NaI(Tl) 25×40 ФЭУ-85	Цифровой индикатор	0,1 пА/кг	600 пА/кг
СРП-88Н1, радиометр	Шпуровая γ -съемка	4,1	А-343 (4 шт.)	NaI(Tl) 10×40 ФЭУ-60	Цифровой индикатор	0,2 пА/кг	600 пА/кг
СП-4, переносной γ -спектрометр	Пешеходная γ -съемка	6,8	Рубин (5 шт.)	NaI(Tl) 80×80 ФЭУ-110	Стрелочный, цифровой	U, Th – 1 г/т; К – 0,2 %	U, Th – 0,03 %; К – 25 %
РКП-305, «Карат», концентрометр	Пешеходная и шпуровая γ -съемка	9,2	А-343 (9 шт.)	NaI(Tl) 80×80 ФЭУ-110	Цифровая индикация U, Th, К	U, Th – 0,4 г/т; К – 0,1 %	U, Th – 0,05 %; К – 50 %
СКАТ-77, комплексная аэрогеофизическая станция	γ -спектрометр, магнитная, электрическая аэросъемка	430	Бортовая сеть 27 В	NaI(Tl) 200×100 (2-12 шт.) ФЭУ-110	Аналоговый, цифровой магнитный (РУМС-2000)	U – 0,2 г/т; Th – 0,5 г/т; К – 0,05 %	U – 0,025 %; Th – 0,1 %; К – 32 %
РСС-006, скважинный γ -спектрометр	γ -спектрометр. каротаж	20	11-16 В; 5 Вт	CsI(Tl) 25×80 ФЭУ-67Б	Цифро-аналоговый	U, Th – 5 г/т; К – 1 %	U, Th – 3 %; К – 50 %
«Гамма-01С», лабораторный γ -спектрометрический комплекс	Измерения и обработка спектров γ -излучения	20, 320 Pb	Сеть ~220 В	NaI(Tl) 75×40, энергетич. разрешение – 8 % (662 кэВ)	Встроенный в ПЭВМ АЦП с ПГ обеспечением	0,03 пА/кг	2000 пА/кг
РГА-01, «Глициния», α -радиометр, эманометр	Эманиационная съемка	9	Марс-373 (6 шт.)	ZnS(Ag), пластмасса	Цифровое табло	0,3 Бк/л	10 ⁵ Бк/л

Абсолютная погрешность – это погрешность измерений Δ , выраженная в единицах измеряемой величины.

Относительная погрешность δ – это абсолютная погрешность в нормировке к истинному значению измеряемой величины, выраженная в %:

$$\delta = \frac{x - x_0}{x_0} 100 \% .$$

Основным параметром, характеризующим рассеяние измеряемой величины, является среднеквадратическое отклонение результата измерений:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - x_0)^2} . \quad (1.61)$$

Поскольку в эксперименте вместо истинного (заранее неизвестного) значения x_0 используют среднее арифметическое из n измерений:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i , \quad (1.62)$$

то параметр рассеяния многократно измеряемой величины

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} , \quad (1.63)$$

а параметр рассеяния среднего арифметического значения

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} . \quad (1.64)$$

В метрологии, кроме того, существуют понятия точности, правильности, сходимости и воспроизводимости измерений (ГОСТ 16263-70).

Точность отражает близость результатов измерений к истинному значению измеряемой величины.

Правильность – качество измерений, отражающее близость к нулю систематической погрешности.

Сходимость – близость друг к другу результатов повторных измерений в одинаковых условиях.

Воспроизводимость – близость друг к другу результатов измерений в различных условиях (в разное время, в различных местах, разными методами и средствами).

1.6.5. Корреляционный анализ в радиометрии

В практике геологоразведочных работ нередко приходится иметь дело со статистическими связями между сопоставляемыми величинами, когда каждому

значению некоторой величины x соответствует статистический ряд значений y , и наоборот. Типичным примером статистической связи может служить зависимость между содержанием радиоактивных и нерадиоактивных элементов в некоторых рудах. Выявление и изучение таких связей выполняется с помощью корреляционного анализа.

В зависимости от типа связи различают *линейную* корреляционную связь, когда зависимость между связанными друг с другом величинами выражается линейным уравнением вида

$$y = ax + b, \quad (1.65)$$

и нелинейные статистические связи, когда зависимость между переменными выражается уравнением степени выше первой. Уравнение (1.65) носит название уравнения линейной регрессии y на x .

Допустим, что в результате измерений получен набор точек, через которые требуется провести прямую линию и записать (1.65) с учетом численных значений коэффициентов a и b . Прямую обычно пытаются провести таким образом, чтобы точки на плоскости распределялись по возможности одинаково по обе стороны от проведенной прямой. Для этого необходимо подобрать коэффициенты a и b (и следовательно, построить прямую) с наименьшим среднеквадратичным отклонением от экспериментальных точек, что и осуществляется в *методе наименьших квадратов*.

Построение прямой линейной регрессии разбивается на этапы:

1. Составление перечня (таблицы) всех экспериментальных точек.
2. Вычисление величин Σx , Σy , Σx^2 , Σy^2 , $\Sigma(xy)$.
3. Вычисление коэффициентов a и b по формулам:

$$a = \frac{\Sigma(xy) - \frac{1}{n} \Sigma x \Sigma y}{\Sigma x^2 - \frac{1}{n} (\Sigma x)^2} = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\overline{x^2} - (\bar{x})^2}, \quad (1.66)$$

$$b = \frac{\Sigma y}{n} - a \frac{\Sigma x}{n} = \bar{y} - a\bar{x}, \quad (1.67)$$

где символ верхней черты означает среднее значение.

4. Вычисление коэффициента корреляции выполняется по формуле:

$$r = \left\{ \frac{\left[\Sigma(xy) - \frac{1}{n} \Sigma x \Sigma y \right]^2}{\left[\Sigma x^2 - \frac{1}{n} (\Sigma x)^2 \right] \left[\Sigma y^2 - \frac{1}{n} (\Sigma y)^2 \right]} \right\}^{1/2}. \quad (1.68)$$

В табл. 1.6 показан пример обработки результатов наблюдений, вычисления a , b и коэффициента корреляции r по пяти точкам.

Таблица 1.6

Результаты статистической обработки результатов наблюдений

i	x	y	x^2	y^2	xy
1	5,0	13,7	25,0	187,7	68,5
2	7,2	18,8	51,8	353,4	135,4
3	11,3	26,4	127,7	697,0	298,3
4	23,8	53,1	566,4	2819,6	1263,8
5	45,4	98,2	2061,2	9643,2	4458,3
$n = 5$	$\Sigma x = 92,7$	$\Sigma y = 210,2$	$\Sigma x^2 = 2832,1$	$\Sigma y^2 = 13700,9$	$\Sigma(xy) = 6224,3$

Подставив полученные значения в формулы (1.66) - (1.68), получим параметры уравнения регрессии для нашего примера: $y = 2,1x + 3,1$ при коэффициенте корреляции $r \cong 1$, что указывает на тесную линейную связь между переменными y и x .

Экспоненциальная функция – пример нелинейного вида связи переменных y и x , которую тем не менее можно *линеаризировать*, т. е. после специальных математических преобразований представить в виде линейного уравнения. Вычислим коэффициенты регрессии для уравнения

$$y = be^{ax}. \quad (1.69)$$

Логарифмируя (1.69), имеем: $\ln y = ax + \ln b$; тогда:

$$a = \frac{\sum (x \ln y) - \frac{1}{n} \sum x \sum \ln y}{\sum x^2 - \frac{1}{n} (\sum x)^2}, \quad (1.70)$$

$$b = \exp \left[\frac{\sum \ln y}{n} - a \frac{\sum x}{n} \right]. \quad (1.71)$$

1.6.6. Статистический способ получения уравнения линейной регрессии

Выше был рассмотрен случай установления функциональной зависимости между линейно-связанными величинами y и x на основе так называемого *совместных* измерений. На практике нередко приходится иметь дело с результатами *несовместных* измерений, когда сопоставляемые величины

регистрируются автономно. В этом случае оказывается невозможным получить координатную $x_1, y_1; \dots x_n, y_n$ функцию и ее графическое представление.

Для установления аналитической зависимости в случае несовместных измерений возможно применение способа, основанного на использовании главных параметров (кривых) распределения сопоставляемых величин x и y – средних значений $\bar{x}$, $\bar{y}$ (или модальных для кривых) и стандартных отклонений σ_x , σ_y . Сущность этого способа заключается в следующем [14].

Допустим, что между сопоставляемыми величинами x и y существует линейная зависимость (1.65). Если при этом известны средние значения $\bar{x}$, $\bar{y}$ и стандартные отклонения σ_x , σ_y , то оказывается, что коэффициенты a и b в (1.65) могут быть найдены следующим образом.

Из теории вероятности и математической статистики известны свойства математического ожидания M (среднего значения) и дисперсии D :

$$\begin{aligned}\bar{y} &= M(ax + b) = aM(x) + b = a\bar{x} + b; \\ D(y) &= D(ax + b) = a^2D(x), \text{ откуда:} \\ a^2 &= D(y)/D(x).\end{aligned}\tag{1.72}$$

Учитывая, что $\sigma = \pm\sqrt{D}$, имеем:

$$\begin{cases} \bar{y} = a\bar{x} + b \\ a = \sigma_y / \sigma_x \end{cases}\tag{1.73}$$

Из (1.73) можно найти коэффициент b :

$$b = \bar{y} - \bar{x} \sigma_y / \sigma_x.\tag{1.74}$$

Подставляя выражения для коэффициентов a и b в (1.65), получим следующую формулу для линейной функции $y(x)$ применительно к случаю несовместных измерений:

$$y_i = \left(x_i - \bar{x} + \bar{y} \frac{\sigma_x}{\sigma_y} \right) \frac{\sigma_y}{\sigma_x}.\tag{1.75}$$

Расчет величин $\bar{x}$, $\bar{y}$, σ_x , σ_y выполняется на основе рядовых измерений сопоставляемых величин по формулам (1.62) и (1.63).

Обозначим через Δy и Δx разности $y_i - \bar{y}$ и $x_i - \bar{x}$ соответственно. Тогда, имея в виду (1.75), получим следующее выражение, которое можно использовать для оценки чувствительности метода в случае несовместных измерений:

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\sigma_y}{\sigma_x}.\tag{1.76}$$

Следует подчеркнуть, что в случае несовместных измерений оказывается принципиально невозможным нахождение коэффициента корреляции между

величинами y и x . Также имеется неоднозначность в выборе знака для коэффициента a (вследствие $\sigma = \pm\sqrt{D}$). Следовательно, этот метод не позволяет получить информацию о *тесноте* связи y и x и может давать неоднозначные предсказания значений одной величины по другой. Данный способ нахождения коэффициентов регрессии (1.65) можно рекомендовать лишь в том случае, когда априорно (заранее) известно:

- между x и y связь *существует*;
- связь *линейная*;
- можно установить *вид связи* – прямая или обратная пропорциональность ($a > 0$ или $a < 0$ соответственно).

Как правило, для выполнения этих двух условий необходимо и достаточно провести несколько совместных измерений (наблюдений) величин x_i и y_i . Количество измерений выбирают из соображений статистической значимости получаемых результатов. Например, для ответа на вопрос о существовании тесной линейной связи ($r > 0,9$) достаточно выполнить 5-7 измерений, а установление наличия слабой нелинейной связи потребует, как минимум, 30-40 измерений.

Рассмотренный метод очень удобен для градуирования геофизической аппаратуры (особенно нескольких приборов и в разное время), когда между аппаратурным параметром и измеряемой величиной существует линейная связь. В этом случае стандартным способом достаточно выполнить градуировку лишь одного прибора, а градуировку остальных выполнить с использованием формул (1.75) – (1.76).



**МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный
горный университет»**

И. Г. Сковородников

***ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ В
ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЕ***

**Екатеринбург
2020**

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	5
1. Назначение первичных преобразователей, их характеристики и классификация.....	5
Контрольные вопросы.....	11
2. Преобразователи параметрического типа.....	12
2.1. Резистивные преобразователи.....	12
2.1.1. Контактные преобразователи.....	12
2.1.2. Реостатные преобразователи.....	13
2.1.3. Тензометрические преобразователи.....	16
2.1.4. Электролитические преобразователи.....	19
2.1.5. Терморезистивные преобразователи.....	21
2.1.6. Магниторезистивные преобразователи.....	23
2.1.7. Фотоэлектрические преобразователи.....	25
2.2. Индуктивные преобразователи.....	26
2.2.1. Индуктивные преобразователи с изменяемым воздушным зазором.....	27
2.2.2. Магнитоупругие преобразователи.....	29
2.2.3. Магнитомодуляционные преобразователи.....	30
2.3. Емкостные преобразователи.....	34
Контрольные вопросы.....	35
3. Преобразователи генераторного типа	36
3.1. Преобразователи индукционной э.д.с.....	36
3.1.1. Преобразователи индукционной э.д.с. со взаимным перемещением магнита и катушки индуктивности.....	36
3.1.2. Преобразователи индукционной э.д.с. со стационарным размещением магнита и катушки индуктивности.....	38
3.2. Преобразователи гальваномагнитной э.д.с.....	41
3.2.1. Преобразователи Холла.....	41
3.2.2. Преобразователи Виганда.....	42

3.3. Преобразователи пьезоэ.д.с.....	44
3.4. Преобразователи термоэ.д.с.....	45
3.5. Преобразователи фотоэ.д.с.....	46
Контрольные вопросы.....	49
4. Радиационные преобразователи.....	49
4.1. Газоразрядные детекторы.....	50
4.2. Сцинтилляционные детекторы.....	53
4.3. Полупроводниковые детекторы.....	56
Контрольные вопросы.....	56
Литература.....	57

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель данного пособия – познакомить студентов с применением различных электрических датчиков в геофизической аппаратуре, облегчить им усвоение соответствующих разделов курса «Геофизическая аппаратура» и выполнение курсового проектирования по нему.

Необходимость издания пособия обусловлена тем, что в опубликованных работах по первичным преобразователям рассматриваются датчики общетехнического применения, в то время, как датчики разнообразной геофизической аппаратуры имеют ряд особенностей, связанных со спецификой условий их эксплуатации.

В пособии рассмотрены физические основы и устройство датчиков всех типов, входные и выходные параметры, указаны их достоинства и недостатки и приведены примеры применения в конкретной геофизической аппаратуре.

В качестве примеров в ряде случаев использованы оригинальные разработки автора.

В конце каждой главы приведен перечень контрольных вопросов для самостоятельной проверки усвоения материала студентами.

1. НАЗНАЧЕНИЕ ПЕРВИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Первичные преобразователи в геофизической аппаратуре (ГА) являются теми элементами, которые вырабатывают сигнал информации об измеряемой величине. По этой причине первичные преобразователи ГА называются также измерительными преобразователями. Другими синонимами термина «первичный преобразователь» являются «датчик», «детектор», «чувствительный элемент», «сенсор», «трансмиситтер» [4,15,23]. Правда, в специальной литературе существуют различные толкования термина «датчик», наиболее распространенного из перечисленных терминов. Так, например, в монографии К. Бриндли [4], датчик рассматривается как пассивный преобразователь, т.е. преобразователь получающий энергию для своей работы от измеряемой величины. В других источниках [1,16] под датчиком понимается конструктивно законченное устройство, которое, кроме первичного преобразователя, может содержать и другие элементы (усилитель сигнала, источник питания и т.п.) и которое устанавливается на удалении от наблюдателя. В данном пособии, как и в большей части специальной литературы, термин «датчик» будет использоваться как синоним первичного или измерительного преобразователя.

Важнейшими характеристиками датчиков служат: чувствительность, точность (достоверность) информации об измеряемой величине, надежность и долговечность, стабильность работы при изменении внешних условий, быстродействие, вид зависимости выходного сигнала от измеряемой величины (линейная, нелинейная, реверсивная, нереверсивная и т.п.).

Поясним некоторые из перечисленных характеристик.

Чувствительность преобразователя, которую также называют **коэффициентом передачи**, представляет собой отношение изменения

выходного сигнала y , к изменению входного сигнала x . Различают три вида коэффициентов передачи: статический, относительный и дифференциальный.

Статический коэффициент передачи используется для определения свойств преобразователей с линейной характеристикой: $K_{ст} = y/x$.

Дифференциальный коэффициент передачи применяется для датчиков с нелинейной характеристикой: $K_{диф} = \lim \Delta y / \Delta x \approx dy/dx$. Значение этого коэффициента непостоянно и зависит от величины входного сигнала x .

Относительный коэффициент передачи равен отношению относительного изменения сигнала на выходе датчика к относительному изменению сигнала на его вход $K_{отн} = (\Delta y/y) / (\Delta x/x)$. Этот коэффициент является величиной безразмерной и удобен для сравнения свойств преобразователей, различных по принципу действия и конструкции.

У некоторых измерительных преобразователей вследствие трения покоя, шумов измерительной схемы, гистерезиса и др. причин изменение выходного сигнала появляется только тогда, когда измеряемая величина достигает определенного уровня. Этот уровень называется порогом **чувствительности** x_n .

Во время работы первичного преобразователя на него, кроме измеряемой величины, воздействуют и другие сигналы – помехи, например, изменения температуры, внешнего давления, вибрации, изменения напряжения питания и пр. Результаты воздействия помех проявляются в виде погрешностей измерений: абсолютных, относительных, приведенных.

Абсолютная погрешность – это разность между измеренным y и действительным (расчетным) значениями выходной величины y_0 : $\Delta y = y_{изм} - y_0$.

Относительная погрешность – это отношение абсолютной погрешности к действительному значению выходной величины в процентах: $\delta = (\Delta y/y_0) \cdot 100$.

Приведённая погрешность – это отношение абсолютной погрешности к наибольшему действительному значению выходной величины: $\varepsilon = \Delta y/y_{max}$. Для измерительных приборов приведенная погрешность определяет их класс точности.

В зависимости от режима, для которого определяется абсолютная или относительная погрешность, различаются **статические** и **динамические** погрешности (ошибки). Приведенная погрешность определяется только для установившегося (статического) режима [10].

Характер зависимости выходного сигнала от измеряемой величины $y=f(x)$ в установившемся режиме называется **статической** характеристикой преобразователя.

Наиболее удобными в работе и потому наиболее распространенными являются датчики, имеющие линейную характеристику. Если характеристика датчика нелинейна, то для формирования выходного сигнала могут применяться системы линеаризации. В некоторых случаях, например, если измеряемая величина изменяется нелинейным образом, удобнее использовать преобразователи с нелинейной статической характеристикой.

В зависимости от того, как на выходную величину влияет изменение знака измеряемой величины, статические характеристики бывают: **нереверсивными** (когда знак выходного сигнала остается постоянным во всем диапазоне измерений) и **реверсивными** (когда выходной сигнал изменяет свой знак вслед за измеряемой величиной).

Следует упомянуть еще одну из характеристик измерительных преобразователей – **гистерезис**, который проявляется в несовпадении значений выходного сигнала при одном и том же значении измеряемой величины в зависимости от уменьшения или увеличения последней в момент измерения.

Надежность преобразователя – это способность работать в течение определенного периода времени при заданных условиях эксплуатации.

Надежность преобразователей, так же, как надежность, сложных электронных или механических устройств вообще, характеризуется вероятностью безотказной работы, средним временем безотказной работы и интенсивностью отказов – отношением числа отказавших устройств в определяемый промежуток времени к числу работоспособных в начале этого промежутка.

График зависимости интенсивности отказов от времени эксплуатации имеет характерную корытообразную форму. Первый участок графика ($0 - t_1$) называется "временем приработки", в этот период интенсивность отказов велика из-за того, что здесь проявляются дефекты сборки, выходят из строя некондиционные детали и т. п. Второй участок $t_1 - t_2$ называется "периодом условной долговечности", здесь отказы могут быть связаны, в основном, со случайными причинами. Третий участок $t_2 - \infty$ называется "периодом старе-

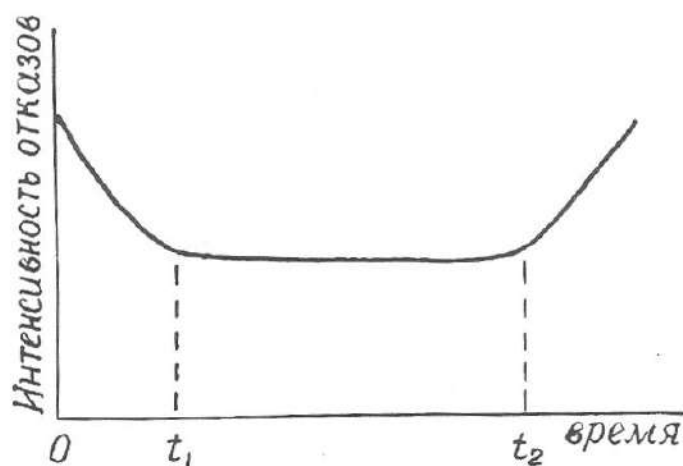


Рис. 1.1. Зависимость и интенсивности отказов от времени эксплуатации преобразователя

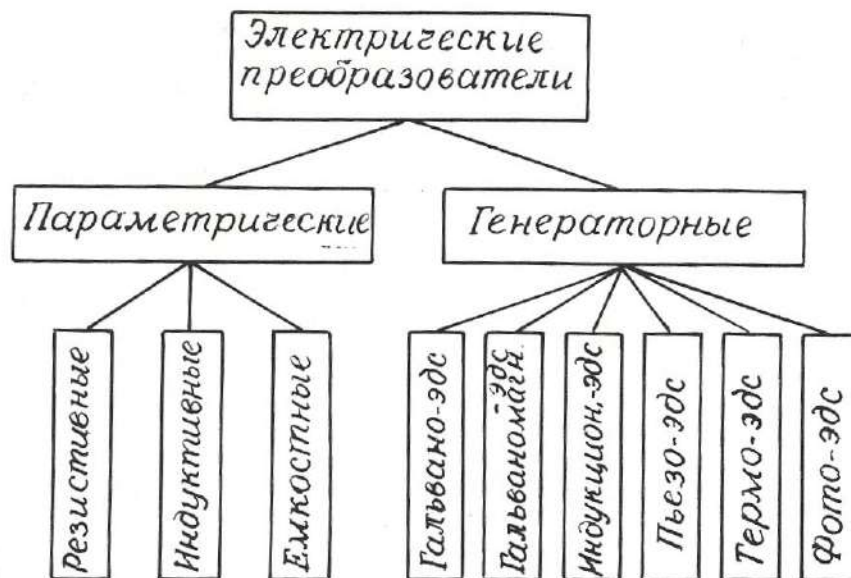


Рис. 1.2. Классификация электрических преобразователей

ния», здесь интенсивность отказов растет из-за того, что детали преобразователя вырабатывают свой ресурс (рис. 1.1).

Пути повышения надежности преобразователей – это упрощение их устройства, использование элементов с большой вероятностью безотказной работы, «разгруженный» режим эксплуатации.

Подавляющее большинство датчиков геофизической аппаратуры преобразуют измеряемую величину в электрический сигнал, хотя имеются датчики, например, в гравиразведочных приборах, выходная величина которых не является электрической.

Электрические преобразователи, применяемые в геофизической аппаратуре, крайне разнообразны по принципу действия и конструкции.

Основными признаками, позволяющими классифицировать датчики, являются: назначение, принцип действия, вид входного и выходного сигналов, наличие или отсутствие источников питания.

По назначению электрические датчики делятся на преобразователи неэлектрических величин в электрические и преобразователи одних электри-

ческих величин в другие. Соответственно входные величины измерительных преобразователей могут иметь как электрическую, так и неэлектрическую природу. Это могут быть характеристики различных физических полей (например, магнитная индукция, температура, сила тяжести, э.д.с. естественных электрических полей), разнообразные свойства горных пород, руд и растворов (плотность, электрическое сопротивление, магнитная восприимчивость, радиоактивность), геометрические и технические параметры буровых скважин (их диаметр, углы искривления), скорость перемещения, механические усилия и т. д.

Выходными величинами электрических датчиков могут, быть: э.д.с., сила тока, частота тока, импульсы тока или комбинации импульсов различной длительности и амплитуды, а также сопротивление, емкость или индуктивность электрической цепи.

По принципу действия электрические преобразователи делятся на **параметрические**, изменяющие пассивные элементы электрической цепи (сопротивление, емкость, индуктивность), и **генераторные**, вырабатывающие э.д.с. различной физической природы. В свою очередь, среди параметрических датчиков выделяются: резистивные, емкостные и индуктивные, а среди генераторных: датчики гальванической, гальваномагнитной, индукционной, фото-, пьезо- и термоэ.д.с. (рис. 1.2).

Особняком стоят радиационные преобразователи (детекторы радиоактивных излучений), которые имеют сложную структуру.

Каждый из видов датчиков, изображенных на рис. 1.1, имеет свои разновидности, отличающиеся по конструктивному исполнению.

По наличию или отсутствию специальных источников питания датчики подразделяются на **пассивные**, получающие энергию от измеряемой величины, и **активные**, питающиеся от внешнего источника.

В следующих разделах пособия будут рассмотрены физические свойства, особенности конструкции, достоинства и недостатки, а также примеры

применения в конкретных образцах геофизической аппаратуры всех видов датчиков, представленных на рис. 1.2.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение измерительного преобразователя.
2. Какие синонимы существуют у термина «измерительный преобразователь»?
3. Что такое чувствительность преобразователя?
4. Назовите виды коэффициентов передачи датчика.
5. Назовите виды погрешностей преобразователей, укажите, какие причины их вызывают.
6. Что такое статическая характеристика преобразователя?
7. Что такое надежность преобразователя?
8. Поясните график зависимости интенсивности отказов от времени (рис. 1.1).
9. По каким признакам производят классификацию электрических преобразователей?
10. Назовите входные и выходные величины электрических преобразователей в геофизической аппаратуре.
11. На какие две большие группы делятся электрические преобразователи по принципу действия?
12. Поясните классификацию преобразователей, приведенную на рис. 1.2.

2. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ТИПА

2.1. Резистивные преобразователи

В преобразователях этого вида изменения измеряемого параметра преобразуются в изменения **активного сопротивления** электрической цепи.

В соответствии с выражением $R = \rho \cdot l / S$ (2.1) изменения сопротивления R могут происходить за счет изменения геометрических размеров проводника (длины l и поперечного сечения S) или его удельного сопротивления ρ . К

преобразователям с изменяемыми размерами относятся контактные, реостатные, потенциометрические, тензометрические, угольные и электролитические датчики. К преобразователям с изменяемым удельным сопротивлением – электролитические, терморезистивные и некоторые фотоэлектрические датчики.

2.1.1. Контактные преобразователи

Контактные преобразователи представляют собой простейшую разновидность преобразователей резистивного типа. В одном крайнем положении их сопротивление равно бесконечности, в другом близко к нулю. Работой контактных преобразователей могут управлять механические (линейное или угловое перемещение) или различные физические параметры (температура, магнитное поле, электрический ток).

Контактные преобразователи составляют основу большинства реле, широко применяемых в системах автоматического управления [8,11]. В последнее время широкое распространение получили **герконы** – миниатюрные герметизированные контактные преобразователи, управляемые магнитным полем.

Достоинства контактных преобразователей составляют их простота и малая стоимость, универсальность (они могут работать в цепях как постоянного, так и переменного тока); недостатки – искрение и «дребезг» контактов, возможность ложных срабатываний контактов от тряски.

В геофизической аппаратуре контактные преобразователи используются в различных измерителях постоянных напряжений для преобразования этих напряжений в переменные, которые потом подвергаются усилению на электронных усилителях. Примером могут служить электроразведочные измерители ЭСК-1, АТ-72, самопишущие каротажные потенциометры ПАСК-8 и ПАСК-9. Контактные преобразователи используются также в схемах

управления многочисленных скважинных приборов (в пластовом наклономере НП-3, расходомерах с раскрывающимся пакером и др.).

Герконы используются в скважинных расходомерах РСМ, РГД, ДГД и др. [21].

2.1.2. Реостатные преобразователи

Простейший реостатный преобразователь – это переменный резистор, подвижный контакт которого перемещается вследствие изменения измеряемой величины – линейного перемещения, давления, угла наклона, направления магнитного поля и т.п.

Реостатный преобразователь (рис. 2.1, а) может быть включен по потенцио-метрической схеме (рис. 2.1, б), в этом случае он должен быть отнесен к преобразователям генераторного типа.

Как правило, реостатные преобразователи выполняют в виде намотки из изолированной проволоки высокого сопротивления (из манганина, константана, вольфрама) на каркасе из изоляционного материала. Форма каркаса может быть различной: прямоугольной, кольцевой или более сложной конфигурации в зависимости от входного параметра и необходимой зависимости $R = f(x)$.

Проволочные реостатные преобразователи являются дискретными, т.к. непрерывному изменению входной величины x соответствует скачкообразное изменение сопротивления R определяемое переходом подвижного контакта с одного витка провода на другой. Это обуславливает и погрешность измерений, которая уменьшается с уменьшением диаметра проволоки и увеличением числа витков W . Статический коэффициент передачи реостатного датчика $K_{ст} = z \cdot W / l$, где z – сопротивление одного витка, l – длина намотки.

Обычная относительная погрешность датчиков $\delta = 0,2 - 0,5 \%$.

Преимущества реостатных датчиков: простота конструкции, малый вес и габариты, возможность включения в цепь как постоянного, так и переменного тока, возможность получения необходимой статической характеристики

$R=f(x)$, недостатки: наличие подвижного механического контакта, что уменьшает надежность датчика, необходимость какого-то усилия для перемещения этого контакта, влияние температуры.

Благодаря своей простоте и универсальности реостатные преобразователи широко используются в геофизической аппаратуре для исследования скважин: в каверномерах (КФ, КМ, СКП-1 и др.), в инклинометрах (ИК-1, ИК-2, МИР-36, ИГ-36 и др.) [2,9,12], в датчиках натяжения кабеля, в некоторых уровнемерах. Так, например, в скважинном уровнемере конструкции УГИ [18,26], изменение уровня жидкости над прибором, точнее, гидростатическое давление столба жидкости над ним преобразуется в изменение уровня токопроводящей жидкос-

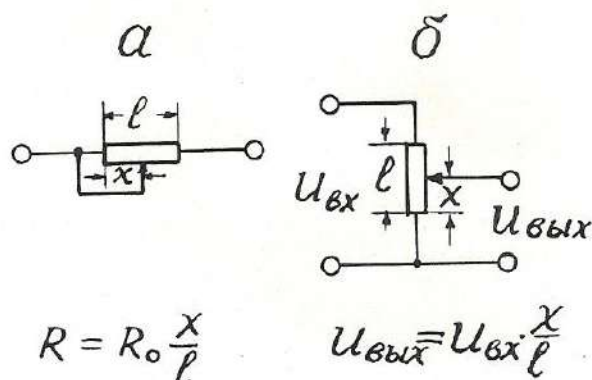


Рис. 2.1. Реостатный преобразователь (а) и его включение по потенциметрической схеме (б).

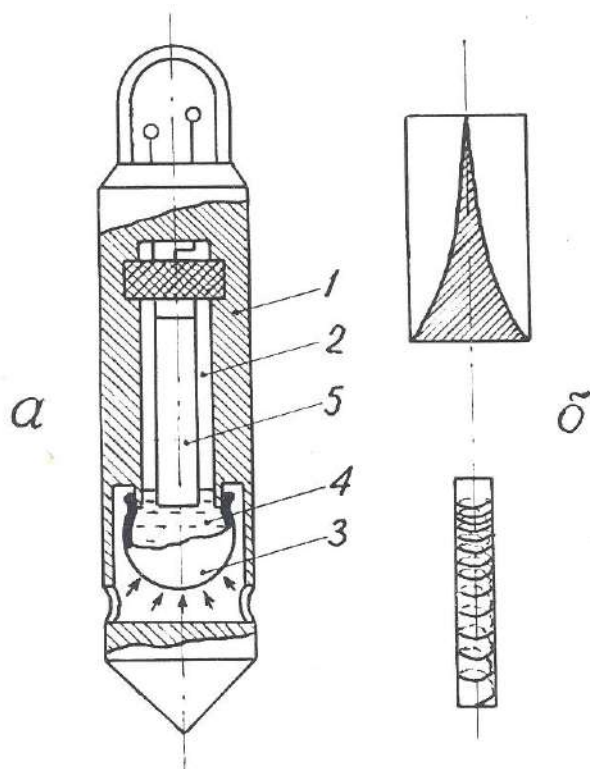


Рис. 1.2. Пример применения реостатного преобразователя в скважинном уровнемере с линейной входной характеристикой: а – конструкция уровнемера; б – варианты выполнения реостата; 1 – корпус уровнемера; 2 – измерительная камера; 3 – гибкий резервуар; 4 – токопроводящая жидкость; 5 – реостат.

ти в измерительной камере, отделенной от внешней среды гибкой оболочкой (рис. 2.2). Вдоль продольной оси камеры располагается реостатный преобразователь, подвижным контактом которого служит токопроводящая жидкость. Поскольку давление P в измерительной камере и ее объем V при постоянной температуре связаны соотношением $PV = \text{const}$ [7], то одинаковые приращения давления P (уровня жидкости) вызывают неодинаковые перемещения уровня токопроводящей жидкости в измерительной камере. Для получения линейной статической характеристики реостатный преобразователь в данном уровнемере выполнен в виде неравномерной намотки или высокоомной пленки переменной ширины таким образом, чтобы приращение сопротивления реостата было обратно пропорционально квадрату перемещения подвижного контакта, т.е. уровня токопроводящей жидкости.

2.1.3. Тензометрические преобразователи

Действие тензопреобразователей основано на изменении сопротивления проводников и полупроводников при их растяжении или сжатии [15].

Тензоэлементы (или тензорезисторы) состоят из тонкой проволоки или фольги, сложенной несколько раз в форме меандра и вклеенной между эластичными бумажными, пленочными или фетровыми подкладками. Толщина проволоки (или фольги) от 0,02 до 0,05 мм. Основные конструктивные формы тензоэлементов представлены на рис. 2.3.

Изменение электрического сопротивления тензоэлемента пропорционально относительной деформации детали в месте наклейки последнего. Относительный коэффициент передачи тензодатчика $K_{отн} = (\Delta R/R)/(\Delta l/l)$. Материал для тензоэлементов должен характеризоваться возможно большей тензочувствительностью и возможно меньшим температурным коэффициентом. Обычно используются сплавы: константан, манганин, нихром, а также чистые металлы: никель, висмут. Очень высокую тензочувствительность, в 60-80 раз выше, чем у металлов, имеют полупроводники: германий, кремний и др. Полупроводниковые тензоэлементы получают выращиванием кристаллов полупроводника на мембране из диэлектрического металла (например, датчики «кремний на сапфире»).

Достоинства тензорезисторных преобразователей: простота конструкций, малые габариты, высокая точность, безинерционность; недостатки: невысокая чувствительность, зависимость сопротивления от температуры.

Низкая чувствительность тензорезисторных преобразователей требует применения усилителей выходного сигнала, а термозависимость – применения специальных мер для устранения влияния температуры.

Тензопреобразователи находят применение в датчиках силы натяжения каротажного кабеля с подвесным роликом ДНТ-033 ($\delta \leq 1,5\%$ при усилии до 500 Н) [2,17], в некоторых опробователях пластов в качестве измерителей

пластового давления (например, в ОПД-7-10), в некоторых скважинных уровнемерах типа погружных манометров [2].

Автором тензорезисторный преобразователь применен в расходомере РГЖ-1, не содержащем вращающихся деталей [19]. Чувствительным элементом этого прибора служат две гибкие пластины, установленные вдоль измеряемого потока. Поскольку давление в движущемся флюиде понижается, пластины прогибаются навстречу друг другу тем больше, чем выше скорость потока (рис. 2.4). Прогиб пластин преобразуется в электрический сигнал с помощью наклеенных на них тензоэлементов. Для устранения влияния температуры на пластине наклеены 4 тензоэлемента (2 вдоль нее и 2 поперек), соединенные по мостовой схеме. В одну диагональ моста подается переменный ток питания (частота 1 кГц), к другой диагонали подключен усилитель. Чувствительность описанного расходомера составляет 0,05 л/с.

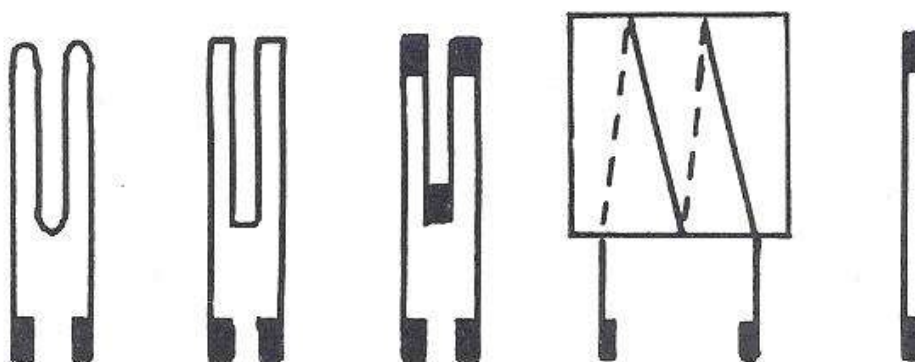


Рис. 2.3. Разновидности тензорезисторов

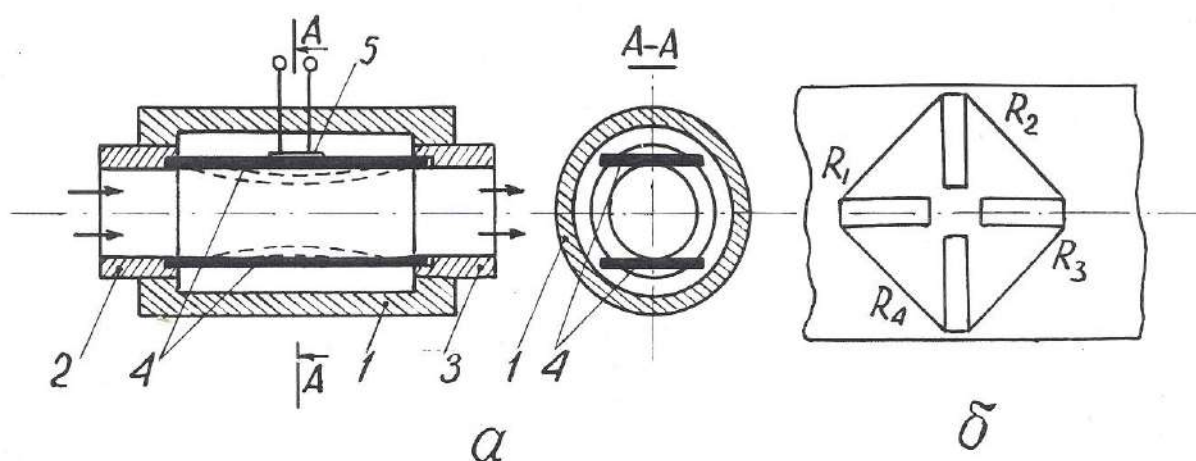


Рис. 2.4. Принцип действия расходомера РГЖ-1 (а) и размещение тензорезисторов на упругой пластине (б): 1 – корпус расходомера; 2 – входной канал; 3 – выходной канал; 4 – упругие пластины; 5 – тензометрический преобразователь прогиба пластины в электрический сигнал

2.1.4. Электролитические преобразователи

Преобразователи этого типа основаны на изменении электрического сопротивления между помещенными в электролит электродами в зависимости от расстояния между ними, площади соприкосновения с электролитом или проводимости последнего (2.1). Электролитические датчики используются для измерения угловых и линейных перемещений, а также для определения сопротивления электролита. Во избежание погрешностей, связанных с электролизом и электродной поляризацией, их включают, как правило, в цепь переменного тока.

Достоинства датчиков этого типа заключаются в простоте конструкции и способности пропускать большие токи; недостатки – в зависимости сопротивления электролита от температуры (при изменении последней на 1° электропроводность растворов изменяется на 1,5-2,5%).

В геофизической аппаратуре электролитические датчики используются в резистивиметрах всех видов: скважинных и переносных (например, в приборе ПР-1).

Еще один пример применения датчик этого типа устройство для определения направления и скорости потока подземных вод [20]. Это устройство содержит цилиндрическую измерительную камеру с перфорированными стенками, по окружности которой размещены радиальные электроды а в середине – центральный (рис. 2.5). Каждый из электродов подсоединен к своей жиле многожильного каротажного кабеля (например, кабеля КГ17-60-180ШМ. Внутри камеры располагается также магнитная стрелка с экраном из изоляционного материала на северном конце. Измерительная камера закрывается крышкой и заполняется электролитом через специальные отверстия в ней. Затем устройство опускают в скважину и устанавливают напротив исследуемого водоносного горизонта. По кабелю

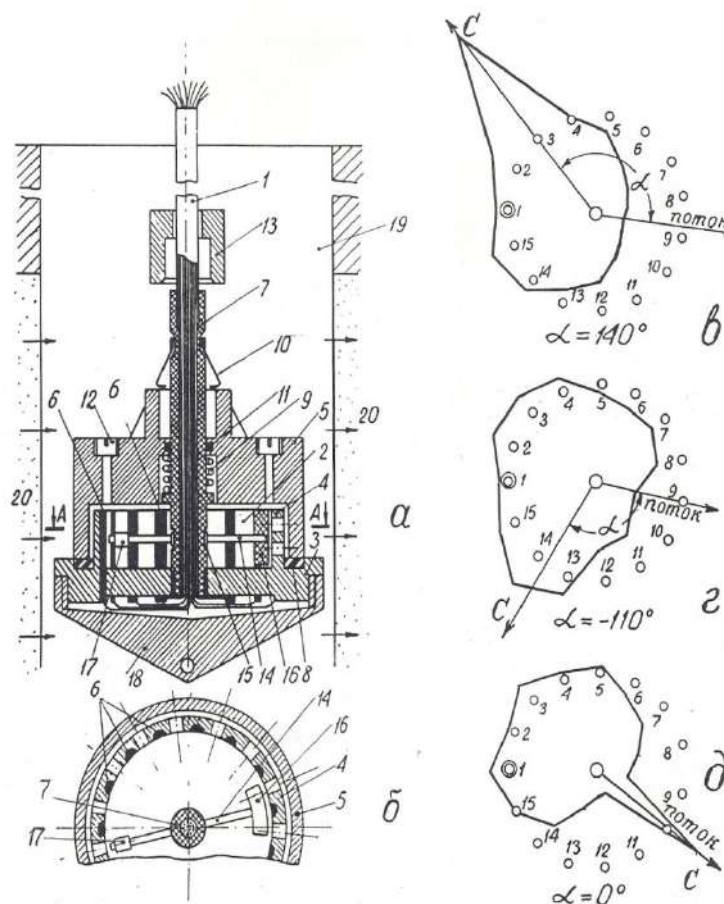


Рис. 2.5. Устройство для определения направления и скорости потока (а, б) и результаты измерений магнитного азимута потока (в-д): 1 – многожильный каротажный кабель; 2 – измерительная камера; 3 – изоляционный диск; 4 – перфорированные стенки камеры; 5 – крышка; 6 – радиальные электроды; 7 – центральный электрод; 8 – резиновая прокладка; 9 – сжатая спиральная пружина; 10 – пружинные защелки; 11 – резиновое кольцо; 12 – заливная пробка; 13 – сбивающий грузик; 14 – магнитная стрелка; 15 – скользящий подшипник; 16 – изоляционный экран; 17 – противовес; 18 – нижний наконечник.

опускают сбивающий грузик, который приводит в действие пружину, отбрасывающую крышку вверх по кабелю. Движением подземных вод электролит из измерительной камеры вымывается по направлению потока через перфорацию в стенках. Магнитная стрелка ориентируется по направлению магнитного меридиана, а экран на ее северном конце перекрывает один из

радиальных электродов. На поверхности производят измерения электрического сопротивления между центральным и каждым из радиальных электродов.

Минимальное сопротивление указывает направление потока подземных вод, а максимальное – направление на север. Скорость потока определяют по скорости вымывания электролита из измерительной камеры, повторяя измерения через определенные интервалы времени. При использовании 17-жильного кабеля устройство обеспечивает абсолютную погрешность в измерении направления потока, не превышающую $\pm 12^\circ$.

2.1.5. Терморезистивные преобразователи

Терморезистивные преобразователи основаны на свойстве металлов и полупроводников изменять свое сопротивление под действием температуры T .

Зависимость сопротивления металлов от температуры в общем случае нелинейна, однако, для ограниченных интервалов температур ее можно представить в виде линейной двучленной функции $R_T = R_0[1 + \alpha(T - T_0)]$, где R_0 – сопротивление при начальной температуре T_0 , а α – температурный коэффициент сопротивления для интервала $T - T_0$.

Основным материалом для терморезисторов являются чистые металлы: платина, медь, никель, которые обладают в интервале от 0 до 100°C положительным $\alpha = 0,0030 - 0,0068 \text{ (град. C)}^{-1}$.

Известны также объемные полупроводниковые терморезисторы (термисторы). Их сопротивление уменьшается с повышением температуры по экспоненте, в среднем для них $\alpha = 0,03 - 0,04 \text{ (град. C)}^{-1}$, но значение α сильно зависит от температуры. Чувствительность (статический коэффициент передачи) терморезисторов $K_{ст} = \Delta R / \Delta T = \alpha R_0$.

Достоинства терморезистивных преобразователей: простота конструкции, малые габариты, возможность установки в труднодоступных местах. Однако им присущи и важные недостатки. Во-первых, это постоянство α лишь в ограниченном диапазоне температур и, во-вторых, инерционность, приводящая

к большим динамическим погрешностям. Как известно, термопреобразователь приобретает температуру среды по закону $\Delta T = \Delta T_0 \cdot e^{-t/\tau}$ где ΔT_0 - начальная разность температур, t – время, τ – постоянная времени преобразователя, зависящая от его конструкции и теплопроводности, а также тепловых свойств среды.

В геофизическом приборостроении преобразователи этого типа находят применение в скважинных термометрах электрических (СТС-2, ЭТМИ-55 и др.) и электронных (ТЭГ-36, ТЭГ-60 и др.).

Чувствительный элемент всех скважинных термометров представляет собой тонкую (0,02-0,03 мм) медную проволочку, сложенную в несколько раз и помещенную в тонкостенную медную трубку длиной около 30 см, омываемую скважинным флюидом [9].

Точно так же устроен чувствительный элемент скважинных расходомеров типа термоанемометров СТД-2, СТД-4 [2]. Этот термоэлемент включается в мостовую измерительную схему и нагревается до температуры, превышающей температуру исследуемого потока. Мостовая схема балансируется при размещении чувствительного элемента в неподвижной жидкости. Когда жидкость приходит в движение, она охлаждает нагретый термоэлемент, тем сильнее, чем выше скорость ее движения.

В газокаротажных станциях (АГКС-64, АГКС-4 и др. для определения суммарного газосодержания в газовоздушной смеси эта смесь подается на термочувствительный элемент в виде тонкой платиновой проволочки, нагретой до 850° С и включенной в сбалансированную мостовую схему. Если в анализируемой смеси имеются углеводородные газы, то при 850°С они сгорают, выделяющееся тепло повышает температуру проволочки, увеличивая ее сопротивление и нарушая баланс мостовой схемы [17].

Аналогичным образом действуют приборы для определения содержания СО в выхлопных газах автомобиля [6].

Известны также устройства для определения направления потока подземных вод [24], содержащие нагреватель и расположенные вокруг него

термисторы. По измерениям температуры последних определяют, в каком направлении идет перенос тепла, т.е. происходит движение подземных вод.

2.1.6. Магниторезистивные преобразователи

Эти преобразователи основаны на свойстве некоторых материалов изменять свое электрическое сопротивление под действием магнитного поля (эффект Гаусса). Таким свойством обладает, например, сплав пермаллой (80% никеля, 20% железа). Степень изменения сопротивления магниторезистора зависит от магнитной индукции поля B и угла θ между ее направлением и направлением тока [6,16,22].

Магниторезисторы изготавливаются по тонкопленочной технологии в форме меандров (рис. 2.6).

Еще большим магнитоэлектрическим эффектом, чем сплавы металлов, обладают полупроводники (антимонид индия InSb и арсенид индия InAs).

Увеличение сопротивления магниторезисторов объясняется увеличением пути движения электронов и дырок под действием силы Лоренца.

Чувствительность магниторезистивных датчиков $K_{\text{диф}} = \Delta R / \Delta B$ зависит от величины магнитной индукции: $\Delta R = R_0 \cdot A(vB)^n$, где A – так называемый «коэффициент формы», v – подвижность электронов: n – постоянный коэффициент ($n=1-2$), зависящий от B .

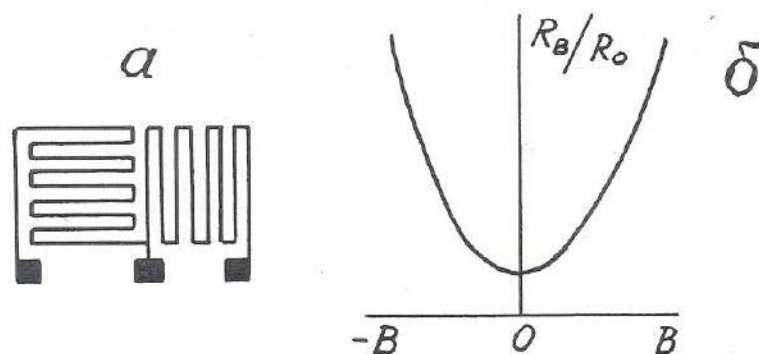


Рис. 2.6. Форма магниторезистора (а) и зависимость приращения его сопротивления от магнитной индукции (б)

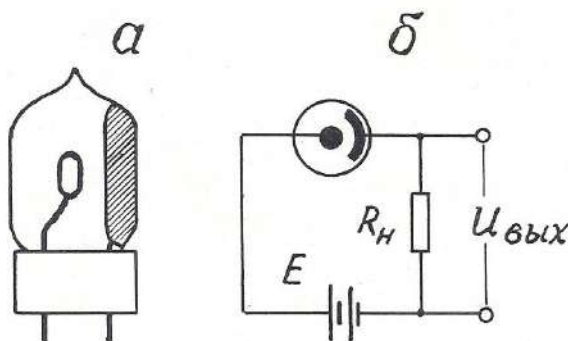


Рис. 2.7. Конструкция фотоэлемента с внешним эффектом (а) и включение его в измерительную схему (б)

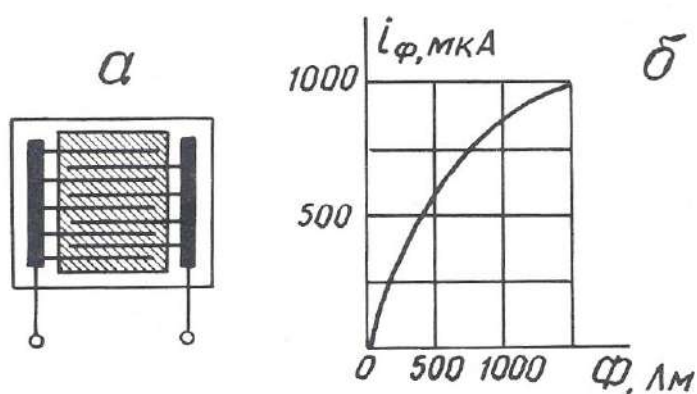


Рис. 2.8. Конструкция фотоэлемента с внутренним фотоэффектом (а) и зависимость фототока от светового потока (б)

При больших B значение $n=1$, поэтому при использовании магниторезисторов применяют магнитное смещение, помещая их в поле электромагнита с $B=0,3 - 0,5$ Тл.

Недостатки магниторезисторов: наличие температурного влияния и потребность в сильных магнитных полях.

Магниторезисторы в геофизике могут быть использованы в скважинных расходомерах и магнитных меткоуловителях каротажных станций.

2.1.7. Фотоэлектрические преобразователи

Фотоэлектрические преобразователи (фотоэлементы) основаны на явлении внешнего (электровакуумные и газонаполненные) или внутреннего (полупроводниковые) фотоэффекта.

Фотоэлемент с внешним фотоэффектом представляет собой электронную лампу с двумя электродами, один из которых (фотокатод) покрыт светочувствительным слоем (рис. 2.7). Возрастание фототока при увеличении приложенного напряжения происходит до величины тока насыщения, при котором все электроны, испускаемые фотокатодом под действием светового потока, достигают анода.

Фотоэлемент с внутренним фотоэффектом (фоторезистор) состоит из стеклянной пластины, на которой вытравлены входящие друг в друга гребневидные системы штрихов, заполненные электропроводным веществом (платина, золото). Пластина покрывается тонким слоем полупроводникового светочувствительного материала (рис. 2.8).

Чувствительность фотоэлементов $K_{\text{диф}} = \Delta R / \Delta \Phi$ непостоянна и нелинейно зависит от светового потока Φ . Кроме того, фотоэлементы обладают еще и спектральной избирательностью» т.е. чувствительностью к световому излучению определенной длины волны.

Фотоэлементы могут быть использованы и в режиме источников тока, т.е. как генераторные преобразователи фотоэ.д.с.

Фотопреобразователи находят применение в приборах фотокаротажа, предназначенных для дифференциации разрезов скважин по цвету пород, в скважинных расходомерах (например, в ТСП-70Ф) в некоторых инклинометрах. Так, автором совместно с профессором. А.В.Давыдовым предложен датчик угла наклона буровой скважины для непрерывных измерений [27]. Этот датчик содержит измерительную камеру 1, частично заполненную жидкостью 2 с высоким коэффициентом поверхностного отражения, например, ртутью или сплавом Вуда, а над жидкостью соосно размещены источник света 3 и кольцевой фотопреобразователь 4 (рис. 2.9). При вертикальном положении датчика весь свет источника, отраженный от поверхности жидкости, попадает

на фотопреобразователь, и сигнал на его выходе максимален. При отклонении датчика от вертикали поверхность жидкости наклоняется относительно оси камеры, и часть отраженного света уходит за пределы фотопреобразователя. Выходной сигнал уменьшается тем сильнее, чем больше зенитный угол скважины.

2.2. Индуктивные преобразователи

Принцип действия индуктивных преобразователей основан на изменении электрического сопротивления z катушки индуктивности при изменении магнитного сопротивления ее сердечника. В свою очередь, магнитное сопротивление сердечника может быть изменено либо за счет изменения величины воздушного зазора в нем, либо за счёт изменения магнитных свойств материала, из которого он состоит.

2.2.1. Индуктивные преобразователи с изменяемым воздушным зазором

Входной величиной преобразователей этого типа обычно служат линейные или угловые перемещения. Чувствительность датчика $K_{\text{диф}} = \Delta z / \Delta x$.

Конструкции датчиков весьма разнообразны, некоторые из них, наиболее распространенные, представлены на рис. 2.10.

Независимо от конструкции датчика, его индуктивное сопротивление $z = j \omega L$, где ω – круговая частота тока в катушке; L – ее индуктивность. $L = W^2 / R_\mu$, где W – число витков в катушке; R_μ – магнитное сопротивление сердечника. $R_\mu = R_{\text{ж}} + R_{\text{в}}$, где $R_{\text{ж}}$ – магнитное сопротивление железа сердечника; $R_{\text{в}}$ – магнитное сопротивление воздушного зазора. $R_{\text{в}} \gg R_{\text{ж}}$. $R_{\text{в}} = \delta / (\mu_0 \cdot S)$, где δ – длина воздушного зазора; S – его площадь; μ_0 – абсо-

лутная магнитная проницаемость воздуха. Таким образом, $z = -j \omega W^2 \mu_0 S / \delta$, т.е. z обратно пропорционально δ и зависимость $z = f(\delta)$ нелинейна.

Линеаризовать эту зависимость удастся в конструкции так называемых «дифференциальных» индуктивных преобразователей (рис. 2.11). В этих преобразователях, используются, две катушки индуктивности, включенные в мостовую схему и расположенные таким образом, что, когда индуктивное сопротивление одной увеличивается, сопротивление другой падает.

Достоинства индуктивных: преобразователей: отсутствие открытых электрических контактов, большая мощность вырабатываемого сигнала; недостаток – наличие электромагнитного взаимодействия между катушкой и сердечником (или его подвижной частью), отсюда – так называемая «реакция преобразователя».

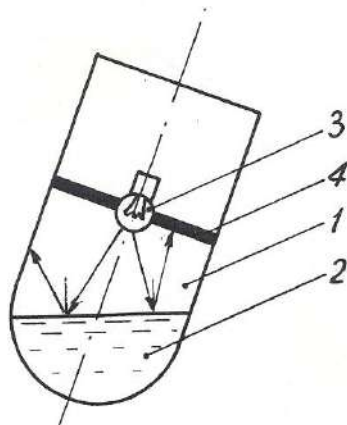


Рис. 2.9. Датчик угла наклона буровой скважины: 1 – измерительная камера; 2 – жидкость с высоким коэффициентом поверхностного отражения; 3 – источник света; 4 – кольцевой фотоприемник

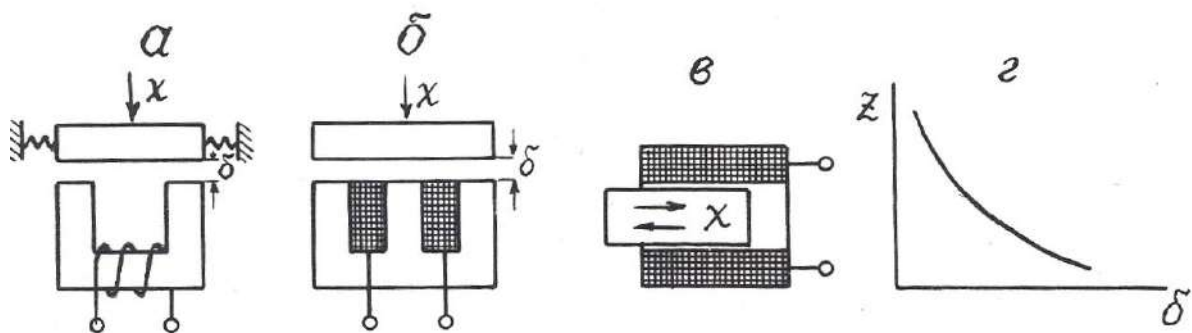


Рис. 2.10. Варианты выполнения индуктивных преобразователей с изменяемым воздушным зазором (а-в) и их статическая характеристика (г).

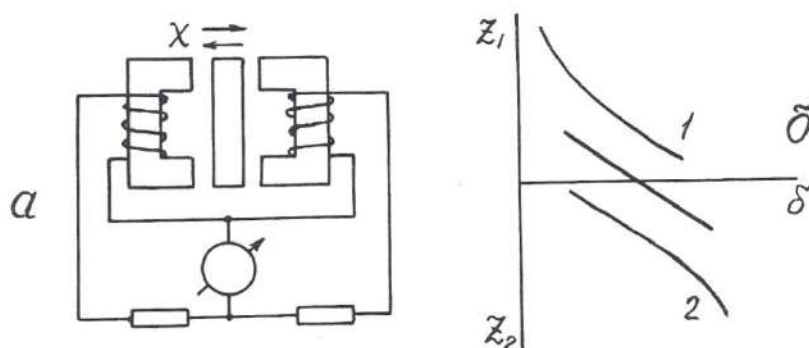


Рис. 2.11. Дифференциальный индуктивный преобразователь (а) и его статическая характеристика (б)

В геофизической аппаратуре индуктивные преобразователи находят применение в некоторых каверномерах и профилемерах (например, в профилемере ПМ-50) [2], в скважинных расходомерах ДАУ-3, РСИ-3 и ГЕО-В-600 (последний венгерского производства) [21], в индуктивных дефектомерах обсадных колонн.

2.2.2. Магнитоупругие преобразователи

Эти преобразователи основаны на взаимосвязи между магнитным и механическим состоянием ферромагнитных материалов.

Различают собственно **магнитоупругий эффект**, т.е. изменение магнитных свойств, в частности, магнитной проницаемости под воздействием меха-

нических деформаций, и обратное явление – **магнитострикционный эффект**, т.е. изменение формы и размеров ферромагнитных тел под воздействием внешнего магнитного поля.

В качестве материала для изготовления магнитоупругих датчиков используют сплавы: пермаллой, пермендюр, альсифер, ферриты, а также чистые металлы, например, никель. Конструкции преобразователей изображены на рис. 2.12.

Относительный коэффициент передачи магнитоупругого датчика $K_{отн}=(\Delta\mu/\mu)/(\Delta l/l)$ составляет около 200 и не остается постоянным при изменении размеров датчика (см. рис. 2.12, д).

Достоинства магнитоупругих датчиков: простота конструкции, прочность, удобство герметизации; недостатки: нелинейная статическая характеристика, наличие резонансной частоты.

Для стержневых датчиков (см. рис. 2.12, а, б) резонансная частота $f_0=V/2l$, где V – скорость упругих волн в материале сердечника, l – его длина; для кольцевого (см. рис. 2.12, в) – $f_0=V/2d$, где d – диаметр датчика.

Магнитоупругие преобразователи находят применение в аппаратуре акустического каротажа в качестве источников (магнито-стрикционные излучатели) упругих волн [12,17], в некоторых прихватаоопределителях, а также в буровой технике – в измерителях нагрузки МКМ-2 буровых станков и в измерителях давления промывочной жидкости МИД-1, МИД-1А [5].

2.2.3. Магнитомодуляционные преобразователи

Эти преобразователи основаны на изменении магнитных свойств ферромагнитных материалов под действием магнитного поля.

Сердечники магнитомодуляционных преобразователей изготавливают в форме стержня с большим отношением длины l к диаметру d : $l/d > 100$. При этом условии коэффициент размагничивания сердечника $N=0$ и даже в слабом магнитном поле, направленном вдоль его оси, сердечник намагничивается до

насыщения. При этом его относительная магнитная проницаемость падает до 1, хотя при ненасыщенном состоянии она очень велика – до 10000. Для того, чтобы намагнитить сердечник до насыщения, на него наносят обмотку возбуждения, по которой пропускают переменный ток.

В моменты как падения магнитной проницаемости (при возрастании намагничивающего поля до H_s), так и восстановления ее (при уменьшении намагничивающего поля ниже H_s) в обмотке индуцируются пики э.д.с. самоиндукции противоположных знаков. Частота этих пиков вдвое превышает частоту возбуждающего тока, как это можно видеть по рис.2.13.

При воздействии на датчик внешнего постоянного магнитного поля, направленного вдоль его оси, в один из полупериодов это поле складывается с магнитным полем катушки возбуждения, и сердечник достигает насыщения быстрее, чем вне внешнего магнитного поля, в другой полупериод внешнее поле вычитается из поля катушки возбуждения, и сердечник не достигает до

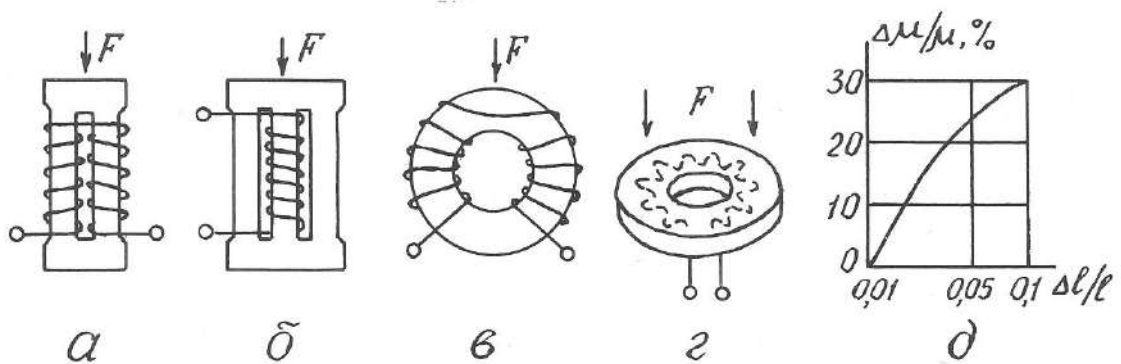


Рис. 2.12. Разновидности магнитоупругих преобразователей (а-г) и зависимость изменения магнитной проницаемости от изменения размеров преобразователя (д)

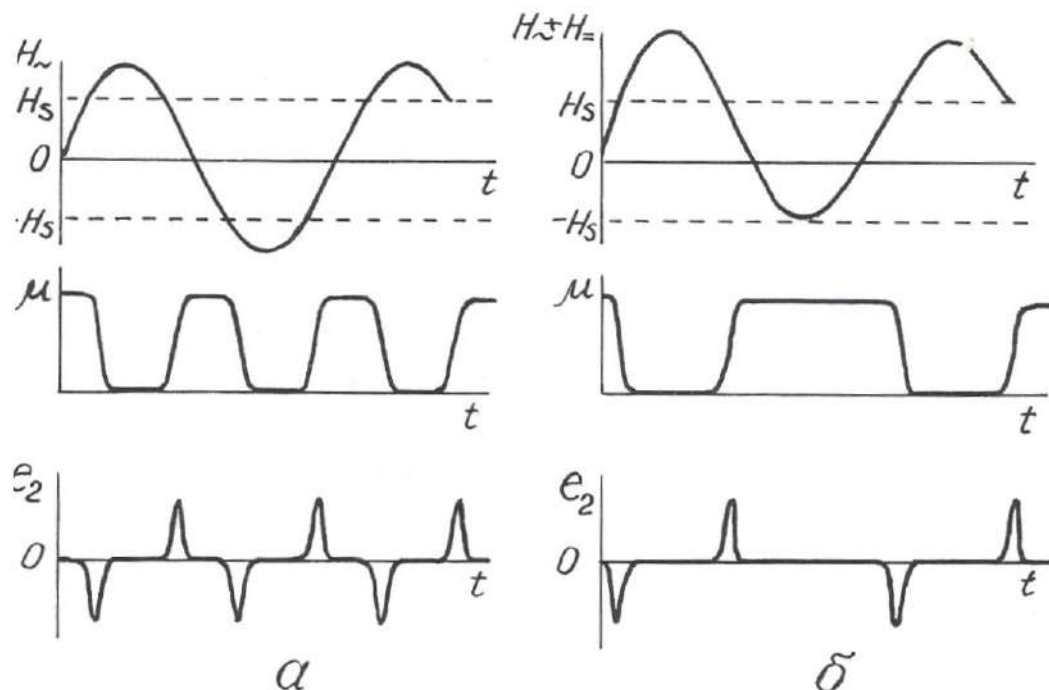


Рис. 2.13. Возникновение э.д.с. второй гармоники в магнитомодуляционном преобразователе в отсутствие (а) и при наличии (б) внешнего магнитного поля

магнитного насыщения, и нарушается симметрия перемагничивания сердечника.

Существуют 2-элементная и 1-элементная конструкции магнитомодуляционных датчиков (рис. 2.14). В 2-элементной имеются 2 параллельных сердечника, обмотки возбуждения на которых намотаны в противоположных направлениях и потому их магнитное поле имеет противоположное направление, а пики э.д.с. второй гармоники противоположны по знаку. По этой причине в сигнальной обмотке, охватывающей оба стержня, при отсутствии внешнего магнитного поля выходной сигнал равен 0. При наличии внешнего магнитного поля в один полупериод исчезает пара импульсов э.д.с. второй гармоники в одной обмотке, когда ее стержень не доходит до насыщения, в другой полупериод – не возникает такая же пара

импульсов в другой обмотке возбуждения и потому на выходе сигнальной обмотки будет существовать э.д.с. второй гармоники, имеющая частоту, удвоенную по сравнению с током возбуждения. Амплитуда этой э.д.с. пропорциональна напряженности внешнего магнитного поля, а фаза определяется направлением последнего.

В одноэлементных датчиках э.д.с. второй гармоники выделяется не с помощью дополнительной сигнальной обмотки, а с помощью фильтров, настроенных на ее частоту.

Достоинства магнитомодуляционных датчиков: простота, надежность, отсутствие открытых электрических контактов, высокая чувствительность; недостаток – необходимость в сложной измерительной схеме, обеспечивающей питание датчика переменным током, а также выделение и усиление сигнала второй гармоники. Дополнительный недостаток 2-элементных датчиков – большое количество выводов.

Магнитомодуляционные преобразователи находят широкое применение в магнитометрической аппаратуре – 2-элементные в полевых (М-17) и аэро-магнитометрах (АММ-13, АСГМ-46) [3], 1-элементные – в скважинных

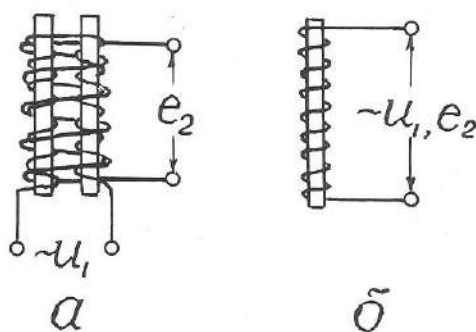


Рис. 2.14. Конструкция 2-элементного (а) и 1-элементного (б) магнитомодуляционного преобразователя

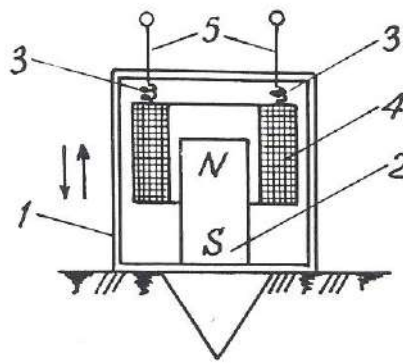


Рис. 3.1. Сейсмоприемник магнитоэлектрического типа: 1 – корпус; 2 – постоянный магнит; 3 – пружинки; 4 – катушка индуктивности; 5 – электрические выводы

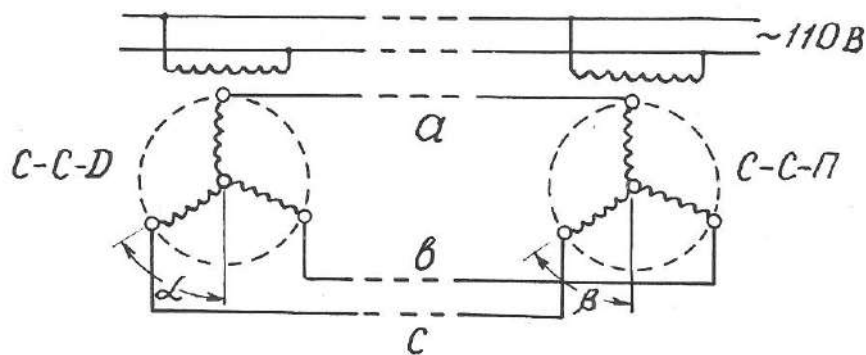


Рис. 3.2. Электрическая схема сельсинной передачи магнитометрах ТСМ-3, ТСМК-40, ТСМК-30, КСМ-38 и др. [12,17]. Они используются также в скважинных расходомерах РЭТС-2 и магнитных меткоуловителях каротажных станций.

2.3. Емкостные преобразователи

Преобразователи этого вида основаны на изменении емкости C конденсатора под действием измеряемой величины.

Как известно, $C = \epsilon S / \delta$ (2.2), где S – площадь обкладок конденсатора; δ – расстояние между ними; ϵ – диэлектрическая проницаемость среды между

обкладками. Следовательно, изменять емкость можно путем воздействия измеряемой величины либо на геометрические размеры датчика, либо на его диэлектрическую проницаемость. При этом очевидно, что датчики с изменяемыми параметрами S и ϵ имеют линейную статическую характеристику, а датчики с изменяемой величиной δ – нелинейную. В последнем случае для линеаризации характеристики возможно применение дифференциальных емкостных преобразователей, аналогичных по конструкции дифференциальным индуктивным датчикам.

Входными величинами емкостных датчиков могут быть линейные и угловые перемещения, механические усилия, деформации, изменение состава вещества.

Достоинства емкостных датчиков: высокая чувствительность, безинерционность, стабильность; недостаток – малая выходная мощность.

Датчики этого вида используются в аппаратуре диэлектрического каротажа ДК-1. Чувствительный элемент этой аппаратуры представляет собой цилиндрический конденсатор больших размеров, емкость которого зависит от диэлектрической проницаемости окружающих горных пород [2].

В так называемых «аквамерах» – приборах для определения количества воды в смесях «вода-нефть», откачиваемых из буровых скважин, также применяется емкостной датчик. Действие этого прибора основано на том, что у воды $\epsilon=81$, а у нефти $\epsilon=2,5$ отн.ед.(при температуре 18°C)

В некоторых скважинных термометрах используются в качестве частото задающего элемента в схеме RC -генератора конденсаторы, емкость которых зависит от температуры.

Кроме того, известны скважинные емкостные измерители зенитного угла [25]. Их чувствительный элемент – конденсатор, одна обкладка которого представляет собой металлическую изолированную полусферу, установленную перпендикулярно оси прибора, а другая обкладка – залитую в эту сферу ртуть. При вертикальном расположении датчика емкость его максимальна, при наклоне – уменьшается.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные характеристики контактных преобразователей и приведите примеры их применения в геофизической аппаратуре (ГА).
2. Назовите основные характеристики реостатных преобразователей, приведите примеры их применения в ГА.
3. Назовите основные характеристики тензометрических преобразователей и приведите примеры их применения.
4. Назовите основные характеристики электролитических преобразователей и приведите примеры их применения в ГА.
5. Назовите основные характеристики терморезистивных преобразователей и приведите примеры их применения в ГА.
6. Назовите разновидности и основные характеристики фоторезистивных преобразователей, приведите примеры применения их в ГА.
7. Назовите разновидности индуктивных преобразователей.
8. Поясните принцип действия индуктивных преобразователей с изменяемым воздушным зазором, приведите примеры их применения в ГА.
9. Поясните принцип действия магнитоупругих преобразователей, приведите примеры их применения в ГА.
10. Поясните принцип действия магнитомодуляционных преобразователей, приведите примеры их применения.
11. Назовите основные характеристики емкостных преобразователей и приведите примеры их применения.

3. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ГЕНЕРАТОРНОГО ТИПА

Во всех генераторных преобразователях выходной величиной является э.д.с., появляющаяся в результате воздействия измеряемой величины.

3.1. Преобразователи индукционной э.д.с.

Эти преобразователи основаны на явлении электромагнитной индукции, возникающей при воздействии на проводник переменного магнитного поля.

Изменение магнитного поля, воздействующего на проводник или, точнее, на катушку индуктивности, достигается либо за счет перемещения катушки относительно постоянного магнита, либо за счет изменения магнитного поля при неизменном расположении магнита и катушки индуктивности.

3.1.1 Преобразователи индукционной э.д.с, со взаимным перемещением магнита и катушки индуктивности

Э.д.с., возникающая в катушке индуктивности, зависит от следующих факторов: $e = B V l W \sin \alpha$, где B – магнитная индукция; V – относительная скорость перемещения; α – угол между векторами V и B , l – длина витка и W – число витков в катушке.

Преобразователи этого вида широко используются в геофизической аппаратуре. Примером могут служить сейсмоприемники магнито-электрического типа (С210, СВ1-30 и др.), принцип действия которых иллюстрируется рис. 3.1 [3]. С корпусом приемника 1 жестко скреплен постоянный магнит 2. Над магнитом на пружинках 3 подвешена катушка индуктивности 4 с электрическими выводами 5. При колебаниях поверхности, на которой установлен сейсмоприемник, происходят взаимные перемещения магнита 2 и катушки индуктивности 4, и в последней наводится э.д.с.

Другой пример использования датчиков этого вида – автосинная (или сельсинная) передача, которая применяется в каротажных станциях для синхронизации движения носителя записи (диаграммной или магнитной ленты) с перемещением зонда по скважине [12]. Принципиальная схема сельсинной передачи представлена на рис. 3.2. Передача содержит, по меньшей мере, две идентичных электрических машины, у которых статор имеет однофазную обмотку с явно выраженными полюсами, а ротор – трехфазную обмотку с неявно выраженными полюсами. Одна машина, называемая сельсином-

датчиком (ССД), устанавливается на блок-балансе, через который в скважину опускается кабель со скважинным снарядом. При движении кабеля по скважине блок-баланс через зубчатую передачу приводит во вращение ротор сельсина-датчика. Другая машина, называемая сельсином-приемником (ССП), устанавливается в регистрирующем приборе каротажной станции и играет роль привода его лентопротяжного механизма. Обмотки роторов ССД и ССП включены навстречу друг другу, а обмотки статоров питаются переменным током промышленной частоты от одного и того же источника. Переменный ток создает в обмотках статоров пульсирующие магнитные потоки, которые индуцируют в роторных обмотках э.д.с., зависящие от угла поворота ротора относительно статора. Если эти углы у роторов ССД и ССП одинаковы ($\alpha=\beta$), то э.д.с., в их обмотках равны и взаимно компенсируют друг друга. Токи в каждой роторной цепи равны нулю. Если эти углы не равны ($\alpha\neq\beta$), баланс э.д.с. нарушается, и в роторных обмотках возникают токи, которые создают в них магнитные поля, стремящиеся повернуть роторы до положения $\alpha=\beta$. Поскольку ротор ССД механически связан с роликом блок-баланса, находящегося под большой нагрузкой, то поворачивается все время ротор ССП, нагрузка на который меньше и который перемещает носитель записи синхронно с движением скважинного прибора. С одним и тем же ССД могут быть соединены несколько ССП, например, один в регистрирующем приборе, другой на панели лебедчика в блоке счетчика глубин.

Еще один пример применения датчиков этого вида – тахогенераторы – приборы для измерения скорости вращения [5]. В этих приборах ротор генератора вращается в поле постоянного магнита или электромагнита, а индуцируемая в нем э.д.с. выпрямляется и измеряется стрелочным или цифровым прибором. Такие тахогенераторы также используются в каротажных станциях для измерения скорости движения скважинного снаряда. Приводом ротора тахогенератора служит один из сельсинов-приемников автосинной передачи.

3.1.2. Преобразователи индукционной э.д.с. со стационарным размещением магнита и катушки индуктивности

В преобразователях этого вида изменение магнитного поля достигается за счет перемещения ферромагнитных масс в воздушном зазоре между магнитом и катушкой индуктивности. В общем случае э.д.с. индукции пропорциональна скорости изменения магнитного потока Φ и числу витков в катушке:

$$e = -w d\Phi / dt.$$

На рис. 3.3 представлено несколько примеров применения преобразователей этого вида в геофизической аппаратуре.

В скважинном каппаметре Н. А. Иванова (рис. 3.3, а) датчик представляет собой катушку индуктивности с большим количеством витков, намотанную на постоянном стержневом магните. Когда такой датчик перемещается по стволу скважины мимо горных пород с повышенными магнитными свойствами, это вызывает изменение магнитного потока через катушку индуктивности, и в ней

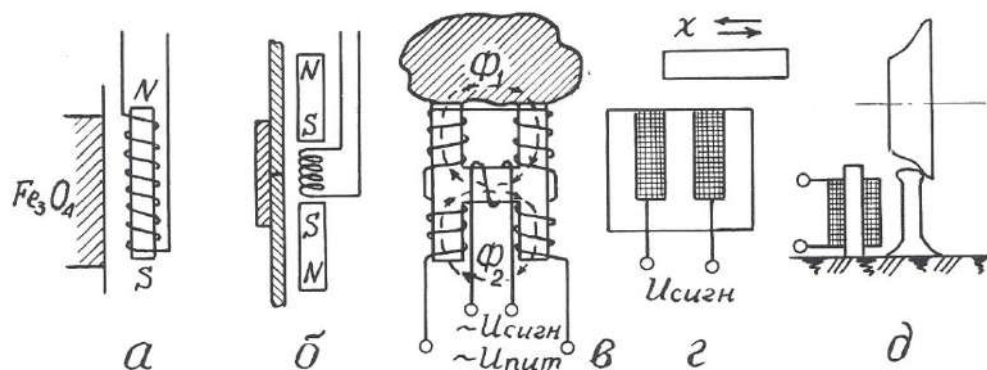


Рис. 3.3. Примеры применения преобразователей индукционной э.д.с.: а – скважинный каппаметр Н. А. Иванова; б – локатор муфт; в – лабораторный измеритель магнитной восприимчивости; г – счетчик количества; д – счетчик вагонеток

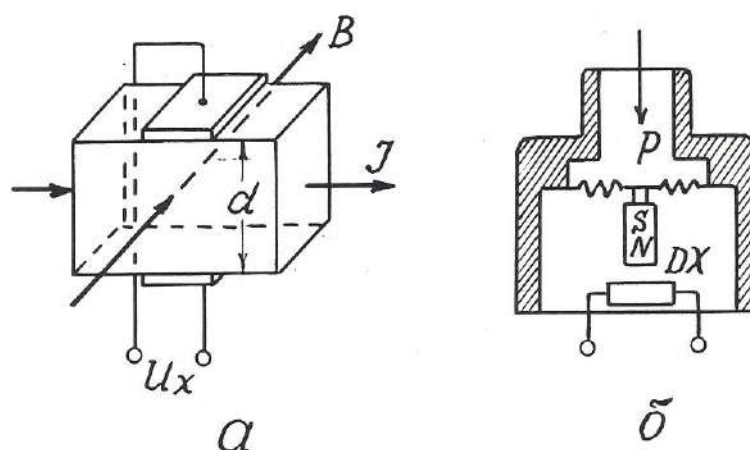


Рис. 3.4. Принцип действия преобразователя Холла (а) и его применение в манометре мембранного типа (б)

возникает э.д.с., пропорциональная магнитной восприимчивости горных пород. В наземном измерительном пульте эта э.д.с., усиливается, выпрямляется и выводится на регистрирующий прибор.

В 50-60 годах каппаметры Н. А. Иванова успешно применялись для исследования скважин на железорудных месторождениях Урала, но потом были заменены более совершенными приборами, поскольку описанный датчик имеет один явный недостаток – сигнал на его выходе зависит не только от магнитных свойств среды, но и от скорости перемещения датчика.

До настоящего времени при исследованиях обсаженных скважин применяются так называемые «локаторы муфт» – приборы, предназначенные для определения положения соединительных муфт обсадных колонн в скважинах [17].

Локатор муфт (рис. 3.3, б) содержит катушку индуктивности и два идентичных постоянных магнита, размещенных выше и ниже нее навстречу друг другу одноименными полюсами. Когда такой прибор перемещается по стальной трубе, имеющей постоянную толщину стенок, магнитные потоки верхнего и нижнего магнитов равны и в области расположения катушки

индуктивности компенсируют друг друга. Когда же прибор проходит через соединительную муфту, то из-за увеличения толщины стали сначала усиливается магнитный поток одного (верхнего), а затем другого (нижнего) магнита. В результате в катушке возникает пара разнополярных импульсов э.д.с., которые и регистрируются на диаграммной ленте.

Еще один пример применения преобразователей данного вида – измерители магнитной восприимчивости образцов горных пород (прибор ИМВ-2) [3]. Датчик измерителя (рис. 3.3, в) представляет собой «Н» – образный сердечник с четырьмя обмотками возбуждения на концах сердечника и одной измерительной обмоткой на его «перекладине». Обмотки возбуждения подключены к источнику переменного тока и соединены таким образом, чтобы магнитные потоки, создаваемые ими в «перекладине» сердечника, были направлены навстречу друг другу. Когда датчик находится в воздухе, эти потоки взаимно компенсируются, и сигнал в измерительной обмотке равен нулю. Когда к рабочей поверхности датчика прикладывается образец с повышенной магнитной восприимчивостью, магнитный поток, проходящий через него, увеличивается, и в измерительной обмотке наводится э.д.с., которая затем усиливается и измеряется.

Датчики данного вида находят также применение в технике как счетчики металлических предметов (рис. 3.3, г), счетчики вагонеток (рис. 3.3, д) и т.п. [5].

Общими достоинствами преобразователей индукционной э.д.с. является большая мощность выходного сигнала и отсутствие открытых электрических контактов, недостатком – наличие электромагнитного взаимодействия между магнитом и катушкой индуктивности.

3.2. Преобразователя гальваномагнитной э.д.с.

3.2.1. Преобразователи Холла

Преобразователи этого вида основаны на эффекте Холла, наблюдаемом в полупроводниках. Этот эффект проявляется в возникновении разности потенциалов U_x на обкладках датчика, по которому протекает ток I , при помещении его в магнитное поле, направленное перпендикулярно току. Принцип действия преобразователя Холла поясняется рис. 3.4.

$U_x = K_x \cdot IB/d$, где B – магнитная индукция; d – толщина датчика; K_x – коэффициент Холла, зависящий от характеристики материала и размеров датчика. Эффект Холла наблюдается в таких полупроводниковых материалах, как антимонид индия (InSb), арсенид индия (InAs), арсенид галлия (GaAs), арсенид-фосфат индия ($\text{InAs}_{0,8}\text{P}_{0,2}$) и др. Чистые полупроводники германий и кремний имеют очень высокое значение коэффициента Холла, но весьма чувствительны к режиму работы.

Датчики Холла используются для измерения перемещений, давления, числа оборотов и скорости вращения.

Достоинство датчиков: высокая чувствительность; недостатки: потребность во внешнем источнике питания, высокое выходное сопротивление и необходимость в высоком внутреннем сопротивлении источника питания, наличие четырех выводов.

В геофизической аппаратуре датчики Холла могут быть использованы для улавливания магнитных меток на каротажном кабеле (патент США № 4709208) или для измерения давления (рис. 3.4, б).

Отечественная приборостроительная промышленность выпускает микросхемы серии К1116 с датчиками Холла для магнитного управления электрическими цепями [16].

3.2.2. Преобразователи Виганда

Магнитобистабильный преобразователь Виганда состоит из специально обработанной проволоки из сплава викаллой (ванадий-10%, кобальт-52%, железо-38%) небольшого диаметра (около 0,3 мм), на которую нанесена

обмотка индуктивности (рис. 3.5). При помещении датчика в магнитное поле в момент превышения напряженностью поля определенного порога направление намагниченности сердечника катушки спонтанно меняется, и в катушке возникает импульс напряжения длительностью около 20 мкс. При длине датчика 15 мм и числе витков $w=1300$ выходное напряжение достигает 2,5 В [6].

Достоинства датчиков Виганда: большой выходной сигнал, отсутствие внешнего питания, широкий температурный диапазон (от -196 до $+175^{\circ}\text{C}$), искробезопасность.

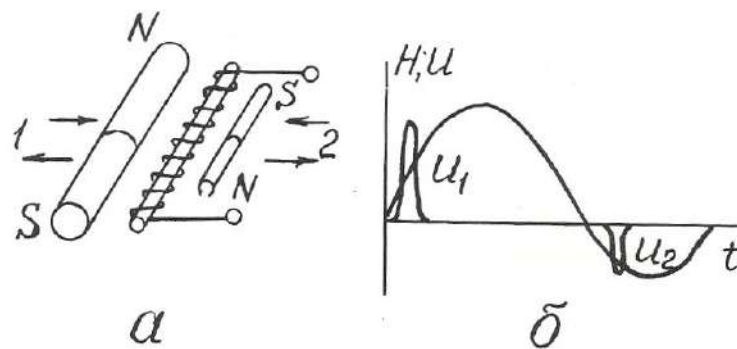


Рис. 3.5. Устройство преобразователя Виганда (а) и осциллограмма его выходного сигнала (б)

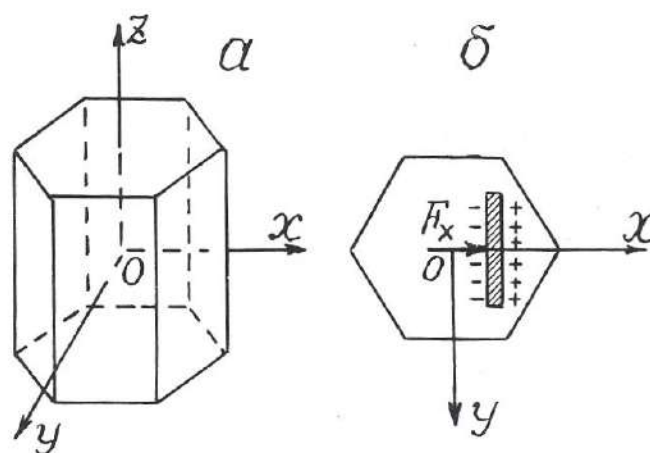


Рис. 3.6. Основные оси кристалла кварца (а) и возникновение пьезоэ.д.с. на кварцевой пластине (б)

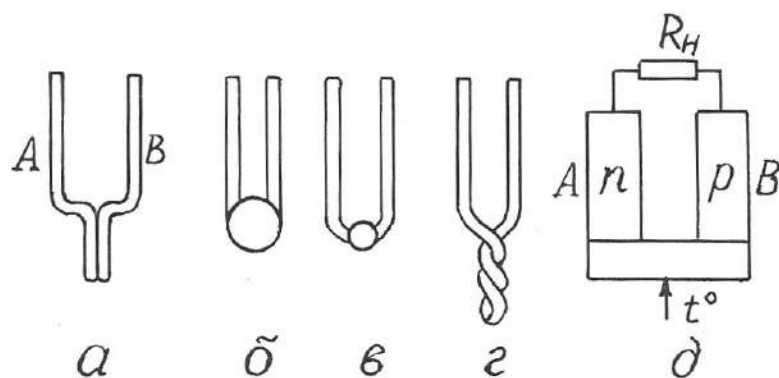


Рис. 3.7. Преобразователи термоэ.д.с. металлические (а-г) и полупроводниковые (д)

Ввиду того, что датчики Виганда были разработаны сравнительно недавно, в конце 80-х годов, они пока еще не используются в геофизической аппаратуре, хотя и могли бы найти применение, например, в магнитных меткоуловителях, устройствах блокировки, каротажных станций и других приборах.

3.3. Преобразователи пьезоэ.д.с.

Действие пьезопреобразователей основано на пьезоэлектрическом эффекте, который возникает в результате взаимосвязи между механическим и электрическим состоянием некоторых диэлектрических материалов, называемых **пьезоэлектриками**.

Различают **прямой пьезоэффект**, заключающийся в возникновении электрических зарядов на гранях кристаллов пьезоэлектриков под действием механических напряжений и исчезновении их после снятия нагрузки, и **обратный пьезоэффект**, проявляющийся в изменении формы и размеров пьезоэлектриков под действием электрического поля.

Способность к пьезоэффекту характеризуется пьезоэлектрической постоянной (пьезомодулем), величина которой определяется электрическим зарядом в Кл, возникающим под действием внешней силы в 1 Н: $K_{\text{пз}} = Q/F$.

Наиболее сильно пьезоэффект выражен у сегнетоэлектриков – веществ с аномально высокой диэлектрической проницаемостью. К ним относятся сегнетовая соль, кварц, турмалин, титанат бария и некоторые другие вещества.

Самая высокая пьезоэлектрическая постоянная у сегнетовой соли ($\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\text{KNa}$): $K_{\text{пз}}=300 \cdot 10^{-12}$ Кл/Н; у титана бария (BaTiO_3) $K_{\text{пз}}= 100 \cdot 10^{-12}$ Кл/Н; у кварца $K_{\text{пз}}=2,1 \cdot 10^{-12}$ Кл/Н.

Основные свойства пьезоэлектрических датчиков рассмотрим на примере кварца. Кристалл кварц имеет главную оптическую ось z , нейтральную или механическую ось y , и электрическую ось x (рис.3.6). Максимальный пьезоэффект наблюдается при воздействии механических нагрузок вдоль электрической оси x , поэтому пластины для пьезопреобразователей вырезают из кристаллов кварца перпендикулярно оси x .

Возникновение пьезоэффекта объясняется тем, что под действием механических сил происходит смещение электрических зарядов – одна область кристалла заряжается положительно, другая – отрицательно.

Достоинства преобразователей этого вида: безынерционность, линейная статическая характеристика, высокая собственная частота, малые габариты; недостатки: утечка зарядов с течением времени, необходимость гидроизоляции.

Применяются пьезопреобразователи для измерения динамических нагрузок, деформаций, перемещений.

В геофизической аппаратуре пьезопреобразователи используются в качестве приемников упругих колебаний в скважинных приборах акустического каротажа (СПАК-2, СПАК-4, СПАК-6 и др.). Такой пьезоэлектрический сейсмоприемник изготавливается в виде полой сферы из пьезокерамики, внутренняя и внешняя поверхности которой имеют серебряное покрытие для облегчения снятия с них электрических зарядов. От промывочной жидкости в скважине сейсмоприемник отделен слоем резины [2,17].

В полевой геофизике существует сейсмоэлектрический метод разведки, который заключается в возбуждении с помощью взрыва пьезоэффекта на

кристаллах естественных пьезоэлектриков в условиях их коренного залегания и в измерении этого эффекта с помощью системы электродов [3].

В быту пьезопреобразователи используются в качестве звукозаписывающих устройств в электропроигрывателях, в зажигалках для газовых плит (прямой пьезоэффект), в звукоизлучателях электронных часов и ПЭВМ (обратный пьезоэффект) [22].

3.4. Преобразователи термоэ.д.с.

Преобразователи этого вида основаны на термоэлектрическом эффекте, заключающемся в том, что в цепи из двух разнородных проводников при поддержании разных температур в точках их соединения возникает э.д.с., пропорциональная разнице этих температур (эффект Зеебека) [22].

Термоэлектрические преобразователи называют термопарами а проводники А и В, из которых они состоят – термоэлементами (рис. 3.7).

Один **чувствительный спай** термоэлементов подвергают воздействию измеряемой температуры, температуру другого, **опорного**, поддерживают постоянной.

Чувствительность термопреобразователей составляет от 5 до 60 мкВ/К.

Наибольшую чувствительность имеют термопары, составленные из двух полупроводников с различной (электронной и дырочной) природой проводимости.

Достоинства термопреобразователей: отсутствие источников питания, линейная статическая характеристика, большой диапазон измеряемых температур; недостаток: малая мощность сигнала отдельной термопары.

В геофизике используются металлические термопреобразователи в качестве термометров для исследования скважин на месторождениях парогидротерм, полупроводниковые – в качестве датчиков в полевой терморазведке.

В технике термопары используются в системах автоматического регулирования температуры в различных металлургических процессах. В годы

Великой Отечественной войны выпускались батареи полупроводниковых термопреобразователей, которые надевались на стекло керосиновой лампы и вырабатывали электроэнергию, достаточную для питания лампового приемника или рации.

3.5. Преобразователи фотоэ.д.с.

В этих преобразователях используются два полупроводника с разным характером проводимости (рис. 3.8, а). На их контакте происходит взаимная диффузия электронов в p -полупроводник, дырок – в n -полупроводник. Дырки рекомбинируют с электронами, в результате на контакте полупроводников образуется тонкий запирающий слой – « p - n -переход». Такие преобразователи могут работать в режиме источника тока и фотодиода.

При отсутствии светового облучения через такой преобразователь проходит очень небольшой, так называемый «темновой ток», соответствующий обратному току диода. При световом облучении p - n -перехода кванты света образуют добавочные носители тока.

Под действием разности потенциалов потенциального барьера p - n -перехода электроны перемещаются в зону n -полупроводника, а дырки – в зону p -полупроводника, создавая фотоэ.д.с., на выводах прибора. На рис. 3.8, а электроны и дырки, прошедшие через p - n -переход в результате диффузии и создавшие потенциальный барьер p - n -перехода, условно обозначены как «+» и «-» без кружочков. Добавочные дырки и электроны, возникшие под действием облучения, показаны как «+» и «-» в кружочках. Стрелками показано направление действующих на них сил поля p - n -перехода.

На рис. 3.8, б показан разрез германиевого фотодиода, состоящего из пластины германия 1 с проводимостью n -типа, которая сплавлена с индием 2 (проводимость p -типа). Толщина слоя германия над индием настолько мала, что кванты света свободно проникают через него в зону p - n -перехода. Корпус 3 выполнен из оргстекла и залит компаундом 4.

Спектральные характеристики фотопреобразователей зависят от используемых в них материалов.

Интегральная чувствительность германиевых фотопреобразователей имеет наибольшее значение $K_{\text{диф}} = \Delta I / \Delta \Phi = 20 \text{ мА/лм}$. Э.д.с. фотогенераторов не превышает 0,12-0,5 В.

Преобразователи фотоэ.д.с. изготавливаются из кремния, селена, сернистого таллия и сернистого серебра. Достоинством селеновых фотопреобра-

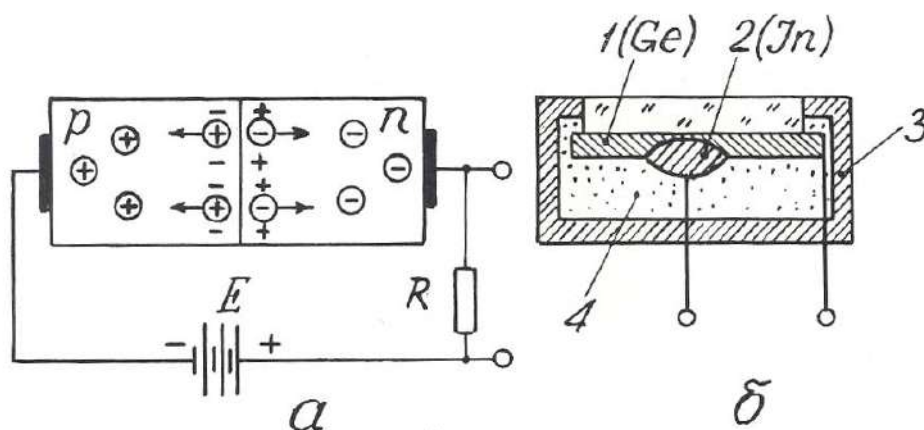


Рис. 3.8. Преобразователь фотоэ.д.с.: принцип действия (а) и конструкция (б)

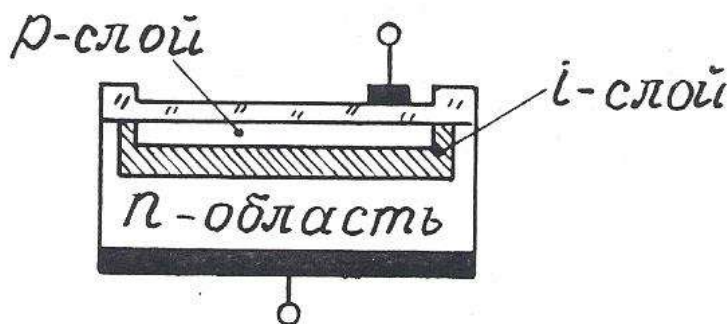


Рис. 3.9. Структура pin-диода

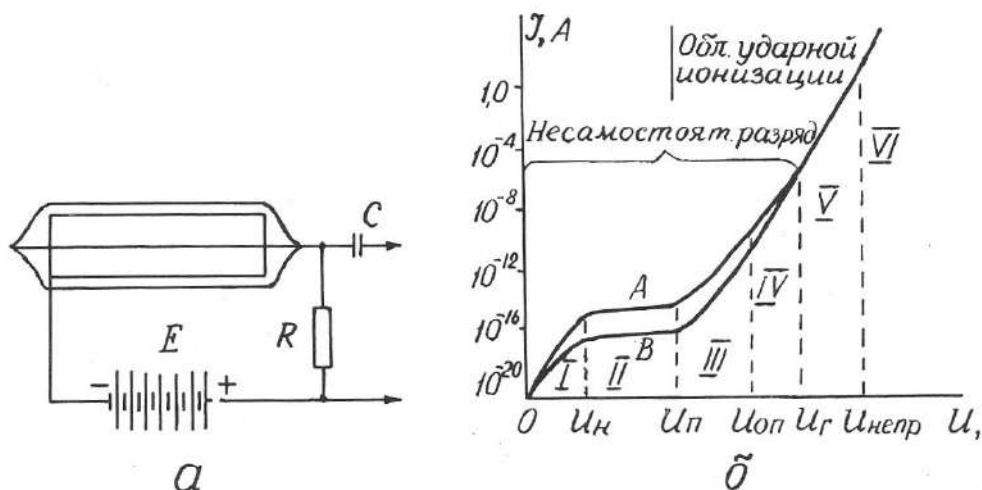


Рис. 4.1. Устройство газоразрядного счетчика (а) и его вольт-амперная характеристика (б):

А – β -частица; В – γ -квант

зователей является их спектральная чувствительность, близкая к чувствительности человеческого глаза.

Для увеличения количества дополнительных носителей, образующихся в p - n -переходе под действием светового облучения, между p и n -полупроводниками располагают дополнительный слой нелегированного высокоомного кремния (i -слой) – рис. 3.9. Такие фотоэлектрические приборы носят название pin -диодов. Область применения их в геофизической аппаратуре та же, что и фоторезистивных датчиков (см. раздел 2.1.7).

Контрольные вопросы

1. Назовите основные характеристики преобразователей индукционной э.д.с., их разновидности и приведите примеры их применения в технике и геофизической аппаратуре (ГА).
2. Поясните принцип действия датчика Холла и объясните его устройство (рис. 3.4, а).
3. Поясните принцип действия и устройство датчика Виганда (рис. 3.5).
4. Поясните принцип действия преобразователей пьезоэ.д.с. и приведите примеры их применения в ГА.
5. Поясните принцип действия преобразователей термоэ.д.с. и приведите примеры их применения в технике и ГА.

6. Поясните принцип действия преобразователей фотоэ.д.с. и приведите примеры их применения.

4. РАДИАЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

В настоящем пособии будут рассмотрены только те радиационные преобразователи, которые преобразуют энергию ядерного излучения в электрический сигнал. Эти преобразователи называются также детекторами радиоактивных излучений. Они бывают трех видов: газоразрядные, сцинтилляционные и полупроводниковые.

4.1. Газоразрядные детекторы

В газоразрядном детекторе происходит непосредственное преобразование энергии радиоактивного излучения в электрические импульсы.

Газоразрядный детектор представляет собой металлический цилиндр, по оси которого натянута тонкая металлическая нить. Цилиндр играет роль катода и подключается к «минусу» источника постоянного напряжения, нить (анод) – к «плюсу». И нить, и цилиндр могут быть помещены в стеклянный баллон (рис. 4.1, а). Полость детектора заполнена газом под низким давлением (примерно – $1,5 \cdot 10^4$ Па). При прохождении через детектор нейтроны и гамма-кванты взаимодействуют с атомами вещества его катода и газового наполнителя, вызывая ионизацию газа и, как следствие, прохождение кратковременного импульса тока, сила I которого зависит от напряжения U между электродами. При схеме включения детектора, изображенной на рис. 4.1, а, на нагрузочном сопротивлении R импульс тока создает отрицательный импульс напряжения, который через разделительный конденсатор C подается на усилительно-регистрирующую схему [13].

Зависимость $I=f(U)$ или вольт-амперная характеристика счетчика приведена на рис. 4.1, б. В ней выделяются шесть областей, отличающихся по механизму переноса ионов в электрическом поле счетчика. В области I при

малых напряжениях на электродах ток возрастает пропорционально напряжению, т.к. с ростом напряжения уменьшается количество рекомбинирующих ионов и все большее их количество достигает электродов счетчика. Эта область (от 0 до U_n) называется **омической**. Начиная с некоторого значения U_n , ток достигает насыщения (все ионы долетают до анода и катода) и перестает возрастать. Величина ионизационного тока во II области (от U_n до U_p) определяется только количеством ионов, образующихся в единицу времени. Преобразователи, работающие в этой области, носят название **ионизационных камер**. При дальнейшем, свыше U_p росте напряжения, несмотря на постоянство начальной ионизации, происходит рост тока в импульсе. Это связано с возникновением ударной ионизации, при которой электроны, образующиеся при первоначальном воздействии радиации, ускоряются электрическим полем счетчика настолько, что начинают ионизировать молекулы газового наполнителя. Отношение числа ионов, достигших анода счетчика, к числу первичных ионов, созданных регистрируемой частицей (или гамма-квантом), называется **коэффициентом газового усиления**. Величина его зависит от приложенного напряжения.

С возникновением ударной ионизации вначале ток возрастает пропорционально напряжению на электродах (область пропорциональности III от U_p до $U_{оп}$), здесь отмечается относительно невысокий коэффициент газового усиления (до 10^4), а при дальнейшем увеличении U пропорциональность нарушается и от $U_{оп}$ до $U_{г}$ следует IV область – **ограниченной пропорциональности**. За ней идет область Гейгера (V), в которой амплитуда импульса не зависит от начальной ионизации. Коэффициент газового усиления достигает 10^8 - 10^9 и продолжает увеличиваться с ростом напряжения. За областью Гейгера следует область **непрерывного разряда** (VI), для возникновения которого не нужна первичная ионизация, достаточно к электродам счетчика приложить напряжение, превышающее $U_{непр}$.

Области V и VI – это области самостоятельного разряда, который не требует для своего поддержания внешних источников ионизации.

Газоразрядные детекторы, применяемые в геофизической аппаратуре, работают либо в пропорциональной области (пропорциональные счетчики), либо в области Гейгера (счетчики Гейгера-Мюллера).

Пропорциональные счетчики используются для измерения плотности потока тепловых нейтронов. Баллон счетчика заполняется трехфтористым бором (BF_3), обогащенным до 96 % изотопом В-10, имеющим большое сечение захвата тепловых нейтронов. При захвате нейтрона происходит реакция $\text{B}(n, \alpha) \text{Li}$, α – частица производит первичную ионизацию в объеме счетчика. Для измерений нейтронов надтепловых энергий счетчик окружают сначала слоем водородсодержащего вещества, например, парафина, а затем тонким (около 0,5 мм) слоем кадмия. Кадмий поглощает тепловые нейтроны, а надтепловые в парафине замедляются до тепловых энергий и затем фиксируются счетчиком.

Счетчик Гейгера-Мюллера применяется для регистрации гамма-квантов. Он заполняется инертным газом (аргоном или гелием) с добавкой паров высокомолекулярных органических соединений (этилового спирта или этилового эфира) или галогенов (хлора, брома). Такая добавка способствует гашению непрерывного разряда, т.к. положительные ионы, образовавшиеся из молекул инертного газа, нейтрализуются при столкновениях с молекулами высокомолекулярного соединения или галогена и не вызывают вторичной электронной эмиссии с катода.

После регистрации каждой ионизирующей частицы газоразрядный счетчик не способен в течение некоторого «мертвого времени» τ_m (порядка 10^{-4} с) отмечать попадание следующей частицы или реагирует на нее образованием импульса пониженной амплитуды («время восстановления» – τ_v). Величина «мертвого времени» и «времени восстановления» определяет разрешающую способность и эффективность преобразователя.

Разрешающей способностью преобразователя называют максимальное количество ионизирующих частиц N_{max} , которые могут быть уверенно зафиксированы преобразователем $N_{max} = I / (\tau_m + \tau_v)$.

Под **эффективностью счетчика** понимают отношение числа частиц, зарегистрированных счетчиком, к общему числу частиц, прошедших через объем счетчика. Эффективность газоразрядных счетчиков зависит от их конструкции, размеров и материала катода и обычно не превышает нескольких процентов.

Основной рабочей характеристикой газоразрядного преобразователя является его **счетная характеристика** – зависимость числа импульсов на его выходе от напряжения на электродах при постоянной интенсивности ионизирующего облучения (рис. 4.2). Участок *ав* в пределах которого выбирается рабочее напряжение счетчика $U_{\text{раб}}$, называется **плато**. Протяженность плато составляет от 200 до 300 В, а наклон – от 3 до 15 % на 100 В.

Достоинства газоразрядных детекторов: большая амплитуда сигнала, малая потребляемая мощность, широкий температурный диапазон; недостатки: потребность в источнике питания с высоким напряжением, ограниченный ресурс, для счетчиков Гейгера-Мюллера – независимость амплитуды выходного сигнала от энергии ионизирующего излучения.

Газоразрядные счетчики очень широко применялись во всех разновидностях геофизических радиометров: полевых, каротажных, автомобильных и самолетных [3,12]. В последнее время они в значительной мере вытеснены более эффективными сцинтилляционными детекторами.

4.2 Сцинтилляционные детекторы

Сцинтилляционный радиационный преобразователь (рис. 4.3) состоит из люминофора 1 (оптически прозрачного вещества, люминесцирующего под действием ядерного излучения), и фотоэлектронного умножителя 2 (ФЭУ).

В результате действия попавшей в сцинтиллятор элементарной частицы (или гамма-кванта) часть атомов сцинтиллятора переходит в возбужденное состояние. Обратный переход их в нормальное состояние сопровождается кратковременной (порядка 10^{-7} - 10^{-9} с) световой вспышкой. Фотоны света

преобразуются в электрический сигнал с помощью ФЭУ, который представляет собой комбинацию фотоэлемента с электронным усилителем. Фотоны из сцинтиллятора 1 выбивают из фотокатода ФЭУ 3 электроны, которые под действием электрического поля устремляются к ближнему диноду 4, имеющему положительный потенциал. Вследствие вторичной электронной

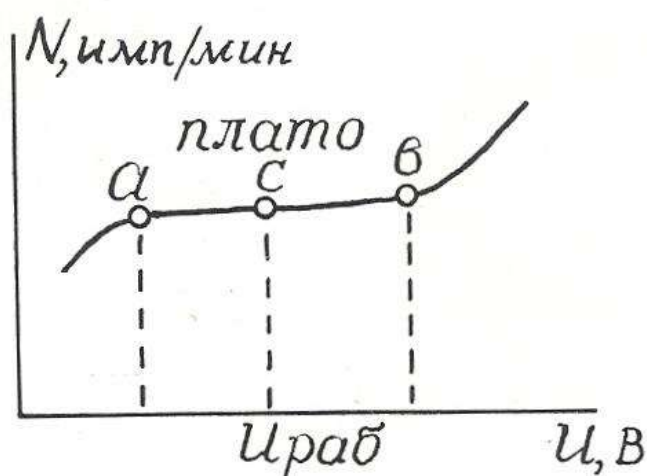


Рис. 4.2. Счетная характеристика газоразрядного счетчика Гейгера – Мюллера

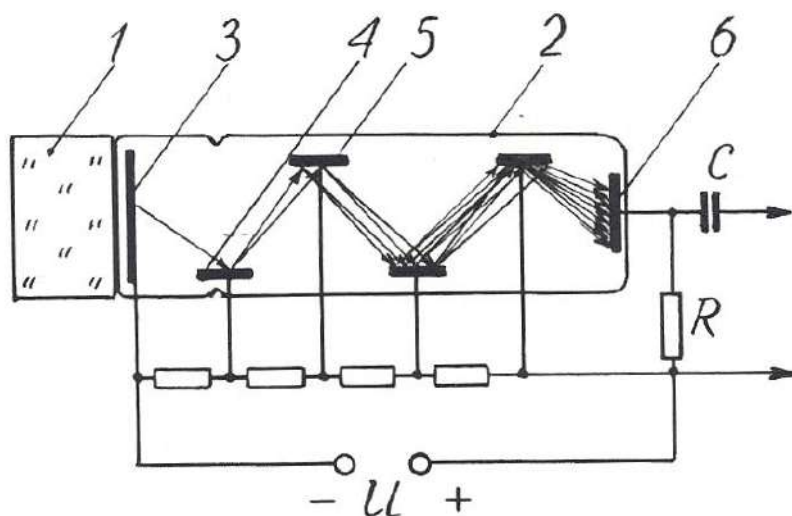


Рис. 4.3. Устройство сцинтилляционного преобразователя: 1 – кристалл-сцинтиллятор; 2 – фотоэлектронный умножитель (ФЭУ); 3 – фотокатод; 4 – первый динод; 5 – второй динод; 6 – анод (ФЭУ)

эмиссии каждый электрон "выбивает из динода вторичные электроны, которые притягиваются следующим динодом 5, имеющим более высокий потенциал, и также вызывают вторичную электронную эмиссию. Процесс развивается лавинообразно, в результате попаданию каждой ионизирующей частицы в кристалл-сцинтиллятор соответствует прохождение импульса тока между анодом 6 и катодом 1 ФЭУ, причем амплитуда этого импульса пропорциональна энергии ионизирующей частицы.

Эффективность сцинтилляционных детекторов намного выше, чем у газоразрядных, и достигает 20 %.

В качестве сцинтилляторов для регистрации гамма-квантов в геофизический аппаратуре используют монокристаллы соединений NaI, CsI, KI, активированных таллием (Tl), а для регистрации нейтронов – кристаллы сернистого цинка ZnS с добавками серебра или меди. Примесь активатора (Tl, Ag, Cu) в люминофоре способствует созданию в решетках кристаллов-сцинтилляторов дополнительных центров люминесценции [13].

Счетная характеристика сцинтилляционных преобразователей имеет плато очень небольшой протяженности, вследствие чего эти преобразователи требуют питания высокостабилизированным напряжением.

Преимущества сцинтилляционных преобразователей перед газоразрядными: высокая эффективность, большая разрешающая способность, зависимость амплитуды выходного сигнала от энергии ионизирующего излучения, что позволяет изучать энергетический спектр последнего.

Эти преимущества обеспечивают широкое распространение детекторов этого вида в разнообразных радиометрах: полевых (СРП-68-02), скважинных (ДРСТ-3, Кура-2м и др.), самолетных (АСГМ-46 и др.).

К недостаткам сцинтилляционных детекторов можно отнести низкую термостойкость и термостабильность, что требует их термостатирования в скважинных радиометрах [9].

4.3. Полупроводниковые детекторы

Полупроводниковые детекторы (ППД) устроены и действуют совершенно аналогично преобразователям фотоэ.д.с., рассмотренным в разделе 3.5. Отличие заключается только в том, что в ППД образование свободных носителей в зоне p - n -перехода происходит за счет действия не фотонов света, а ионизирующего ядерного излучения.

Амплитуда импульса на выходе ППД пропорциональна числу носителей зарядов, образованных ионизирующей частицей, а следовательно, ее энергии, что дает возможность изучать энергетический спектр излучения.

Для создания i -слоя в ППД используют литий, обладающий высоким коэффициентом диффузии, который добавляют в торец полупроводника с p -проводимостью.

Преимущества полупроводниковых детекторов: экономичность питания, весьма малые размеры и хорошее амплитудное разрешение (в 20-30 раз лучше, чем у сцинтилляционных преобразователей).

Однако их распространение ограничено. Это связано, во-первых, со сравнительно небольшими размерами чувствительной части детектора, и во-вторых, с необходимостью охлаждения детектора до низких температур (от -100 до -196°), которое повышает их эффективность.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют преобразователи ядерных излучений в электрический сигнал?
2. Объясните устройство газоразрядного преобразователя.
3. Объясните вольт-амперную характеристику (рис. 4.1, б) газоразрядного детектора.
4. Чем отличаются счетчики Гейгера-Мюллера от пропорциональных счетчиков?
5. Объясните устройство и работу сцинтилляционного детектора.
6. Назовите преимущества сцинтилляционных детекторов перед газоразрядными.
7. Объясните устройство и работу полупроводникового детектора, укажите его достоинства и недостатки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев Т. М., Тер-Хачатуров А. А. Измерительная техника: Учебн. пособие для техн. вузов. – М.: Высшая школа, 1991. – 384 с.
2. Аппаратура и оборудование для геофизических исследований нефтяных и газовых скважин: Справочник /А. А.Молчанов, В. В. Лаптев, В. М. Моисеев, Р. С.Челохьян. – М.: Недра, 1987. – 263 с.
3. Бондаренко В. М., Демура Г. В., Ларионов А. М. Общий курс геофизических методов разведки: Учебн. пособие для техникумов. – П.: Недра, 1986. – 453 с.
4. Бриндли К. Измерительные преобразователи: Справочное пособие / Пер.с англ. – М.:Энергоатомиздат, 1991. – 144 с.

5. *Бухгольц В. П.* Датчики и реле автоматического контроля в горной промышленности. – М.: Недра, 1971. – 224 с.
6. *Виглеб Г.* Датчики / Пер. с нем. – М.: Мир, 1989. – 196 с.
7. *Енохович А. С.* Краткий справочник по физике. – М.: Высшая школа, 1976. – 288 с.
8. *Зачиевский Т., Мальзахер С., Квецинский А.* Промышленная электроника / Пер.с польского. – М.; Энергия, 1976. – 640 с.
9. *Зельцман П. А.* Конструирование аппаратуры для геофизических исследований скважин. – М.: Недра, 1968. – 180 с.
10. *Зимодро А. Ф., Скибинский Г. Л.* Основы автоматики. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 160 с.
11. *Квартин М. И.* Электромеханические и магнитные устройства автоматики и их расчет. – М.: Высшая школа, 1973. – 344 с.
12. *Кривко Н. Н., Шароварин В. Д., Широков В. Н.* Промыслово-геофизическая аппаратура и оборудование: Учебн. пособие для вузов. – М.: Недра, 1981. – 280 с.
13. *Ларионов В. В.* Радиометрия скважин. – М.: Недра, 1969. – 327 с.
14. *Левшина Е. С., Новицкий П. В.* Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи. – Л.: Энергоатомиздат, 1983.
15. *Литвак В. И.* Тензореле. Расчет, конструирование, применение. – М.: Машиностроение, 1989. – 160 с.
16. *Логинов В. И.* Электрические измерения механических величин / Изд. 2-е, доп. – М.: Энергия, 1976. – 104 с.
17. *Померанц Л. И., Белоконь Д. В., Козяр В. Ф.* Аппаратура и оборудование геофизических методов исследования скважин: Учебн. пособие для техникумов. – М.: Недра, 1985. – 271 с.
18. *Сковородников И. Г., Калашиников В. Н.* Дистанционный уровнемер для испытательных скважин // Геофизическая аппаратура. Вып.89. – Недра, 1988. – С. 98-103.

19. *Сковородников И. Г., Макаров Л. В., Калашников В. Н.* Газожидкостный расходомер РГЖ-Г: Техническое описание. – Свердловск: СГИ, 1988. – 15 с.
20. *Сковородников И. Г., Макаров Л. В., Калашников В. Н.* Изучение скорости и направления движения подземных вод // Гидрогеология и инж. геология: Обзор / ВНИИ экон. минер. сырья и геологоразв. работ. – М., 1987. – 33 с.
21. *Сковородников И. Г., Макаров Л. В., Калашников В. Н.* Скважинные тахометрические расходомеры / СГИ. – Свердловск, 1989. – 65 с. – Деп. в ВИНТИ, №7609-В89, 1989.
22. *Справочник по средствам автоматики* / Под ред. В. Э. Низэ, И.В.Антика. – М.: Энергоиздат, 1983. – 504 с.
23. *Электрические измерения неэлектрических величин* / А. М. Туричин, П. В. Новицкий, Е. С. Левшина и др.; Изд. 5-е, перераб. и доп. – Л.: Энергия, 1975. – 676 с.
24. А. с. 491895. Зонд для измерения направления и скорости движения грунтовых вод /Б. Н. Халтурин, В. С. Лившиц // Бюл. изобр. – 1975, №42.
25. А. с. 1063990. Емкостной датчик зенитного угла / О. В.Фомин // Бюл. изобр. – 1983, № 48.
26. А. с. 1158750. Скважинный уровнемер (его варианты) / В. Н. Калашников, И. Г.Сковородников // Бюл. изобр. – 1985, № .20.
27. А. с. 1509518. Датчик угла наклона буровой скважины / А. В. Давыдов, И. Г. Сковородников // Бюл. изобр. – 1989, № 35.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

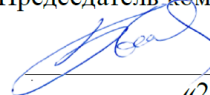
**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПРАКТИЧЕСКОМ РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ
И АКУСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН»**

Специальность:
21.05.03 Технология геологической разведки
Специализация № 2:
"Геофизические методы исследования скважин"

форма обучения: очная, заочная

Автор: Пыжьянов Ю.Б., ст. препод.

ОДОБРЕНО
методической комиссией
факультета геологии и геофизики
Председатель комиссии



В. И. Бондарев
«20» марта 2020 г.

Екатеринбург

2020

Определение глинистости коллекторов по данным ГК

Глинистость коллекторов характеризуется объемным $C_{гг}$ или весовым коэффициентом глинистости $K_{гг}$, %. Определение глинистости по данным ГК базируется на корреляционной связи между радиоактивностью осадочных пород и их глинистостью.

Общая радиоактивность осадочной породы $q_{пор}$ может быть представлена как сумма:

$$q_{пор} = (1 - C_{гг}) \cdot q_{ск} + C_{гг} \cdot q_{гг} \quad (*)$$

где $q_{ск}$ и $q_{гг}$ — удельная радиоактивность минерального скелета породы и глины.

Из этого соотношения (*) следует, что в тех случаях, когда $q_{ск}$ и $q_{гг}$ не зависят от глинистости породы, связь $q_{пор} = f(C_{гг})$ является линейной.

Однако, в общем случае содержание в глинах тонкодисперсной фракции, обладающей наиболее высокой способностью сорбировать радиоактивные элементы, коррелируется с общей глинистостью породы и таким образом меняется в зависимости от $C_{гг}$. В результате с увеличением содержания глин растет и их активность $q_{гг}$, а корреляционная связь $q_{пор} = f(C_{гг})$ оказывается нелинейной и не одинаковой для различных месторождений или районов (рис. 1).

Для того, чтобы использовать эти зависимости с целью определения $C_{гг}$ по результатам ГК, последние должны быть выражены (нормированы) в единицах радиоактивности горных пород.

При невозможности это выполнить, для определений глинистости используют так называемый «двойной разностный параметр» — ΔJ_{γ} .

$$\Delta J_{\gamma} = \frac{J_{\gamma}^x - J_{\gamma}^{min}}{J_{\gamma}^{max} - J_{\gamma}^{min}} \quad (**)$$

Величины J_{γ}^x , J_{γ}^{min} , J_{γ}^{max} соответствуют интенсивностям, зарегистрированным над исследуемым пластом — коллектором (J_{γ}^x), пластом чистых кварцевых песчаников или известняков с $C_{гг} = 0$ (J_{γ}^{min}) и пластом глин, характеризующимся максимальной активностью J_{γ}^{max} .

Все эти величины перед подстановкой в формулу (**) должны быть приведены к одинаковым нормальным условиям, т.е. исправлены за поглощение гамма-излучения в буровом растворе и обсадных трубах.

Если скважинные условия (диаметр скважины, наличие или отсутствие обсадки) одинаковы для исследуемого и опорных пластов, поправками за эти условия можно пренебречь.

В качестве опорного горизонта с J_{γ}^{max} выбирают пласт глин, залегающий в непосредственной близости от исследуемого коллектора. Этим предопределяется однотипность глинистого материала в опорном и исследуемом пласте и, следовательно, равенство удельной радиоактивности $q_{гг}$ в этих пластах (В.В. Ларионов, 1969).

Зависимость ΔJ_{γ} от $C_{гг}$ для песчанистых коллекторов Тюменской области представлена на рис. 2.

Поскольку содержание глинистого материала ($C_{гг}^{om}$) в опорном горизонте может оказаться не 100%, а меньше, то вычисленный параметр ΔJ_{γ} умножают на поправочный коэффициент K , равный величине $C_{гг}^{om}/100$. Для упрощения определений на палетке рис. 2 нанесены кривые, соответствующие поправочным коэффициентам от 0,9 до 0,4. В случае различия скважинных условий для исследуемого и опорных пластов величину поправочного коэффициента за диаметр скважины η_d можно определить по номограмме рис. 3., а за наличие обсадных колонн $\eta_{ок}$ — по рис. 4.

Следует учитывать, что в коллекторах полимиктового состава повышенная радиоактивность может быть связана не только с глинистостью, но и с наличием калиевых полевых шпатов в минеральном скелете коллектора.

Из-за неконтролируемых вариаций соотношения кварц – глина – полевой шпат связь естественной радиоактивности с глинистостью пород становится неоднозначной (Л.И. Померанц и др. 1981).

Задание

1. Используя диаграммы всего комплекса ГИС, определите положение коллекторов в представленном интервале скважины. Пронумеруйте их арабскими цифрами.

2. Выберите опорные пласты для всего представленного фрагмента разреза по максимальным и минимальным показаниям на диаграмме ГК - $J_{\gamma}^{\min}$ и $J_{\gamma}^{\max}$.

3. Занесите в таблицу значения $J_{\gamma}^{\min}$, $J_{\gamma}^{\max}$, J_{γ}^x всех пластов – коллекторов.

Пласт	J_{γ}	η_d	$\eta_{ок}$	$\eta_d \cdot \eta_{ок} \cdot J_{\gamma}$	ΔJ_{γ}^x	$\Delta J_{\gamma}^{\min}$	$\bar{\Delta J}_{\gamma}$	$C_{гд}, \%$
I оп								
II оп								
1 х								
2 х								
3 х								

4. В случае необходимости определите по номограммам рис. 2 и 3 величину поправочных множителей за диаметр скважины η_d и наличие обсадных колонн $\eta_{ок}$ и введите их.

5. Подсчитайте

$$\Delta J_{\gamma}^{\min} = J_{\gamma}^{\max} - J_{\gamma}^{\min} \text{ и } \Delta J_{\gamma}^x = J_{\gamma}^x - J_{\gamma}^{\min}$$

6. Рассчитайте двойной разностный параметр

$$\bar{\Delta J}_{\gamma} = \frac{\Delta J_{\gamma}^x}{\Delta J_{\gamma}^{\min}} = \frac{J_{\gamma}^x - J_{\gamma}^{\min}}{J_{\gamma}^{\max} - J_{\gamma}^{\min}}$$

7. По номограмме рис. 2 найдите глинистость всех выделенных коллекторов. При этом примите глинистость I опорного горизонта $C_{гд}^{\text{оп}} = 90\%$.

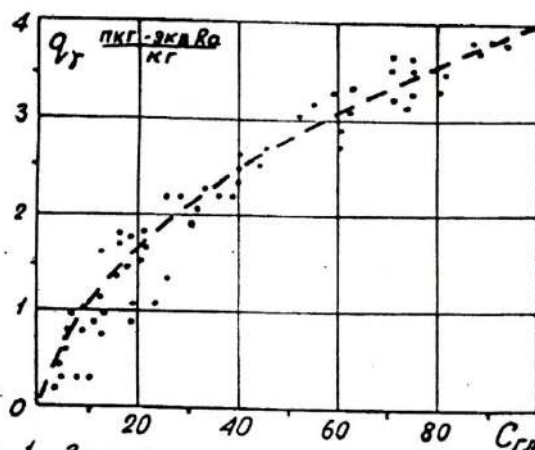


Рис. 1. Зависимость γ -активности песчано-глинистых пород от их глинистости

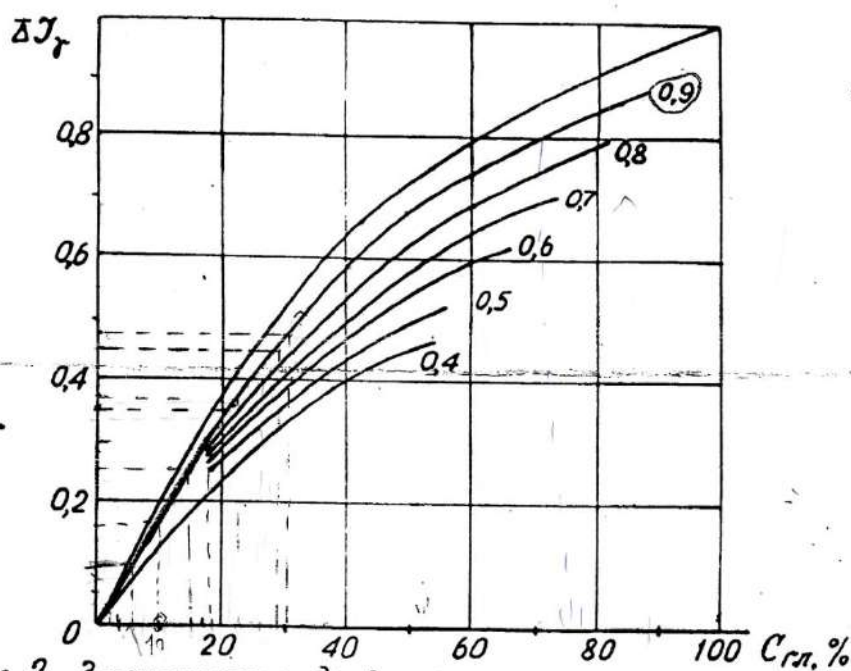


Рис. 2. Зависимость двойного разностного параметра от глинистости. Шифр кривых - $C_{гд}$ опорного горизонта

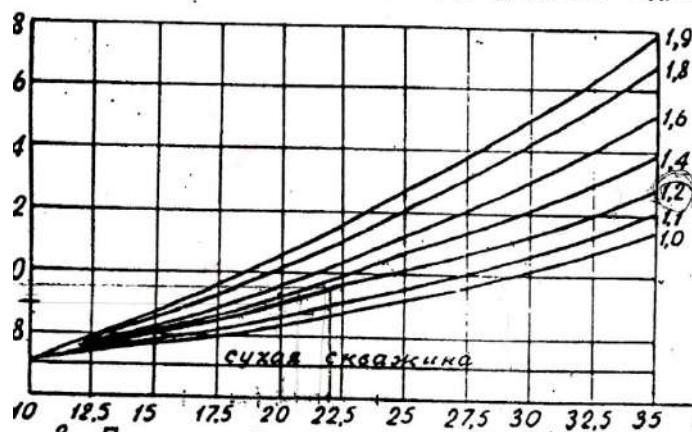


Рис. 3. Палетка для определения поправки за диаметр сква. Шифр кривых - плотность бурового раствора, $г/см^3$ (по Р.Дебранду, 1972)

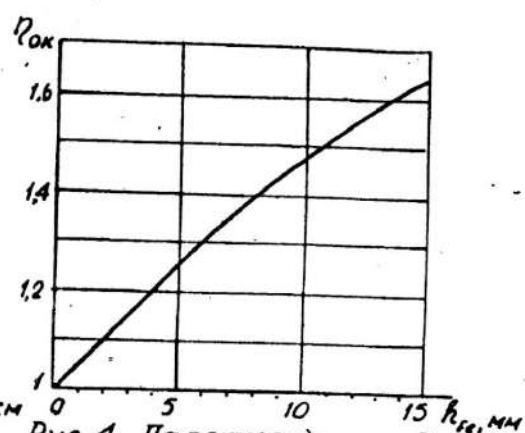


Рис. 4. Палетка для определения поправки за обсадные трубы

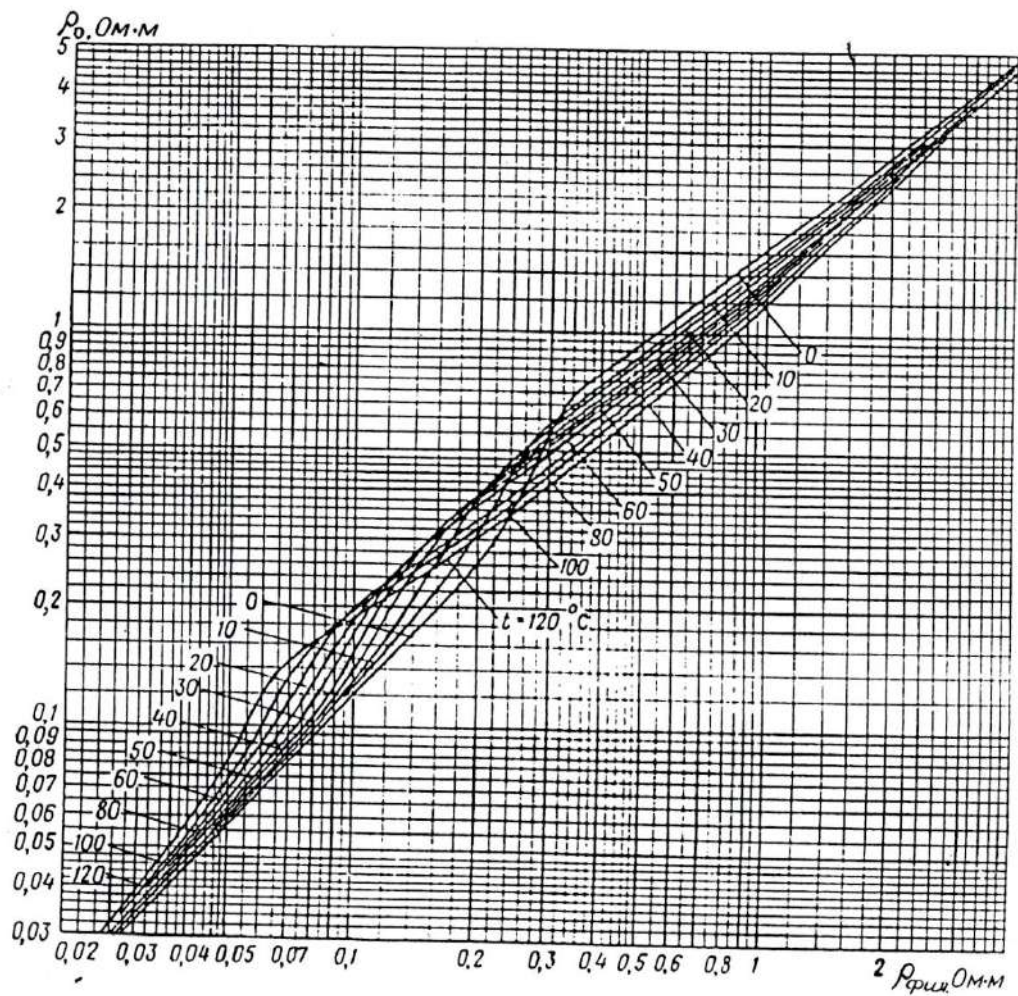
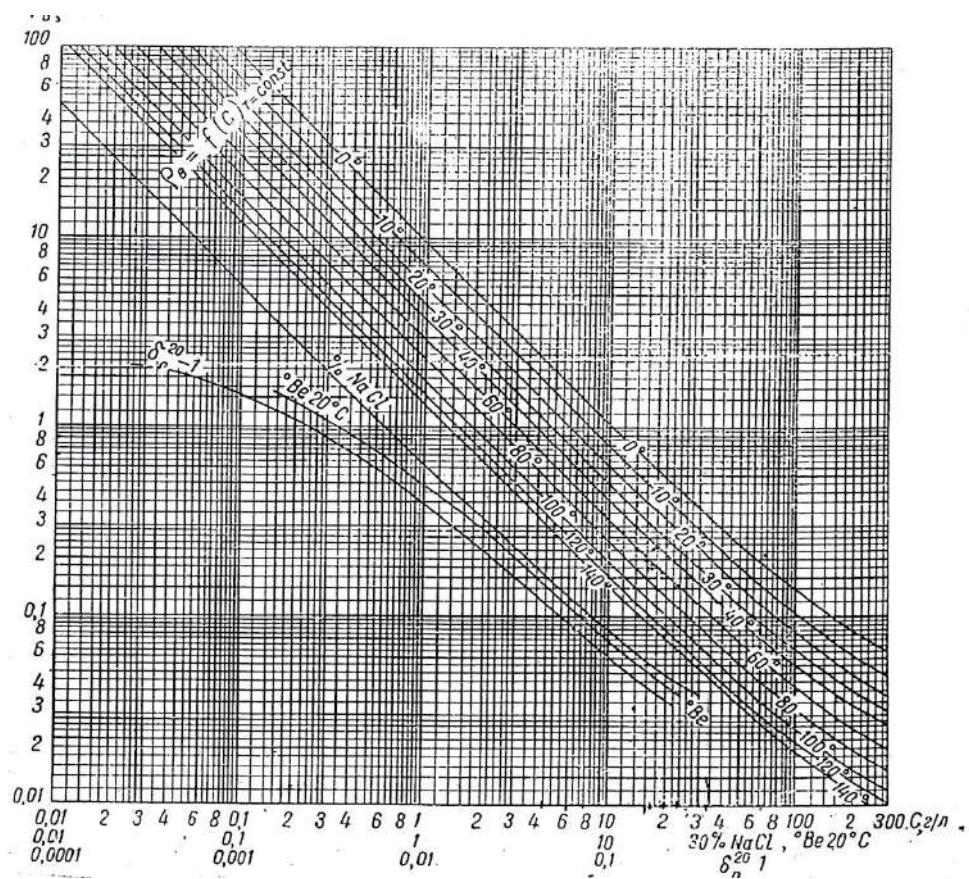


Рис. 10.15. Номограмма для определения концентрационной фактора бурового раствора в зависимости от концентрации и температуры раствора
(Андреева М. П.)



Интерпретация результатов акустического видеокаротажа (АВК)

Физическая сущность акустического видеокаротажа состоит в облучении стенки скважины короткими ультразвуковыми импульсами, испускаемыми пьезоэлектрическим преобразователем, расположенным на оси скважины, и регистрации тем же преобразователем сигнала, отраженного от стенки скважины. Амплитуда принятого сигнала зависит от состояния отражающей поверхности, а время его прихода – от расстояния между источником и отражающей поверхностью (стенкой скважины). Преобразователь в скважинном приборе приводится во вращение и делает несколько оборотов в минуту. Принятые сигналы усиливаются и поступают в наземную аппаратуру, где обрабатываются на цифровом регистраторе и выводятся на компьютер, который фиксирует принятый акустический сигнал на экране дисплея и принтере в виде изображения внутренней поверхности скважины в акустических волнах в амплитудном или временном параметрах. Плотность засветки отдельных участков изображения зависит от отражающих свойств стенки скважины. Гладким стенкам соответствуют светлые участки, трещиноватым зонам – темные полосы.

В случае отдельных трещин на круговых изображениях стенки скважины в акустических волнах появляются темные полосы. При пересечении трещины скважиной под прямым углом темные полосы прямые и горизонтальные, при пересечении под острым углом полосы имеют форму синусоиды. При наличии записи в крупном масштабе глубин (1:20 или 1:50) появляется возможность определить ширину трещины и угол (α) встречи ее с осью скважины:

$$\alpha = \arctg \frac{\Delta H}{d},$$

где ΔH – разница глубин максимума и минимума синусоиды, а d – диаметр скважины.

Значение ширины трещин дает возможность оценить коэффициент трещинной пустотности $K_{тр}$ отдельных интервалов горных пород в скважинах.

Принимая допущение, что диаметр скважины в пределах этих интервалов не изменяется, можно полагать, что $K_{тр} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} h_i}{L}$, где $\sum_{i=1}^{i=n} h_i$ – суммарная ширина трещин на исследуемом интервале, а L – длина этого интервала.

Далее, можно рассчитывать модуль трещиноватости M , т. е. количество трещин, приходящихся на 1 пог. м.

В обсаженных скважинах АВК позволяет выявить все дефекты обсадных труб: трещины, перфорационные отверстия, участки коррозии, зоны смятия и т. п.

На рис.1 представлено изображение внутренней поверхности 9^{II} колонны, на котором хорошо видна зона смятия колонны в интервале 2865-2880 м и косая желобообразная выработка стенки в интервале 2880-2940 м.

Для примера на рис. 2 представлены изображения участков внутренней поверхности в амплитудном параметре (АВК-А), полученные в скважине 4С, которая была пробурена на Юбилейном месторождении медно-колчеданных руд.

В интервале 950,4 – 950,8 м (рис.2а) отчетливо выделяется одиночная трещина имеющая ширину около 3 мм на изображении, что соответствует 4,8 см в натуре.

Трещина на видеоизображении имеет синусоидальную форму, что является следствием наклонного положения ее относительно оси скважины. Амплитуда синусоиды 15 мм, что соответствует $\Delta H=24$ см в натуре.

Учитывая, что диаметр скважины равен $9^{II}=23$ см,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta H}{d} = \frac{24}{23} = 1,04,$$

а угол встречи скважины и трещины $\alpha \approx 45^\circ$.

На рис. 2б показано, как по результатам акустического видеокаротажа фиксируется зона дробления в интервале 926,4-927,2 м в той же скважине 4С: большое количество темных полос различной ширины. Суммарная ширина этих полос $\sum_i^n h_i = 20$ мм, что соответствует 32 см в натуре, так что коэффициент трещинной пустотности в этом интервале

$$K_{mp} = \frac{\sum_i^n h_i}{L} = \frac{32}{80} = 0,4.$$

Аппаратура для акустического видеокаротажа как обсаженных, так и необсаженных нефтяных скважин носит название САТ – скважинных акустических телевизоров, аппаратура для скважин меньшего диаметра, разработанная в институте «ВНИИГИС» (г. Октябрьский), называется АВК-42 (42 – диаметр скважинного прибора, мм).

Общий недостаток всех видов аппаратуры АВК – это невозможность определить ориентировку трещин, а также зон нарушений в обсадных колоннах относительно стран света или относительно апсидальной плоскости скважины.

ЗАДАНИЕ

1. По рис. а рассчитать коэффициент объемной трещинной пустотности K_{mp} .
2. По рис. б и в найти угол α – встречи скважины с одиночными трещинами.
3. Составить отчет о проделанной работе.

Составил И. Г. Сковородников

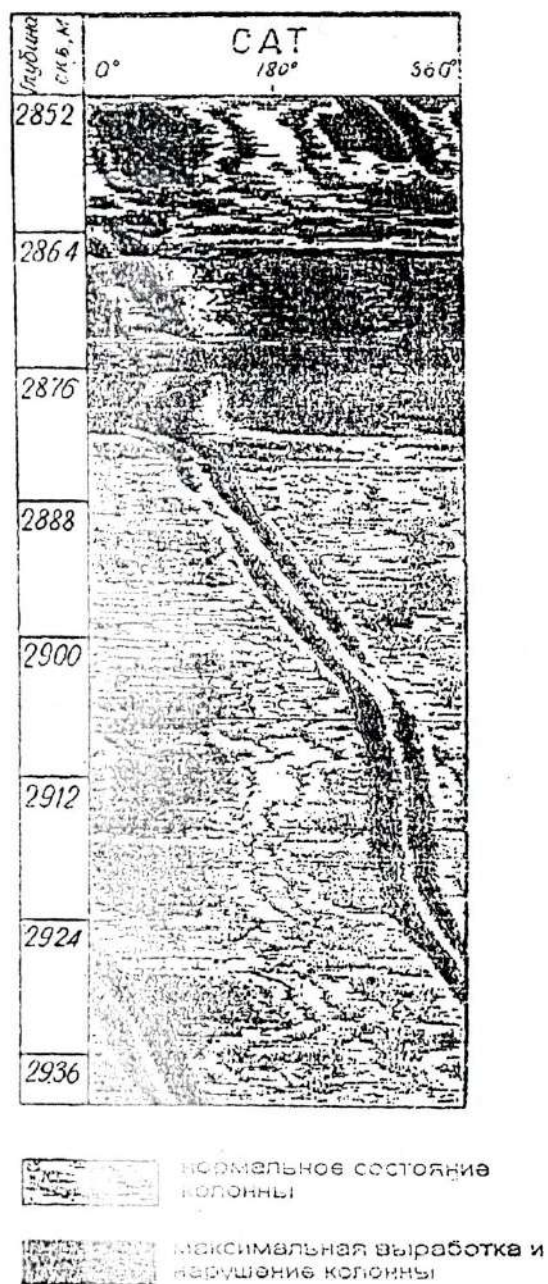


Рис. 1 Черно-белая копия результатов акустической дефектометрии обсадной колонны в одной из скважин Оренбургского ИГКМ. В интервале 2865-2880 м – зона смятия колонны, в интервале 2880-2930 м – желобообразная выемка. (По материалам Е. А. Ишковой)

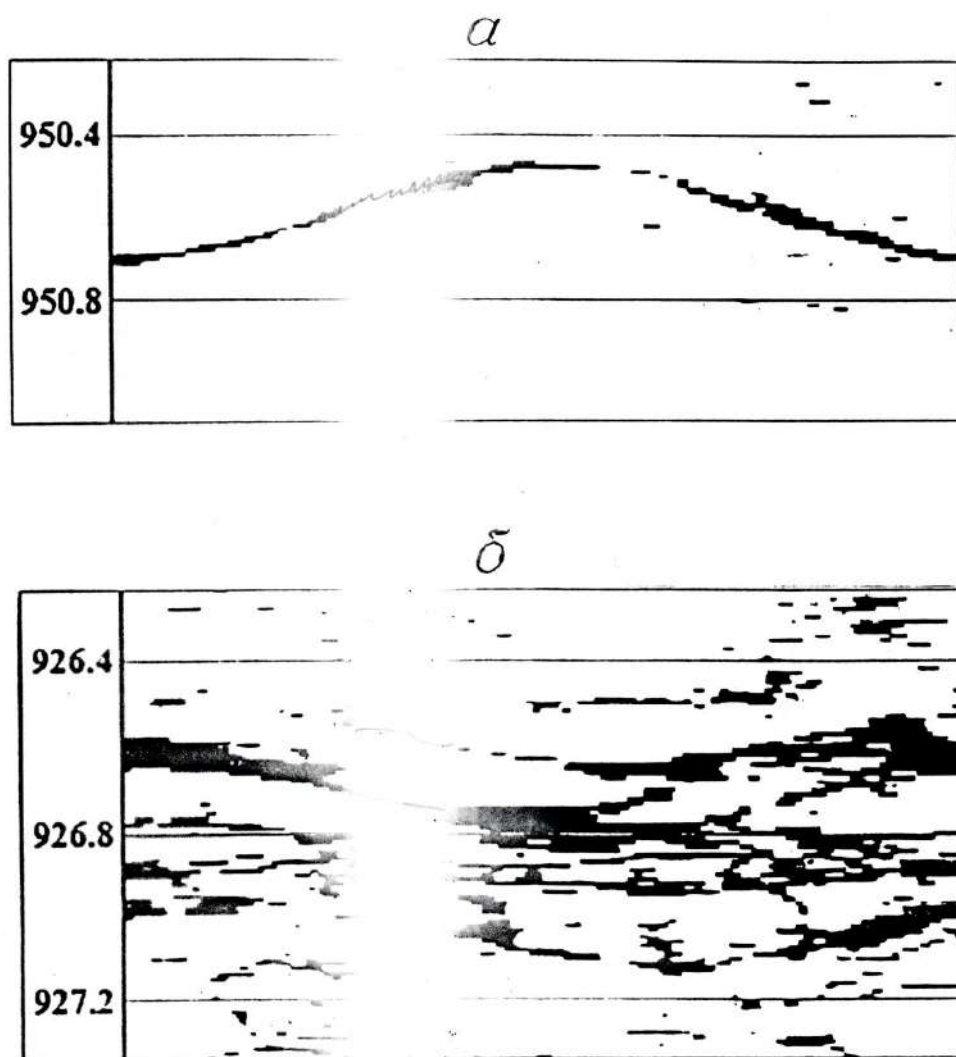
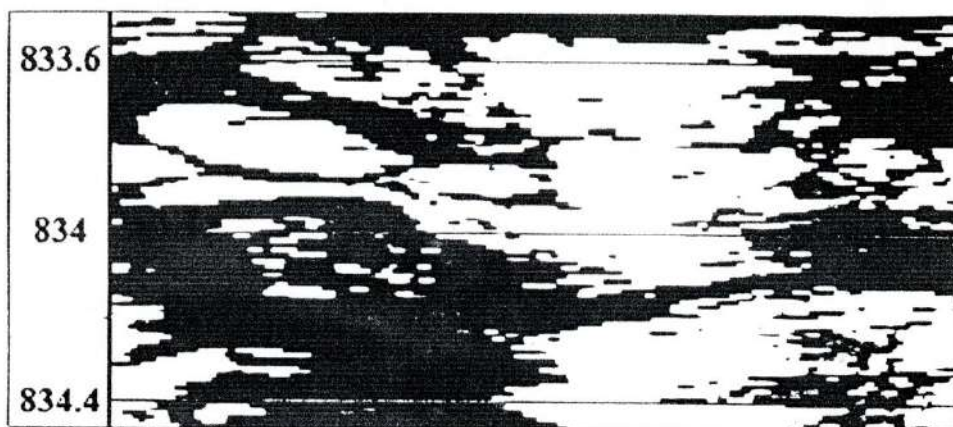
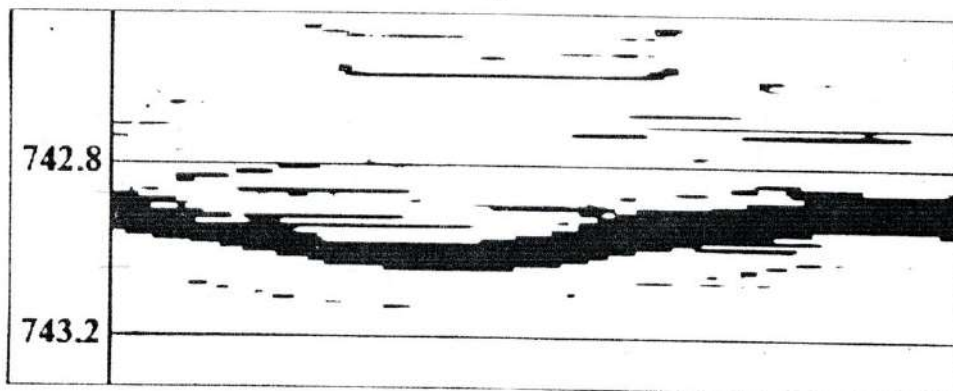


Рис. 2. Результаты акустического декаротажа в открытом стволе скважины 4С Юбилейного медноколчеданного месторождения (по материалам ОАО НПП «ВНИИГИС»): а – одиночная трещина; б – трещины

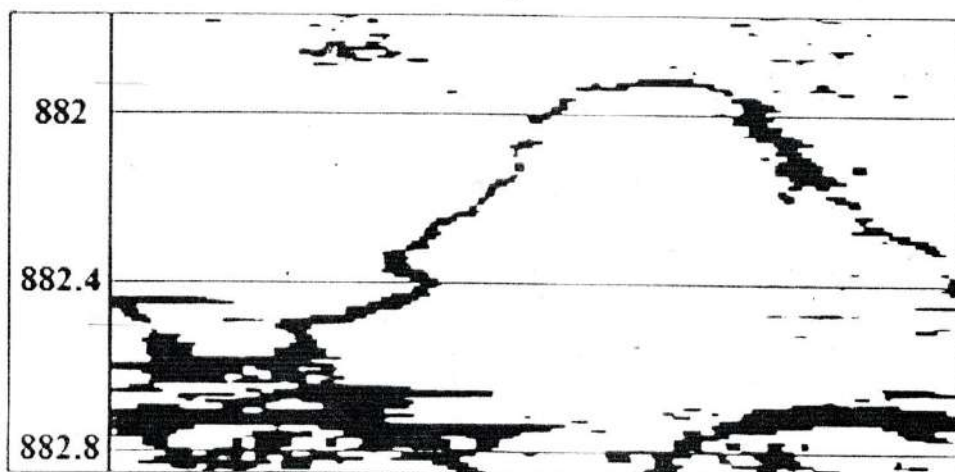
α



$\tilde{\alpha}$

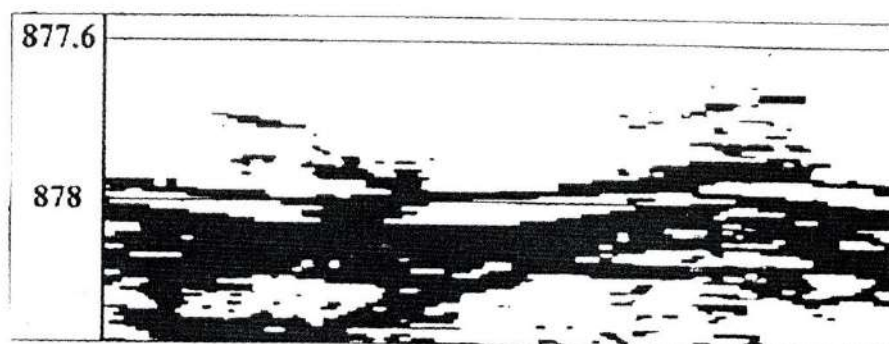


β

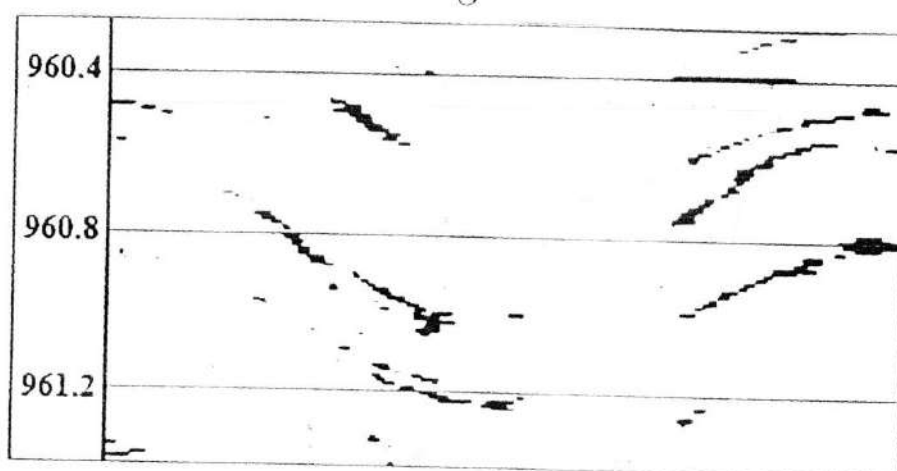


II бар, пав. нс

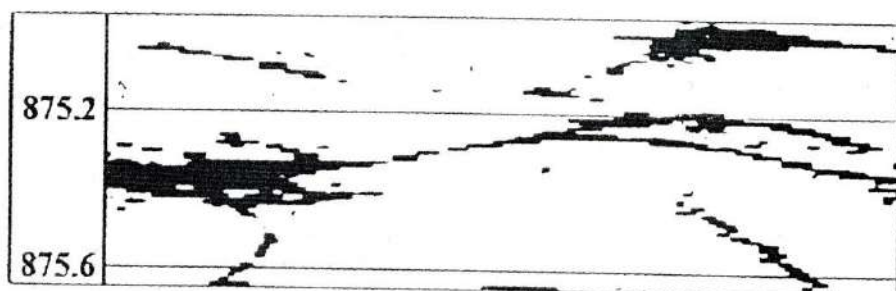
a



б



б

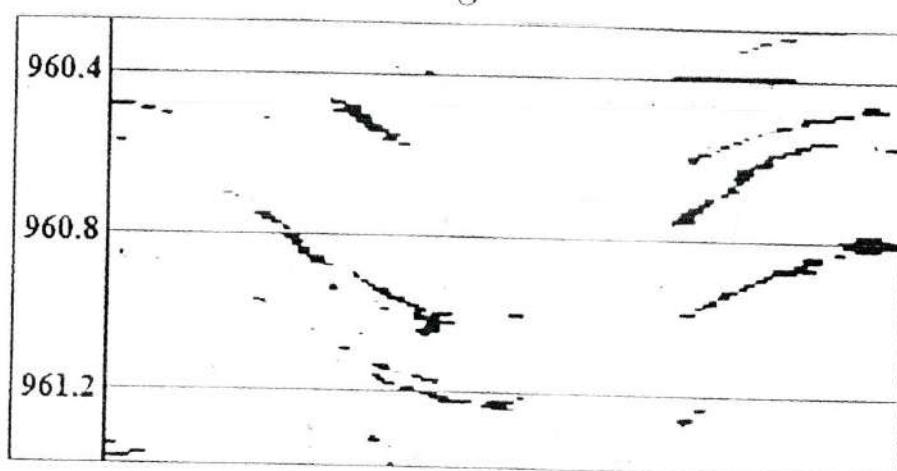


швар, пав. нс

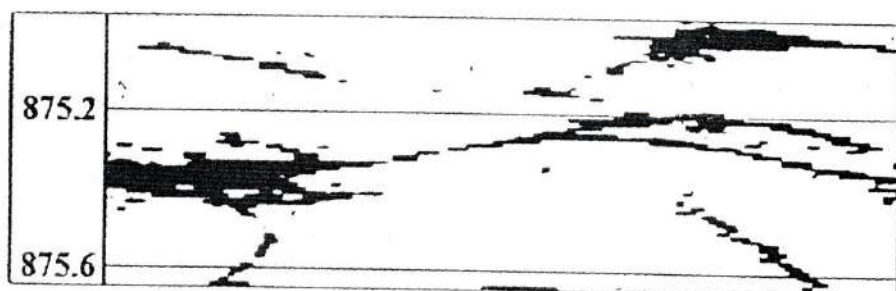
a



б

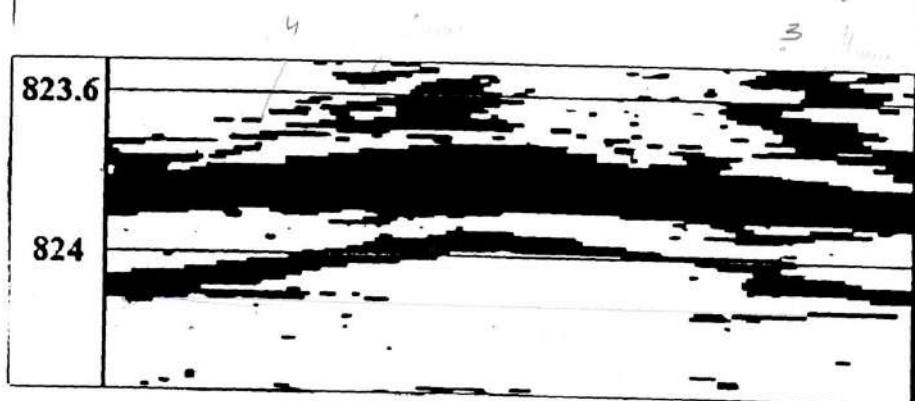


б

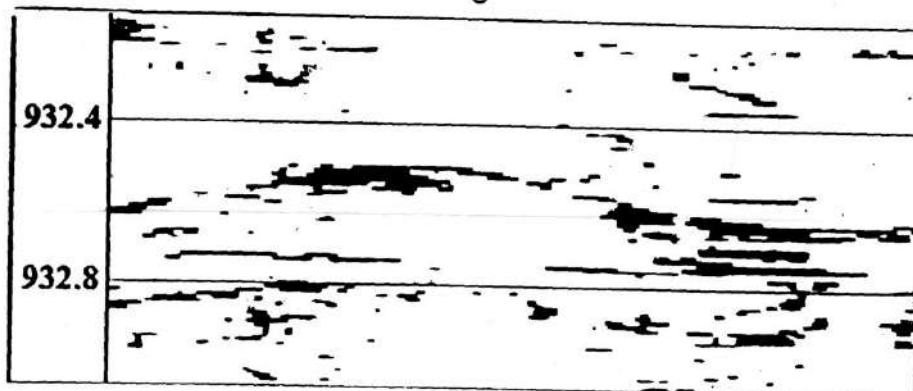


in sup. p...

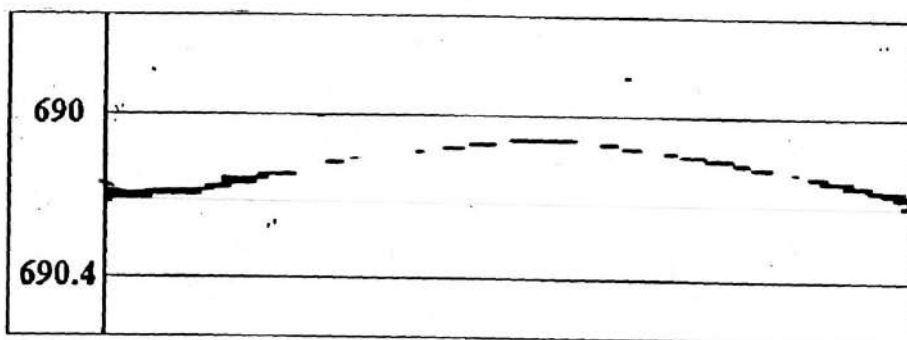
α



$\tilde{\sigma}$



θ



Интерпретация результатов акустической цементометрии

Эксплуатационные скважины на нефтяных и газовых месторождениях по окончании бурения обсаживают стальными колоннами, пространство между колонной и горной породой заполняют цементом высоких марок, и только после этого вскрывают продуктивные пласты, проделывая с помощью перфораторов отверстия в обсадной колонне (ОК), цементном камне (ЦК) и продуктивном пласте, чтобы открыть доступ нефти или газу, содержащимся в пласте, в скважину.

Цементирование ОК необходимо для предотвращения затрубных перетоков подземных вод из ниже- и вышележащих пластов в продуктивные горизонты и для укрепления обсадных колонн.

Качество цементирования характеризуется:

- высотой подъема цемента в затрубном пространстве (ЗТП);
- полнотой и равномерностью заполнения ЗТП цементом;
- степенью сцепления цементного камня с трубой и с горной породой.

Наиболее информативным методом является акустическая цементометрия – АКЦ. Решение всех перечисленных выше задач может быть получено с помощью простейшего 2-х элементного акустического зонда, содержащего 1 излучатель и 1 приемник упругих волн.

Расстояние от излучателя до приемника (длина зонда) – 2,5 м.

Излучатель вырабатывает пачки ультразвуковых колебаний с частотой 25 кГц. Частота следования пачек – 25 Гц или 12,5 Гц. Сигналы с приемника усиливаются и передаются на поверхность, где обрабатываются и фиксируются в виде трех диаграмм: A_k – амплитуды волны, пришедшей по колонне, A_n – амплитуды волны, пришедшей по породе и T – времени прихода волны с наибольшей амплитудой.

При этом временное окно для регистрации A_k открывается через 480 мкс после начала излучения акустического импульса и закрывается после прихода трех полных периодов волны по колонне.

Временное окно для регистрации амплитуды упругой волны, пришедшей по породе A_n , открывается одновременно с окном A_k , а вот закрывается значительно позднее, поэтому в этом окне регистрируются колебания, пришедшие и по колонне и по породам.

Поскольку амплитуда первого вступления волны обычно меньше амплитуды последующих колебаний, то в АКЦ регистрируется величина (A_k или A_n), характеризующая амплитуду нескольких колебаний, а именно, – выпрямленный сигнал 3-х периодов волны в условных единицах мВ, в виде непрерывной кривой.

Кроме диаграмм T , A_k и A_n в аппаратуре предусмотрена возможность регистрации волновых картин ВК и фазокорреляционных диаграмм – ФКД с определенным шагом дискретизации по глубине.

Имеются программы для обработки и интерпретации данных АКЦ на ЭВМ.

Если колонна труб не имеет сцепления с цементом, свободна, то упругие колебания, возбужденные в ОК, не передаются цементному камню, и продольная упругая волна A_k распространяется по колонне со скоростью 5200-5400 м/с при относительно небольшом ослаблении. Значение T при этом минимально и составляет около 480 мкс.

В случае качественной заливки и при хорошем сцеплении между колонной и цементом имеется акустический контакт, упругие колебания в колонне возбуждают такие же колебания в цементном камне, в связи с чем большая часть их энергии рассеивается на пути между источником и приемником. Приемник регистрирует значительное ослабление и быстрое затухание этих колебаний, а время T увеличивается.

Хорошее сцепление цемента со стенкой скважины, т.е. с горной породой, проявляется повышенным временем T пробега волны со значительной амплитудой колебаний A_n , т.к. в этом случае большая часть энергии упругих колебаний распространяется по горной породе с характерной для этой породы скоростью. Для большинства осадочных горных пород эта скорость меньше, чем скорость в стальных трубах (см. табл.21.1.). Исключение составляют только крепкие, кремнистые известняки, для которых V_p достигает 7100 м/с. Таким образом, совместное рассмотрение кривых A_k и T позволяет определить высоту подъема цемента в затрубном пространстве (ЗТП), полноту заполнения ЗТП цементом, качество сцепления цемента с колонной, а при благоприятных условиях – и с горной породой.

На рис. 1 представлены результаты АКЦ для нескольких типичных случаев состояния цементного камня (или его отсутствия).

Рис. 1 а – «свободная труба», упругие волны распространяются только по трубе, не передаваясь ни цементному камню, ни горной породе. Время T прихода волны с наибольшей амплитудой минимально (порядка 480 мкс). Значения A_n и A_k – максимальны. На всех трех диаграммах уверенно фиксируются соединительные муфты на колонне обсадных труб.

Против муфтовых соединений колонны наблюдаются уменьшение амплитуды A_k в связи с рассеянием энергии на резьбовых соединениях и увеличение времени T (И. Г. Пермяков, Е. Н. Шевкунов, 1976).

Рис. 1 б – затрубное пространство заполнено цементным камнем, который имеет хорошее сцепление как с ОК, так и с горной породой. Время T максимально, A_k близка к нулю, A_n – максимально и дублирует диаграмму акустического каротажа в открытом стволе.

Рис. 1 в – неполное заполнение ЗТП цементным камнем. Показания T минимальное, диаграммы A_k и A_n имеют непостоянные, промежуточные показания.

Рис. 1 г – цементный камень заполняет все ЗТП, но отсутствует сцепление между цементным камнем и породой. Упругие колебания через ОК передаются цементу и распространяются в основном по цементному камню. Соответственно показания A_k и A_n минимальны, показания T , наоборот, имеют

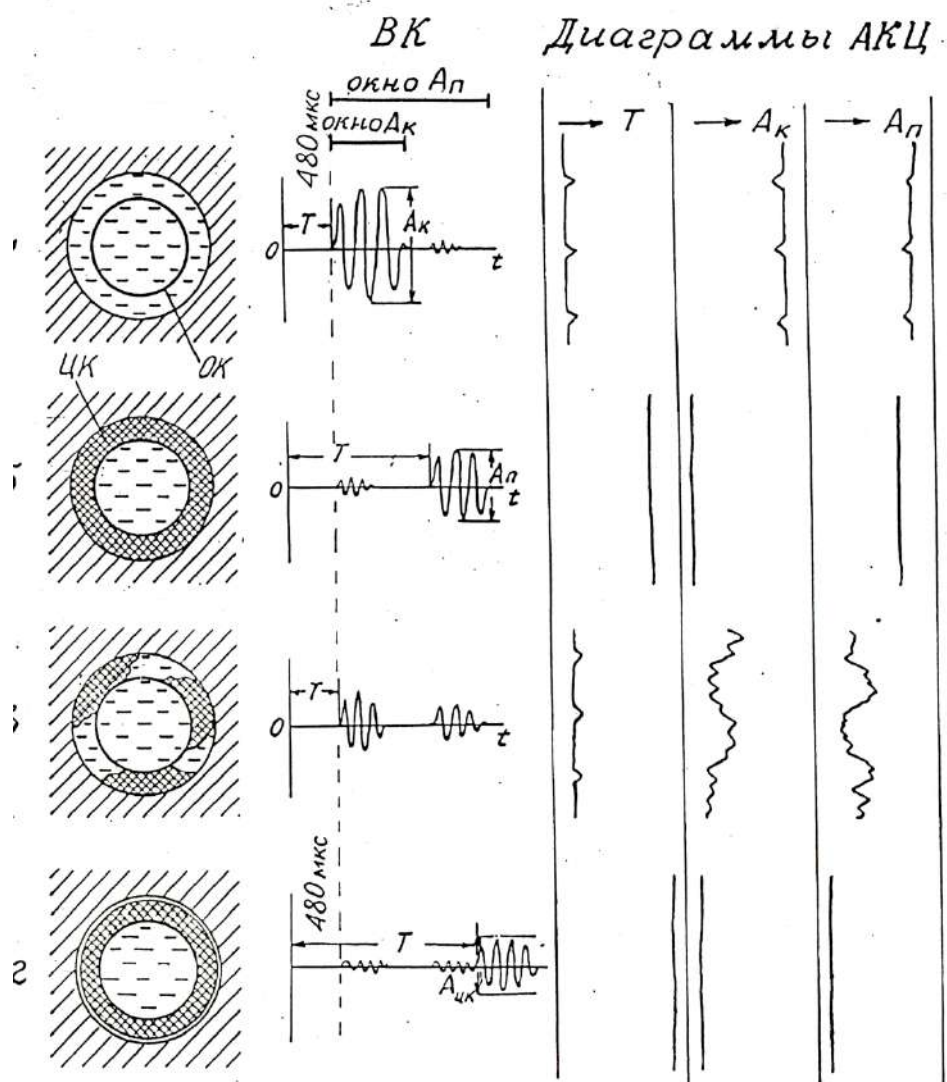


Рис. 1. Результаты акустической цементометрии:

а – при отсутствии цемента в затрубном пространстве (ЗТП); б – при полном заполнении затрубного пространства и хорошем сцеплении цементного камня (ЦК) с обсадной колонной (ОК) и с породой; в – при частичном заполнении ЗТП и плохом сцеплении цементного камня с колонной; г – при плохом сцеплении цементного камня с породой.

максимальную величину, т.к. скорость упругих волн в цементном камне меньше, чем в ОК и в большинстве горных пород.

В геологических разрезах, представленных высокоскоростными породами ($V_p \geq 5400$ м/с), такими как карбонатные отложения, интерпретация акустической цементометрии затруднена, т. к. и при плохом и при хорошем качестве цементирования первой приходит волна распространяющаяся по породам, и показания на кривой T будут минимальными в обоих случаях.

На рис. 2 приведены результаты акустической цементометрии одной из скважин, пробуренных в Западной Сибири. Верхняя часть представленного фрагмента скважины от 2914,5 до 2924,5 м характеризуется плохим сцеплением цементного камня с обсадной колонной. Этому интервалу соответствуют минимальные значения времени T на уровне 480 мкс, высокие значения амплитуды A_k и такие же значения A_n . На глубине 2919,5 – 2920,5 м отмечается участок свободной колонны по максимальным показаниям A_k . Нижняя часть фрагмента – от 2926 м и ниже, до 2946 м характеризуется хорошим сцеплением цементного камня с колонной и горной породой. Здесь повышено время T и повышены значения амплитуды волны по породе A_n , амплитуда волны по колонне A_k – нулевая.

Внутри этого интервала выделяются два метровых по длине участка с частичным сцеплением – глубинах 2937 и 2941 м. Им соответствуют минимальные значения T , увеличение величины A_k и уменьшение A_n .

Поскольку акустическая цементометрия не позволяет определить эксцентричность расположения обсадных колонн в скважине, то ее приходится дополнять гамма-гамма-цементометрией.

Задание

1. Внимательно изучите выданные Вам материалы.
2. Установите местоположение интервалов неполного заполнения затрубного пространства цементом и некачественного сцепления цемента с трубой и с горной породой.
3. Вынесите результаты на интерпретационную колонку в соответствии с условными обозначениями на рис. 2.

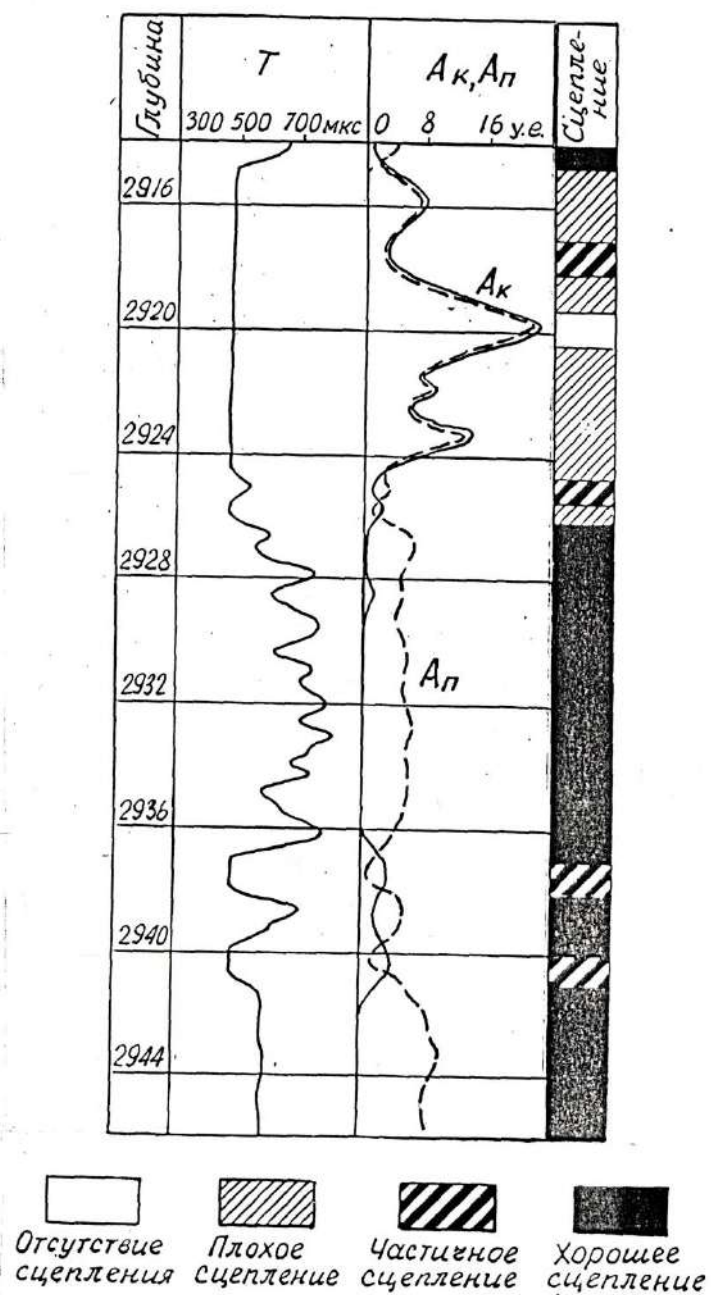
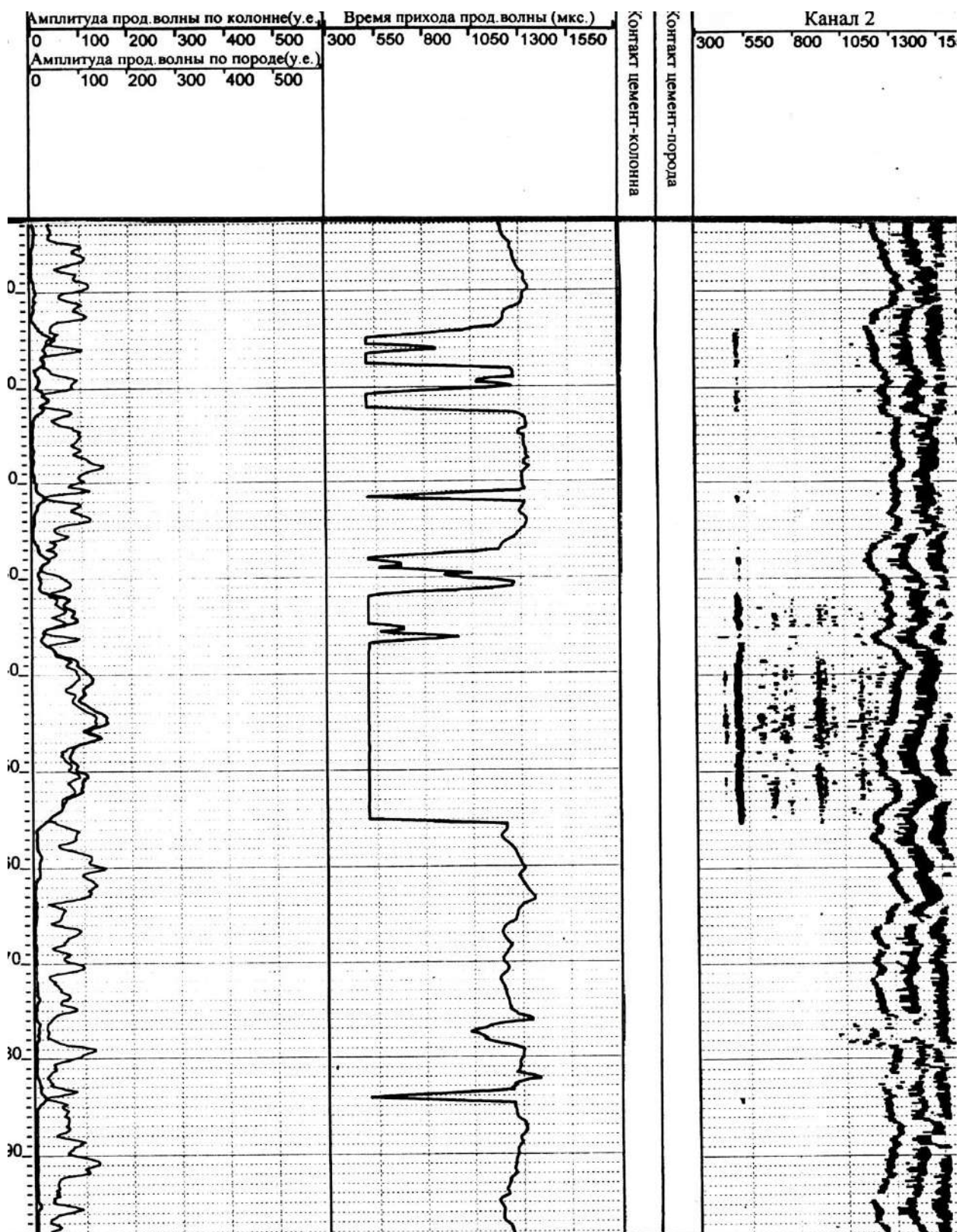


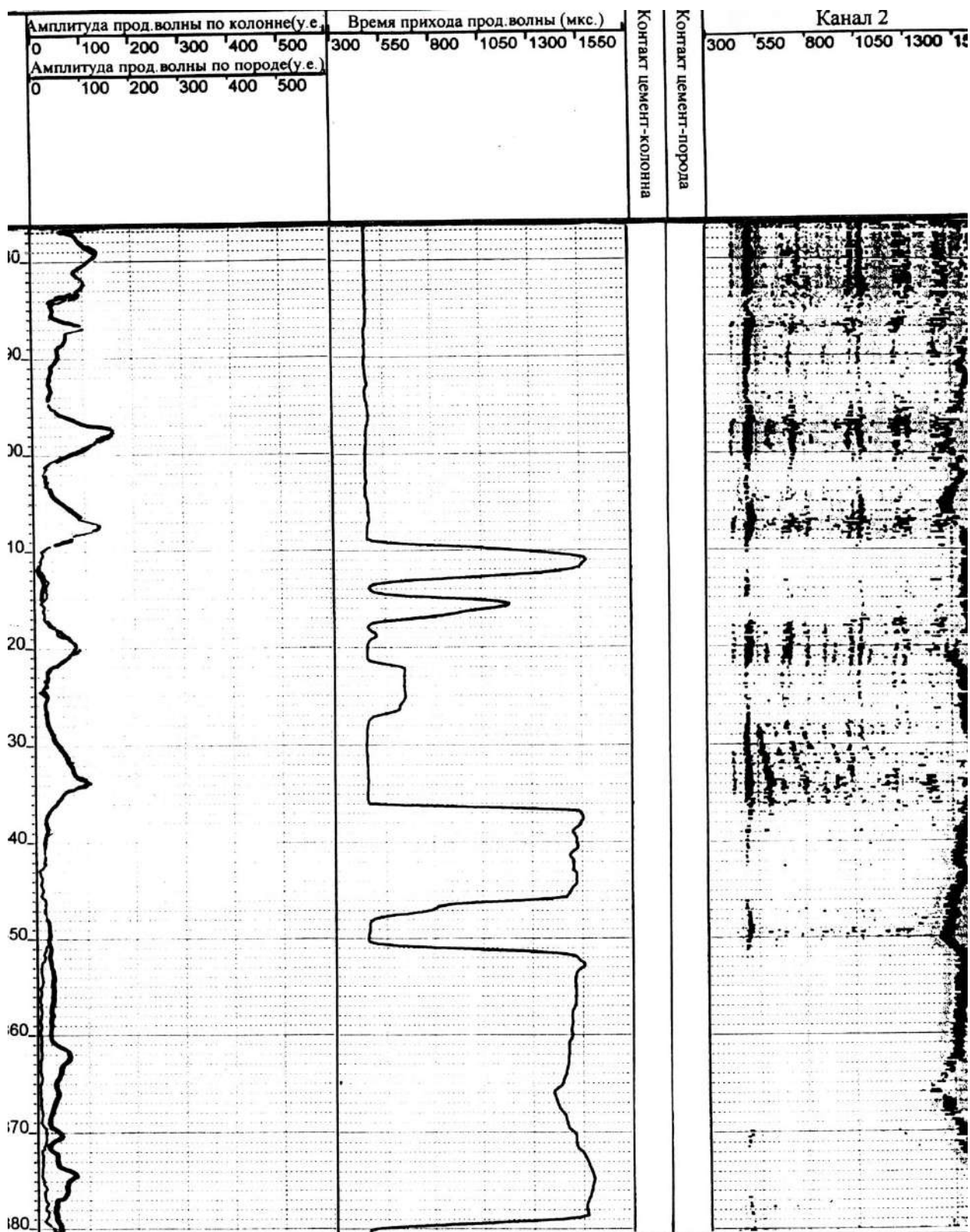
Рис. 2. Результаты акустической цементометрии и ее машинной интерпретации в скв. 4549 Повховской площади (по материалам ОАО «Красноярское УГР»)



Условные обозначения

Колонна

☐ Отсутствует
 ☒ Плохой
 ☒ Сплошной
 ☒ Частичный
 ☒ Неопределенный



Условные обозначения

Колонна

Отсутствует



Плохой



Сплошной



Частичный



Неопределенный

Порода

**ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ
ШИРОКОПОЛОСНОЙ МОДИФИКАЦИИ
АКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА [6, 9, 13]**

В широкополосной модификации акустического метода (АКШ) предусмотрено использование более широкого диапазона частот (1–22 кГц) импульсов, генерируемых излучателями. Это

Таблица 29

Характеристика аппаратуры АКШ, используемой в настоящее время

Прибор	Число монополярных излучателей	Число приемников
АКМ-200	2	16
АКМ-60	2	7
АКМБ	2	11
АКД-8	1	8
МАК	1	16

позволяет повысить в 2–3 раза (при использовании низких частот 4–10 кГц) глубинность метода и обеспечивает изучение разрывов обсаженных скважин при условии качественного цементирования колонны. Главное преимущество АКШ – возможность получения значительно большего объема информации, чем при стандартных акустических исследованиях.

Широкополосные приборы имеют гораздо большее число приемников, чем узкополосные. В табл. 29 приведены современная отечественная аппаратура АКШ и ее характеристики.

Отечественный прибор с дипольными преобразователями – АВАК-7. Он имеет два монополярных излучателя с различными частотами (20, 12, 8 и 2,5 кГц) и два приемника. Прибор позволяет регистрировать P -волну на высоких частотах, S -волну на частоте 8 кГц дипольным зондом, волну Лэмба на частоте 2,5 кГц.

Аппаратура ВАК-8 имеет монополярные и дипольные излучатели и приемники. Частота регулируется и изменяется в диапазоне 2,5–22 кГц.

Фирма «Baker Atlas» разработала аппаратуру ХМАС, которая является наиболее совершенным типом современных акустических приборов. С ее помощью можно регистрировать все типы волн и, кроме того, изучать азимутальную анизотропию свойств исследуемых пород.

При исследованиях методом АКШ получают: а) фазокорреляционную диаграмму (ФКД); б) аналоговые кривые кинематических (ΔT_P , ΔT_S и ΔT_L – интервальное время волны Лэмба^{*)}) и динамических (α_P , α_S и α_L – коэффициент поглощения волны Лэмба) параметров упругой волны (рис. 86); в) видеоизображение волновой картины, фиксируемое кинорегистратором в отдельных

^{*)}Волна Лэмба распространяется по столбу бурового раствора, имеет длину волны порядка диаметра скважины, характеризуется более низкой частотой колебаний и скоростью, чем волна S . При отсутствии влияния трещиноватости обычно $\alpha_L > \alpha_S > \alpha_P$.

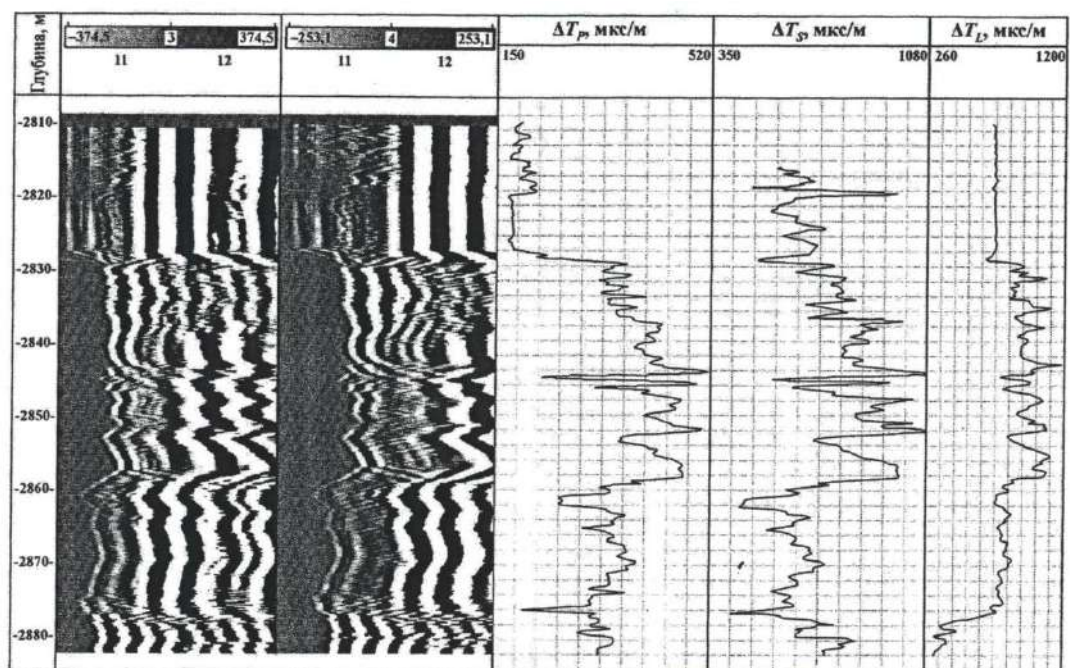


Рис. 86. Пример фазокорреляционной диаграммы (ФКД) и аналоговых кривых ΔT , полученных при исследовании скважины методом АКШ (по В.Н. Черноглазову)

точках разреза, задаваемых оператором. Аналоговые кривые получают путем обработки на ЭВМ по специальным программам данных ФКД. Специальные программы дают возможность с помощью ЭВМ получить непрерывные кривые значений коэффициентов Пуассона σ_n и сжимаемости β_n породы, которые при необходимости для отдельных пластов можно рассчитать по формулам

$$\sigma_n = [0,5(\Delta T_S/\Delta T_P)^2 - 1]/[(\Delta T_S/\Delta T_P)^2 - 1]; \quad (81)$$

$$\beta_n = [3(1 - \sigma_n)\Delta T_P^2]/[\delta_n(1 + \sigma_n)] \quad (82)$$

$$\text{или } \Delta T_P = \sqrt{(\beta_n \delta_n (1 + \sigma_n))/(3(1 - \sigma_n))}. \quad (83)$$

По данным АКШ решаются следующие задачи.

1. Литологическое расчленение разреза – более детальное, чем по материалам стандартного акустического метода.

2. Выделение в разрезе участков, представленных трещинными и кавернозно-трещинными коллекторами с использованием характерного для каждой разновидности «звукового образа» на волновой картине, и прежде всего в участках разреза с интенсивным увеличением ΔT_L , а также ослаблением амплитуд волн S и $P - \alpha_S, \alpha_P$ (рис. X).

3. Расчет величин коэффициента трещиноватости $k_{п.т}$ в интервалах трещинных и порово-трещинных коллекторов и коэффициента кавернозной пористости $k_{п.к}$ в интервалах порово-кавернозных коллекторов.

4. Получение информации об упругих свойствах разреза (акустическая жесткость, коэффициент Пуассона, модуль Юнга и др.), которая используется в комплексе с детальной сейсморазведкой, ВСП, данными накломера и акустического телевизора для построения трехмерной модели изучаемого месторождения.

5. Выявление характера насыщения коллекторов в обсаженной скважине с хорошим качеством цементирования по диаграммам АКШ, полученным после полного расформирования зоны проникновения в коллекторах, по комплексу динамических и кинематических параметров волн P и S .

6. Количественная оценка коэффициентов нефтегазонасыщенности в обсаженной колонной скважине.

Определение типа емкости и количественные оценки коэффициентов $k_{п.т}$ и $k_{п.к}$ выполняются по методике В.М. Добрынина [9] с использованием величины коэффициента сжимаемости породы β_n :

$$\beta_{\text{п}} = \beta_{\text{тв}} + k_{\text{п}} \beta_{\text{пор}} / (1 + \beta_{\text{пор}} / (\beta_{\text{ж}} - \beta_{\text{тв}})), \quad (84)$$

где $k_{\text{п}}$ — коэффициент общей пористости породы; $\beta_{\text{тв}}$, $\beta_{\text{ж}}$ и $\beta_{\text{пор}}$ — соответственно коэффициенты сжимаемости твердой части породы, жидкости, заполняющей емкостное пространство, и пор породы. Коэффициенты сжимаемости твердой фазы для доломитов, известняков и песчаников равны соответственно $1,16 \cdot 10^{-5}$, $1,34 \cdot 10^{-5}$ и $2,5 \cdot 10^{-5}$ МПа $^{-1}$. Коэффициенты сжимаемости воды и нефти определяются в лаборатории. Для водных растворов NaCl сжимаемость определяется в зависимости от минерализации воды $C_{\text{в}}$, пластовых температуры t и давления p (рис. 87).

Величина $\beta_{\text{пор}}$ складывается из компонентов емкостного пространства:

$$\beta_{\text{пор}} = (k_{\text{п.т}}/k_{\text{п}})\beta_{\text{т}} + (k_{\text{п.к}}/k_{\text{п}})\beta_{\text{к}} + (k_{\text{п.мз}}/k_{\text{п}})\beta_{\text{п.мз}}, \quad (85)$$

где $\beta_{\text{т}}$, $\beta_{\text{к}}$ и $\beta_{\text{п.мз}}$ — соответственно коэффициенты сжимаемости трещин, каверн и межзерновых пор, которые определяют экспериментально или рассчитывают теоретически для конкретной модели породы. Коэффициенты сжимаемости межзерновых пор доломитов, известняков и песчаников равны соответственно $10 \cdot 10^{-5}$, $15 \cdot 10^{-5}$ и $20 \cdot 10^{-5}$ МПа $^{-1}$.

Поскольку $\beta_{\text{т}} \gg \beta_{\text{п.мз}}$, для порово-трещинного типа коллектора

$$\beta_{\text{п.т}} \approx (k_{\text{п.т}}/k_{\text{п}})\beta_{\text{т}} + \beta_{\text{п.мз}}. \quad (86)$$

Коэффициент сжимаемости трещин можно определить по формуле

$$\beta_{\text{т}} = (25+135) \cdot 10^{-3} / (p - p_{\text{пл}}), \quad (87)$$

где p и $p_{\text{пл}}$ — соответственно среднее нормальное напряжение и пластовое давление. Значения коэффициента сжимаемости трещин достигают $100 \cdot 10^{-5}$ МПа $^{-1}$ и более.

Коэффициент сжимаемости для порово-кавернозного коллектора определяется по формуле

$$\beta_{\text{п.кав}} = 15 \cdot 10^{-5} - 11 \cdot 10^{-5} (k_{\text{п.к}}/k_{\text{п}}). \quad (88)$$

Для низкопоровых карбонатных коллекторов $\beta_{\text{п.кав}} \approx 4 \cdot 10^{-5}$ МПа $^{-1}$.

Таким образом $\beta_{\text{т}} \gg \beta_{\text{п.мз}} > \beta_{\text{п.кав}}$.

Определив значения величин, входящих в формулы (84–88) для разных случаев — порово-трещинного, межзернового и порово-кавернозного коллектора, и подставив их в формулу (83), получают массив данных для построения палеток $\Delta T_{\text{р}} = f(k_{\text{п.т}}/k_{\text{п}}, k_{\text{п}})$ и $\Delta T_{\text{р}} = f(k_{\text{п.к}}/k_{\text{п}}, k_{\text{п}})$ для пород определенного состава скелета.

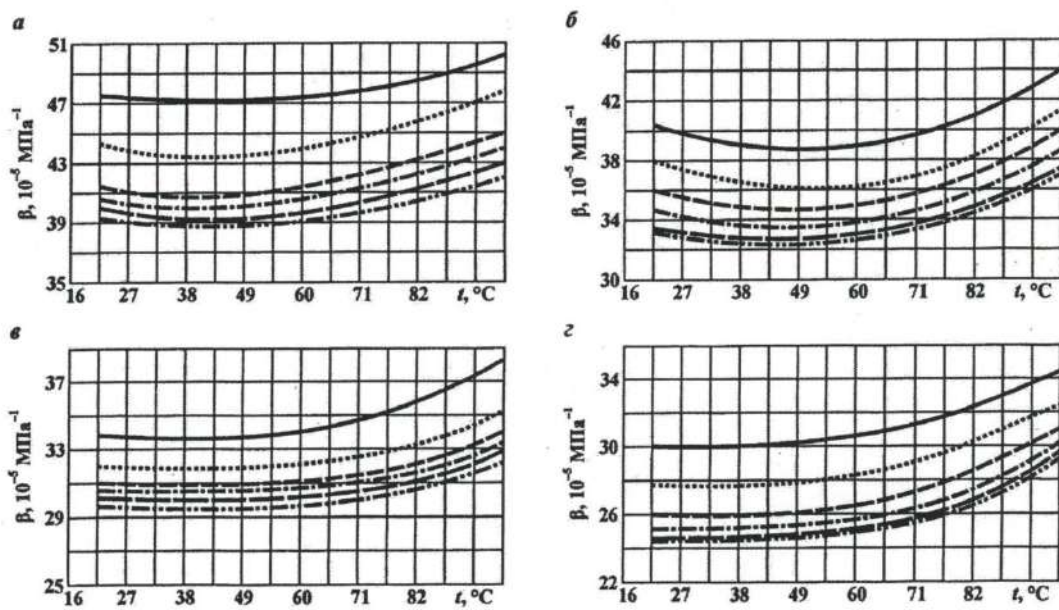


Рис. 87. Зависимость сжимаемости водных растворов NaCl от минерализации, температуры и давления (В.М. Добрынин, 2000): а-г — C_s соответственно 0, 100, 200 и 300 г/л

Давление, МПа:

— 2,5 9,7 - - - 19,3
 - · - · - 29 — 38,7 45,9

На рис. 88 приведен пример расчетной палетки для известняка и доломита. Этой палеткой можно пользоваться при решении обратной задачи для определения типа структуры емкостного пространства и количественных оценок $k_{п.т}$ и $k_{п.к}$.

Пример 50. Выделить трещиноватые участки разреза по материалам АКШ и определить в зонах развития трещин коэффициент трещиноватости $k_{п.т}$ (рис. 89).

В интервале 2355–2378 м выделяем зоны трещиноватости по признаку резкого увеличения коэффициентов поглощения α_s, α_L

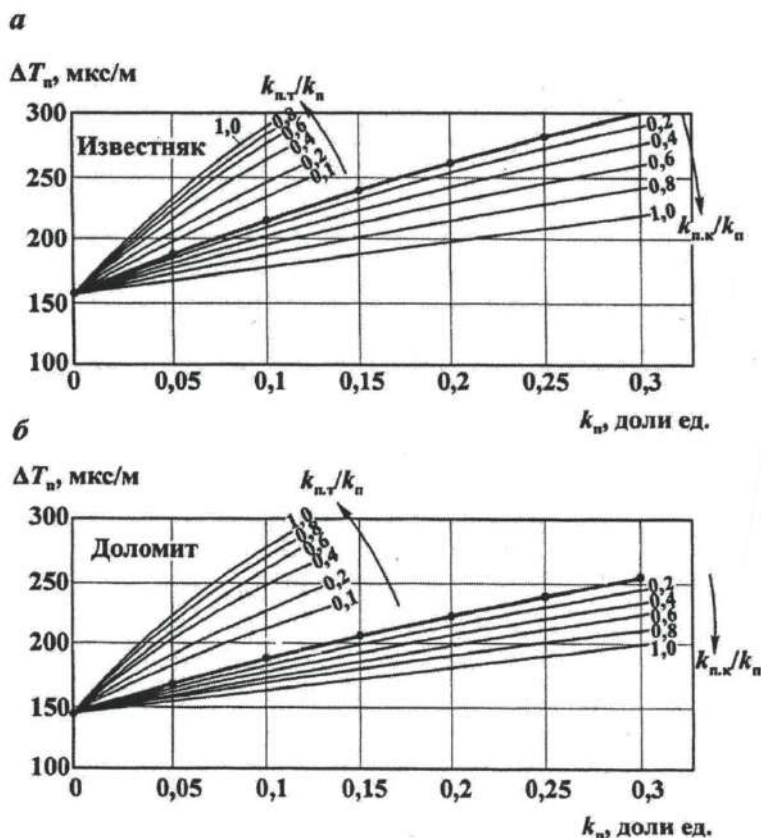


Рис. 88. Палетки для определения типа структуры емкостного пространства и коэффициентов трещинной и каверновой пористости по данным АК для известняка (а) и доломита (б) при насыщении емкостного пространства фильтратом ПЖ

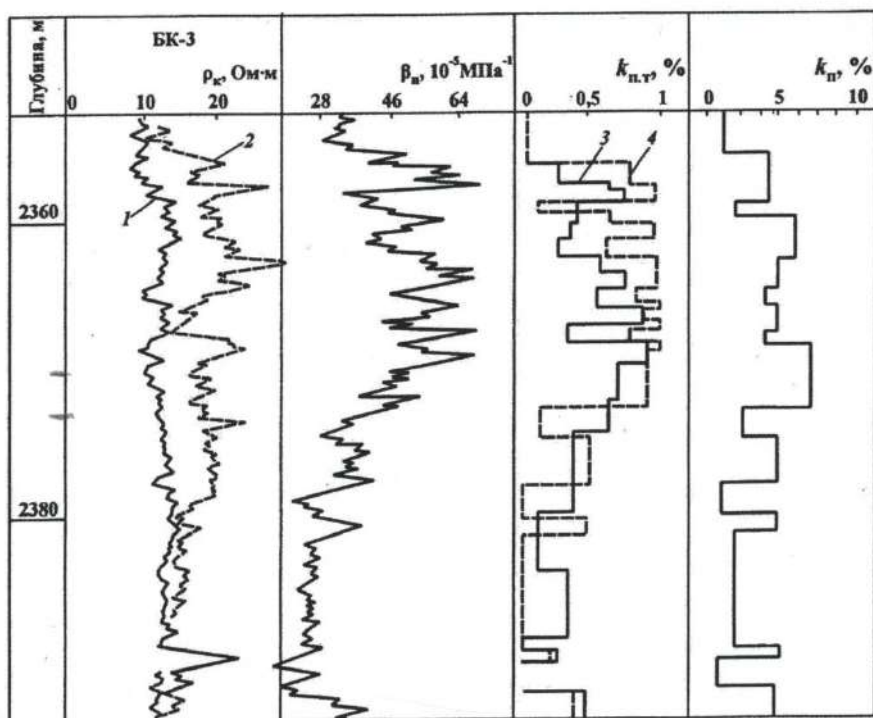


Рис. 89. Определение $k_{п.г}$ по данным АКШ в порово-трещинном коллекторе (карбонатный разрез).
Кривые ρ_k : 1 - $\rho_p = 0,5$ Ом·м, 2 - $\rho_p = 2,4$ Ом·м; графики $k_{п.г}$, построенные по данным методов: 3 - двух растворов, 4 - АКШ (по В.А. Костериной)

(на рисунке эти кривые не приведены). В указанном интервале, представленном известняком, выбираем участок 2370–2373 м, в котором коэффициент сжимаемости $\beta_{п.т}$ по кривой этого параметра равен $46 \cdot 10^{-5} \text{ МПа}^{-1}$. Коэффициент трещинной пористости оценим с помощью формулы (86) или

$$k_{п.т} = k_{п}(\beta_{п.т} - \beta_{п.мз})/\beta_{т}. \quad (89)$$

Значение $\beta_{п.мз}$ принимаем равным $15 \cdot 10^{-5} \text{ МПа}^{-1}$ для известняка, значения коэффициента общей пористости $k_{п} = 6\%$ – в соответствии с результатами определения этого параметра, указанными на рис. 89. Принимая сжимаемость трещин $\beta_{т} = 260 \cdot 10^{-5} \text{ МПа}^{-1}$ и подставляя значения $\beta_{п.т}$, $\beta_{п.мз}$, $\beta_{т}$ и $k_{п}$ в формулу (89), находим $k_{п.т} = 0,8\%$.

Кинематические и динамические характеристики волны Лэмба, полученные на низких частотах упругих колебаний, позволяют выделять в разрезе проницаемые зоны коллекторов. В этом случае снижение скорости распространения и интенсивное затухание волны Лэмба обусловлено гидродинамическими свойствами коллектора – фильтрацией жидкости из скважины в пласт под действием упругой волны или, при наличии глинистой корки, передачей упругих колебаний через нее в пласт, что обеспечивает движение жидкости в пласте. С целью выделения зон с повышенными фильтрационными свойствами в глинистых породах целесообразно выполнять нормализацию показаний ΔT_L и ГМ. Превышение значений ΔT_L над нормализованными значениями ГМ позволяют выделить эти интервалы.

Задачи

94. Выделить зоны карбонатных коллекторов с высокими фильтрационно-емкостными свойствами по аномальным показаниям кривой ΔT_L в комплексе с показаниями других методов ГИС (НГМ, ГМ, АМ, БМ, ИМ, СП и каверномер) в разрезе скважины, вскрывшей породы ассельско-сакмарского возраста одного из месторождений Тимано-Печорской НГП (рис. XI). Коллекторы относятся к межзерновому типу.

Использование дипольного зонда аппаратуры ХМАС позволяет исследовать азимутальную анизотропию пород, которая может быть обусловлена трещиноватостью или напряженным состоянием пород. Возможность выделения этих зон основана на эффекте расщепления поперечной волны на две составляющие – низко- и высокоскоростную компоненты, которые распространяются в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Быстрая компонента, на которую приходится основная часть энергии волны, распространяется параллельно направлению преобладающей системы трещин. Менее интенсивная медленная компонента распространяется перпендикулярно направлению трещин. Аппаратура позволяет рассчитать коэффициент азимутальной анизотропии и выделить аномальные зоны, обусловленные наличием трещин, а также оценить азимут простирания трещинных систем (рис. XII).

95. Выделить зоны развития трещин по данным дипольного зонда (аппаратура ХМАС) на основании аномалий коэффициента азимутальной анизотропии (см. рис. XII).

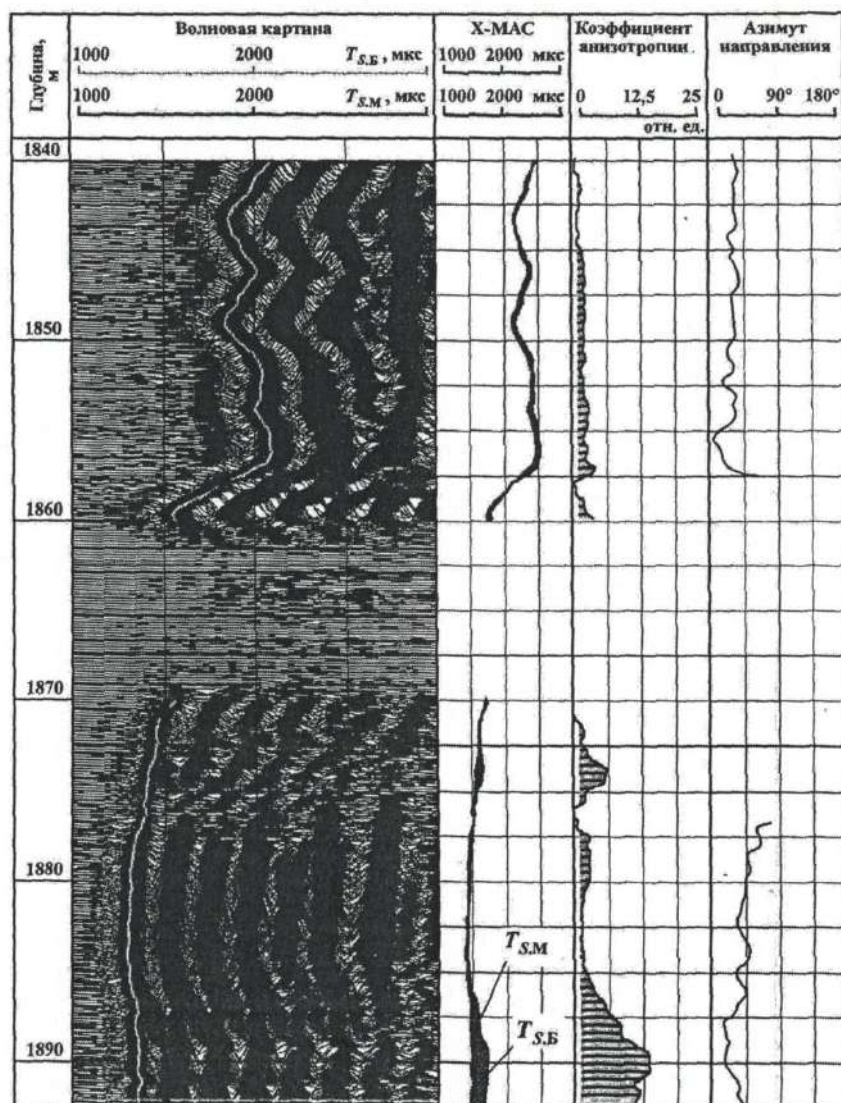


Рис. XII. Выделение зон трещиноватости, определение азимута направления трещины и коэффициента анизотропии по быстрой и медленной компонентам поперечной волны.
Аппаратура ХМАС: по материалам В.М. Кузнецова (ВНИИИгеофизика), В.И. Рыжкова (ИПНГ) и компании «Шлюмберже»

Рис. XIII. Комплекс методов ГИС, включающий диаграммы ядерно-магнитного метода в варианте ССП, в терригенном разрезе покурской свиты одного из месторождений Вартовского свода

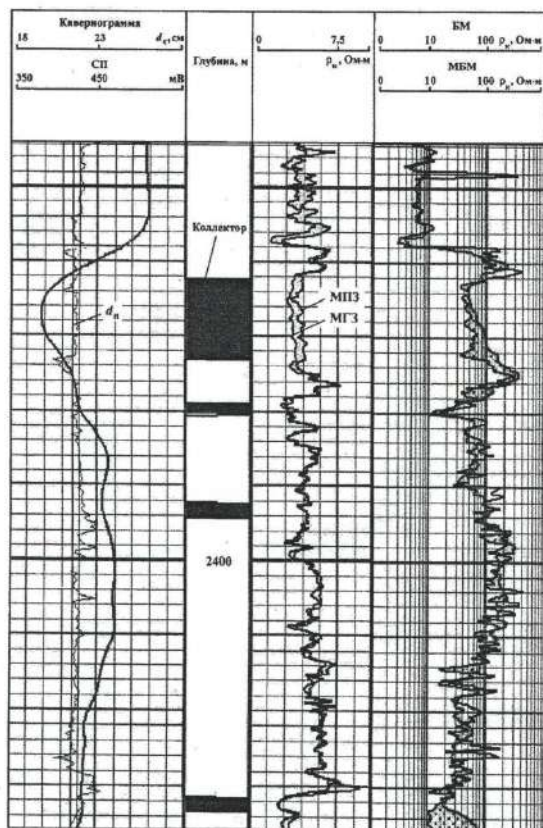
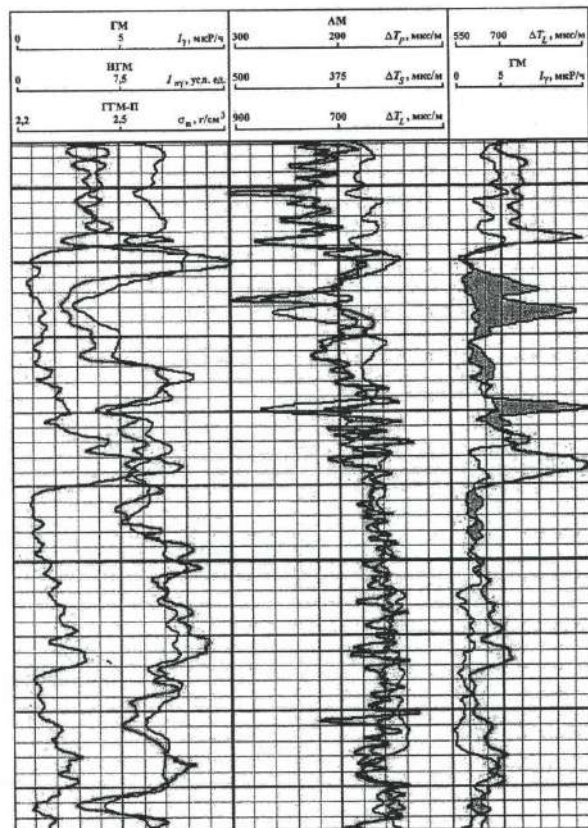


Рис. XI. Комплекс методов ГИС по участку карбонатного разреза чурской НПЗ.
 $d_e = 216$ мм, $\rho_c = 1,1$ Ом-м в пластовых условиях



ассельско-сакмарского возраста одного из нефтяных месторождений Тимано-Печорской

Интерпретация результатов метода вертикального сейсмического профилирования (ВСП)

Вертикальное сейсмическое профилирование заключается в изучении с помощью сейсмоприемников, установленных в скважине, полей упругих волн, созданных приповерхностным источником.

С помощью метода ВСП возможно литологическое расчленение разрезов скважин, определение пластовых скоростей упругих волн и изучение геометрии границ раздела сред с разными акустическими свойствами в околоскважинном пространстве или ниже забоя скважины.

Изменения физических свойств пород, связанные с проходкой скважины, наличие в ней бурового раствора или обсадных труб не оказывает влияния на результаты ВСП.

Метод ВСП может осуществляться в различных модификациях, различающихся по частотам волнового поля или по взаимному расположению источников и приемников упругих колебаний.

Для возбуждения упругих колебаний в горных породах применяют источники как взрывного так и невзрывного типов. В качестве приемников используют сейсмоприемники электродинамического или пьезоэлектрического типов, которые прижимают к стенке скважины.

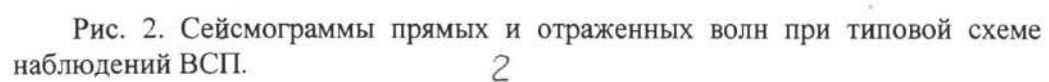
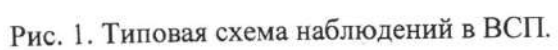
Современная аппаратура ВСП позволяет размещать в скважинах до 12 сейсмоприемников.

Расстояние от пункта взрыва до устья скважины, в которой установлены сейсмоприемники, обычно невелико по сравнению с глубиной скважины и составляет от 50 до 200 м. Один и тот же вертикальный профиль (т. е. скважина) может быть отработан при серии взрывов, расположенных на разных расстояниях от устья скважины и под разными азимутами от нее.

Как показано на рис.1, к приемникам, расположенным в скважине, приходят и прямые и отраженные волны. По направлению прихода волны к приемникам они подразделяются на падающие (прямые) и восходящие (отраженные). К приемнику, расположенному на отражающей границе, пересеченной скважиной, падающая и восходящая волна приходят одновременно.

На рис. 2 изображены волновые картины и оси синфазности колебаний, зарегистрированных приемниками при схеме наблюдений, приведенной на рис. 1. Ось синфазности ОАВС по существу представляет собой годограф прямой (падающей) волны.

Оси синфазности АО', ВА'О'', СВ'А''О''' – годографы волн, отраженных соответственно от I, II и III отражающих границ.



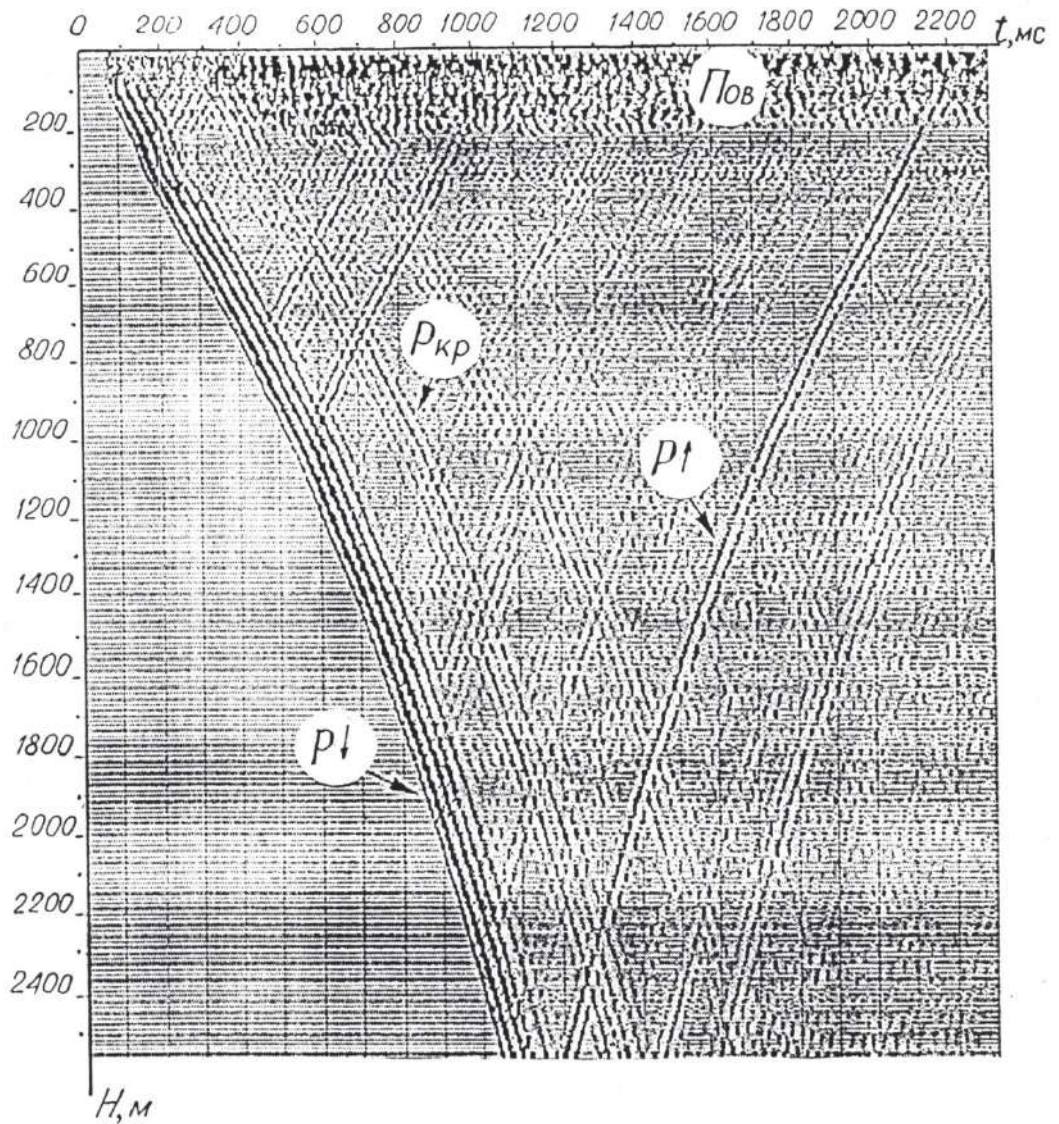


Рис. 3. Сейсмический разрез ВСП. Расстояние ПВ от устья скважины – 95 м.

$P\downarrow$ – падающая волна; $P\uparrow$ – восходящая (отраженная волна);
 $\Pi_{\text{ов}}$ – поверхностная волна. (По материалам А. А. Чернова, 2006)

Точки пересечения осей синфазности прямых и отраженных волн определяют положение отражающих границ. Таким образом могут быть выявлены и границы, располагающиеся ниже забоя скважины (граница III).

Пересечения типа О'К-КК' соответствуют волнам-помехам, т. е. «кратным волнам», претерпевшим отражение от ближайшей к поверхности границы раздела и от самой поверхности Земли.

Результаты обработки данных ВСП позволяют определить скоростную характеристику разреза.

Скорость упругих волн в среде может быть рассчитана по годографу падающей волны.

Средняя скорость от поверхности Земли до заданной глубины H равна:

$$V_{\text{ср}} = \frac{\sqrt{H^2 + l^2}}{t}, \quad (1)$$

где t – время пробега волны до заданной глубины H ,

l – расстояние источника упругих волн от устья скважины.

Скорость, определяемая по разности времен Δt пробега волны между двумя соседними точками, расположенными на расстоянии ΔH одна от другой, называется интервальной скоростью

$$V_{\text{инт.}} = \frac{\Delta H}{\Delta t}. \quad (2)$$

Задание

1. Внимательно изучите выданные Вам материалы.
2. По пересечениям осей-синфазности прямых и отраженных волн определите положение отражающих границ.
3. Разбейте годограф падающей волны на участки с одинаковым углом наклона.
4. По формуле (2) рассчитайте интервальную скорость для этих участков разреза.

Составил – И. Г. Сковородников

Рад. N5, вар. I, II, III.

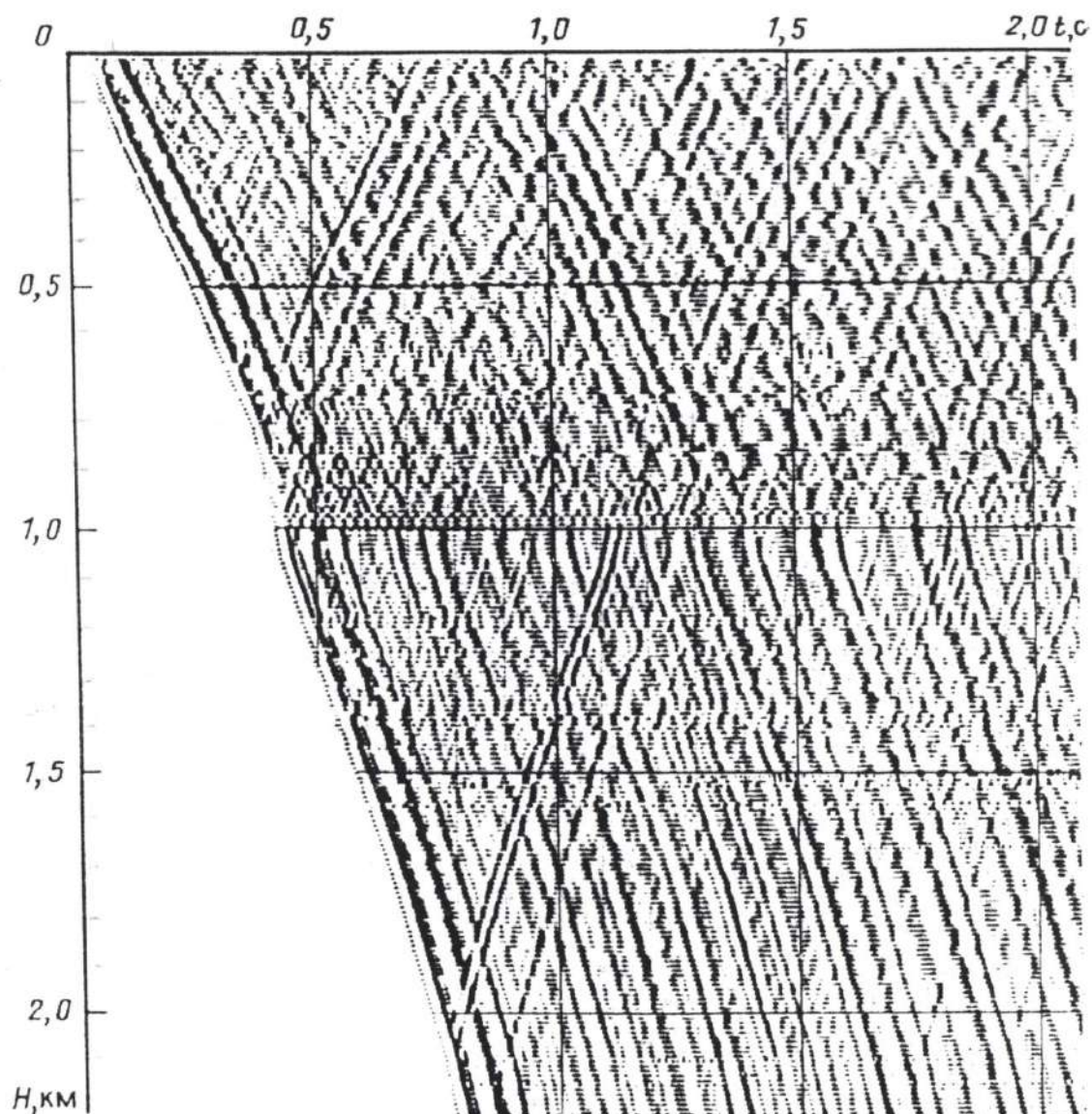


Рис. Сейсмограмма ВСП

$l_{\text{пр-сис}} = 60 \text{ м.}$

ЗАДАНИЕ
(для всех вариантов)

**Интерпретация результатов межскважинного акустического
прозвучивания**

Метод акустического прозвучивания (МАП) заключается в возбуждении упругих колебаний источником, находящимся в одной скважине, и регистрации этих колебаний в другой скважине. При наличии в межскважинном пространстве акустических неоднородностей, с худшими, чем у вмещающих пород упругими свойствами, позади препятствия наблюдается зона акустической тени, в пределах которой уменьшается амплитуда упругих волн и увеличивается время их прихода.

Таковыми «препятствиями» могут быть, например, карстовые полости в известняках, тела негматитов в гранитах и некоторые другие геологические образования.

Импульс упругих колебаний в методе МАП возбуждается посредством электрогидравлического удара, который возникает при взрыве металлической проволоочки в скважинной жидкости, когда на эту проволоочку падают мощный импульс электрического тока.

Упругие колебания, распространившиеся через скважинную жидкость в горные породы, улавливаются в другой скважине с помощью приемника электродинамического типа.

Поскольку размер излучателя очень мал, то на расстоянии $r > \lambda$ от излучателя фронт волны может быть принят за плоский (λ – длина волны).

Работы могут проводиться либо синхронным способом при одновременном и одинаковом изменении глубины и излучателя и приемника, либо веерным способом (аналог шагового способа в методе РВП).

При веерном способе рекомендуется приемник оставлять на одном месте, а излучатель перемещать по скважине и останавливать через каждые 10 м.

В местах резкого изменения волновой картины шаг может быть уменьшен до 5 или 1 м.

Предельная дальность акустического прозвучивания (просвечивания) – 150 м.

Первичная обработка материалов МАП заключается в вычислении средних скоростей проходящих волн по лучам просвечивания и определения их амплитуды или коэффициентов их поглощения.

Местоположение аномальных объектов определяется методом засечек, аналогично тому, как это делается в методе РВП.

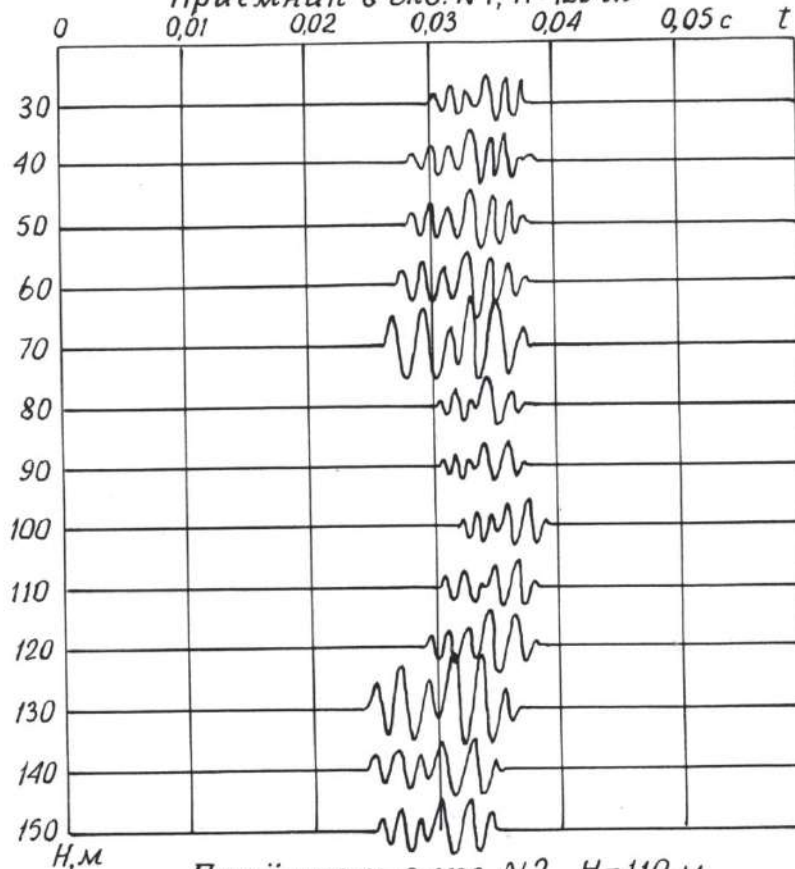
ЗАДАНИЕ

1. По выданному геологическому разрезу определить длину r лучей просвечивания для каждой точки стояния приемника. Занести это данные в таблицу.
2. Рассчитать среднюю скорость упругих волн по формуле $V_{\text{ср}} = \frac{r}{t}$. Занести в таблицу.
3. По сейсмограммам определить амплитуду продольной волны A_p .
4. Построить графики $V_{\text{ср}}$ и A_p и по ним выделить аномальные зоны.
5. Провести «засечки» и определить местонахождение аномального объекта в плоскости геологического разреза.
6. Написать отчет.

Составил: И. Г. Сковородников

Вар. I, раб. № 6

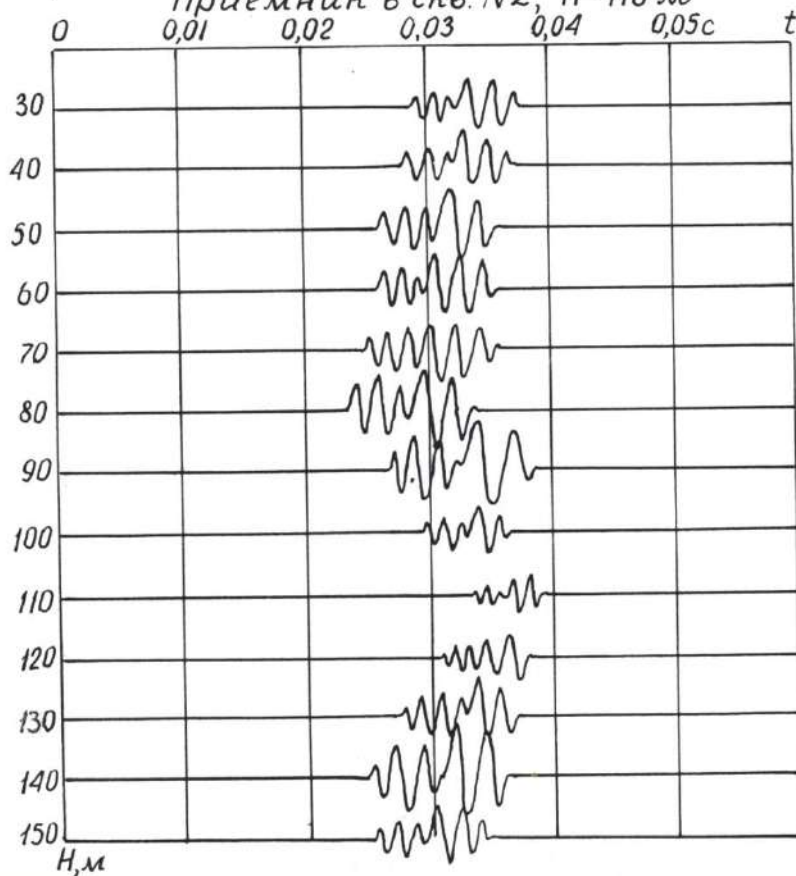
Приёмник в скв. N1, H=120 м



z, μ	$V_{cp} \frac{\mu \mu}{c}$	$A_{p, \mu B}$

H, M

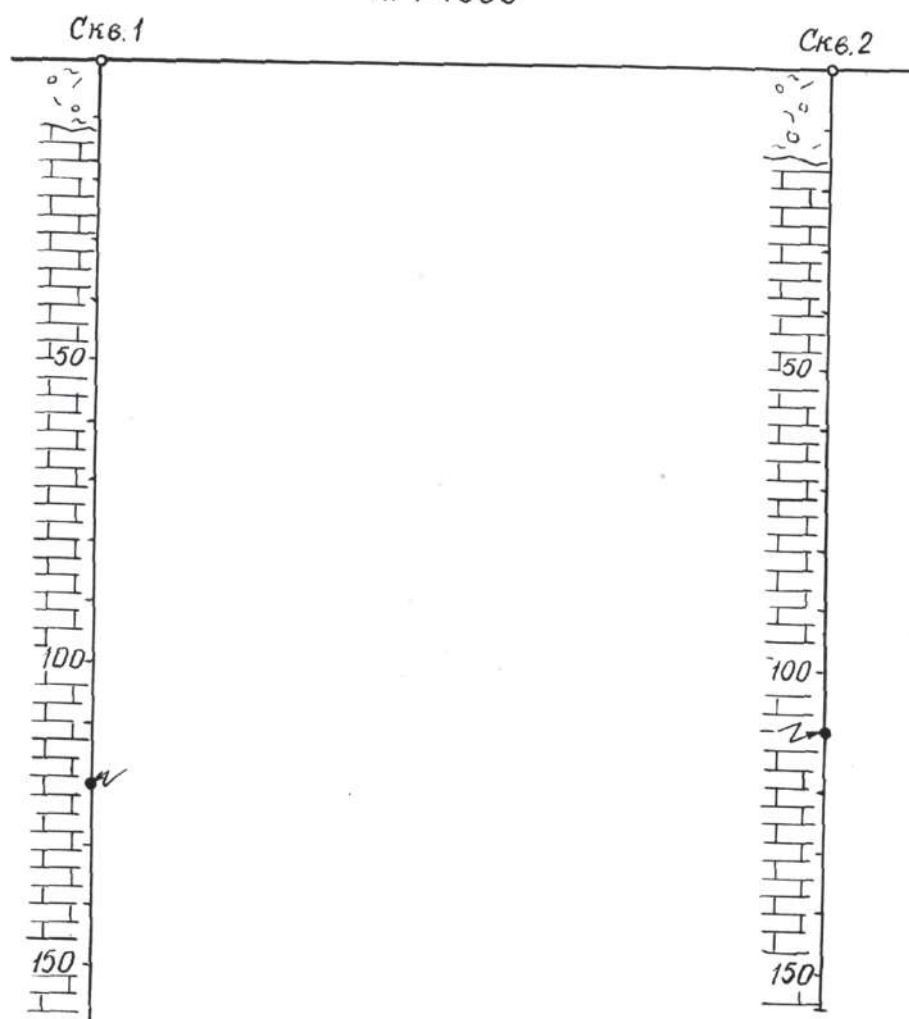
Приёмник в скв. N2, Н=110 м



ξ, μ	$V_{CP}, \frac{\mu\mu}{c}$	$A_P, \mu B$

Вар. I, раб. № 6

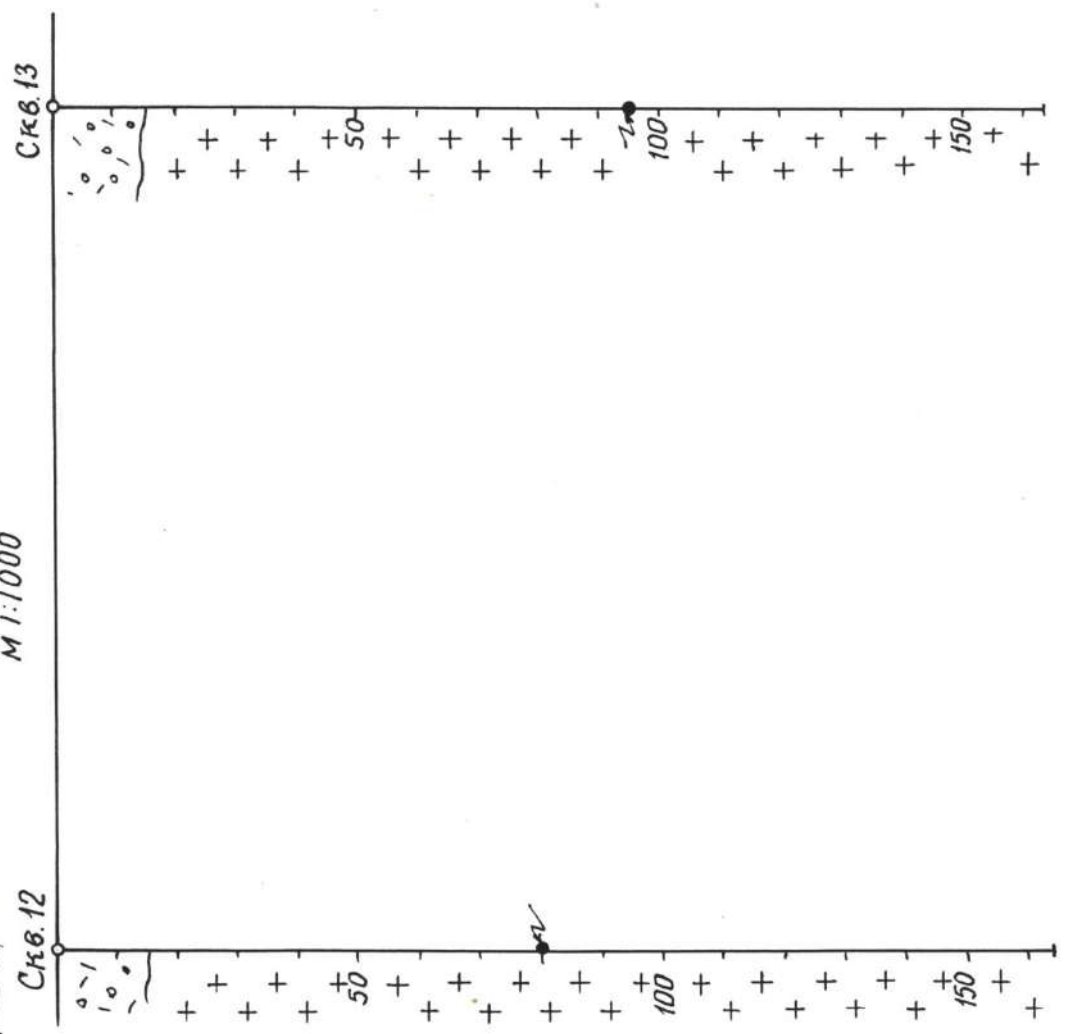
M 1:1000



Вар. II, раб. №6

M 1:1000

Студент _____



РАБОТА №

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДИАГРАММ ИНДУКЦИОННОГО КАРОТАЖА

изначально был

Индукционный каротаж ^{изначально был} предназначен для электрических исследований в сухих скважинах или скважинах, бурящихся на непроводящих (нефтяных) растворах / . Может применяться в случае обсадки скважин асбоцементными или пластмассовыми трубами. Особенно хорошие результаты дает при изучении пластов низкого сопротивления от 0 до 50 ом.м.

Прибор индукционного каротажа (рис.1) состоит из генераторной 1 и приемной 2 катушки. Расстояние между ними называется длиной зонда L . Через генераторную катушку пропускается переменный ток от РС -генератора 3 с частотой 10÷200 кгц. Переменное магнитное поле этого тока индуцирует вихревые токи в породах, окружающих скважинный снаряд. Магнитное поле вихревых токов, в свою очередь, индуцирует в приемной катушке Э.Д.С., которая поступает на усилитель 4. Если ток генератора имеет постоянную частоту и силу, то ЭДС в приемной катушке прямопропорциональна взаимной индукции катушек, т.е. длине зонда и электропроводимости среды σ :

$$e = c \cdot \sigma$$

и, следовательно, обратно пропорциональна электрическому сопротивлению R . (c - постоянная, зависящая от конструкции зонда).

Перед спуском в скважину снаряд настраивается с помощью дополнительной компенсационной катушки так, чтобы отсчет в воздухе был равен 0. Поскольку регистрируемый сигнал в индукционном каротаже пропорционален кажущейся проводимости, то масштаб проводимостей на диаграммах получается линейным, а масштаб сопротивлений - гипербодическим, растянутым в области низких сопротивлений и сжатым в области высоких. Эта особенность диаграмм обеспечивает хорошую дифференциацию разреза с удельными электрическими сопротивлениями только до 50 Ом.м.

Область исследования индукционного зонда в радиальном и вертикальном направлениях характеризуется графиками соответствующих геометрических (или пространственных) факторов /Долль/.

На рис.2 представлен график радиального геометрического фактора q_z двухкатушечного зонда. Этот график показывает относительное влияние на сигнал тонких цилиндрических слоев различного радиуса. Из графика видно, что при равном сопротивлении наибольшее влияние имеют слои, находящиеся на расстоянии $z = 0,5L$, наименьшее - в бесконечности ($z \gg L$) и вблизи снаряда ($z \ll L$). При различной электропроводности вклад каждого слоя в общий сигнал пропорционален произведению его геометрического фактора на электропроводность. Так, например, если на рис.2 среда А - буровой раствор скважины, В - зона проникновения и С - неизменная часть пласта, то суммарный геометрический фактор каждой из этих сред будет соответствовать площади а, в или с на радиальной характеристике.

Вклад каждой из этих зон в суммарный сигнал будет определяться произведением проводимости среды на её суммарный геометрический фактор.

Таким образом, график радиального геометрического фактора удобен для оценки влияния скважины и зоны проникновения на результаты измерений.

На рис.3 представлен график вертикального геометрического фактора q_e , который характеризует относительное влияние на сигнал горизонтальных слоев, против которых располагается прибор. При равном сопротивлении наибольший вклад в общий сигнал дают слои, расположенные напротив середины снаряда, с удалением слоев от центра снаряда их влияние медленно убывает.

Как показывает рис.3, слой конечной мощности Д между бесконечными Е и F будет иметь суммарный геометрический фактор q_e , соответствующий площади "d"; а слои Е и F - соответственно площадям "e" и "f" на графике вертикальной характеристики. График вертикального геометрического фактора является основой для оценки влияния вмещающих пород.

На практике в зонды индукционного каротажа 5Ф1,2; 6Ф1 и др., кроме двух основных катушек, вводятся несколько дополнительных генераторных катушек, называемых фокусирующими.

Эти катушки вместе с основной приемной образуют вспомогательные вонды меньшей длины. Т.к. фокусирующие катушки включены навстречу основной, с их помощью удается скомпенсировать влияние цилиндрической зоны, расположенной в радиусе от 0 до 50-100 см. Основное влияние на измеряемый сигнал в многокатушечном зонде оказывает зона радиусом от $0,5 \pm 1$ до 1,5 м.

На рис. 4 показаны графики радиального геометрического фактора многокатушечных зондов.

Таким образом, в индукционном каротаже удается почти полностью избавиться от влияния скважины и зоны проникновения, особенно при сопротивлении бурового раствора более 1 Ом-м и повышающем проникновении его в пласт.

Скважина практически не влияет на результаты измерений при $\alpha < 0,4$ м /Латышова М.Г./ . При диаметре $\alpha > 0,4$ м влияние скважины может быть определено по показаниям против плотных, высокоомных пород.

Кривая индукционного каротажа против таких пластов должна доходить до нулевой линии ($\rho = \infty$; $\sigma = 0$). Поправка за влияние скважины может быть введена непосредственно на диаграмме путем соответствующего смещения нулевой линии /Плюсин/.

Зона проникновения при неглубоком ($2 \div 4\alpha$) проникновении не вносит искажений в результаты измерений. В случае глубокого, и особенно понижающего проникновения, удельное сопротивление пород может быть найдено только при интерпретации комплексных электрических измерений.

Вмещающие породы в индукционном каротаже влияют на результаты измерений значительно меньше, чем в методе НС, а для пластов мощностью более 2-4 м (в зависимости от марки зонда) этим влиянием можно пренебречь.

Для тонких пластов на основании вертикального геометрического фактора рассчитаны палетки учета влияния вмещающих пород.

Рассмотрим порядок решения основных вопросов интерпретации диаграмм индукционного каротажа.

Определение контакторов и мощностей пластов

Как показывают теоретические расчеты /Плюсин/, кривые индукционного каротажа имеют простую симметричную форму, без заметных искажений на границах пластов. Для определения мощ-

ностей пластов применяется правило полуэкстремума амплитуды аномалии. Мощность, найденная по этому правилу, обозначается h_{ϕ} (фиктивная). При больших мощностях пластов ($h > 24$) h_{ϕ} совпадает с истинной мощностью, для маломощных пластов отличается от истинной мощности тем больше, чем меньше мощность пласта и чем больше отношения сопротивленности пласта к сопротивлению вмещающих пород. Для маломощных пластов истинная мощность по h_{ϕ} может быть найдена с помощью палетки рис. 5.

Определение сопротивления пластов

Экстремальное значение кажущегося сопротивления против середины мощного пласта практически равно удельному сопротивлению пласта неограниченной площади. С уменьшением мощности пласта амплитуда аномалии уменьшается тем больше, чем меньше мощность пласта.

По кажущемуся сопротивлению, снятому с диаграммы индукционного каротажа, в случае отсутствия глубокого проникновения бурового раствора, можно определить истинное сопротивление пласта по номограммам рис. 7. Эти номограммы рассчитаны для диаметра скважины равного 0 и для одинаковых сопротивлений подстилающих и покрывающих отложений. Шифр кривых — отношение $R_{пл} / R_{вм}$. Работа ведется в следующем порядке.

1. Производится отсчет R_k против исследуемого пласта.
2. Определяется сопротивление вмещающих пород, как среднее арифметическое между сопротивлением подстилающих и покрывающих отложений.
3. Находится мощность пласта h , по описанным правилам.
4. Подсчитываются отношения $R_k / R_{вм}$; h / L .
5. По номограмме рис. 7 определяется истинное сопротивление пласта.

Пример интерпретации диаграммы индукционного каротажа приведен на рис. 8.

В рассматриваемом интервале хорошо выделяются ² мощных пласта нефтенасыщенных песчаников мощностью 6,5 и 7 м. Границы пласта легко отбиваются по диаграммам индукционного каротажа, КС и микрозондов. (1967-1973, 5 м). (1936, 5-19

Находящееся сопротивление по индукционному каротажу составляет $R_k = 15$ ом.м.

Сопротивление плавающих пород составляет $R_{вн} = \frac{5+4}{2} = 4,5$ ом.м.

При длине зонда прибора ПМС-1 $L = 0,75$ м $k/L = 6$; $R_k/R_{вн} = 3,1$. Истинное сопротивление пласта, найденное по палетке, составляет 15 ом.м., т.е. при большой мощности пласта и малом диаметре скважины R_k , снятое с диаграммы индукционного каротажа, в первом приближении может быть принято за истинное сопротивление.

Как показывает рассмотренный пример, при благоприятных условиях по индукционному каротажу истинное сопротивление пластов может быть определено гораздо быстрее и дешевле, чем по БЗ. Этим объясняется широкое распространение метода в последние годы за границей, особенно в США.

З а д а н и е

1. Скопировать задание.
 2. Определить мощность нефтеносных пластов по И.К.
 3. Определить сопротивление нефтеносных пластов.
- Все исходные данные занести в таблицу.

Таблица

№ пласта	Интервал	h (м)	R_k (ом.м)	$R_{вн}$ (ом.м)	$R_k/R_{вн}$	k/L	M	$R_{пл}$ (ом.м)
----------	----------	---------	--------------	-----------------	--------------	-------	-----	-----------------

4. Сравнить полученные данные с результатами интерпретации БЗ. Если существуют расхождения между данными этих методов, объяснить их причину.

5. Написать отчет по проделанной работе.

Составил: Сковородников А.А.

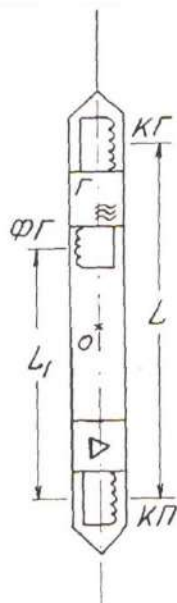


Рис. 1. Зонд индукционного каротажа

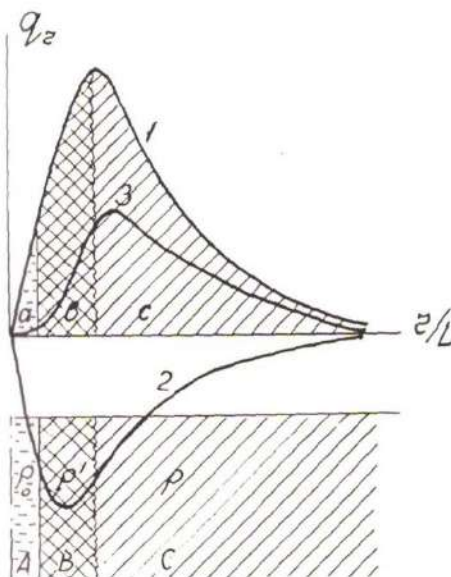


Рис. 2. Радиальный геометрический фактор 1-двухкатушечного зонда КГ-КГ, 2-однокатушечного зонда ФГ-КГ, 3-трехкатушечного зонда

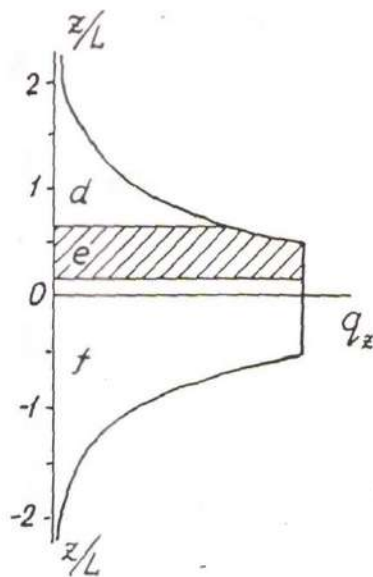
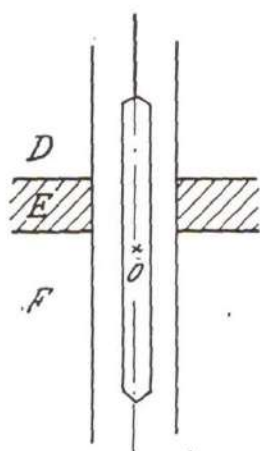


Рис. 3. Вертикальный геометрический фактор зонда ИК

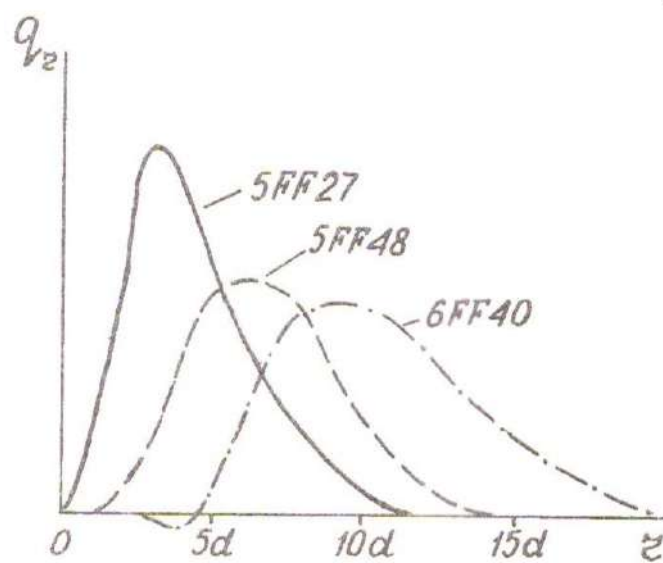


Рис. 4. Графики радиального геометрического фактора нескольких многослойных зондов ИК

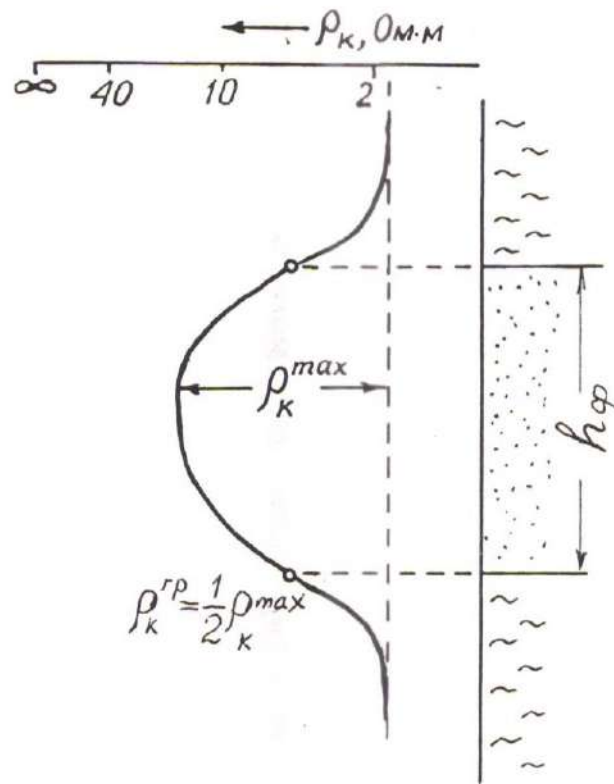


Рис 5. Определение фиксированной
толщины пластины h_ϕ по правилу
полунаименьшего сигнала ИК

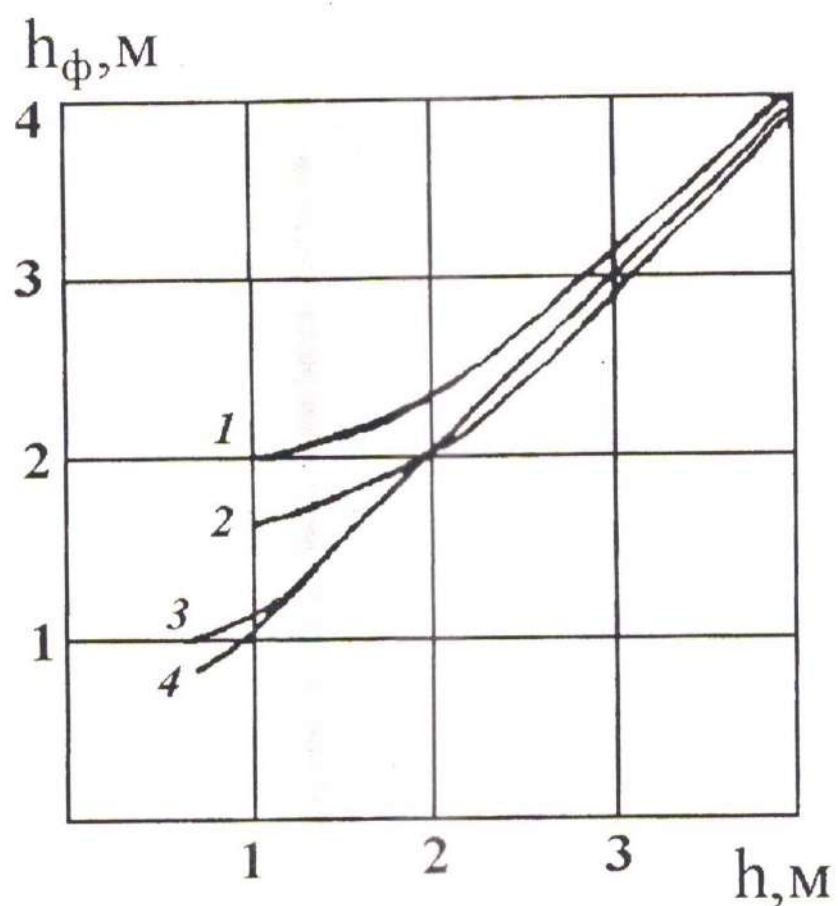


Рис. 6. Зависимости фиктивной мощности h_{ϕ} от фактической для зондов 5Ф1,2 (кривые 1,2) и 6Ф1 (кривые 3,4)

$1 \text{ и } 3 - P_{\text{пл}} < P_{\text{вм}}, 2 \text{ и } 4 - P_{\text{пл}} > P_{\text{вм}}$

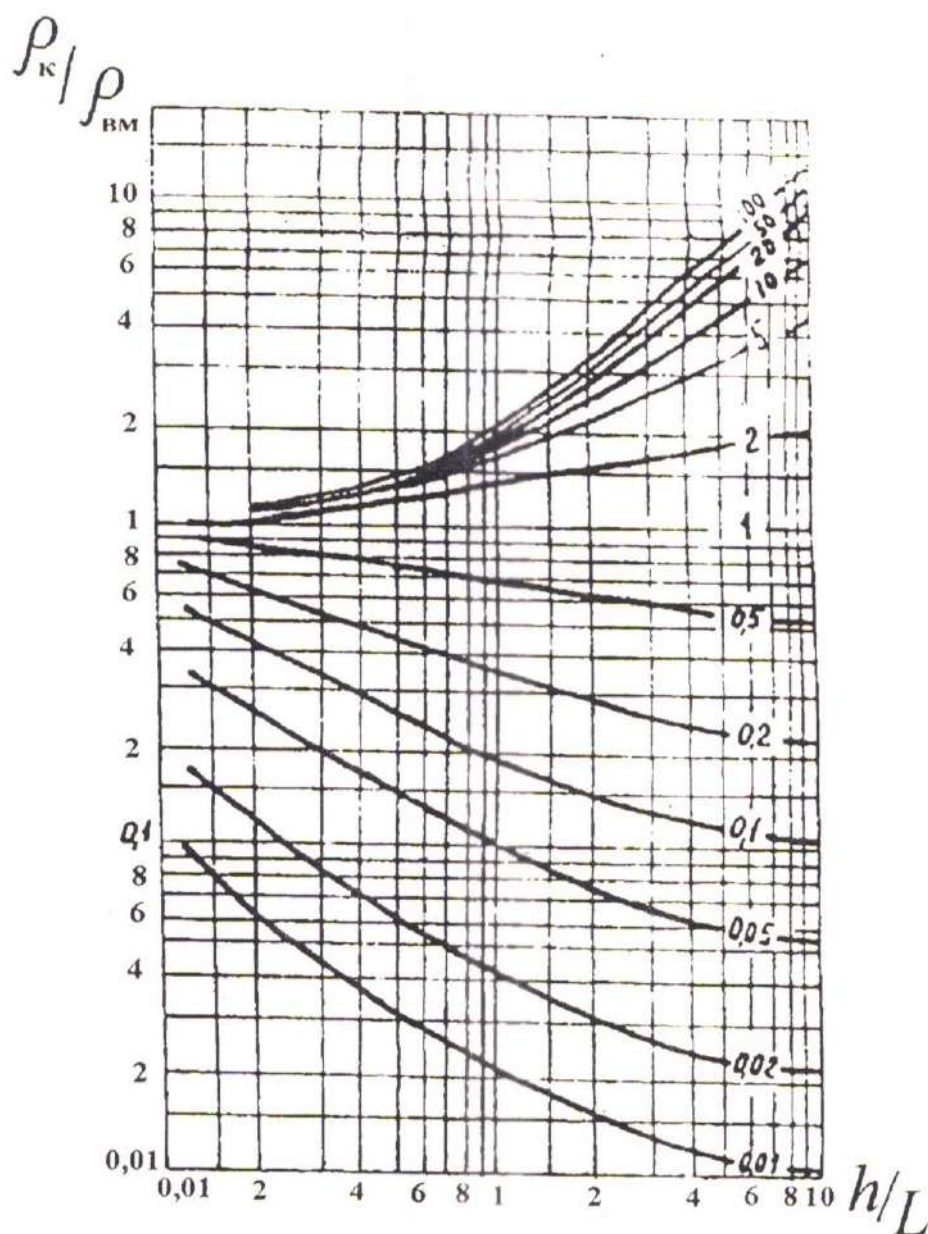


Рис. 7. Палетка для определения истинного удельного сопротивления пород по данным индукционного метода

Шифр кривых $\frac{\rho_{пл}}{\rho_{нм}}$

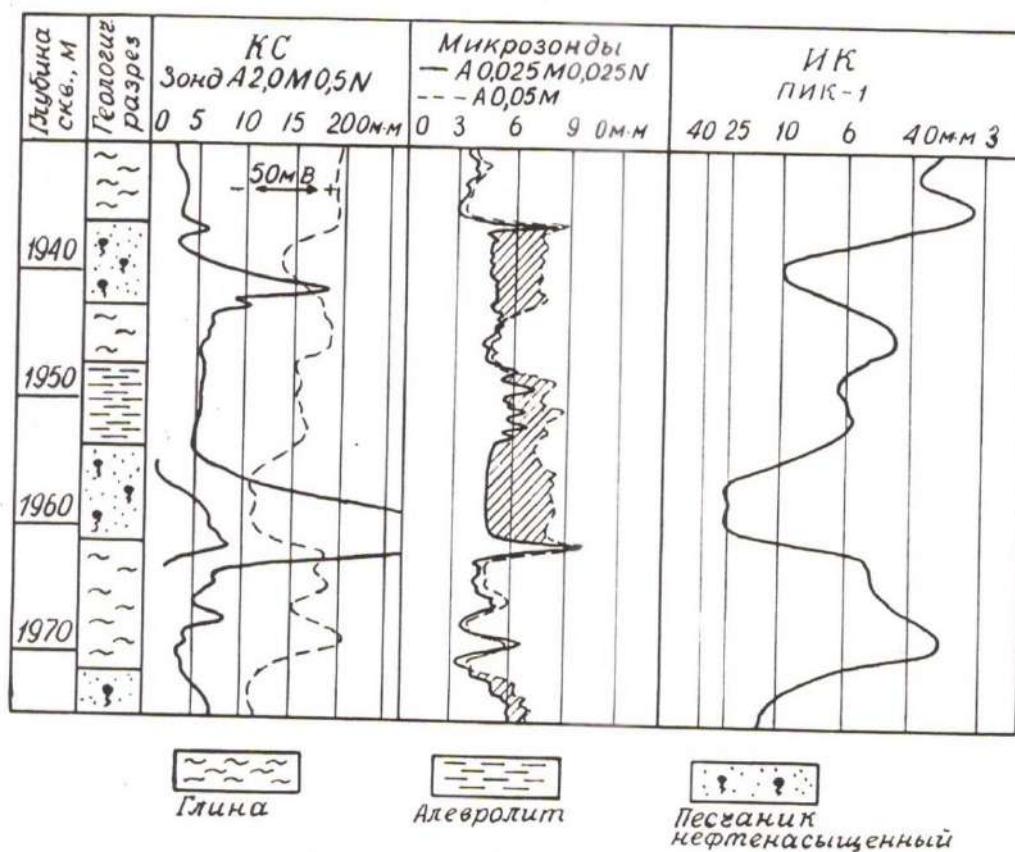


Рис 8. Пример интерпретации диаграммы ИК
в комплексе с диаграммами КС, ПС и микрозондов
(Скв. N4, Вынгинская площадь, Тюменская обл.)

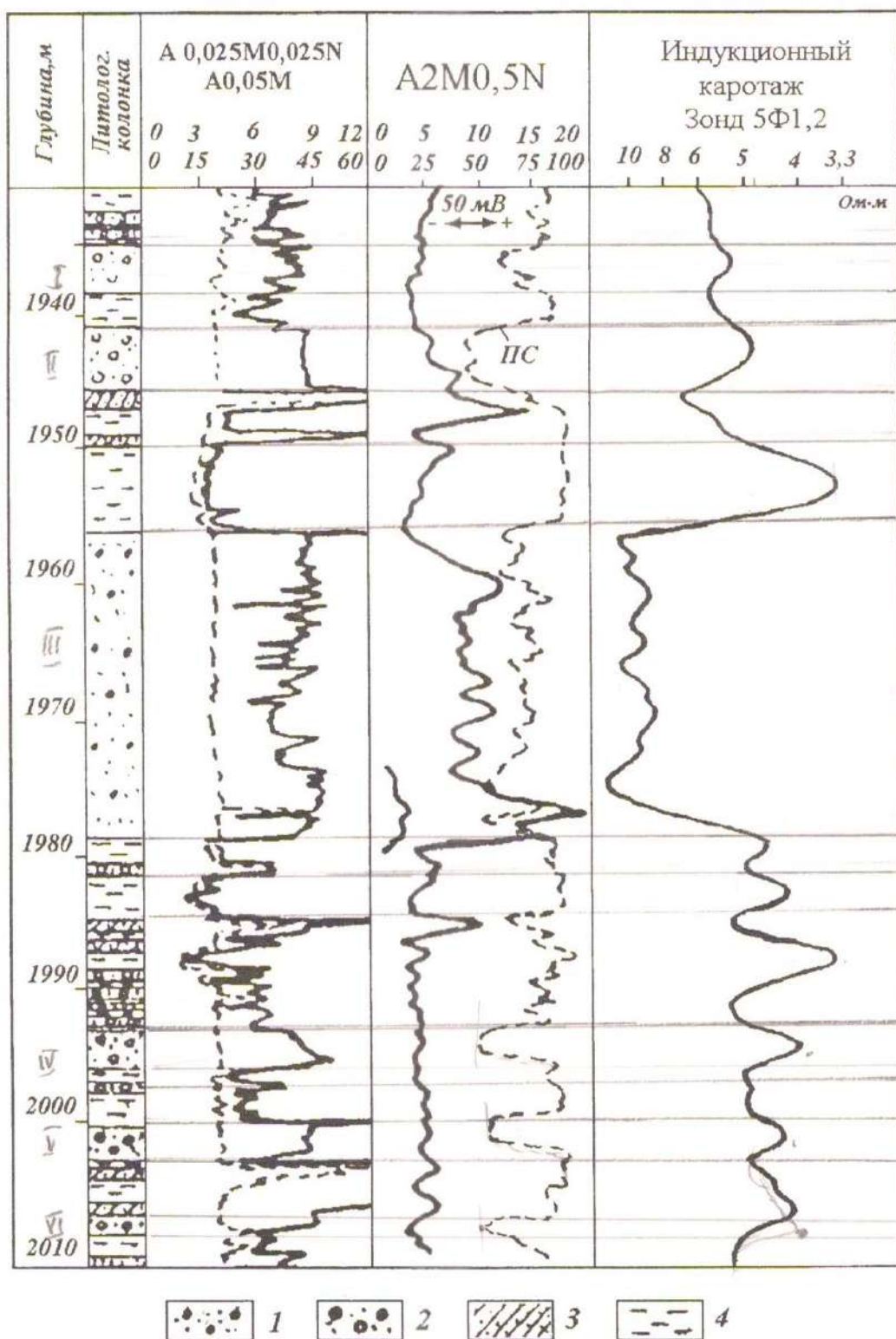


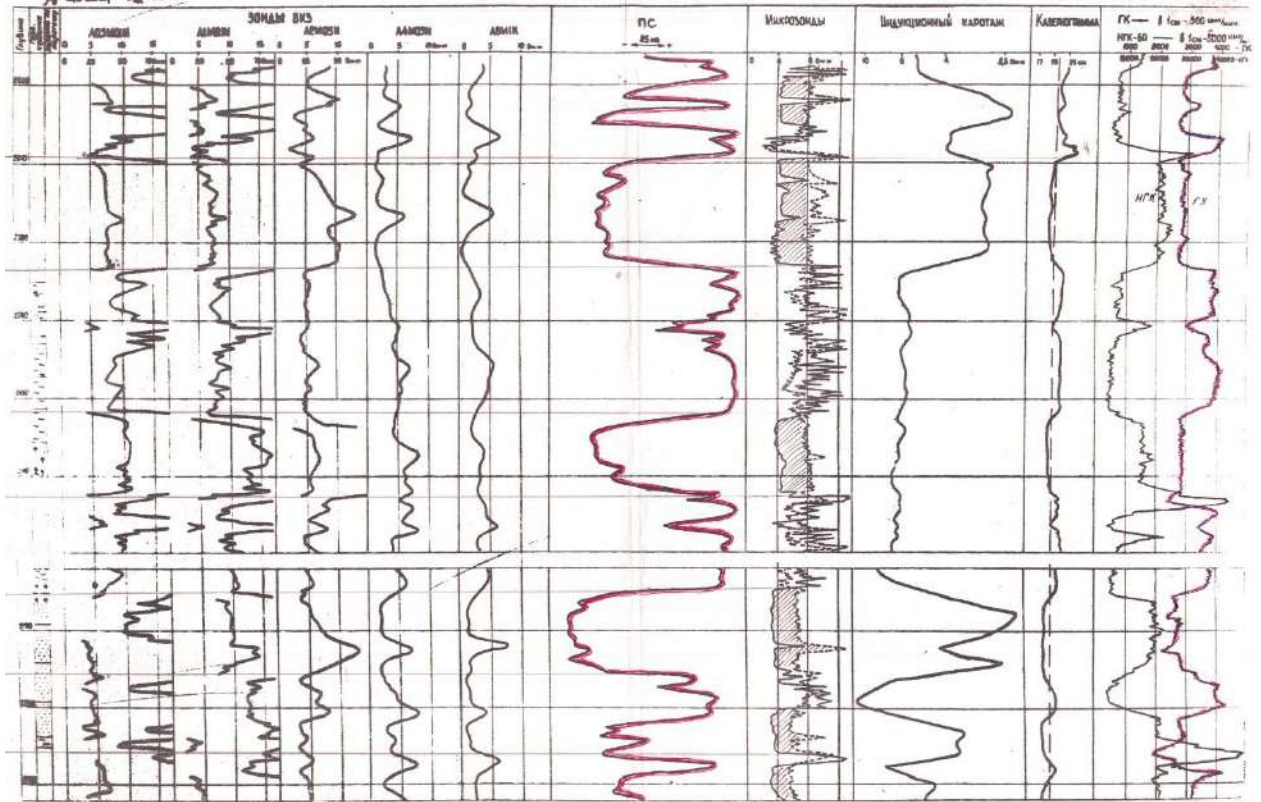
Рис. 7 Диаграммы индукционного и электрического каротажа $d=0,19$ м; $\rho_c = 2$ Ом·м

- 1 -песчаник нефтеносный,
- 2- песчаник водоносный,
- 3- песчаник уплотненный,
- 4- глина

РАБОТА № 8,9
 $D = 2,2 \text{ м}$; $t_m = 60^\circ \text{C}$

I ВАРИАНТ

Комплекс каротажных диаграмм По скважине 136 ВАТИНСКАЯ ПЛОЩАДЬ

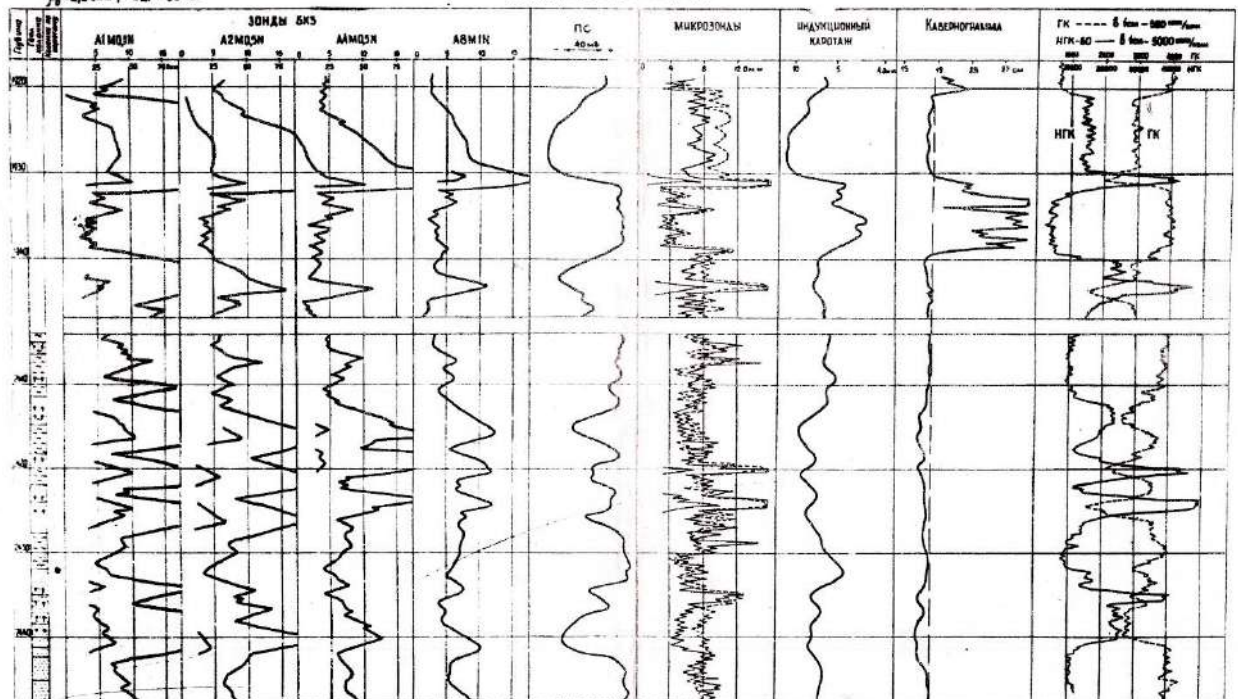


ГЛ — Гамма; НГК — Нейтрон; П — Плотность; В — Водосодержание

II ВАРИАНТ

РАБОТА № 8,9
 $D = 2,2 \text{ м}$; $t_m = 60^\circ \text{C}$

Комплекс каротажных диаграмм По скважине 245 МАМОНТОВСКАЯ ПЛОЩАДЬ



Условные обозначения:

ГЛ — Гамма; НГК — Нейтрон; П — Плотность; В — Водосодержание

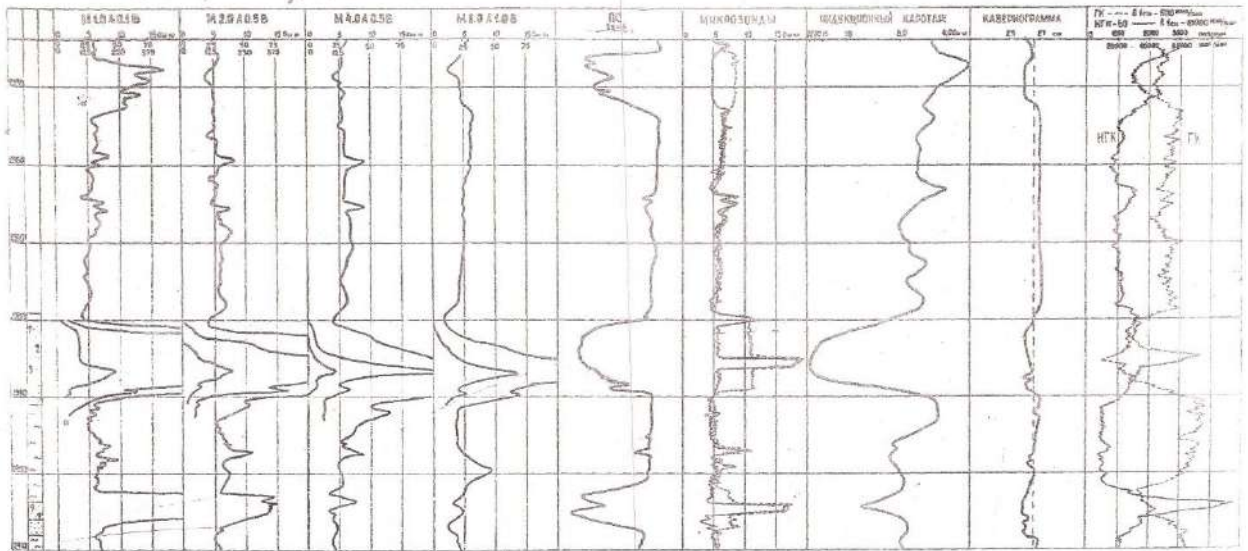
КОМПЛЕКС КАРЮТАЖНЫХ ДИАГРАММ ПО СКВ. К-4

МАМОНТОВСКАЯ КАСКАДЬ

РАБОТА № 9

ВАРИАНТ

$\rho_0 = 4,8 \text{ Ом}$ $t = 50^\circ \text{C}$



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

ГЛИНЫ ПЕСЧАНИК НЕОТЕНЧЕСТВОСТЬ ВОДАЖНОСТЬ

Работа N

Интерпретация результатов метода ВИКИЗ

ВИКИЗ расшифровывается как "высокочастотное индукционное каротажное изопараметрическое зондирование". Метод разработан в Институте геологии и геофизики Сибирского отделения РАН под руководством проф. Ю. Н. Антонова.

По своей сути ВИКИЗ является вариантом боковых каротажных зондирований (БКЗ) в индукционном исполнении. В методе используется принцип частотно-геометрического зондирования, в котором увеличение глубины исследований достигается, во-первых, за счет увеличения длины зонда, и, во-вторых, за счет уменьшения частоты электромагнитного поля.

Аппаратура ВИКИЗ содержит 5 трехкатушечных зондов разной длины, работающих каждый на своей частоте, которые поочередно подключаются к измерительной линии. Измеряемой величиной является разность фаз сигнала в двух приемных катушках, которая передается на поверхность в виде цифрового кода.

Применение двух измерительных катушек позволяет минимизировать влияние на результаты измерений самой скважины.

Изопараметричность понимается как сохранение одинаковых показаний всех зондов в одной и той же однородной среде с постоянным значением электропроводности.

Для достижения изопараметричности выполняются два условия:

1. $L \cdot \sqrt{f} = \text{const}_1$,

2. $\frac{\Delta L}{L} = \text{const}_2$,



= 1

где ΔL — база; L — длина зонда; f — частота.

Если показания разных зондов не совпадают между собой, это свидетельствует о радиальной неоднородности удельного электрического сопротивления УЭС.

Т.к. все зонды имеют разную длину и разную частоту электромагнитного поля, то основной вклад в измеряемый сигнал вносят цилиндрические зоны, неодинаково удаленные от оси зонда. Чем меньше частота и чем больше длина зонда, тем больше удалена от оси зонда область, влияющая на его показания.

По этой причине показания малых зондов характеризуют УЭС зоны проникновения, а больших — неизменной части пласта.

~~Аппаратура ВИКИЗ~~

Аппаратура ВИКИЗ обеспечивает измерение разности фаз $\Delta\phi$ между ЭДС, индуцируемыми в измерительных катушках 5 трехкатушечных зондов. Соответственно в процессе каротажа регистрируются 5 кривых, характеризующих кажущееся сопротивление среды на разном удалении от оси скважины. Для упрощения конструкции зонда одна и та же приемная катушка используется в двух соседних зондах.

Предусмотрена возможность регистрации только одной диаграммы индукционного каротажа с зондом, который может быть выбран с поверхности. Скважинный снаряд ВИКИЗ имеет специальный электрод для записи ПС.

На рис. 1 показано расположение генераторных и измерительных катушек в скважинном приборе ВИКИЗ, а в таблице приведены частотно-геометрические характеристики всех зондов.

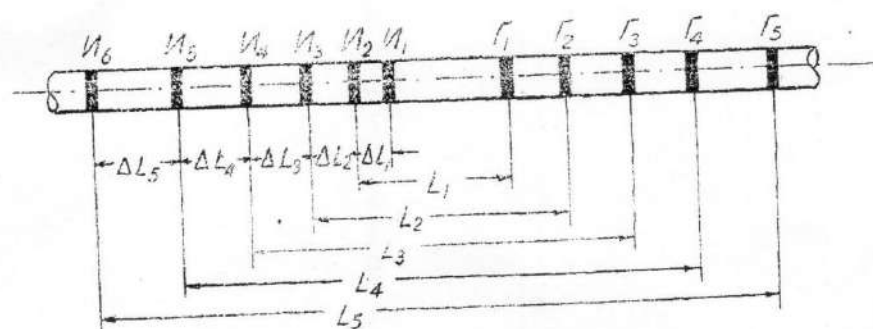


Рис. 1. Конструкция многокатушечного зонда ВИКИЗ

Частотно-геометрические характеристики зондов ВИКИЗ

Таблица 8.2

№ п/п	Символ зонда	Длина зонда, L (м)	База зонда, ΔL (м)	Частота, f (МГц)
1.	$I_{0,14}I_{0,40}I_1$	0,50	0,10	20,0
2.	$I_{0,14}I_{0,57}I_2$	0,71	0,14	8,0
3.	$I_{0,20}I_{0,80}I_3$	1,00	0,20	4,0
4.	$I_{0,28}I_{1,13}I_4$	1,41	0,28	2,0
5.	$I_{0,40}I_{1,60}I_5$	2,00	0,40	0,8

Вертикальные и радиальные исследовательские характеристики зондов ВИКИЗ оптимизированы для геолого-технологических условий нефтегазовых месторождений Западной Сибири.

~~Интерпретация результатов ВИКИЗ~~

При интерпретации результатов ВИКИЗ выделяют в разрезе интервалы, где наблюдается расхождение диаграмм зондов разной длины с превышением показаний малых зондов над показаниями больших. Эти интервалы соответствуют пластам-коллекторам с повышающим проникновением бурового раствора.

Далее осредняют диаграмму каждого зонда в пределах пласта и строят кривую зондирования — $\rho_k = f(L)$. Если пласты имеют достаточно большую мощность, и на результаты измерений мало влияют вмещающие породы, кривые получаются близкими к теоретическим.

Для интерпретации результатов ВИКИЗ разработано программное обеспечение, которое посредством подбора кривых зондирования позволяет определить для каждой радиальной зоны, включая водную оторочку, ее УЭС и толщину. (М. И. Эпов, Ю. Н. Антонов, 2000).

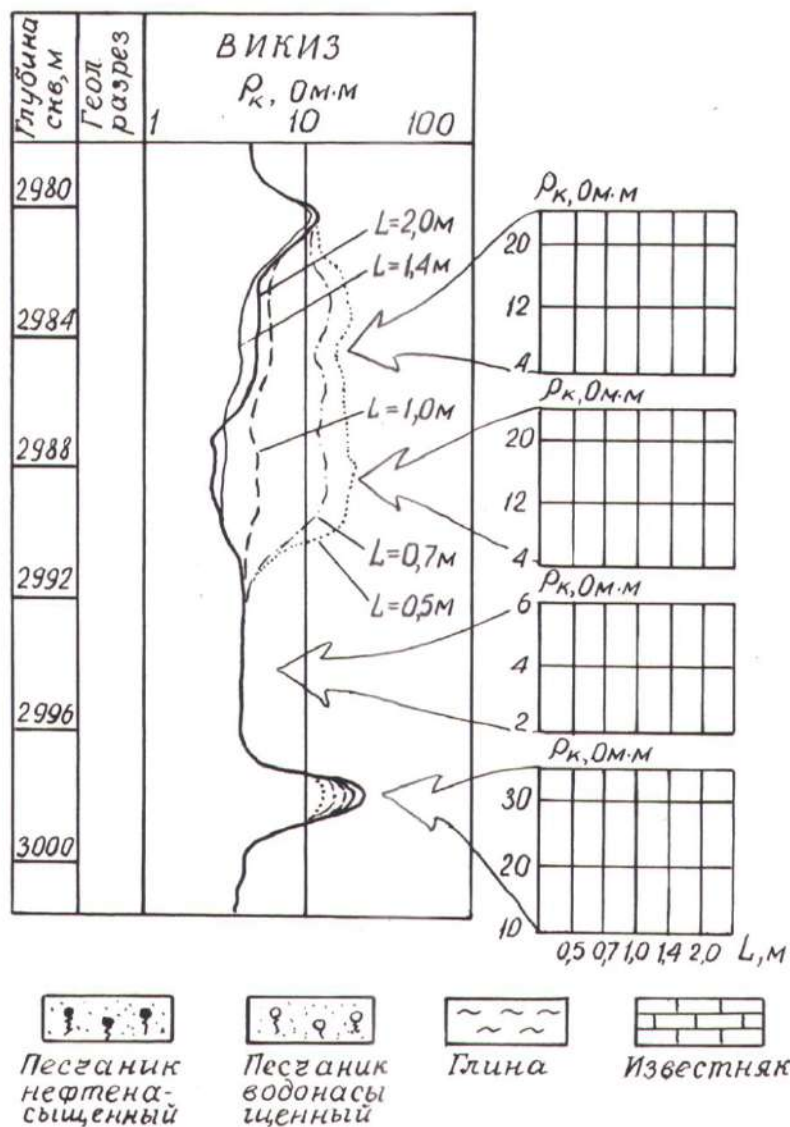
На рис. 2 приведен фрагмент геологического разреза одной из скважин в Тюменской области с диаграммами ВИКИЗ (а), кривыми зондирования для нескольких пластов (б) и результатами их машинной интерпретации (в).

Сопоставление результатов ВИКИЗ и БКЗ показывает, что по величине сопротивления пласта оба метода дают очень близкие показания, а вот по величине ρ и D имеются большие расхождения. При этом ВИКИЗ позволяет более детально изучить строение зоны проникновения и определить УЭС ее различных частей, включая полностью промытые породы и окаймляющую зону "водной оторочки" в нефтенасыщенных коллекторах.

Неблагоприятными условиями для метода ВИКИЗ являются наличие высокоомных пород и сочетание низкоомного бурового раствора ($\rho_0 < 0,01$ Ом·м) и его глубокого понижающего проникновения.

З А Д А Н И Е

1. Постройте кривые зондирования $R_n = f(L)$ для всех выделенных участков разреза шваховидных.
2. По каждой кривой ~~определи~~ определите характер протекания ~~и~~ фронтальной буровой растительности в швах и характер наклонных ~~и~~ швах-копелевых.
3. Напишите отчет по проделанной работе.

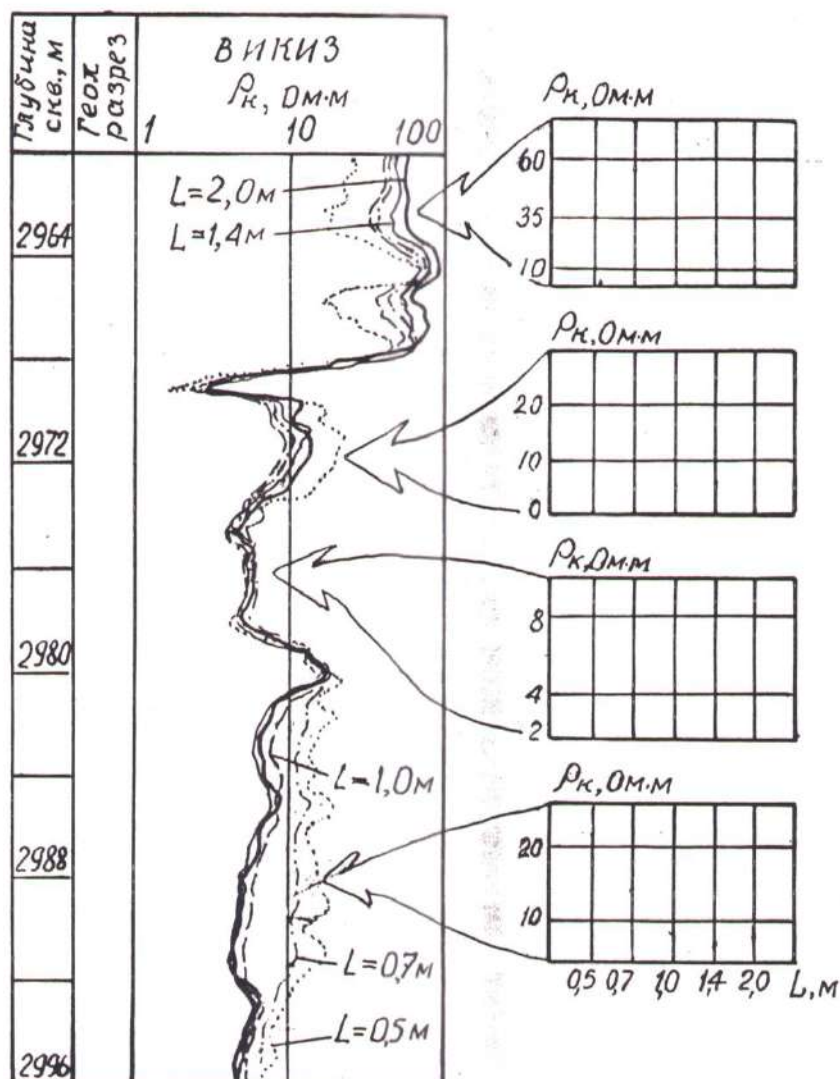


ЗАДАНИЕ

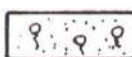
1. Постройте кривые зондирования для интервалов, указанных стрелками.
2. Определите литологический состав пород в этих интервалах скважины.
3. Для песчаного пласта-коллектора оцените характер насыщения.
4. Постройте геологический разрез для представленного фрагмента скважины.
5. Напишите отчет по проделанной работе.

II вар.

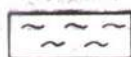
Ф.И.О. студента



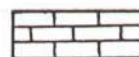
Песчаник
нефтенас-
щенный



Песчаник
водонасы-
щенный



Глина



Известняк

ЗАДАНИЕ

1. Постройте кривые зондирования для интервалов, указанных стрелками.
2. Определите литологический состав пород в этих интервалах скважины.
3. Для песчаного пласта-коллектора оцените характер насыщения.
4. Постройте геологический разрез для представленного фрагмента скважины.
5. Напишите отчет по проделанной работе.

Работа N

Интерпретация результатов метода ВИКИЗ

ВИКИЗ расшифровывается как "высокочастотное индукционное каротажное изопараметрическое зондирование". Метод разработан в Институте геологии и геофизики Сибирского отделения РАН под руководством проф. Ю. Н. Антонова.

По своей сути ВИКИЗ является вариантом боковых каротажных зондирований (БКЗ) в индукционном исполнении. В методе используется принцип частотно-геометрического зондирования, в котором увеличение глубины исследований достигается, во-первых, за счет увеличения длины зонда, и, во-вторых, за счет уменьшения частоты электромагнитного поля.

Аппаратура ВИКИЗ содержит 5 трехкатушечных зондов разной длины, работающих каждый на своей частоте, которые поочередно подключаются к измерительной линии. Измеряемой величиной является разность фаз сигнала в двух приемных катушках, которая передается на поверхность в виде цифрового кода.

Применение двух измерительных катушек позволяет минимизировать влияние на результаты измерений самой скважины.

Изопараметричность понимается как сохранение одинаковых показаний всех зондов в одной и той же однородной среде с постоянным значением электропроводности.

Для достижения изопараметричности выполняются два условия:

1. $L \cdot \sqrt{f} = \text{const}_1$,

2. $\frac{\Delta L}{L} = \text{const}_2$,



= 1

где ΔL — база; L — длина зонда; f — частота.

Если показания разных зондов не совпадают между собой, это свидетельствует о радиальной неоднородности удельного электрического сопротивления УЭС.

Т.к. все зонды имеют разную длину и разную частоту электромагнитного поля, то основной вклад в измеряемый сигнал вносят цилиндрические зоны, неодинаково удаленные от оси зонда. Чем меньше частота и чем больше длина зонда, тем больше удалена от оси зонда область, влияющая на его показания.

По этой причине показания малых зондов характеризуют УЭС зоны проникновения, а больших — неизменной части пласта.

~~Аппаратура ВИКИЗ~~

Аппаратура ВИКИЗ обеспечивает измерение разности фаз $\Delta\phi$ между ЭДС, индуцируемыми в измерительных катушках 5 трехкатушечных зондов. Соответственно в процессе каротажа регистрируются 5 кривых, характеризующих кажущееся сопротивление среды на разном удалении от оси скважины. Для упрощения конструкции зонда одна и та же приемная катушка используется в двух соседних зондах.

Предусмотрена возможность регистрации только одной диаграммы индукционного каротажа с зондом, который может быть выбран с поверхности. Скважинный снаряд ВИКИЗ имеет специальный электрод для записи ПС.

На рис. 1 показано расположение генераторных и измерительных катушек в скважинном приборе ВИКИЗ, а в таблице приведены частотно-геометрические характеристики всех зондов.

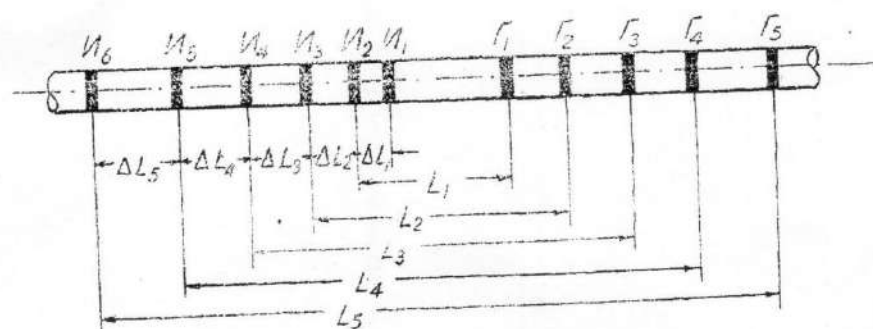


Рис. 1. Конструкция многокатушечного зонда ВИКИЗ

Частотно-геометрические характеристики зондов ВИКИЗ

Таблица 8.2

№ п/п	Символ зонда	Длина зонда, L (м)	База зонда, ΔL (м)	Частота, f (МГц)
1.	$I_{0.14}I_{0.40}I_1$	0,50	0,10	20,0
2.	$I_{0.14}I_{0.57}I_2$	0,71	0,14	8,0
3.	$I_{0.20}I_{0.80}I_3$	1,00	0,20	4,0
4.	$I_{0.28}I_{1.13}I_4$	1,41	0,28	2,0
5.	$I_{0.40}I_{1.60}I_5$	2,00	0,40	0,8

Вертикальные и радиальные исследовательские характеристики зондов ВИКИЗ оптимизированы для геолого-технологических условий нефтегазовых месторождений Западной Сибири.

~~Интерпретация результатов ВИКИЗ~~

При интерпретации результатов ВИКИЗ выделяют в разрезе интервалы, где наблюдается расхождение диаграмм зондов разной длины с превышением показаний малых зондов над показаниями больших. Эти интервалы соответствуют пластам-коллекторам с повышающим проникновением бурового раствора.

Далее осредняют диаграмму каждого зонда в пределах пласта и строят кривую зондирования — $\rho_k = f(L)$. Если пласты имеют достаточно большую мощность, и на результаты измерений мало влияют вмещающие породы, кривые получаются близкими к теоретическим.

Для интерпретации результатов ВИКИЗ разработано программное обеспечение, которое посредством подбора кривых зондирования позволяет определить для каждой радиальной зоны, включая водную оторочку, ее УЭС и толщину. (М. И. Эпов, Ю. Н. Антонов, 2000).

На рис. 2 приведен фрагмент геологического разреза одной из скважин в Тюменской области с диаграммами ВИКИЗ (а), кривыми зондирования для нескольких пластов (б) и результатами их машинной интерпретации (в).

Сопоставление результатов ВИКИЗ и БКЗ показывает, что по величине сопротивления пласта оба метода дают очень близкие показания, а вот по величине ρ и D имеются большие расхождения. При этом ВИКИЗ позволяет более детально изучить строение зоны проникновения и определить УЭС ее различных частей, включая полностью промытые породы и окаймляющую зону "водной оторочки" в нефтенасыщенных коллекторах.

Неблагоприятными условиями для метода ВИКИЗ являются наличие высокоомных пород и сочетание низкоомного бурового раствора ($\rho_0 < 0,01$ Ом·м) и его глубокого понижающего проникновения.

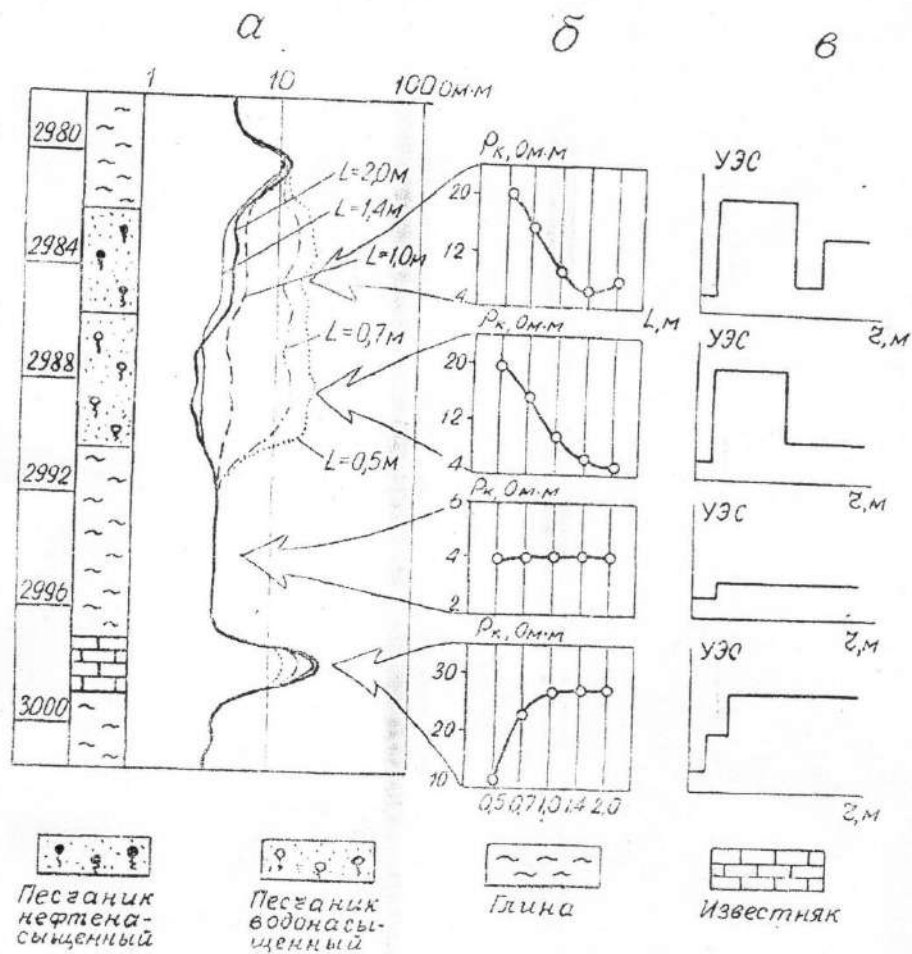
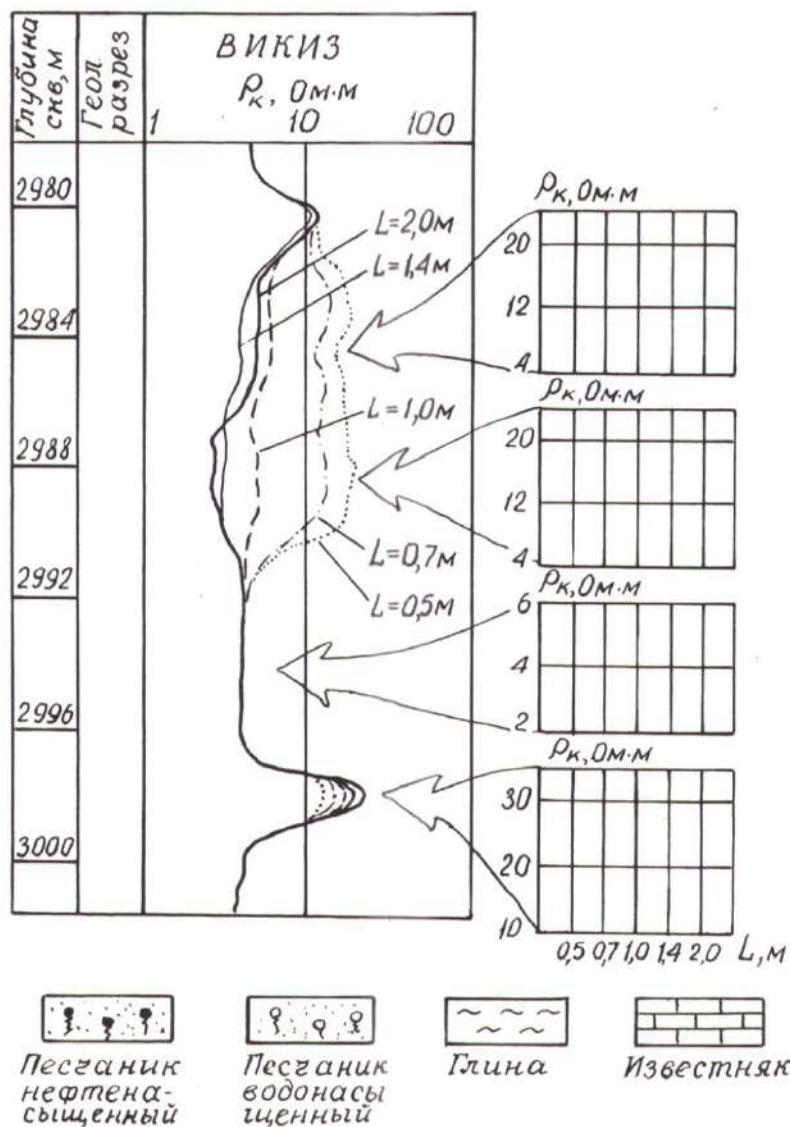


Рис. 2. Диаграммы ВИКИЗ (а), кривые зондирования (б) и результаты их машинной интерпретации (в) по одной из нефтеразведочных скважин.

З А Д А Н И Е

1. Постройте кривые зондирования $R_n = f(L)$ для всех выделенных участков разреза шваховидных.
2. По каждой кривой ~~определи~~ определите характер протекания ~~и~~ фронтальной буровой растучи в швах и характер наплавления ~~и~~ швов-копелев.
3. Напишите отчет по проделанной работе.

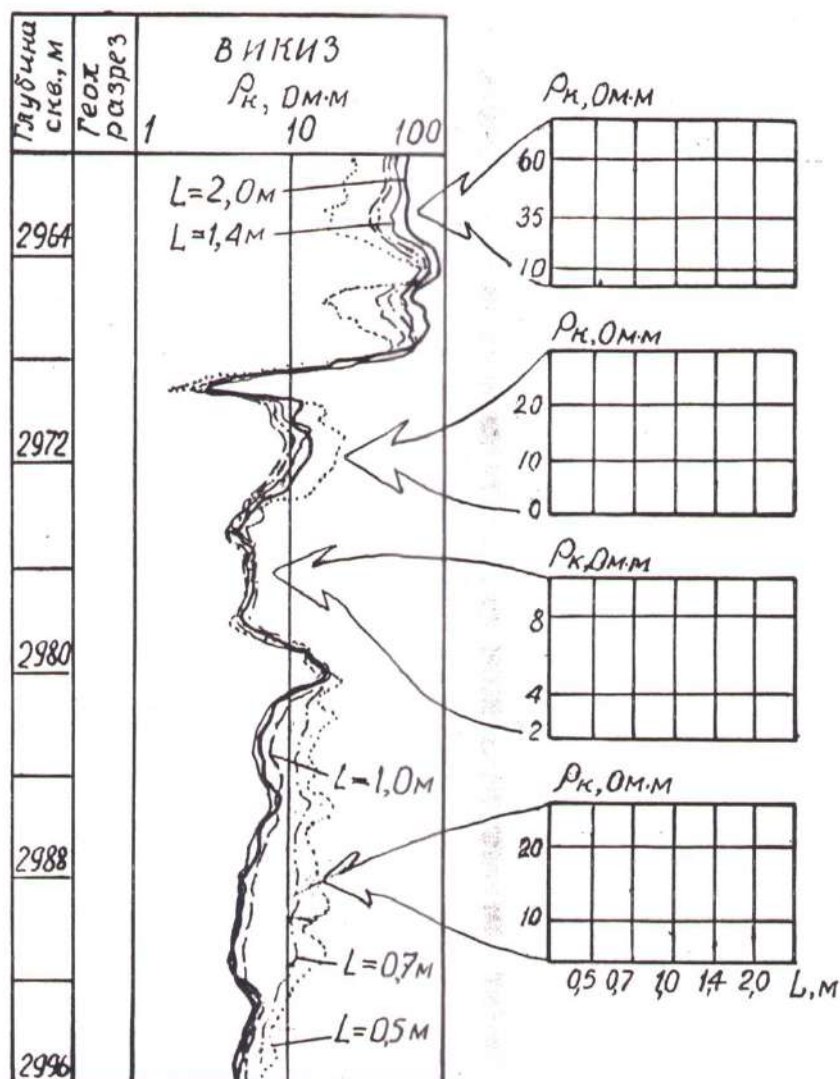


ЗАДАНИЕ

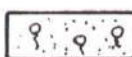
1. Постройте кривые зондирования для интервалов, указанных стрелками.
2. Определите литологический состав пород в этих интервалах скважины.
3. Для песчаного пласта-коллектора оцените характер насыщения.
4. Постройте геологический разрез для представленного фрагмента скважины.
5. Напишите отчет по проделанной работе.

II вар.

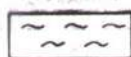
Ф.И.О. студента



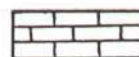
Песчаник
нефтен-
сыщенный



Песчаник
водонасы-
щенный



Глина



Известняк

ЗАДАНИЕ

1. Постройте кривые зондирования для интервалов, указанных стрелками.
2. Определите литологический состав пород в этих интервалах скважины.
3. Для песчаного пласта-коллектора оцените характер насыщения.
4. Постройте геологический разрез для представленного фрагмента скважины.
5. Напишите отчет по проделанной работе.

§ 7. МЕТОД ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ [13]

Диэлектрическая проницаемость ϵ наряду с удельным электрическим сопротивлением ρ и магнитной проницаемостью μ является физическим свойством породы, определяющим характер электромагнитного поля. Абсолютная диэлектрическая проницаемость определяется соотношением $\epsilon_a = D/E$, показывающим, во сколько раз напряженность электрического поля E в данном диэлектрике меньше напряженности поля индукции D в вакууме. Чаще пользуются не абсолютной ϵ_a , а относительной диэлектрической проницаемостью*) $\epsilon = \epsilon_a/\epsilon_0$, характеризующей отношение величины ϵ_a данной среды к значению ϵ_0 абсолютной диэлектрической проницаемости в вакууме.

Значение ϵ_n всегда больше единицы вследствие поляризации диэлектрика в электрическом поле. Для большинства минералов осадочных пород типична поляризация смещения ($\epsilon = 4 \div 10$).

Ориентационная поляризация характерна для воды ($\epsilon = 81$) и нефти ($\epsilon = 2 \div 3$). Величина ϵ_n осадочных пород определяется в основном их влажностью w , возрастая с увеличением w , поскольку значение ϵ_v для воды на порядок выше, чем для минерального скелета.

Для мономинеральной полностью водонасыщенной осадочной породы

$$\epsilon_{вп} = k_n \epsilon_v + (1 - k_n) \epsilon_{ск}, \quad (19)$$

где $\epsilon_{ск}$ — диэлектрическая проницаемость минерального скелета породы. Значения $\epsilon_{ск}$ для некоторых наиболее распространенных породообразующих минералов: кварц — 4,7; кальцит — 8,1; доло-

*) В дальнейшем изложении приводятся относительные значения.

мит – 9,8. Для нефте-, газонасыщенного мономинерального коллектора

$$\epsilon_n = k_n \epsilon_{фл} + (1 - k_n) \epsilon_{ск}, \quad (20)$$

где $\epsilon_{фл}$ – диэлектрическая проницаемость жидкости, заполняющей поры. В неизменной части нефтеносного коллектора $\epsilon_{фл} = k_v \epsilon_v + (1 - k_v) \epsilon_n$, газоносного коллектора – $\epsilon_{фл} = k_v \epsilon_v + (1 - k_v) \epsilon_r$. В промытой зоне нефтеносного коллектора выражения аналогичны, но $k_v = k_{впп}$. Здесь ϵ_n , ϵ_r – соответственно значения диэлектрической проницаемости для нефти и газа в пластовых условиях.

В глинах ϵ_n также определяется выражением (19), где $\epsilon_{ск}$ есть значение $\epsilon_{гл}$ сухой глины. Соотношение значений ϵ_n продуктивных и водоносных коллекторов, а также неколлекторов для геологического объекта с мономинеральным составом пород иллюстрирует рис. 44.

На нем две главные линии 1 и 2 характеризуют соответственно связи: для полностью водонасыщенных пород-коллекторов и неколлекторов $\epsilon_{вп} = f(k_n)$; для предельно насыщенных нефтью

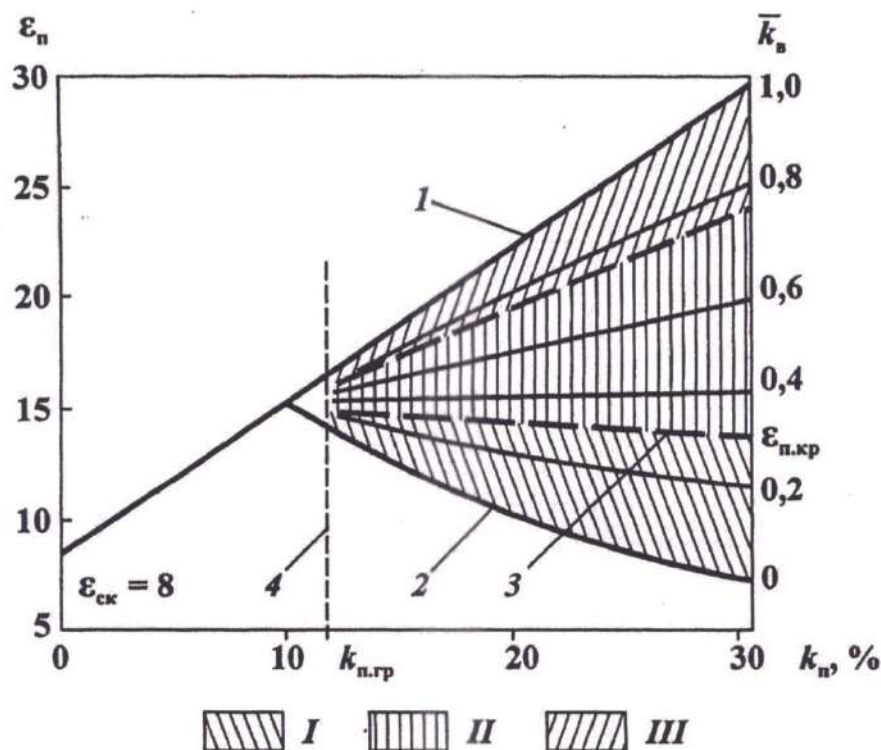


Рис. 44. Зависимость $\epsilon_n = f(k_n)$:

I, II, III – зоны, соответствующие воде, двухфазному потоку, притоку безводной нефти; кривые: 1 – $\epsilon_{вп} = f(k_n)$; 2 – $\epsilon_{вп} = f(k_n)$; 3 – $\epsilon_{н.кр} = f(k_n)$; 4 – граница «коллектор – неколлектор»; шифр кривых – $\bar{k}_v$

или газом продуктивных коллекторов $\epsilon_{\text{нп}} = f(k_{\text{п}})$. Пересечение графика $\epsilon_{\text{вп}} = f(k_{\text{п}})$ с осью ординат дает значение $\epsilon_{\text{ск}}$; абсцисса пересечения графика $\epsilon_{\text{вп}} = f(k_{\text{п}})$ с линией $\epsilon_{\text{нп}} = f(k_{\text{п}})$ соответствует значению $k_{\text{п.гр}}$ для границы коллектор-неколлектор. Область между графиками 1, 2 соответствует породам-коллекторам с различным содержанием нефти (газа). Используя коэффициент относительного водонасыщения

$$\bar{k}_{\text{в}} = (k_{\text{в}} - k_{\text{во}})/(1 - k_{\text{во}}), \quad (21)$$

где $k_{\text{во}}$ – остаточное (неснижаемое) водонасыщение коллектора, можно построить семейство кривых $\epsilon_{\text{п}} = f(k_{\text{п}})$ с различными $\bar{k}_{\text{в}} = \text{const}$. Значение $\bar{k}_{\text{в}}$, характеризующее содержание в породе подвижной воды, изменяется от 0 до 1, от предельно насыщенного до водоносного коллектора. На рис. 44 выделены также области коллекторов, дающих при испытании чистый продукт ($\bar{k}_{\text{в}} = 0+0,3$), воду ($\bar{k}_{\text{в}} > 0,7$) и нефть (или газ) с водой ($0,3 < \bar{k}_{\text{в}} < 0,7$).

Петрофизические основы метода диэлектрической проницаемости определяют возможности при решении задач: 1) разделения коллекторов на продуктивные и водоносные при незначительной их глинистости; 2) дифференциации разреза, представленного слабоглинистыми и неглинистыми продуктивными коллекторами, по пористости; 3) литологического расчленения терригенного разреза в его продуктивной или водоносной части по глинистости.

Для исследования разрезов скважин методом диэлектрической проницаемости (ДМ) используют прибор, основными элементами которого являются генераторная катушка Г, создающая электромагнитное поле с частотой в десятки мегагерц, и приемные катушки П₁, П₂, используемые для измерения модуля напряженности электромагнитного поля h_z и фазы вектора напряженности φ .

Значения h_{z1} , h_{z2} и φ_1 , φ_2 , измеренные приемными катушками, несут информацию о диэлектрической проницаемости ϵ и удельном сопротивлении ρ изучаемой среды.

В настоящее время в промышленности используют модификацию ДМ – волновой диэлектрический метод (ВДМ), применяемый в двух вариантах. Аппаратура АДК-1 регистрирует функцию разности фаз $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ поля в точках 1 (φ_1) и 2 (φ_2) – $\cos\Delta\varphi$. Аппаратура ДК1-713 измеряет $\sin(\Delta\varphi/2)$, отношение вертикальных составляющих амплитуд $|h_{z1}|/|h_{z2}|$ и величину $(|h_{z1}| - |h_{z2}|)/|h_{z2}|$ при частоте поля 43 МГц. Все три измеряемые величины зависят от параметров ϵ и ρ среды; в наименьшей степени зависит от ρ величина $\Delta\varphi$ [2].

Исследования ВДМ проводят в необсаженных скважинах, заполненных РВО с $\rho_p > 0,7 \div 0,8$ Ом·м или РНО. С увеличением удельного сопротивления промывочной жидкости и пород изучаемого разреза ($\rho_n \gg 5$ Ом·м) эффективность метода возрастает.

В пластах ограниченной толщины формы кривых ВДМ $\cos\Delta\phi$; $\sin(\Delta\phi/2)$ и отношения амплитуд симметричны относительно середины пласта, начиная с $h > 0,5$ м. Границы пластов выделяют по точкам перегиба кривых (половине аномалии).

Глубинность метода 0,6–0,8 м. Скважина с $d_c = 0,3$ м, заполненная пресным раствором ($\rho_p > 0,7 \div 0,8$ Ом·м), не влияет на результаты измерений. Влиянием скважины с $d_c > 0,3$ м при $\rho_p < 0,7 \div 0,8$ Ом·м можно пренебречь только в разрезе высокого сопротивления. Зона проникновения с $D < 0,6 \div 0,8$ м ($D = 4d_c$) практически не влияет на показания ВДМ. При $D > 0,6 \div 0,8$ м зона проникновения влияет на результаты исследований ВДМ тем интенсивнее, чем больше D и чем сильнее различие параметров ϵ и ρ зоны и неизменной части пласта. Количественная интерпретация материалов ВДМ с целью определения параметров ϵ_n и ρ_n целесообразна в скважинах, пробуренных на РНО, или в скважинах с РВО для объектов с $D < 0,6$ м.

Для интерпретации диаграммы $\cos\Delta\phi$, получаемой аппаратурой АДК-1, используют палетку (рис. 45) для условий, указанных выше. На диаграмме помещают линейную шкалу параметра $\cos\Delta\phi$, значение которого меняется от 0,8 до –0,8 при изменении ϵ от 1 (воздух) до 80 (вода) для среды с $\rho = \infty$ (рис. 46). По этой причине на диаграмме обычно не помещают шкалу ϵ , поскольку $\epsilon \approx \epsilon_n$ с некоторым приближением только при $\rho_n > 80$ Ом·м. Поэтому ϵ_n определяют в каждом пласте по палетке, представленной на рис. 45. Для этого каким-либо способом (чаще по диаграммам фокусированных зондов) находят величину ρ_n и по точке с координатами $\{\rho_n, \cos\Delta\phi\}$ определяют искомое ϵ_n .

Более надежным считается определение ϵ_n по диаграммам аппаратуры ДК1-713, поскольку этот зонд дает два уравнения – $\sin(\Delta\phi/2) = f(\epsilon, \rho_n)$ и $h_{z1}/h_{z2} = f(\epsilon, \rho_n)$ – для определения двух неизвестных ϵ_n и ρ_n .

Геологическую интерпретацию диаграмм ВДМ для некоторых ситуаций при решении различных задач рассмотрим на примерах.

Пример 33. В скважине, пробуренной на РНО, исследован терригенный разрез, содержащий газоносные полимиктовые песчаники и алевролиты. При заполнении скважины РНО выполнены исследования индукционным зондом 6Ф1, ВДМ (аппарату-

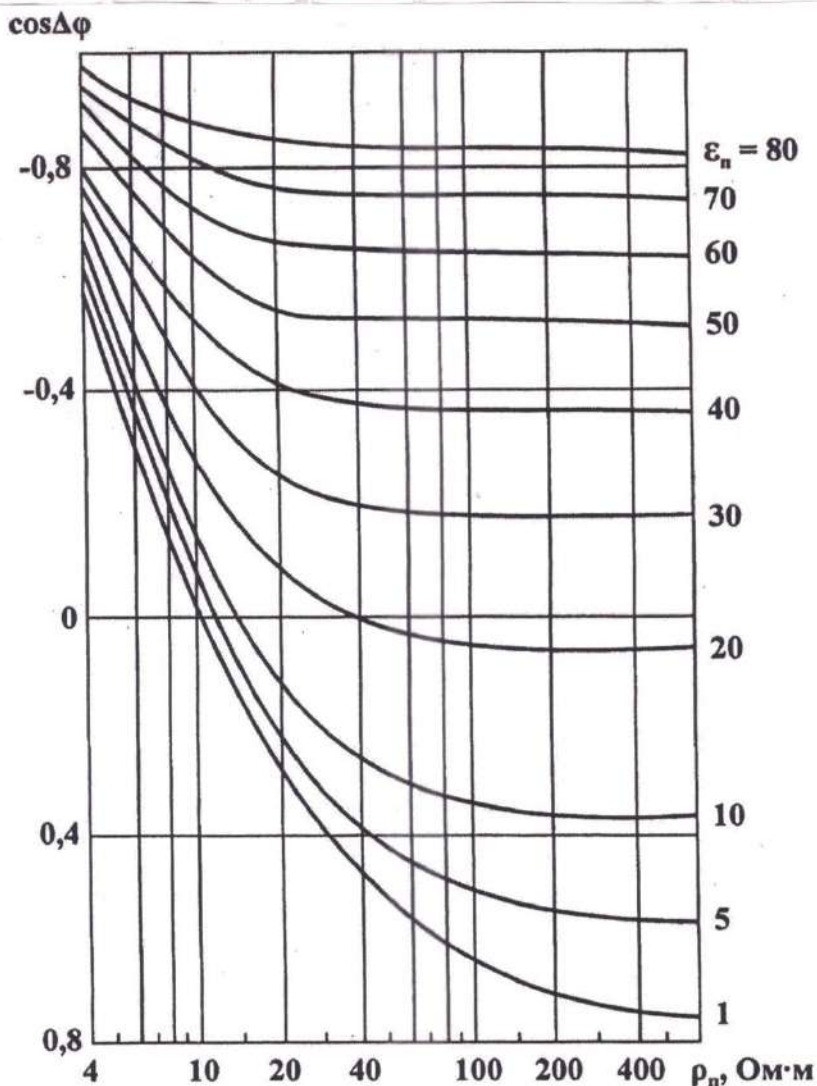


Рис. 45. Палетка для определения ε_n по данным индукционного зонда аппаратуры АДК-1 (по С.Б. Денисову [13])

рой АДК-1), нейтронными (НГМ, ННМ-Т) и плотностным методами (ГМ-П). После замены РНО на РВО выполнен стандартный комплекс электрометрии с регистрацией диаграмм БЭЗ, БК, СП.

В этих условиях диаграмма ВДМ, представленная кривой $\cos \Delta \varphi$, — прежде всего средство литологического расчленения разреза по глинистости, которая в изучаемых отложениях контролирует способность породы быть коллектором, а для коллекторов является фактором, контролирующим их пористость k_n и объемную влажность $w = k_n k_b$ (см. рис. 46). Наиболее высокие

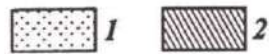
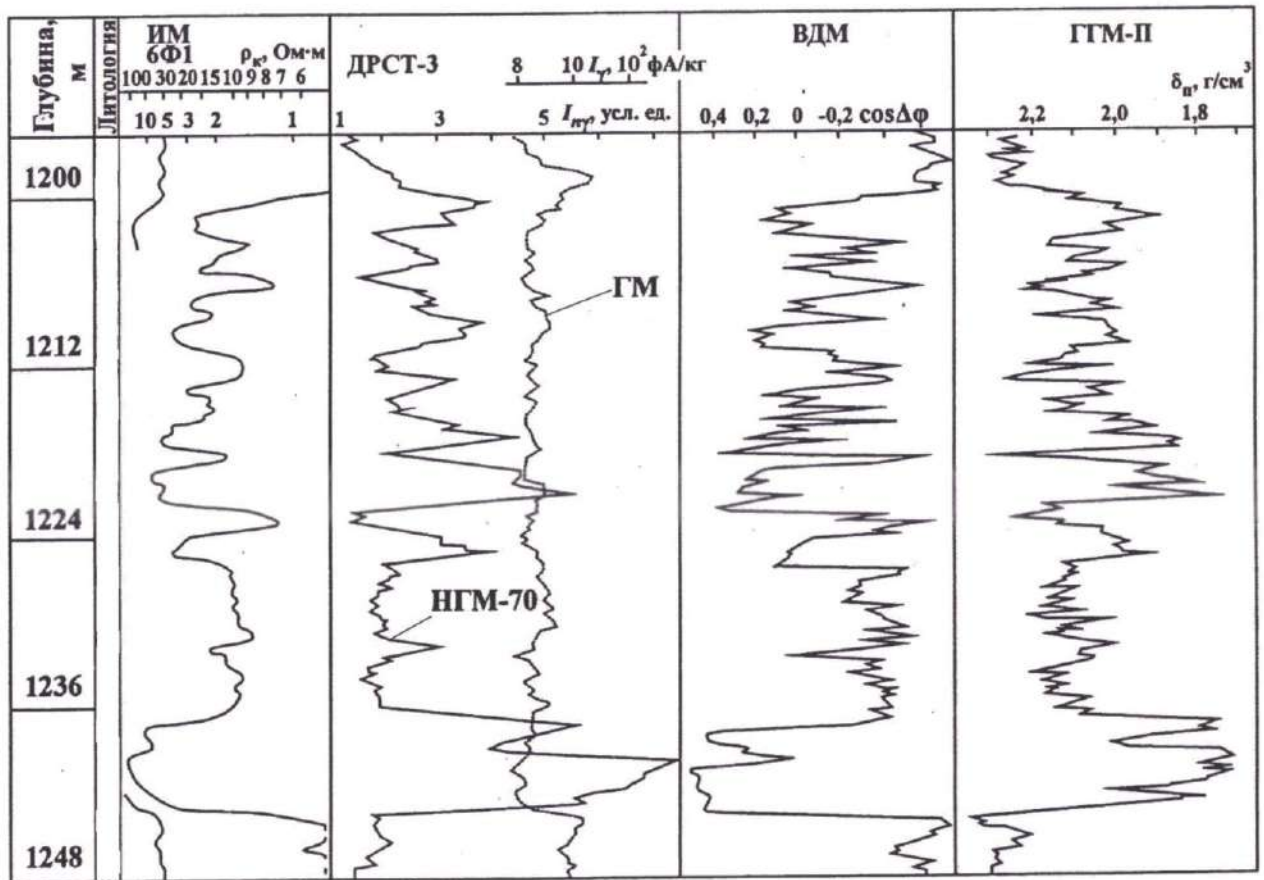
Рис. 46. Пример использования волнового диэлектрического метода для изучения терригенного разреза, вскрытого на РНО:
1 – коллектор; 2 – неколлектор

показания ВДМ (значения $\cos\Delta\varphi$ до $-0,6$) соответствуют глинам и глинистым алевролитам, значения ϵ_n которых достигают 30–40. Низкие показания ВДМ (до значений $\cos\Delta\varphi = 0,42 \div 0,6$) относятся к наименее глинистым газоносным коллекторам – песчаникам и алевролитам, для которых ϵ_n составляет 5–10. Границе коллектор – неколлектор отвечают значения $\cos\Delta\varphi = 0 \div -0,1$, а им соответствуют значения ϵ_n до 20.

Характерно сходство форм кривых ВДМ и СП, по минимумам которых выделяют в разрезе газоносные коллекторы (при более высокой дифференцирующей способности ВДМ). Рассчитывающая способность ГМ в этих условиях значительно уступает таковой у ВДМ и СП, поскольку коллекторы полимиктовые.

53. Оцените пределы изменений величины ϵ_n в кварцевом песчанике при насыщении его нефтью и водой, если $k_n = 25\%$, содержание остаточной воды в продуктивном коллекторе $k_{во} = 0,1$ а в водоносном коллекторе поры полностью насыщены водой. Используйте $\epsilon_n = 2$.

Вначале вычислить литологический
разрез: коллектор – неколлектор



Пример 34 (рис. 47). В скважине, вскрывшей продуктивный карбонатный разрез с РНО, выполнен комплекс ГИС, в том числе исследования ВДМ. Затем раствор заменен на РВО, после чего выполнен обычный комплекс ГИС, дополненный ВДМ.

Сопоставление кривых ВДМ, полученных при заполнении скважины РНО и после замены РНО на РВО, позволяет определить ВНК на глубине 1870 м. Выше ВНК продуктивные коллекторы отмечаются участками расхождения показаний ВДМ, поскольку при заполнении скважины РНО метод фиксирует низкие значения ϵ_n (до 15), характерные для нефтенасыщенных межзерновых коллекторов. После замены на РВО ВДМ, обладая небольшой глубиной, исследует в коллекторах зону проникновения, при этом значения ϵ_n возрастают до 20–30. В неколлекторах и водоносных коллекторах показания ВДМ с РНО и РВО практически совпадают. В водоносной части разреза показания ВДМ контролируются только пористостью.

Об этом говорит сходство кривых ВДМ и интервального времени ΔT акустического метода. В продуктивной части разреза коллектору, выделенному по материалам ВДМ, отвечают значения k_n , установленные по ΔT , выше граничного $k_{n,гр} = 6 \%$.

Задачи

52. В карбонатном разрезе, представленном известняками, выделен продуктивный коллектор с $k_n = 15 \%$. Определите коэффициент нефтенасыщения коллектора, если установленное по диаграмме ВДМ, зарегистрированной при вскрытии разреза на РНО, $\epsilon_n = 9$. Используйте значение $\epsilon_n = 2$.

*Вначале вычислить литологическое
распределение разреза: коллектор-неколлектор*

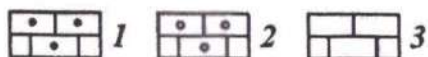
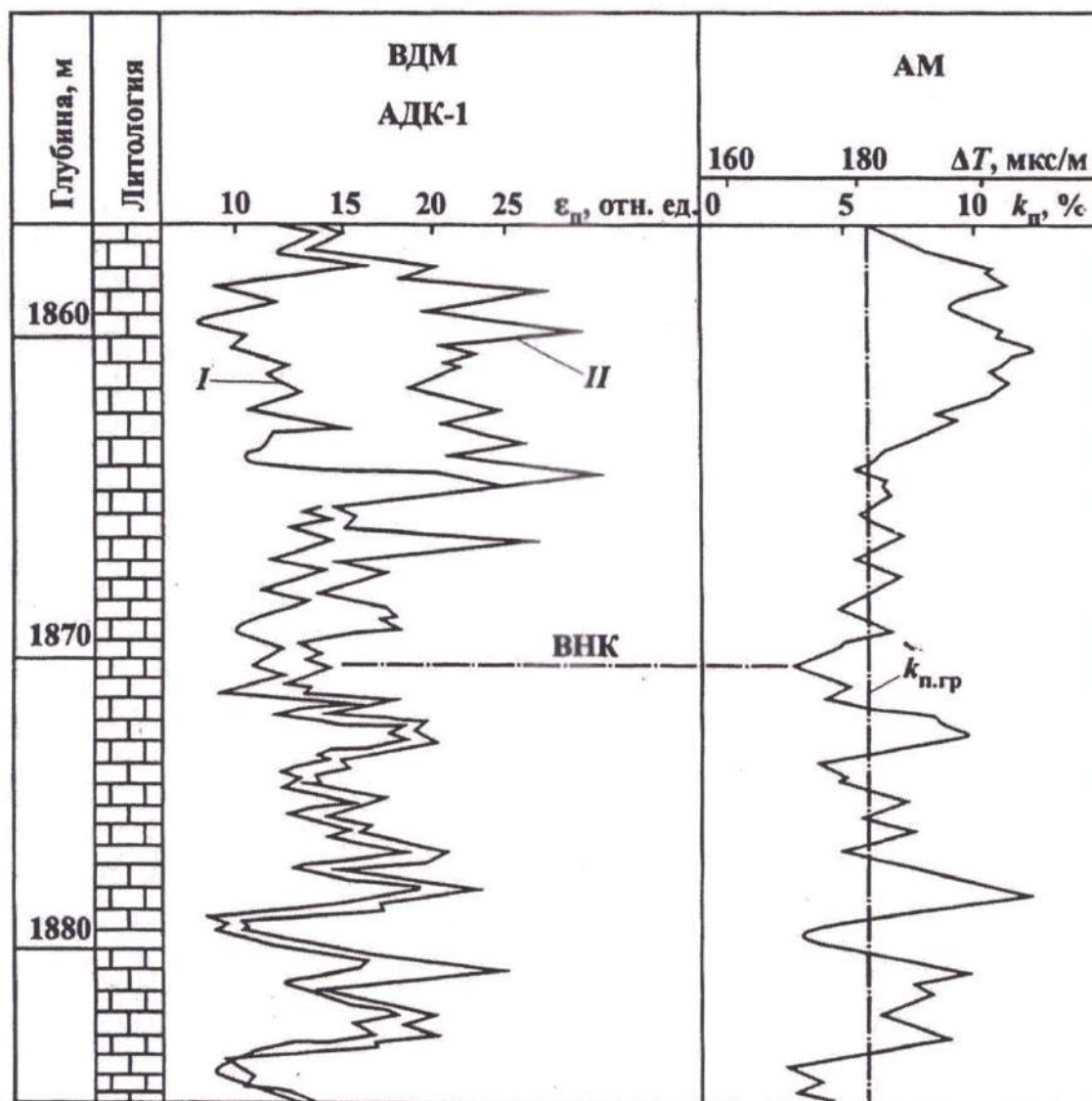


Рис. 47. Пример использования волнового диэлектрического метода для изучения коллекторов в карбонатном разрезе со сменой промывочной жидкости:

I, II – кривые ВДМ, полученные соответственно при заполнении скважины РНО и после замены РНО на РВО; 1 – нефтенасыщенные коллекторы; 2 – водонасыщенные коллекторы; 3 – преимущественно плотные породы

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАДИОВОЛНОВОГО ПРОСВЕЧИВАНИЯ (РВП)

Метод радиоволнового просвечивания (РВП) применяется для изучения пространства между скважинами или горными выработками [48].

Основан метод на различной степени поглощения энергии электромагнитного поля горными породами.

Поглощение радиоволн в горных породах зависит от электромагнитных параметров горных пород: удельного электрического сопротивления ρ и диэлектрической проницаемости ϵ и магнитной проницаемости μ . Сильнее всего поглощаются радиоволны в хорошо проводящих рудных телах. При наблюдениях по методу РВП в одной из исследуемых скважин устанавливается приемник радиоизлучения, а по другой перемещается радиопередатчик. Если на пути распространения радиоволн оказывается поглощающий объект, то в исследуемой скважине наблюдается ослабление принимаемого излучения — так называемая радиотень.

Напряженность электрического поля в точке расположения приемника (E) может быть определена по формуле:

$$E = E_0 \cdot \frac{e^{-\alpha_k z}}{z} \cdot \sin \theta_1 \cdot \sin \theta_2 \quad (8)$$

где E — напряженность электрического поля в мкв;

E_0 — амплитудное значение напряженности электрического поля вблизи передатчика, указывается в паспорте прибора (для СРП-7 $E_0 = 100$ в);

z — расстояние между приемником и передатчиком в м;

α_k — кажущийся коэффициент поглощения, который зависит от электрических свойств среды и измеряется в

$$\frac{\text{нпч}}{\text{м}} \text{ или } \frac{\text{дб}}{\text{м}} \left(1 \frac{\text{нпч}}{\text{м}} = 8,68 \frac{\text{дб}}{\text{м}} \right);$$

$\sin \theta_1 \cdot \sin \theta_2$ — множители направленности, учитывающие взаимную ориентировку антенн приемника и передатчика. При зенитных углах скважин более 70° эти множители могут быть опущены.

При интерпретации результатов наблюдений методом РВП

1. Временное методическое руководство по методу электрогравиметрической корреляции (ЭМК). Изд. УГУ, Свердловск, 1964.
Авторы: Козыриш А.К., Мунтан В.М., Тарасов А.В. и др.
2. Глубинные поиски полиметаллических и золото-сульфидных руд на основе скважинных геофизических и геохимических методов. (Метод.руководство) Л., "Недра", 1969.
Авт.: Зяверт Р.Р., Шатров В.В., Рысе В.С. и др.
3. Ионов В.А. Электраразведка методом названной поляризации. Л., "Недра", 1977.
4. Подземная геофизика. М., "Недра", 1973.
Авт.: Терхов А.Г., Воиновский В.М., Коваленко В.Ф. и др.
5. Полянов А.С. Руководство по методу варада. "Недра", 1969.
6. Родионов П.Ф. Электраразведка методом варада. "Наука", М., 1971.
7. Самосцев Г.П., Редовубов А.А. Методы скважинной электрогравиметрии при поисках и разведке рудных месторождений. М., "Недра", 1968.
8. Скважинная рудная геофизика. Л., "Недра", 1971.
9. Электромагнитные методы разведки в рудной геофизике. М., "Недра", 1966.
Авт.: Светлов Б.С., Петровский А.Д., Ершов А.М. и др.

Интерпретация результатов РВП

Вариант II

Глубина стоянки, м					г, м	Е _{изм.} , мкВ	Е _{н.} , мкВ	Э	Глубина стоянки, м					г, м	Е _{изм.} , мкВ	Е _{н.} , мкВ	Э	Глубина стоянки, м					г, м	Е _{изм.} , мкВ	Е _{н.} , мкВ	Э	
Приемн. С-1344	Передат. С-1356			Приемн. С-1344					Передат. С-1356			Приемн. С-1344	Передат. С-1356														
360	400		480						450	420		90						480	400		12						
	420		480							440		170								420		30					
	440		495							450		250								440		30					
	460		380							160		130								450		10					
	480		310							470		30								460		11					
	500		290							480		50							470		14						
	520		170							490		56								480		20					
	530		100							500		65								490		25					
	540		6							510		80								500		30					
	550		5							520		90								510		40					
	560		50							530		100							520		50						
	580		80							540		500								530		400					
	600		40							550		1400								540		1000					
	620		20							560		1700								550		1050					
											580		1900								560		1500				

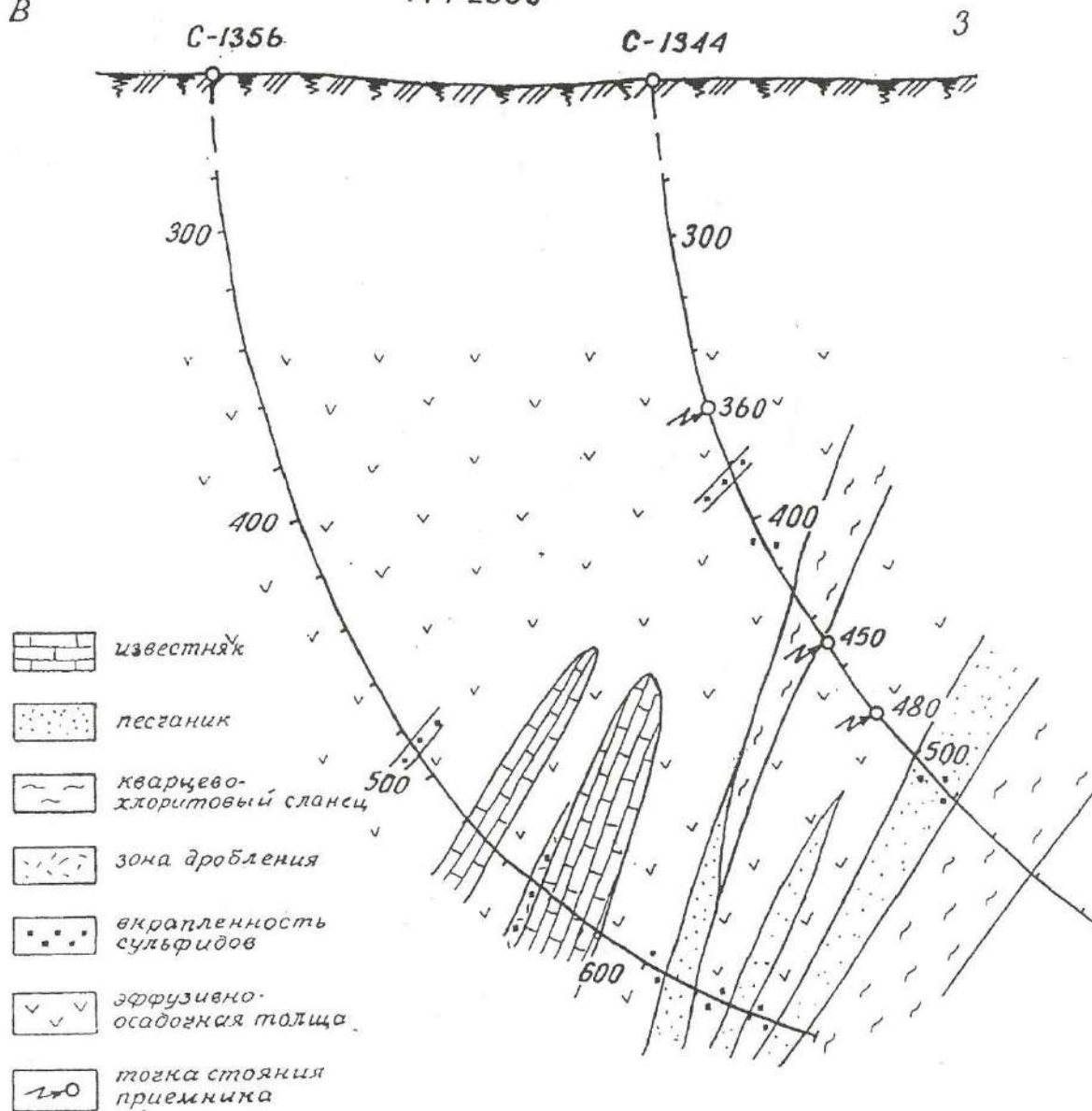
ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РВП

Вариант II

Рудный Алтай

М 1:2000

В



Интерпретация результатов РВП

Вариант I

Глубина стоянки, м					г, м	Е _{изм.} мкВ	Е _{н.} мкВ	Э
Приемн. С-145	Передат. С-164	Глубина стоянки, м						
340	300		1000					
	310		980					
	320		920					
	330		210					
	340		20					
	360		16					
	380		17					
	400		12					
	420		47					
	430		176					
	440		120					
	460		75					
	480		42					
	500		2					
	540		0,2					
	580		0					

Глубина стоянки, м					г, м	Е _{изм.} мкВ	Е _{н.} мкВ	Э
Приемн. С-145	Передат. С-164	Глубина стоянки, м						
440	280		150					
	300		300					
	310		48					
	320		12					
	340		20					
	360		280					
	380		1200					
	400		1380					
	420		150					
	440		40					
	460		26					
	480		150					
	500		480					
	520		40					
	540		4					
	560		2					
	580		1					
	600		0					

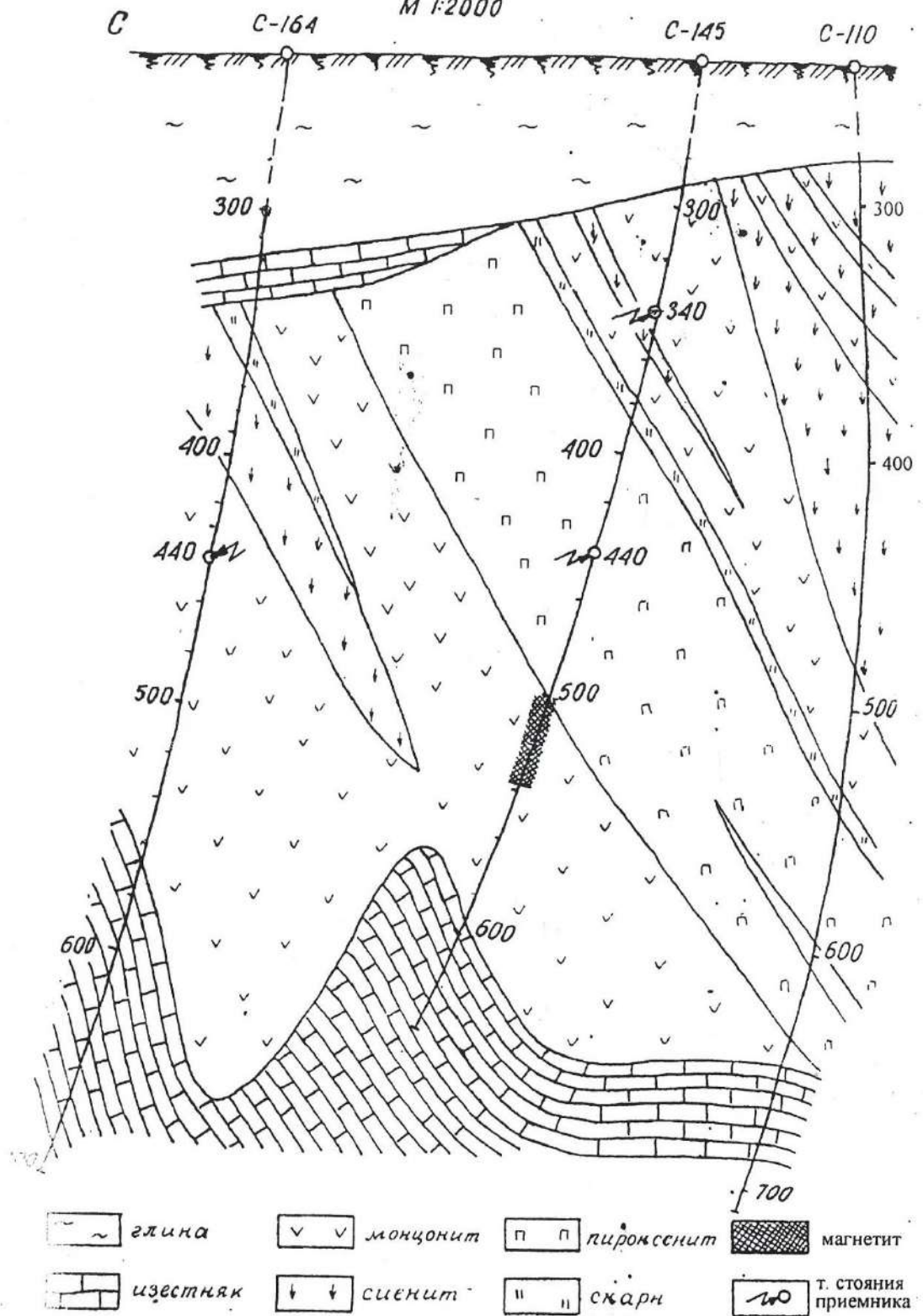
Глубина стоянки, м					г, м	Е _{изм.} мкВ	Е _{н.} мкВ	Э
Приемн. С-164	Передат. С-145	Глубина стоянки, м						
440	280		1					
	300		2					
	320		28					
	340		125					
	360		200					
	380		400					
	400		780					
	420		24					
	440		40					
	460		520					
	480		1850					
	500		540					
	520		50					
	540		400					
	560		950					
	580		550					
	600		400					

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РВП.

Вариант I

Ю. КАЗАХСТАН

М 1:2000



Интерпретация результатов РВП

Вариант III

Глубина стоянки, м		г, м	Е _{изм.} , мкВ	Е _{н.} , мкВ	Э
Приемн. С-507	Передач. С-490				
325	440		100		
	420		80		
	400		12		
	380		18		
	360		20		
	340		480		
	320		480		
	300		400		
	280		360		
	270		160		
	260		15		
	240		6		
	220		5		
	200		4		
	180		50		
	160		30		
	140		12		
	120		8		
	100		2		
	80		0		
	60		0		
Глубина стоянки, м		г, м	Е _{изм.} , мкВ	Е _{н.} , мкВ	Э
Приемн. С-507	Передач. С-490				
315	460		60		
	440		90		
	420		7		
	400		10		
	380		16		
	360		21		
	340		490		
	320		520		
	300		470		
	290		400		
	280		28		
	260		25		
	240		15		
	220		12		
	200		10		
	180		87		
	160		36		
	140		28		
	120		12		
	100		6		
	80		0		
	60		0		

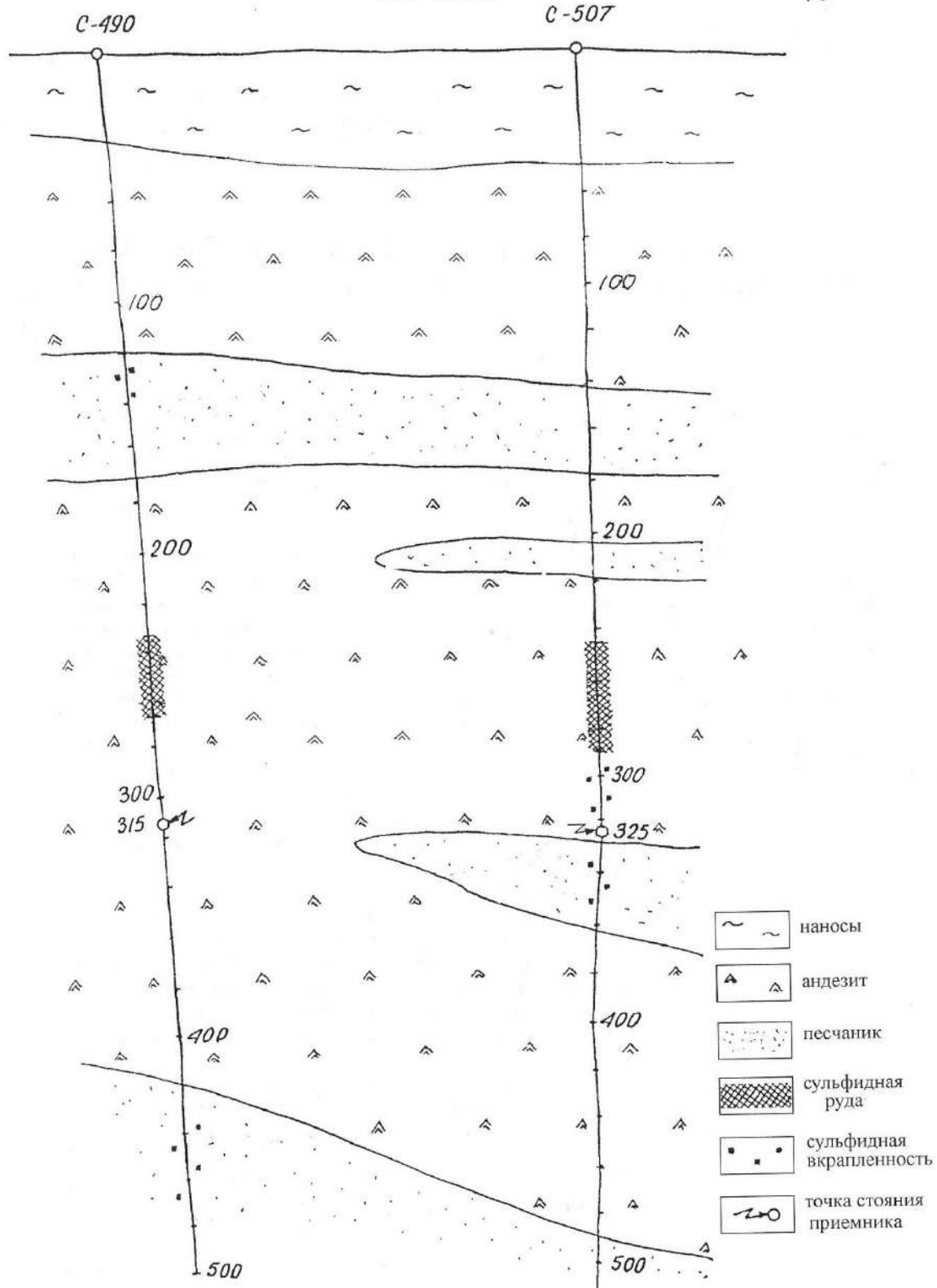
Интерпретация результатов РВП

Вариант III

Ю. КАЗАХСТАН

М 1:2000

Ю



Р а б о т а № 14

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ НАПРАВЛЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

В векторной магнитометрии обычно измеряется 3 составляющих полного вектора напряженности внешнего магнитного поля. Измерения производятся с помощью 3-х взаимноперпендикулярных магнетометрических датчиков (МД), которые ориентированы по одной или вертикальной схеме /3,15/.

В аппаратуре ИММ-31 ось одного МД (Z') направлена по оси скважины, ось другого (X') перпендикулярна ему и лежит в плоскости направления скважины и ось третьего (Y') направлена горизонтально и перпендикулярна двум предыдущим. За условительные направления составляющих Z', X', Y' принимаются также, которые образуют левую систему координат при направлении Z' вниз по скважине (рис. 40).

Измерения составляющих производят точно при остановах прибора в скважине и результаты измерений заносит в журнал. Магнитометрические измерения должны сопровождаться точными измерениями искривления скважины. Обработка результатов заключается в определении величины и направления вектора напряженности внешнего магнитного поля $\vec{T}_0$, который представляет собой геометрическую разность полного измеренного вектора $\vec{T}$ и вектора напряженности искаженного поля $\vec{T}_0$:

$$\vec{T}_0 = \vec{T} - \vec{T}_0 = (X' - X'_0)\vec{I} + (Y' - Y'_0)\vec{J} + (Z' - Z'_0)\vec{K}, \quad (23)$$

где $\vec{I}, \vec{J}, \vec{K}$ - единичные векторы-орты;

X'_0, Y'_0, Z'_0 - соответствующие составляющие напряженности нормального поля Земли, измеряемые на контрольном пункте.

Для наглядности и удобства интерпретации результатов трехкомпонентных измерений изображают в виде проекций векторов $\vec{T}_0$ на две вертикальные плоскости: одну параллельную простиранию пород ($\vec{T}_{0\parallel}$), другую - перпендикулярную простиранию ($\vec{T}_{0\perp}$). При этом промежуточные этапы построений также изображаются на том же чертеже в виде нескольких колонок (рис. 41).

В первой колонке наносят глубины точек измерения и геологический разрез скважины.

Во второй строят диаграмму Z_α .

и т.д. $\vec{H}_a$ - вектора $\vec{H}_a$ в плане,
и т.д. $\vec{H}_a$ на поперечный разрез (вкrest простира-
ния) выносят кривую $\vec{H}_a$ - проекция $\vec{H}_a$ на плоскость разреза и

$\vec{T}_a$ - проекция вектора $\vec{T}_a$ на ту же плоскость.

и т.д. $\vec{H}_a$ колонок на продольный разрез (по простиранию)

выносят кривую $\vec{H}_a$ - проекция составляющей $\vec{H}_a$ на плоскость разреза

и т.д. $\vec{T}_a$ - проекция вектора $\vec{T}_a$ на ту же плоскость.

Аналогично материалам и все построения выполняют для каждой точки наблюдения в следующем порядке.

1. По графикам составляющих нормального поля Земли (рис. 42) определяют значения Z_a' , X_a' , Y_a' , соответствующие углам искривле-
ния скважины в точке наблюдения. Эти значения вносят в таблицу 9,
форма которой приведена в задании.

2. Наблюдаемые значения составляющих нормального поля вычитают из соответствующих составляющих напряженности аномального магнит-
ного поля также вносят в таблицу.

3. Из составляющих напряженности аномального магнитного поля,
найденных для основной схемы ориентировки датчиков, осуществляют
переход к составляющим аномального поля для вертикальной ориенти-
ровки, которые также вносят в таблицу.

$$\begin{aligned} Z_a &= Z_a' \cos \varphi - X_a' \sin \varphi; \\ X_a &= X_a' \cos \varphi + Z_a' \sin \varphi; \\ Y_a &= Y_a' \end{aligned} \quad (24)$$

Здесь φ - это угол искривления скважины.

4. Далее от вычислений переходят к графическим построениям,
которые начинают с I колонки чертежа, где выносят глубины точек
наблюдения и геологический разрез скважины, построенный по данным
карта и каротажных диаграмм (рис. 41).

5. По II колонке чертежа строят кривую $\vec{X}_a$ с учетом знака
этой составляющей.

6. В III колонке чертежа строят вектора $\vec{H}_a$. Для этого в каждой точ-
ке наблюдения под углом α (азимутальный угол скважины) к направле-
нию на географический север откладывают положительное значение X_a ,
под углом 90° к нему - составляющую Y_a . Их геометрическая сумма
и есть горизонтальная проекция вектора $\vec{T}_a$, т.е. $\vec{H}_a$.

В этой же колонке указывают простирание пород и направление, перпендикулярное к нему, которые нужны для определения проекций H_{aH} и H_{aK} .

7. Заполняют IV колонку "Поперечный разрез". В этой колонке строят кривую H_{aK} . С этой целью в каждой точке измерения откладывают по горизонтали отрезок, равный проекции вектора H_a (из предыдущей колонки) на направление, перпендикулярное простиранию. Концы отрезков соединяют плавной линией. Здесь же строят вектора $\bar{T}_{aK}$ по величинам Z_a и H_{aK} , снятым с соответствующих кривых в II и IV колонках для каждой точки измерения.

8. Аналогичным образом заполняют V колонку "Продольный разрез", где строят кривую H_{aH} и вектора $\bar{T}_{aH}$.

9. С кривых H_{aK} и H_{aH} снимают максимальные значения этих величин и откладывают соответственно по простиранию и вкост простирания пород. Их равнодействующая указывает направление в плане на основные магнитные массы.

Чтобы определить, в каком направлении от скважины находится рудное тело, следует помнить, что сходящийся веер векторов $\bar{T}_a$ (или их проекций $\bar{T}_{aK}$ и $\bar{T}_{aH}$) направлен в сторону верхнего конца рудного тела; а расходящийся веер $\bar{T}_a$ (или их проекций $\bar{T}_{aK}$ и $\bar{T}_{aH}$) направлен в сторону от нижнего конца рудной залежи (при отвесном намагничивании).

Следовательно, по распределению векторов $\bar{T}_a$ можно указать направление на рудную залежь; определить, верхний или нижний конец ее располагается около скважины; указать направление падения рудного тела.

ЗАДАНИЕ

I. Занести в таблицу 9 результаты измерений составляющих суммарного магнитного поля и данные инклинометрии.

Таблица 9

№ п/п	Н, м	Инклино- метрия, град		Суммарное поле, тыс. нТл			Нормальное по- ле, тыс. нТл			Аномальное поле, тыс. нТл				
		φ	α	Z'	X'	Y'	Z'_0	X'_0	Y'_0	Z'_a	X'_a	$Y'_a=Y'_0$	Z_a	X_a
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

1. Изучение и анализ литературы по теме исследования.

1. 1990年10月10日，在北京市召开的“1990年10月10日”会议上，与会代表一致通过了《1990年10月10日宣言》。该宣言指出，1990年10月10日是中国人民抗日战争胜利45周年纪念日，也是世界反法西斯战争胜利45周年纪念日。在这一具有重大历史意义的日子里，我们隆重集会，回顾历史，展望未来，具有十分重要的意义。



Рис. 40. Обрывная схема опрессовоч-
ной аппаратуры в окислительном методе

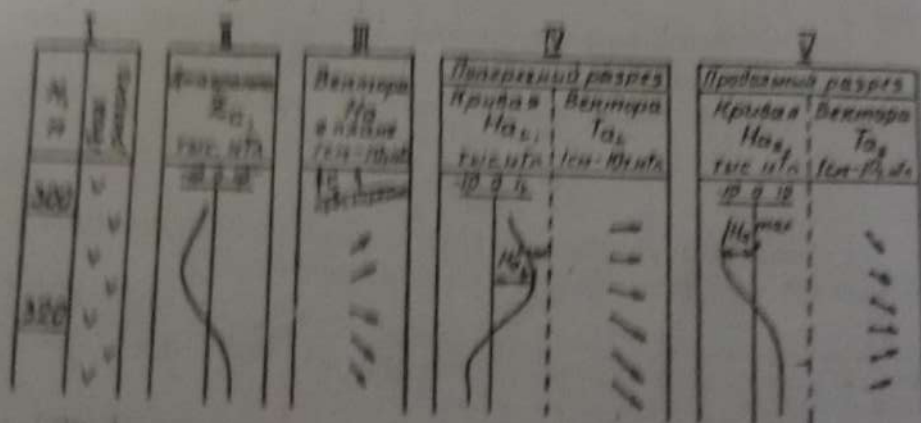


рис. 81. Пример изображения результатов скважинной трех-компонентной мониторинговой разведки

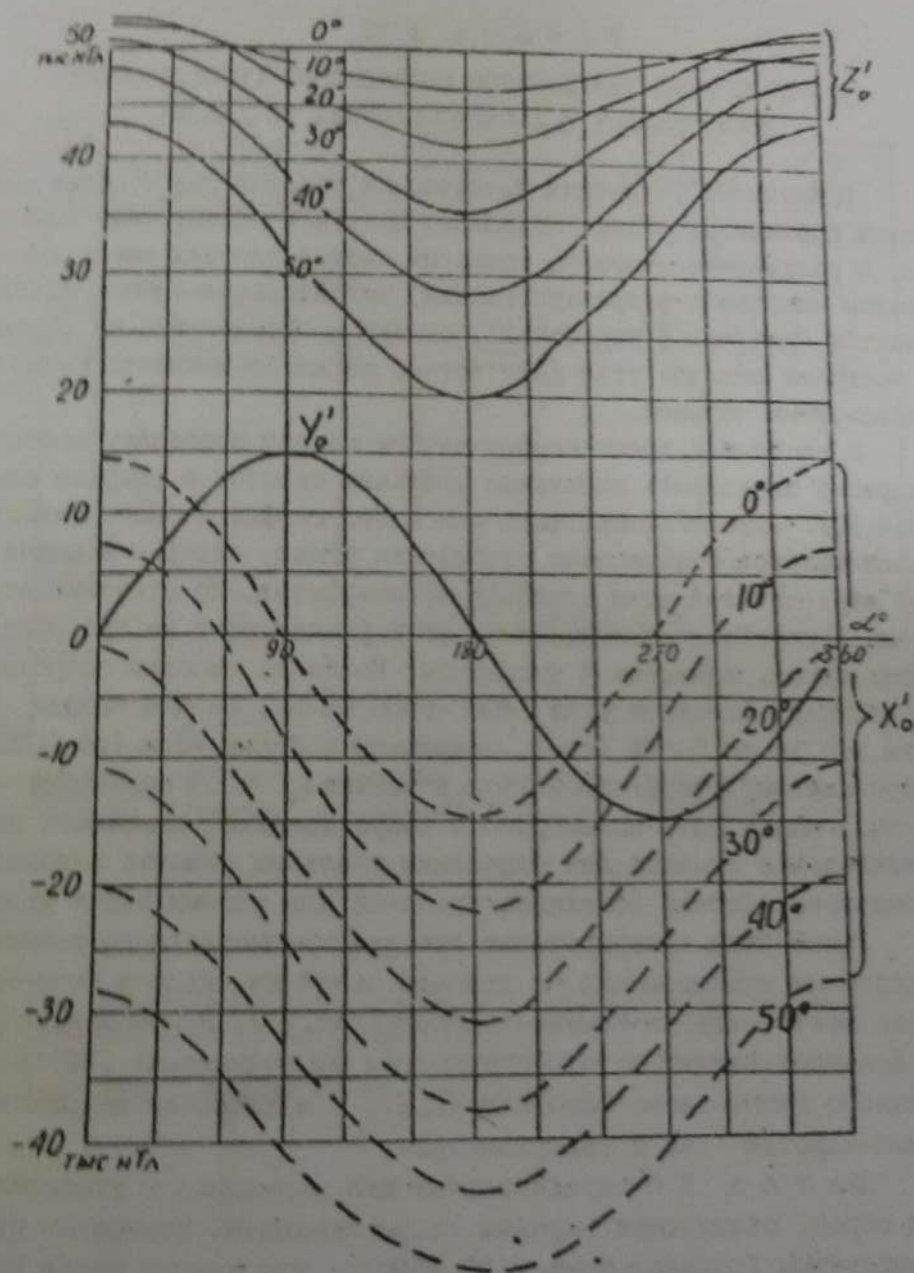


Рис. 42. Графики зависимости составляющих нормального магнитного поля Земли от ориентировки датчиков. Цифр кривых - зенитный угол γ , град.

2. занести в таблицу 9 значения составляющих нормального магнитного поля, снятые с графиков рис. 42.

3. Вычислить и занести в таблицу 9 значения составляющих аномального магнитного поля.

4. Построить результаты обработки ТСМ на стандартном листе миллиметровой бумаги (40 x 30 см). Масштаб построений: 1 см - 5 м; 1 см - 10 тыс. нТл. Простиранье пород считать широтным.

5. Определить, верхняя или нижняя оконечность намагниченного рудного тела вызвана аномалия. Указать, на какой глубине, на каком расстоянии и в каком направлении от скважины находится намагниченный объект.

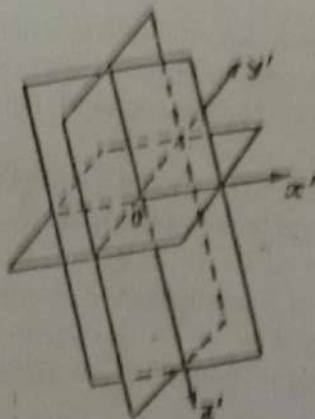


Рис. 40. Осевая схема ориентировки датчиков в скважинном магнитометре

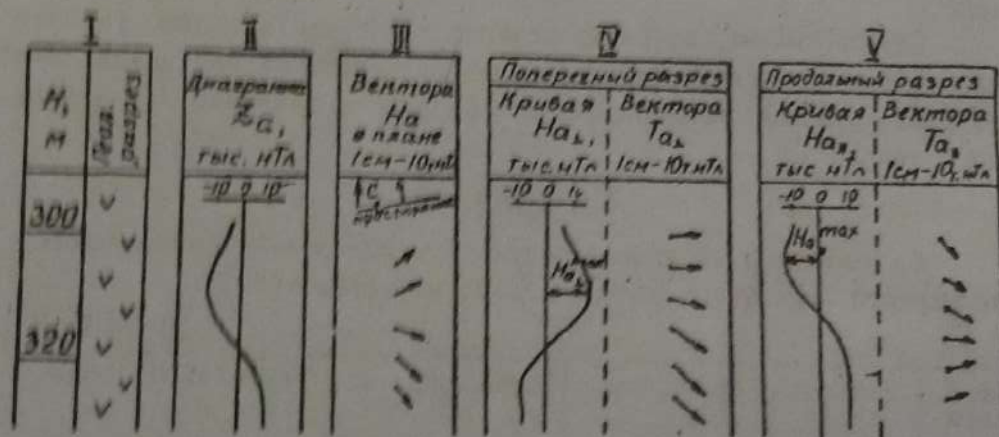


Рис. 41. Пример изображения результатов скважинной трехкомпонентной магниторазведки

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНДУКТИВНОЙ СКВАЖИННОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

В настоящее время индуктивная электроразведка в скважинах применяется в основном в 2-х вариантах, различающихся по типу источника, возбуждающего первичное поле: в варианте наземной незаземленной петли (ННП) и в варианте дипольного электромагнитного профилирования скважин (ДЭМПС). Интерпретация получаемых результатов будет рассмотрена нами применительно к варианту ДЭМПС, поскольку он применяется гораздо чаще.

В методе ДЭМПС в скважинах измеряются 3 пространственные компоненты аномального магнитного поля, создаваемого вихревыми токами, которые наводятся в подземных проводниках магнитным полем диполя, также расположенного в скважине на фиксированном расстоянии от приемника (рис.19).

Одна компонента (осевая) ориентирована по оси скважины, две других (поперечных) располагаются в плоскости, перпендикулярной оси скважины в точке измерений (рис.20). Одна, называемая вертикальной, лежит в вертикальной плоскости, проходящей через скважину в точке измерения, другая, называемая горизонтальной, расположена горизонтально. За положительные направления компонент приняты: для осевой - вниз по оси скважины, для вертикальной - в направлении искривления скважины, для горизонтальной - направление, повернутое на 90° по часовой стрелке (если смотреть с поверхности) от положительного направления вертикальной компоненты.

Каждая пространственная компонента измеряется по двум её временным составляющим: вещественной ($Re H_a$) и мнимой ($Im H_a$). Мнимая составляющая отстает по фазе от вещественной на угол $\pi/2$, как это показано на рис.21.

Соотношение между вещественной и мнимой составляющими напряженности аномального магнитного поля при различной частоте первичного поля позволяет судить о проводимости аномального объекта, а совокупность пространственных компо-

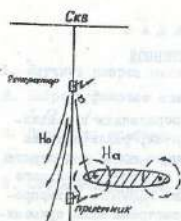


Рис.18 Разложение вектора дилет. порчиного (H₀) и аномального (H_α) магнитных полей.

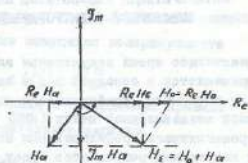


Рис.19 Векторная диаграмма дилет. порчиного H₀, аномального H_α и горизонтального H_β магнитных полей.

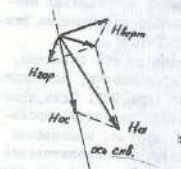


Рис.20 Векторная диаграмма пространственного магнитного поля.

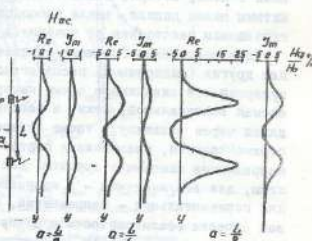


Рис.21 График осевой компоненты аномалии от расстояния пластины при разном расстоянии (α) пластины от скважины.

30

$\frac{I_m H_0}{R_0 H_0} = 30\%$
Сравнение осевой осей.

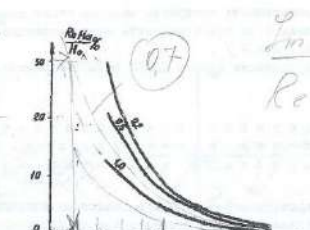


Рис.22 Зависимость пространственной аномалии от расстояния пластины при разном расстоянии (α) пластины от скважины. Штрих-пунктир - $I_m H_0 / R_0 H_0$.

$$L = 50 \text{ м} \Rightarrow \alpha = 6 \text{ м}$$

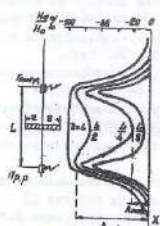


Рис.23 График зависимости осевой компоненты аномалии от расстояния пластины при разном расстоянии (α) пластины от скважины.

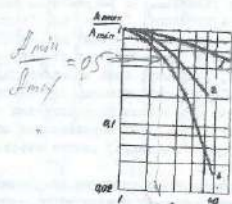


Рис.24 Зависимость амплитуды аномалии от расстояния пластины при разном расстоянии (α) пластины от скважины. Штрих-пунктир - $I_m H_0 / R_0 H_0$.

1. По палетке рис. 23.
2. Рассчитанные от скважины до башни. Кривые рудного тела: ось $\alpha = 6 \text{ м}$.

32

мент дает возможность построить склоновые линии аномального магнитного поля и по ним определять местоположение аномальных объектов [2,8,9].
При интерпретации данных ДЭМП возможно решение следующих задач.

1. Определение пространственного положения источника аномалии относительно скважины.

Определение пространственного положения источника аномалии относительно скважины производится по характеру изменения направления вектора напряженности аномального магнитного поля вдоль скважины.

При этом следует учитывать, что порчиное магнитное поле вместе с вихревыми токами образует правозавихтовую систему вихря, как вихревые токи с силовыми линиями их магнитного поля.

По результатам измерения вертикальной компоненты поля определяют, где находится объект, выше или ниже исследуемого участка скважины. По результатам измерений поперечных составляющих определяют, "слева" или "справа" от плоскости наклона скважины расположен объект для наблюдателя, находящегося на поверхности и смотрящего в сторону наклона скважины.

Так, например, если аномалия горизонтальной составляющей намото преживает аномалию вертикальной составляющей, это означает, что объект располагается сбоку от плоскости искривления скважины. Если вертикальная составляющая намото преживает горизонтальную, значит объект лежит в плоскости скважины и т.п.

Расстояние от скважины до аномального объекта находят по амплитуде аномалии осевой компоненты поля. На рисунке 22 представлены результаты модельных работ, иллюстрирующие зависимость амплитуды аномалии от расстояния между скважиной и кромкой объекта, а на рис. 23 - палетка, построенная по этим данным, с помощью которой можно определять это расстояние. Кривые, нанесенные на палетку, разбиваются по отношению вещественной и мнимой составляющих аномального поля, т.е., в конечном счете, по проводимости аномальных объектов.

31

2. Определение размеров проводника

Определение размеров проводящих рудных тел по данным ДЭМП особенно успешно осуществляется при пересечении скважины проводящего объекта. Как показывает проведенный опыт и результаты исследований на моделях, подсеченный проводник на графике осевой компоненты поля выделяется глубокой отрицательной аномалией (рис. 24). При этом если тело имеет размеры во всех направлениях от скважины больше, чем расстояние между генераторной и приемной рамками, аномалия имеет форму широкого минимума (A_{min}). При меньших, хотя бы в одном направлении, размерах тела в эписентре аномалии намечается горб (A_{max}).

По результатам модельных работ построена номограмма (рис. 25), позволяющая оценить размеры подсеченного проводника по отношению $\frac{A_{max}}{A_{min}} = f\left(\frac{L}{R_0}\right)$.

3. Определение элементов залегания аномальных объектов

Как показывает исследования, выполненные на моделях, при угле встречи скважины и пластообразного рудного тела близком к 90° , аномалия осевой компоненты имеет симметричную форму с двумя одинаковыми максимумами A_1 и A_2 , находящимися на расстоянии, равном длине разности между генераторной и приемной рамками (рис. 26).

При уменьшении угла встречи симметрия нарушается и экстремум, расположенный со стороны падения пласта (A_2), возрастает. При остром угле встречи ($10^\circ - 20^\circ$) аномалия представляется одним лишь этим максимумом (A_2).

Составлена палетка, позволяющая по отношению экстремумов A_1 / A_2 определять угол падения пласта (рис. 27).

4. Оценка электропроводности аномальных объектов

Оценка электропроводности объектов по данным ДЭМП тесно связана с определением их размеров, т.е. аномалией

3. Нагорный массив 33, РТ по элв. 47.

Объект: Примерно 100 м

4. По осевой компоненте $I_m H_0$ в A_{max} и A_{min} . Так как на палетке данные A_{min} для ширины $L/R_0 = 1,9$, то

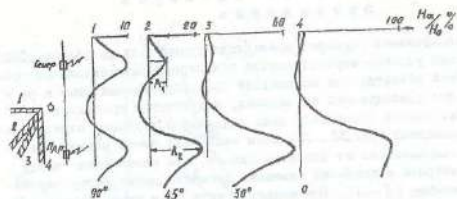


Рис. 26. Зависимость формы аномалии от угла встречи скважины и рудного тела.

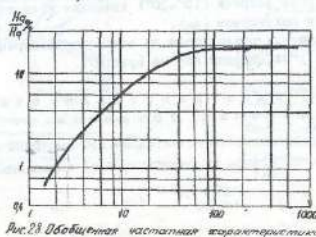
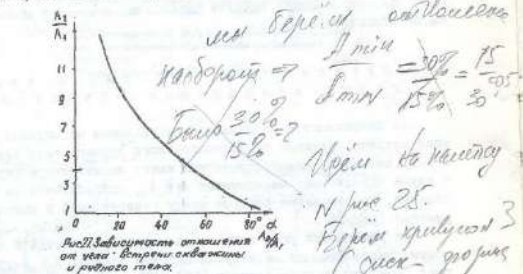


Рис. 28. Обобщенная частотная характеристика.

эффект определяется так называемым "индукционным параметром":

$$P = \sqrt{\mu \cdot \gamma \cdot \omega} \cdot l, \quad (7)$$

где μ — магнитная проницаемость;

γ — электропроводность;

ω — круговая частота возбуждающего поля;

l — характерный размер объекта, измеренный по нормали к его основным поверхностям.

Зависимость аномального эффекта от "индукционного параметра" P называется частотной характеристикой (рис. 28). Объекты с малым "индукционным параметром" $P < 1$ (т.е. с низкой электропроводностью) характеризуются в основном аномалиями индукции, объекты с $P > 3-5$ (т.е. с хорошей электропроводностью) — в основном аномалиями вещественной составляющей.

От электропроводности (и, следовательно, от P) зависит и фаза аномального поля (φ).

Расчитана номограмма (рис. 29), позволяющая по измеренной амплитуде аномального поля H/H_0 и его фазе определить значение индукционного параметра P на каждой конкретной частоте ω .

На найденного значения P остается исключить частоту и размер аномального объекта l , чтобы определить проводимость:

$$\gamma = \frac{P^2}{\mu \cdot l^2}$$

Значение l можно найти одним из описанных выше способов, или задаться им, исходя из геологических соображений, а μ можно принять равным 1.

Грубо оценить электропроводность объекта можно просто по соотношению вещественной и мнимой составляющих аномального поля: чем больше вещественная составляющая, тем выше электропроводность.

В общем случае интерпретации результатов индуктивной электроразведки носит полуквантитативный характер.

ПОРЯДОК ИНТЕРПРЕТАЦИИ

Интерпретация выполняется в порядке, описанном ниже:

1. Сначала определяется местоположение проводящего объекта относительно скважины.

Для этого в горизонтальной плоскости строится геометрическая сумма горизонтальной компоненты аномального поля и проекции вертикальной компоненты на горизонтальную плоскость. Полученный вектор указывает направление на аномальный объект.

Расстояние от скважины до объекта оценивается по номограмме рис. 23 в зависимости от интенсивности аномалии.

2. Далее производится оценка размеров аномального объекта. В случае пересечения скважиной рудного тела, для этой цели можно воспользоваться номограммой рис. 25. Для неподсеченного проводника представление о его размерах можно получить по изменению аномалии с увеличением разности: для крупных тел аномалия растет с увеличением разности, для мелких — падает. Обязательно следует использовать геологические данные.

3. Определяются углы падения аномальных объектов по виду аномалий осевой компоненты (номограмма рис. 27).

4. Оценивается электропроводность аномальных объектов по найденным величинам индукционного параметра P и размерам объекта l .

Для примера рассмотрим интерпретацию результатов ДЭМП, представленных на рис. 30.

Скважина 1250 до глубины 240 м проходит по альбитофрам, имеющим сопротивление порядка 10,000 ом.м. От 240 до 340 м скважина пересекает зону кварцево-хлоритовых пород с сопротивлением от 20 до 200 ом.м. Ниже залегают порфиры и их туфы (сопротивление свыше 1,000 ом.м.). Руду скважина не встретила, хотя к юго-западу от нее на глубине располагается известная линзовидная залежь медного колчедана.

По геологическим данным расстояние от скважины до рудного тела составляет 50-60 м.

Результаты ДЭМП по скважине 1250 представлены в виде графиков вещественной и мнимой составляющих осевой и поперечных компонент аномального поля, выраженных в процентах от величины осевой компоненты первичного магнитного поля.

Представлены результаты измерений поперечных компонент на частоте 125 гц при разности $L = 75$ м, и осевой компоненты на частоте 125 гц с разностями 25, 50, 75 и 100 м и на час-

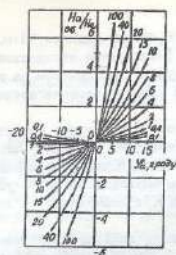


Рис. 29. Номограмма для определения индукционного параметра P (шифр приклад-1).

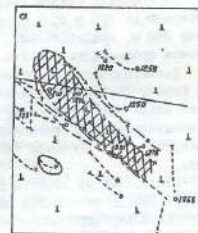


Рис. 30. План контрольного тестирования (а) и результаты измерений ДЭМП в скв. 1250 (б).



тотах 125,375, 1125, и 3375 гц при том же разnose 75 м.

На графиках осевой компоненты фиксируется отчетливая аномалия до 10% в виде двух максимумов с эпицентром на глубине 240 м, следовательно, на этой глубине располагается и кромка проводящего объекта.

Далее, аномалия на горизонтальной составляющей значительно больше (5-6%), чем на вертикальной. Это означает, что рудная залежь находится сбоку от плоскости наклона скважины, а положительный знак аномалии горизонтальной компоненты указывает, что располагается "слева", т.е. к юго-западу от скважины.

Расстояние от объекта до скважины, найденное по номограмме рис.23 составляет примерно 0,2-0,25 L, т.е. 15-18 м.

Поскольку верхний максимум на аномалии осевой компоненты больше, чем нижний, можно заключить, что рудная залежь падает к скважине, угол встречи скважины и рудного тела (по номограмме рис.27) находится в пределах 70° . С учетом угла наклона скважины, можно определить, что падение рудной залежи пологое - $35-40^\circ$ к горизонту.

Рост аномалии осевой компоненты (с 2 до 13%) при увеличении разностей (от 25 до 100 м) свидетельствует о внушительных размерах объекта, создающего аномалию. По геологическим данным ширина линзы около 200 м и мощность (l) около 20м.

З А Д А Н И Е

1. Скопировать результаты ДЭМПС и геологический разрез на кальку.
2. Выполнить интерпретацию результатов ДЭМПС по описанной методике.
3. Провести контур рудного тела в исследуемом разрезе с учетом результатов интерпретации и данных бурения.
4. Написать краткую пояснительную записку.

РАБОТА N
ВАРИАНТ I

РЕЗУЛЬТАТЫ ДЭМПС по скважине N7

$L=25\text{ м}$ $f=3375\text{ Гц}$

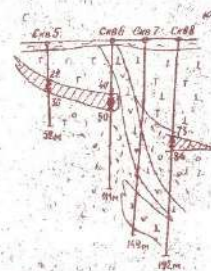
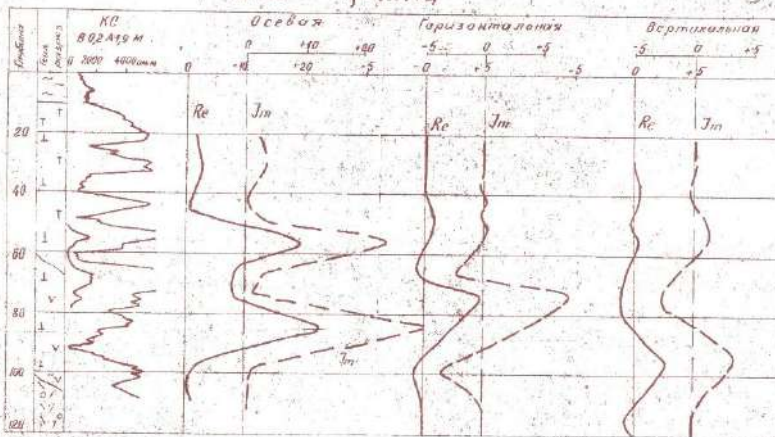


Рис. 1. Геологический разрез (1/6)

— Напоя
+ — Аргентиты
— Диабазы
Г — Глины смешанного состава
1 — Глины вулканические
1/2 — Песчаные

РАБОТА N
ВАРИАНТ II

РЕЗУЛЬТАТЫ ДЭМПС, скв. N56

$L=50\text{ м}$ $f=375\text{ Гц}$

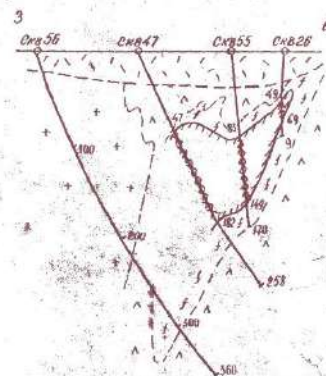
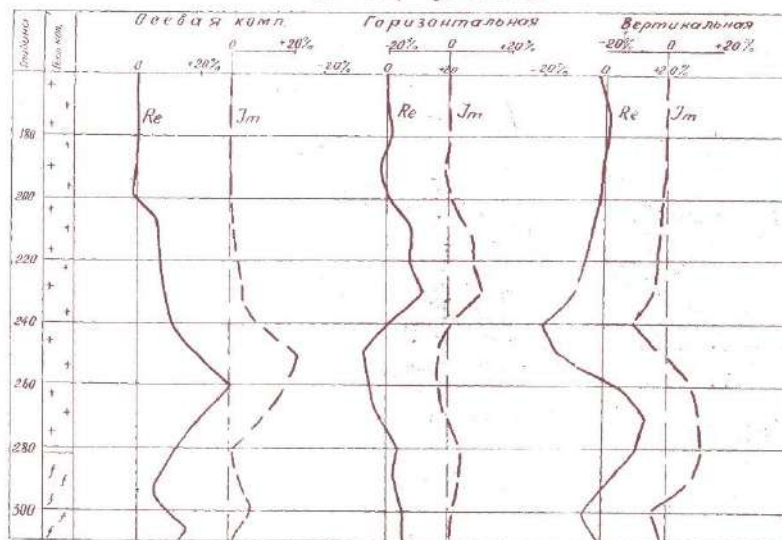


Рис. 1. Геологический разрез (Шварцберг)

— — — — — Лоды выветривания;
+ + — — — — — Гриндвалиты;
^ ^ — — — — — Диабазовый порфирит;
f — — — — — Кварцево-кварцитовые пироксы;
/ — — — — — Мрамор подсечения

Расчет длины зонда для акустического каротажа на головных волнах

При акустическом каротаже в скважине и окружающих скважину горных породах возбуждаются упругие волны нескольких различных типов.

Прежде всего, излучатель возбуждает в скважинной жидкости прямую гидроволну, которая распространяется во все стороны от излучателя со скоростью V_{p0} продольной волны, характерной для воды или бурового раствора (поперечные волны в жидкостях не распространяются). С помощью центрирующих устройств излучатель, так же как и приемник, размещаются по оси скважины, таким образом, от излучателя до приемника (или приемников) прямая гидроволна распространяется по кольцевому зазору Δr между стенкой скважины и стенкой скважинного прибора. При уменьшении зазора Δr , т.е. при $\lambda/\Delta r > 1$ это волна вырождается.

Ниже корпуса скважинного прибора, объем пространства, по которому может распространяться гидроволна, увеличивается и эта волна преобразуется в трубную волну или волну Лэмба (L). Трубная волна характерна только для цилиндрических полостей, заполненных жидкостью, она имеет плоский фронт перпендикулярный оси скважины. Скорость трубной волны (Ивакин Б. Н. и др., 1978):

$$V_m = V_{p0} \sqrt{1 + \frac{\rho_0 V_{p0}^2}{\rho_1 V_{s1}}}$$

где ρ_0 и ρ_1 – плотности жидкости и стенки скважины, т.е. горной породы, соответственно. Трубная волна без ослабления может распространяться на большие расстояния. Амплитуда ее убывает только на тех интервалах скважины, где скважина пересекает пласты-коллекторы. В этих интервалах энергия трубной волны расходуется на возбуждение колебаний во флюидах, заполняющих поры и трещины коллекторов.

Дойдя до стенок скважины, гидроволна P_0 возбуждает в горных породах проходящие преломленные волны: продольную $P_0 P_1$ и поперечную $P_0 S_1$, скорость которых зависит от минерального состава пород, их структурно-текстурных особенностей, а также от давления под которым эти породы находятся. Углы преломления как продольной, так и поперечной волны определяются законом Снеллиуса:

$$\frac{V_{p0}}{V_{p0P1}} = \frac{\sin \gamma_0}{\sin \gamma_{1P}} \quad \text{и} \quad \frac{V_{p0}}{V_{p0S1}} = \frac{\sin \gamma_0}{\sin \gamma_{1S}} \quad (\text{см. рис. 1})$$

Когда угол падения прямой волны на стенку скважины γ_0 достигает величины критического угла $\gamma_{0Pкр}$, угол преломления продольной волны $P_0 P_1$ становится равным 90° , и эта волна начинает скользить вдоль стенки скважины. Несколько дальше от излучателя угол падения становится равным критическому для поперечной волны $\gamma_0 = \gamma_{0Sкр}$, и преломленная поперечная волна также превращается в скользющую. Колебания частиц породы на стенках скважины передаются буровому раствору и через него достигают приемника П в виде волн $P_0 P_1 P_0$ и $P_0 S_1 P_0$. Эти волны называются головными и несут информацию об упругих свойствах горных пород, слагающих стенки скважины. При этом волна $P_0 P_1 P_0$ называется головной монотипной, а волна $P_0 S_1 P_0$ – головной обменной, т. к. в ней дважды происходит обмен энергии между продольными и поперечными колебаниями.

Головные волны обладают всеми теми же характеристиками, что и P и S волны в неограниченной среде (Козяр В. Ф. и др., 2000).

Кроме перечисленных волн, в скважинах могут существовать еще несколько типов поверхностных волн: Рэлея (R), Стоунли (St) и Лява.

Волна Рэлея распространяется вдоль границы твердого тела с разряженным пространством (вакуумом, газом, жидкостью). Энергия волны Рэлея сосредоточена в поверхностном слое твердого тела, толщина которого близка к длине волны R . Колебания частиц среды в волне Рэлея совершаются в плоскости, перпендикулярной плоскости раздела. Движение частиц среды в волне R происходит по эллиптической орбите, причем амплитуда колебаний и отношение длин осей эллипса изменяются по мере удаления от границы раздела (рис. 2). Интенсивность ее быстро убывает с удалением от границы, а скорость $V_R \approx 0,9V_S$.

Волна Стоунли также как волна Рэлея имеет вертикальную поляризацию – частицы среды перемещаются в плоскости, перпендикулярной плоскости раздела сред. Энергия волны St локализована в основном, в жидкости. Скорость волны Стоунли меньше скорости упругих волн в обеих контактирующих средах $V_S < V_{P0}, V_S, V_R$.

Волна Лява распространяется вдоль границ твердого полупространства с твердым слоем (например, на границе горных пород с слоем цементного камня в хорошо зацементированной скважине). Частицы среды в волне Лява перемещаются в плоскости раздела двух сред. Если толщина слоя стремится к нулю, скорость волны стремится к скорости V_S в неограниченно пространстве.

Все три типа поверхностных волн регистрируются в скважине не одновременно из-за разных условий их образования.

В скважинах с открытым стволом волны Лява не регистрируются.

При конструировании зондов АК следует стремиться к тому, чтобы к приемнику одновременно не приходили волны разных типов, иначе, вследствие их интерференции, будет сложно разобраться с волновой картиной.

В частности, при каротаже на головных волнах необходимо выбрать такую длину зонда L (расстояние от измерителя до ближайшего приемника), чтобы прямая волна, распространяющаяся в жидкости – P_0 достигла приемника после прихода головной обменной волны $P_0 S_1 P_0$. При этом нужно учитывать, что эти волны различаются не только по скорости их распространения, но и приходят к приемнику по разным траекториям (см. рис. 1).

Так, время, затраченное прямой волной на пути И-П по скважине, должно быть равно:

$$t_{\text{ж}} = \frac{L}{V_{\text{ж}}}, \text{ где } L - \text{длина зонда.}$$

Время, затраченное обменной головной волной, будет складываться из следующих временных разрезов:

$$t_{\text{п}} = \frac{2c}{V_{\text{ж}}} + \frac{l}{V_{\text{п}}}, \text{ где } V_{\text{ж}} - \text{ скорость распространения волны в скважинной жидкости, а } V_{\text{п}} - \text{ скорость поперечной волны в породе.}$$

При этом выполняется неравенство:

$$t_{\text{ж}} > t_{\text{п}} \text{ или } \frac{L}{V_{\text{ж}}} > \frac{2c}{V_{\text{ж}}} + \frac{l}{V_{\text{п}}} \quad (*)$$

Как следует из рис. 1, $l = L - 2b$, где $b = a \cdot \operatorname{tg} \gamma_{0\text{скр}}$; $c = \frac{a}{\sin \gamma_{0\text{скр}}}$; $a = r_{\text{скв}} - r_{\text{сн}}$.

Поскольку обменная головная волна в скважине образуется при угле падения прямой волны ($V_{\text{ж}}$) равном $\gamma_{0\text{скр}}$, то пользуясь законом Снеллиуса, можно выразить тригонометрические функции $\sin$, $\cos$, tg через скорости волн в жидкости и в породе.

$$\sin \gamma_{0\text{скр}} = \frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{п}}}; \quad \cos \gamma_{0\text{скр}} = \sqrt{1 - \left(\frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{п}}}\right)^2}; \quad \operatorname{tg} \gamma_{0\text{скр}} = \frac{\sin \gamma_{0\text{скр}}}{\cos \gamma_{0\text{скр}}} = \frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{п}} \sqrt{1 - \left(\frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{п}}}\right)^2}}$$

Тогда отрезки b , c и l будут равны:

$$b = a \operatorname{tg} \gamma_{0\text{скр}} = a \frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{п}} \sqrt{1 - \left(\frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{п}}}\right)^2}}; \quad c = \frac{a}{\sin \gamma_{0\text{скр}}} = \frac{a}{\frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{п}}}} = \frac{a V_{\text{п}}}{V_{\text{ж}}};$$

$$l = L - 2b = L - 2a \frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{п}} \sqrt{1 - \left(\frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{п}}}\right)^2}}$$

Неравенство (*) примет вид:

$$\frac{L}{V_{\text{ж}}} > \frac{2a}{V_{\text{ж}} \sqrt{1 - \left(\frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{п}}}\right)^2}} + \frac{L}{V_{\text{п}}} - \frac{2a V_{\text{ж}}}{V_{\text{п}}^2 \sqrt{1 - \left(\frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{п}}}\right)^2}};$$

$$\frac{L}{V_{\text{ж}}} - \frac{L}{V_{\text{п}}} > \frac{2a}{V_{\text{ж}}} \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{п}}}\right)^2}} - \frac{V_{\text{ж}}^2}{V_{\text{п}}^2 \sqrt{1 - \left(\frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{п}}}\right)^2}} \right).$$

В выражении в круглых скобках в левой части неравенства вынесем за скобку $\frac{1}{V_{\text{п}}^2}$.

Получим:

$$\left(\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{п}}}\right)^2}} - \frac{V_{\text{ж}}^2}{V_{\text{п}}^2 \sqrt{1 - \left(\frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{п}}}\right)^2}} \right) = \frac{1}{V_{\text{п}}^2} \left(\frac{V_{\text{п}}^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{п}}}\right)^2}} - \frac{V_{\text{ж}}^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{п}}}\right)^2}} \right) = \frac{1}{V_{\text{п}}^2} \cdot \frac{V_{\text{п}}^2 - V_{\text{ж}}^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{п}}}\right)^2}},$$

$$L \cdot \frac{V_n - V_{ж}}{V_n V_{ж}} > \frac{2a}{V_{ж} V_n^2} \cdot \frac{V_n^2 - V_{ж}^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{V_{ж}}{V_n}\right)^2}}$$

Преобразуем правую часть неравенства:

$$\frac{2a}{V_{ж} V_n^2} \cdot \frac{V_n^2 - V_{ж}^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{V_{ж}}{V_n}\right)^2}} = \frac{2a}{V_{ж}} \cdot \frac{\left(1 - \frac{V_{ж}^2}{V_n^2}\right)}{\sqrt{1 - \left(\frac{V_{ж}}{V_n}\right)^2}} = \frac{2a}{V_{ж}} \sqrt{1 - \left(\frac{V_{ж}}{V_n}\right)^2}$$

В итоге получаем:

$$L \cdot \frac{V_n - V_{ж}}{V_n V_{ж}} > \frac{2a}{V_{ж}} \sqrt{1 - \left(\frac{V_{ж}}{V_n}\right)^2}, \text{ поделим обе части на } \frac{V_n - V_{ж}}{V_n}$$

$$L > \frac{2a V_n}{V_n - V_{ж}} \sqrt{1 - \left(\frac{V_{ж}}{V_n}\right)^2}$$

Упростим правую часть неравенства еще раз:

$$\begin{aligned} \frac{2a V_n}{V_n - V_{ж}} \sqrt{1 - \left(\frac{V_{ж}}{V_n}\right)^2} &= \frac{2a V_n}{V_n - V_{ж}} \sqrt{1 - \frac{V_{ж}^2}{V_n^2}} = \frac{2a V_n}{V_n - V_{ж}} \cdot \frac{\sqrt{V_n^2 - V_{ж}^2}}{V_n} = \\ &= 2a \cdot \frac{\sqrt{V_n^2 - V_{ж}^2}}{V_n - V_{ж}} = 2a \cdot \frac{\sqrt{(V_n - V_{ж})(V_n + V_{ж})}}{\sqrt{(V_n - V_{ж})} \cdot \sqrt{(V_n - V_{ж})}} = 2a \sqrt{\frac{V_n + V_{ж}}{V_n - V_{ж}}} \end{aligned}$$

В итоге получаем условие, которому должна удовлетворять длина акустического зонда:

$$L > 2a \sqrt{\frac{V_n + V_{ж}}{V_n - V_{ж}}}$$

Напомним, что L это расстояние от источника упругих колебаний до ближайшего приемника, V_n - скорость поперечных волн в породах, слагающих стенку скважины, а $V_{ж}$ - скорость распространения продольных колебаний в скважинной жидкости.

ЗАДАНИЕ

Рассчитать длину зонда АК для условий, заданных преподавателем.

№1
Задание и работы - Расчет гминзона АК

параметр	I вар	II вар	III вар
$d_{суб}, мм$	236	220	127
$d_{сп}, мм$	76	120	40
Скорость VB в порядках, км/с	3,2 - 7,1	3-4	3,5-5
Длина зонда L, м			

Работа № 2

Интерпретация результатов акустического каротажа (АК) на головных волнах

При каротаже на головных волнах используются 3-х элементные зонды АК, состоящие из 2-х приемников и 1 излучателя или, наоборот, 2-х излучателей и 1 приемника. Расстояние между одноименными элементами называется базой зонда и обозначается ΔL , результаты измерений относятся к середине базы (т. О).

В процессе каротажа регистрируются в виде непрерывных диаграмм кинематические ($T_1, T_2, \Delta T$) и динамические (A_1, A_2, α) параметры монотипных и обменных головных волн, а также динамические параметры волны Лэмба (A_{1L}, A_{2L}, α_L). Кроме того, записываются с определенным шагом по глубине полные волновые картины (ВК) и фазокорреляционные диаграммы (ФКД).

При интерпретации используются все эти материалы в комплексе с диаграммами др. методов ГИС, что позволяет выполнить литологическое расчленение разрезов скважин, выделить пласты-коллекторы, определить их мощность, пористость и характер насыщения пор. Для количественной интерпретации наиболее важными из результатов АК являются диаграмма интервального времени ($\Delta T_p = \frac{1}{V_p}$) и диаграмма коэффициента затухания

$$\alpha = \frac{1}{\Delta L} 20 \frac{\lg A_1}{A_2}, \frac{\text{дБ}}{\text{м}} \quad \text{или} \quad \alpha = \frac{1}{\Delta L} \frac{A_1}{A_2}, \frac{1}{\text{м}} \quad (1)$$

Литологическое расчленение разрезов скважин по результатам акустического каротажа основано на наличии связи между вещественным составом горных пород и их акустическими свойствами – скоростью распространением упругих волн V (или интервальным временем ($\Delta T = \frac{1}{V}$) и коэффициентом поглощения α .

Среди однородных и плотных осадочных пород наиболее высокие скорости продольных волн характерны для доломитов ($V_p = 4 - 7,1$ км/с), средние – для известняков ($V_p = 5,7 - 6,3$ км/с), более низкие – для некоторых хемогенных пород ($V_p = 4,2 - 4,7$ км/с). Более детально скорости продольных волн приведены в табл. 1. Коэффициенты затухания для всех перечисленных пород меняются в одинаковых пределах $\alpha_p = 0,2 \div 0,3 \frac{1}{\text{м}}$.

Таблица 1

Скорости распространения продольных волн V_p и интервальные времена ΔT_p в различных средах и горных породах (по Горбачеву Ю. И., 1990)

Горная порода, среда	V_p , км/с	$\Delta T_p = \frac{1}{V_p}$, мкс/м
Глина	2-3,3	300-500
Песчаник	3-5,7	175-333
Известняк	2,6-6,3	159-385
Доломит	4-7,1	141-250
Каменная соль	4,2-4,8	208-238
Кристаллические породы	4,5-6,5	154-222
Ископаемый уголь	1,9-2,9	340-525
Цементный камень	2,5-3,5	286-400
Сталь	5,2-5,7	175-192
Воздух	0,33	3030
Нефть	1,3-1,4	714-770
Вода	1,5	667
Буровой раствор	1,5-1,7	588-667

С ростом объемов пустотного пространства в породах, скорость продольных волн в них может уменьшаться до 2,6-4,0 км/с (V_p), а коэффициент поглощения – возрастать до $0,3-0,7 \frac{1}{м}$.

Наименьшие значения $V_p = 0,6-0,8 \frac{км}{с}$ и максимальные для коэффициентов поглощения $\alpha_p \approx 3 \frac{1}{м}$ характерны для рыхлых отложений верхней части разреза (ВЧР).

Таким образом, различия в значениях V_p (или ΔT_p) и α_p могут служить достаточно надежным основанием для литологического расчленения только при одинаковой пористости различных отложений (Стрельченко В. В., 2008). Если пористость не постоянна, то для достоверного литологического расчленения разреза необходимо привлечение, по крайней мере, хотя бы еще одного метода каротажа, чувствительного к пористости отложений. Таким методом может служить нейтронный (НГК) или плотностной каротаж (ГТК-П).

Дополнение акустического каротажа методом НГК или ГТК-П позволяет одновременно решить сразу 2 задачи: определение литологической принадлежности коллектора и определение его пористости.

Для упрощения решения первой задачи разработаны специальные номограммы, одна из которых приведена на рис. 1.

Определение контактов и мощностей пластов выполняется по диаграммам интервального времени (или скорости) упругих волн. Как показано на рис. 2, при равенстве упругих свойств подстилающих и перекрывающих пород пласты с отличающимися упругими свойствами выделяются простыми, симметричными относительно середины пласта аномалиями ΔT (или V). При

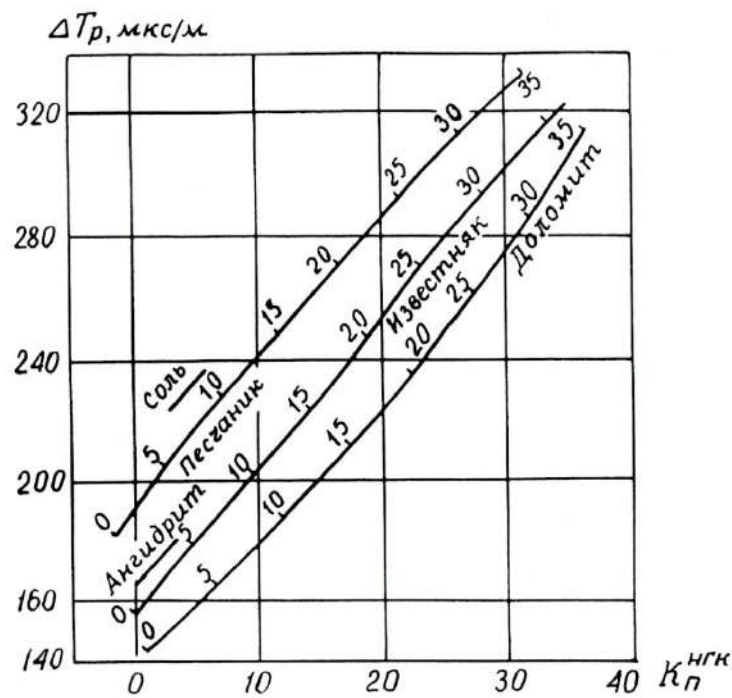


Рис. 1. Кросс-плот для определения литологического состава пород по данным акустического и нейтронного гамма-каротажа (Стрельченко В. В., 2008)

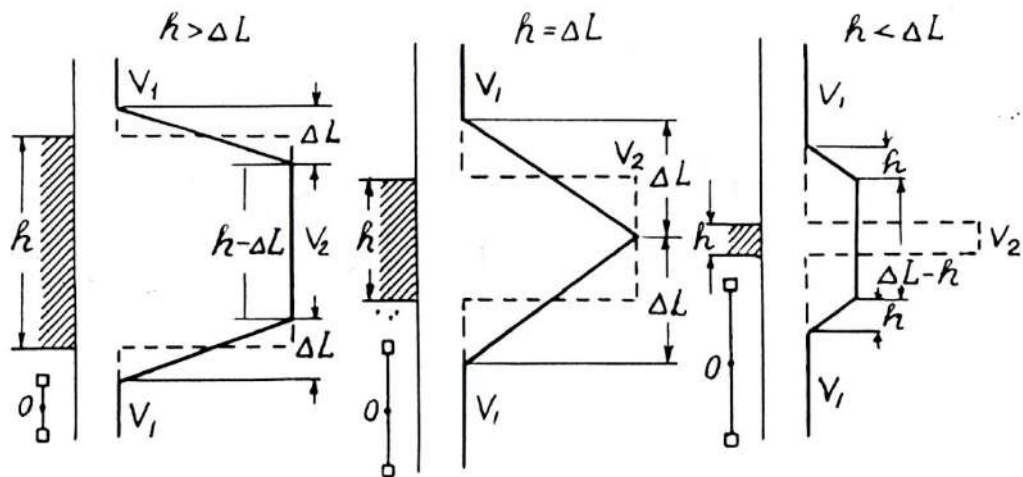


Рис. 2. Диаграмма акустического каротажа по скорости над пластами различной мощности (Латышова М. Г., 1986)

большой мощности пластов ($h > \Delta L$) для определения положения границ пластов может быть использовано правило полумаксимум аномалии (рис. 2).

Определение коэффициента пористости коллекторов межзернового типа основано на решении уравнения «среднего времени»:

$$\Delta T_p = (1 - K_p) \cdot \Delta T_{pck} + K_p \cdot \Delta T_{pж}, \quad (2)$$

откуда
$$K_p = \frac{\Delta T_p - \Delta T_{pck}}{\Delta T_{pж} - \Delta T_{pck}} \quad (3)$$

Интервальное время упругих волн по коллектору ΔT_p снимается с диаграмм АК, интервальное время минерального скелета породы ΔT_{pck} и интервальное время в жидкости (или в газе), заполняющих поры породы, $\Delta T_{pж}$ определяются по лабораторным анализам керна. (При выполнении данной работы они могут быть взяты из табл. 1).

При этом следует учитывать, что скорость упругих волн в жидкости и газе зависит еще и от температуры и давления, под которыми они находятся.

В частности, интервальное время (и скорость) для воды при заданных температуре и давлении $\Delta T_{pж}$ и $V_{pж}$ могут быть определены с помощью номограммы, разработанной фирмой Герхард-Оуэн (Латышова М. Г., 1996). Эта номограмма приведена на рис. 3.

Температуру определяют по термометрии, а пластовое давление – по результатам манометрии в эксплуатационных скважинах на глубине середины продуктивного пласта после остановки скважины на 10-15 дней, т.е. тогда, когда забойное давление в скважине успевает сравняться с пластовым.

Для приближенных расчетов при отсутствии данных о пластовом давлении можно принять допущение, что пластовое давление приблизительно равно удвоенному гидростатическому.

Напомним, что каждые 100 м водяного столба создают гидростатическое давление в 1 МПа, а 100 м бурового раствора повышают это давление во столько раз, во сколько плотность раствора больше плотности воды.

В случае, если в порах коллектора в зоне исследования акустическим каротажем содержатся наряду с водой еще нефть или газ, то значение $\Delta T_{pж}$ рассчитывают по формуле (Стрельченко В. В., 2008):

$$\Delta T_{pж} = \Delta T_{pв} \cdot K_B + \Delta T_{pн,г} (1 - K_B), \quad (4)$$

где K_B – коэффициент водонасыщенности;

$\Delta T_{pн,г}$ – интервальное время продольных волн для нефти и газа.

Для глинистых коллекторов уравнение «среднего времени» усложняется. Так, например, в случае рассеянного содержания глины в поровом пространстве коллектора, уравнение имеет вид:

$$\Delta T_p = \Delta T_{pck} (1 - K_p - C_{гл}) + \Delta T_{pж} (K_p + C_{гл}), \quad (5)$$

где $C_{гл}$ – объемное содержание рассеянной глины.

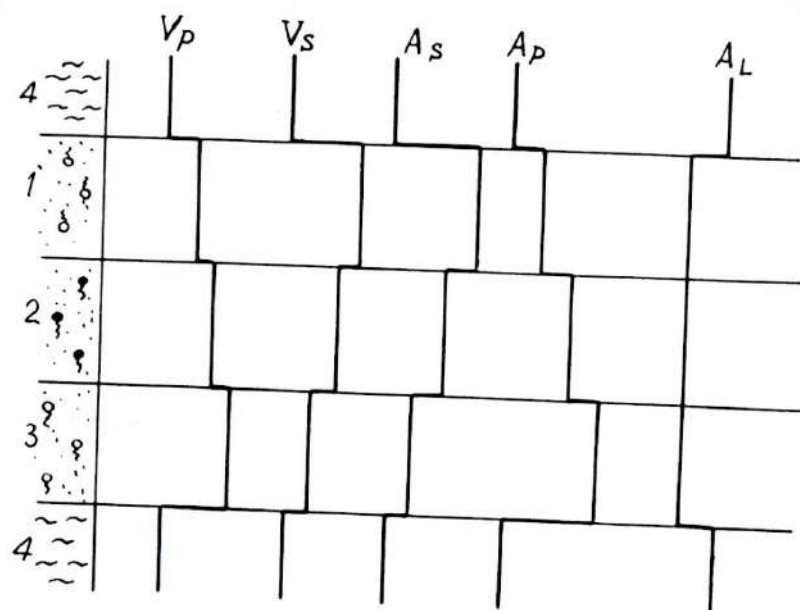


Рис. 4. Зависимость результатов акустического каротажа от характера насыщения пластов (Ивакин В. Н. и др., 1978)

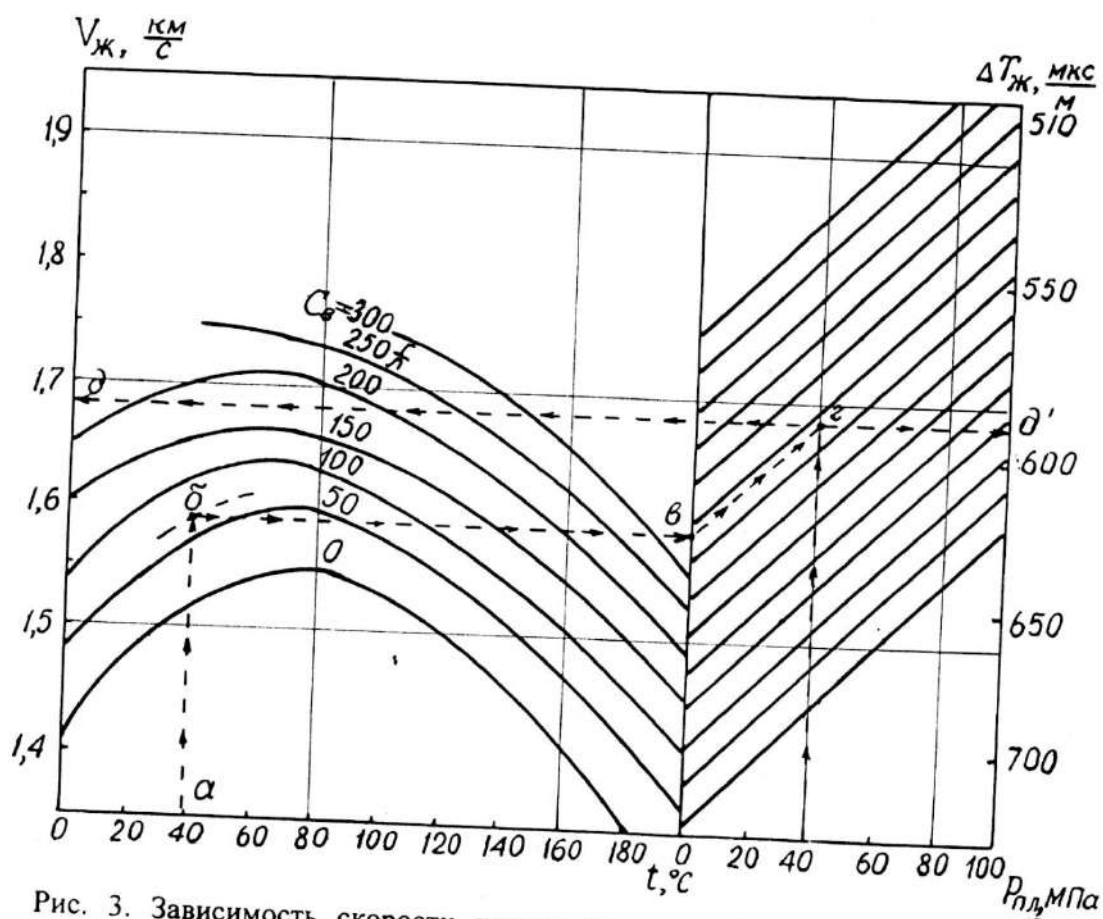


Рис. 3. Зависимость скорости продольных волн V_p и интервального времени ΔT_p в воде от ее минерализации C_b , температуры t° и давления $P_{пл}$ (по материалам фирмы Герхард-Оуэн)

Для слоистого и контактного распределения глинистого материала:

$$\Delta T_p = \Delta T_{pck} (1 - K_v - C_{gl}) + \Delta T_{pж} \cdot K_p + \Delta T_{pгг} \cdot C_{gl}, \quad (6)$$

где $\Delta T_{pгг}$ – интервальное время продольных волн для глинистого материала.

При этом следует учитывать, что интервальное время глин $\Delta T_{pгг}$ зависит от глубины их залегания, как это показано в табл. 2.

Таблица 2

Зависимость интервального времени продольных волн глин от глубины залегания

$H_{скв}, м$	300	1000	2000	3000	4000	5000
$\Delta T_{pгг}, мкс/м$	500	400	330	290	270	260

ЗАДАНИЕ

1. По комплексу каротажных диаграмм, включающему диаграмму ΔT_p , выполнить литологическое расчленение разреза скважины; выделить и пронумеровать пласты-коллекторы.
2. Определить мощность коллекторов и занести в табл.3.
3. Используя данные всего комплекса ГИС, определить характер насыщения каждого из коллекторов.
4. Определить глинистость (C_{gl}) коллекторов по данным методов ПС или ГК.
5. Из выражения (5) вывести формулу для расчета K_p коллектора, содержащего рассеянный глинистый материал.
6. По диаграмме ПС определить минерализацию пластовых вод в каждом из коллекторов (Работа № 5).

7. Рассчитать пористость коллекторов. При расчетах принять температуру пластов $t = 60^\circ C$, плотность бурового раствора $\gamma = 1.2 \text{ г/см}^3$, $\Delta T_{pck} = 200 \text{ мкс/м}$. $\Delta T_{pж}$ найти по номограмме рис.3.

Полагать, что буровой раствор заполняет всю скважину до поверхности земли. Условно считать, что $P_{пл} \approx 2P_{скв}$.

Таблица 3

Результаты интерпретации

№ п/п	Интервал пласта	Мощность пласта, $h, м$	Глинистость, $C_{gl}, \%$	Минерализация, $C_k, г/л$	$\Delta T_p, мкс/м$	$\Delta T_{pж}, мкс/м$	$K_p, \%$	Характер насыщения

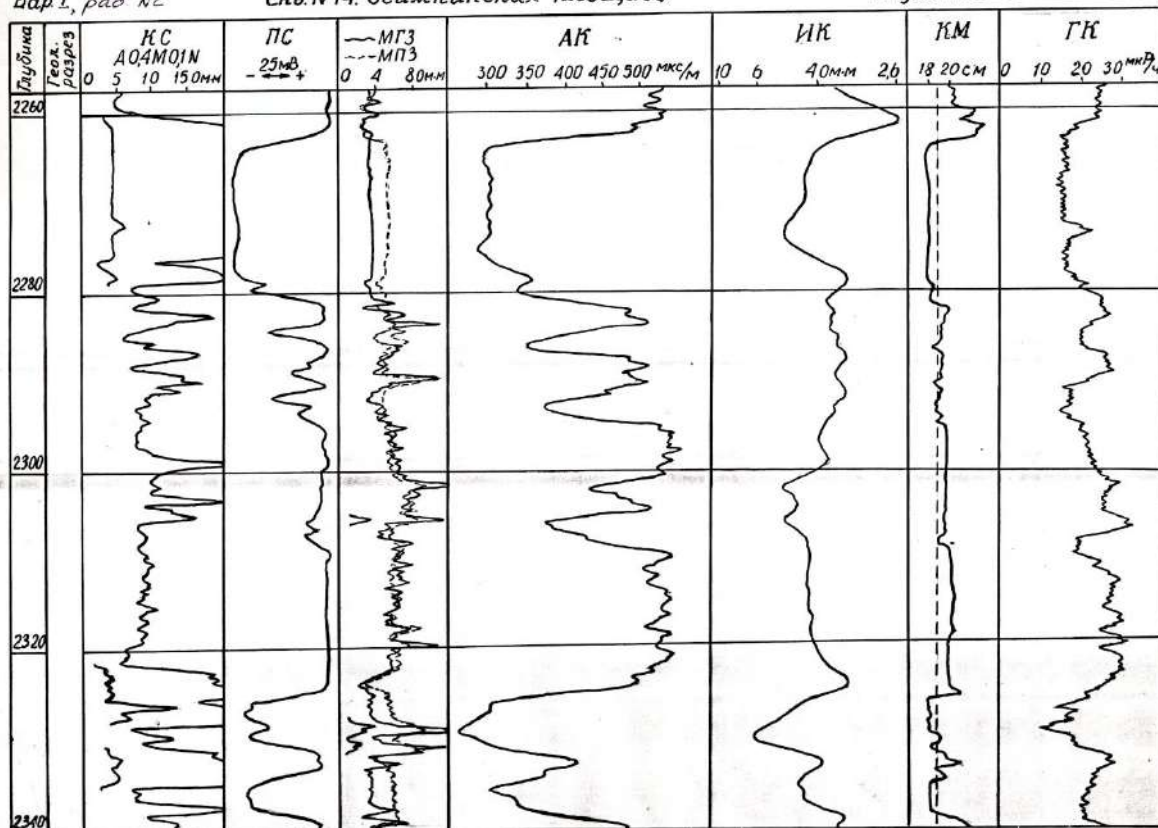
8. Составить отчет по выполненной работе.

Составил: И. Г. Сковородников

Вар. I, раб. №2

Скв. №14. Огимжинская площадь

Студент _____

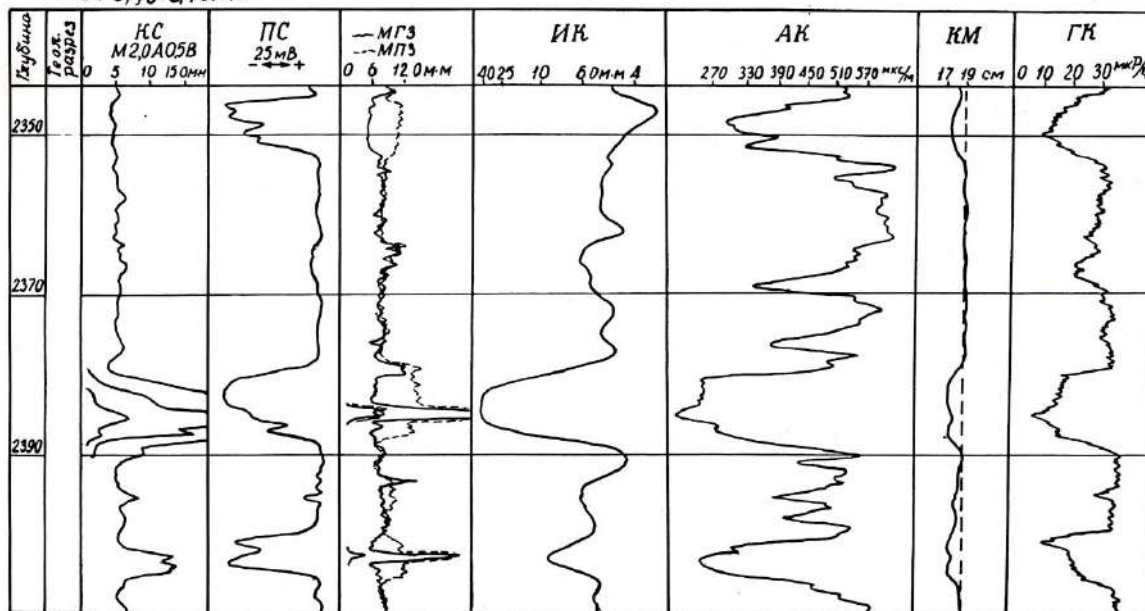


II вар., раб. №2

Скв. №4. Мамонтовская площадь

Студент _____

$t = 60^\circ\text{C}$; $P_0 = 240\text{ мм}$



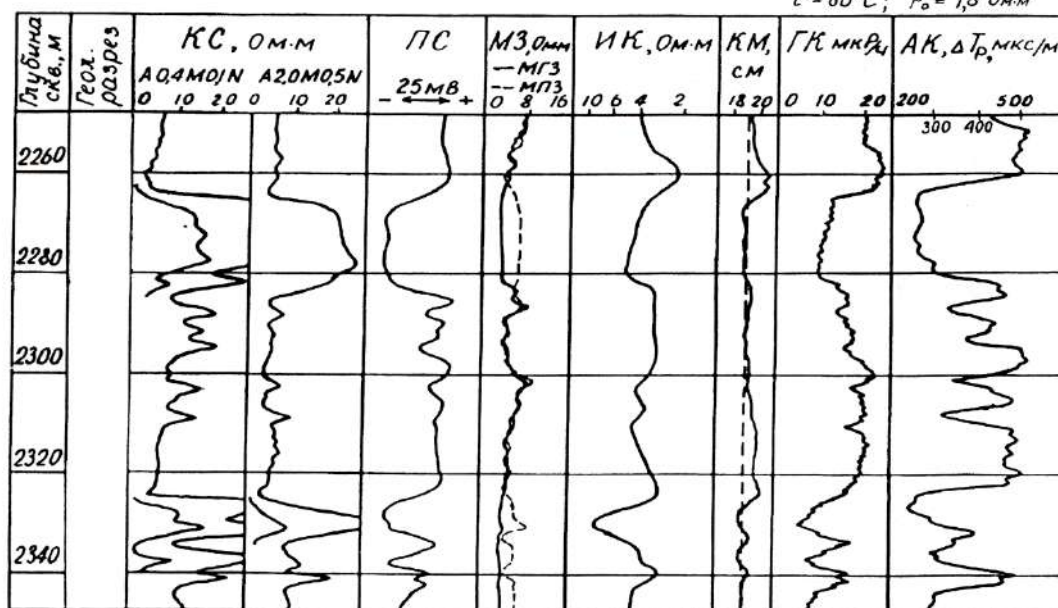
Песчаник

Песч. нефтеносн.

Глина

Плотн. алеврит

$t^{\circ} = 60^{\circ}\text{C}$; $\rho_0 = 1,8 \text{ Ом}\cdot\text{м}$



Песчаник
водонасы-
щенный

Песчаник
нефтена-
сыщенный

Глина

Глина
золеосен-
ная

Алеврит
плотный

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ

«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

методической комиссией

факультета геологии и геофизики

Председатель комиссии



В. И. Бондарев

«20» марта 2020 г.

В. М. Сапожников

ГЕОЛОГО – ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА

Учебное пособие

по дисциплине «Геолого – геофизическое моделирование
разрабатываемых залежей нефти и газа» по специальности
21.05.03 Технология геологической разведки
для студентов очного, заочного обучения специализации
«Геофизические исследования скважин»

Екатеринбург - 2020

УДК 550.83
С19

Рецензент: *Александров В.М.* канд. геол. – мин., наук, доцент каф. «Геологии месторождений нефти и газа» Тюменского государственного нефтегазового университета

Печатается по решению Редакционно – издательского совета
Уральского государственного горного университета

Сапожников В. М.

ГЕОЛОГО _ ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА: учебное пособие / В. М. Сапожников ;
Уральский гос. горный ун – т. – Екатеринбург: Изд – во УГГУ, 2020– 66 с.

Пособие представляет конспект лекций по курсу «Геолого – геофизическое моделирование разрабатываемых залежей нефти и газа, читаемый студентам очного обучения специализации «Геофизические исследования скважин». В нем изложены способы комплексного использования данных интерпретации сейсморазведки и ГИС, седиментационного и фациального анализа с целью построения объемных моделей залежей углеводородов на разных стадиях изучения и эксплуатации месторождений нефти и газа.

Рассмотрены методы оценки и учета геологической неоднородности при формировании представления о детальном строении залежей и определении запасов в них углеводородов. Приведены примеры геологического моделирования на этапах подсчета запасов и подготовки к проектированию и управлению разработкой месторождений нефти и газа.

Для студентов очного, заочного и дистанционного обучения по специализации «Геофизические исследования скважин».

Рис. 36, Библ. 11.

© Уральский государственный
горный университет, 2020

Введение

Геолого – геофизическое моделирование (ГГМ) залежей нефти и газа проводится для получения необходимой информации используемой при подсчёте запасов и управлении разработкой месторождений углеводородов (УВ). Данные интерпретации ГИС с учётом результатов сейсморазведки 3-D и гидродинамических исследований позволяют решать следующие задачи:

- построить объёмную модель резервуара, содержащую информацию о промысловых свойствах и распределении в пространстве коллекторов, а также литологических и тектонических экранов;
- провести по ней подсчёт балансовых запасов углеводородов с прогнозом их извлекаемости;
- проектировать сеть дополнительных (разведочных, эксплуатационных, контрольных и нагнетательных) скважин на различных этапах разработки месторождений.

Моделирование залежей осуществляется на протяжении всего периода жизни месторождения, начиная от стадии завершения основных разведочных работ и кончая этапом его консервации с оценкой остаточных запасов с учётом существующих к этому моменту технологий извлечения углеводородов. Для моделирования создаётся база данных, которая последовательно пополняется и корректируется.

Построение начальной модели и её уточнение по мере извлечения добываемого продукта требует применения современной вычислительной техники и программных систем, позволяющих получать традиционные виды моделей в виде блок-диаграмм, карт, профилей, зависимостей, таблиц и т.д.

При изучении данного курса ставится задача познакомиться с принципами геолого-геофизического моделирования и получить навыки решения отдельных задач по формированию представления о строении в пределах месторождений геологической среды, пространственном положении, фильтрационно-емкостных свойствах и насыщенности углеводородами изучаемых объектов. Геологической основой моделирования могут служить обобщения, выполненные в учебном пособии (В. И. Русский). Более подробно технология геолого-геофизического моделирования изложена в учебнике и учебных

пособиях, подготовленных преподавателями РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, накопившим опыт исследований по теме рассматриваемой дисциплины [1,2].

1. Углеводородное сырьё и геологические структуры продуктивных горизонтов и пластов-коллекторов

1.1 Нефть и природные горючие газы

Нефть-маслинистая жидкость, представляющая сложный коллоидный углеводородный раствор. На дневной поверхности нефть имеет плотность $0,82 - 0,92 \text{ г/см}^3$, и лишь при обилии в ней смолистых веществ её плотность несколько выше 1 г/см^3 . В пластовых условиях в нефти растворён газ и её плотность на 15-20 % ниже, чем на дневной поверхности. Нефти сильно разнятся по вязкости (сопротивлению перемещения при перепаде давления): от 5 до 20000 мПа·с. При высокой температуре и наличии растворённого газа их вязкость заметно (до одного порядка) ниже, чем на дневной поверхности.

Природные горючие газы представляют собой смеси в основном метановых УВ и их часто называют сухими. Газы, растворённые в нефти, называют попутными или жирными. Они резко отличаются от сухих значительным содержанием этана, пропана, бутана и высших УВ. Относительная (в сравнении с воздухом) плотность горючих газов меняется от 0,5 (сухой газ) до 1 и более (попутный газ). Растворимость газа в нефти примерно в 10 раз выше, чем в воде и повышается с ростом давления, но уменьшается с увеличением температуры.

Газоконденсаты - это газообразные смеси, состоящие из жирных газов и нефтяных УВ, находящихся в газообразном или парообразном состоянии. При снижении температуры и давления из смеси выделяется жидкая фаза - конденсаты, плотность которых колеблется в пределах $0,6-0,8 \text{ г/см}^3$.

Газогидраты представляют соединения, в которых при низких температурах молекулы газов или легких нефтей проникают в кристаллическую решетку воды. Внешне газогидраты похожи на снег и широко распространены в зоне вечной мерзлоты.

1.2 Концепции образования месторождений нефти и газа

Согласно современным воззрениям нефть и горючие газы имеют преимущественно органическое происхождение. Однако в отдельных случаях они образуются в результате дегазации из мантии реакционных смесей водорода и простейших углеродистых соединений с их превращением в высокотемпературных очагах в нефтегазовые соединения.

Наиболее распространённый способ нефтегазообразования связан с многоступенчатым преобразованием органического вещества, содержащегося в глинистых или карбонатных породах, накопленного в морских, прибрежно-морских или континентальных условиях. В этих погруженных на большие глубины нефтегазоматеринских породах под воздействием биохимических процессов, нарастания температуры и давления образуется кероген (подобие горючих сланцев с содержанием углерода (60 – 80%), водорода (6 – 10%), серы (2 – 9%) и др. компонентов). Из керогена со временем генерируются углеводороды, которые в свободном или растворённом состоянии мигрируют в вышерасположенные коллекторы. Одним из способов миграции углеводородных флюидов является газовый перенос рассеянных микрочастиц нефти. Благодаря процессам эффузии газы могут мигрировать даже через довольно плотные горные породы. Возможны поступления УВ из осадочных пород, оказавшихся из-за движения плит внутри кристаллического фундамента.

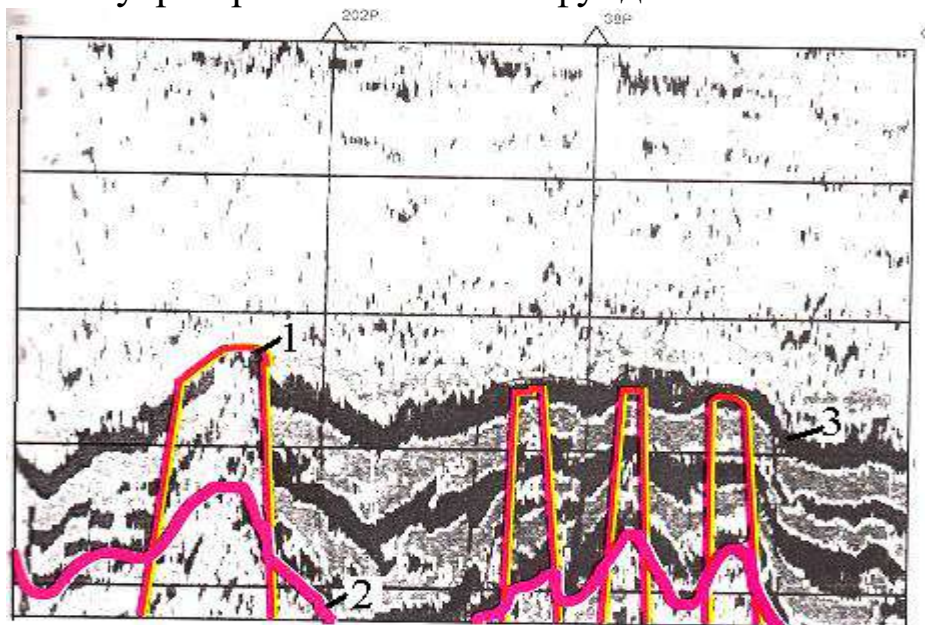


Рис.1.1. Фрагмент временного разреза с субвертикальными зонами деформации (СЗД). Краснотинский свод (западная Сибирь). 1-проявления СЗД; 2- граница фундамента; 3- отражающие горизонты [5]

Транспортировка УВ осуществляется большей частью по субвертикальным зонам разрывных нарушений или деструкций щелевой или трубчатой формы (рис.1.1). При этом важную роль играют геосолитоны, возникающие под действием импульсного геодинамического поля Земли. Эти энергетические импульсы доставляют порции УВ к породам - коллекторам, закупоренным покрышками из непроницаемых образований [5].

Существование субвертикальных зон деструкции (СЗД) в земной коре, играющих важное значение для транспортировки УВ и их размещения в высокопористых геологических телах, требует считаться с возможностью формирования как моделей сплошных, так и дискретных геолого-геофизических сред. Влияние СЗД может проявиться возникновением в пределах нефтегазоносных залежей мало-размерных участков с резко повышенными величинами проницаемости коллекторов и дебита УВ.

Миграция УВ может происходить не только из пород, в которых они образовались в коллекторы, но и из одного пласта в другой по трещинным зонам в направлении снижения давления. Миграция внутри одного наклонного пласта под действием гидродинамического напора воды приводит к образованию единой залежи или нескольких залежей в ловушках пласта с изгибами (рис.1.2).

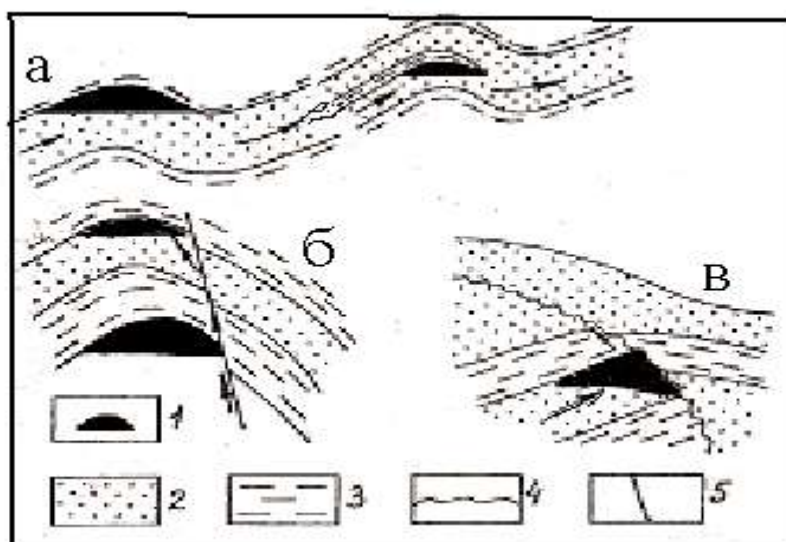


Рис. 1.2. Примеры проявления внутрипластовой и межпластовой миграция

1 – залежи УВ; 2 – пласт-коллектор; 3 – глины; 4 – поверхность несогласия; 5 – разрывное нарушение (В. И. Русский)

1.3. Формации и фации, благоприятные для нефтегазобразования и нефтегазонакопления

При построении геолого-геофизических моделей нефтегазовых месторождений необходимо учитывать их принадлежность к типам формаций и фаций, в которых они сформировались. Это позволяет использовать сведения о закономерностях присущих палеогеографическим и палеотектоническим обстановкам, в которых происходило образование этих месторождений, более успешно проводить корреляцию разрезов и прогнозировать качество пород-коллекторов и покрышек, а также распределение запасов УВ.

Формация представляет сообщество геологических тел, парагенетически связанных в возрастном и пространственном отношении, образовавшихся в определённых палеотектонических и палеогеографических условиях. По своему стратиграфическому объёму формация соответствует ярусу или отделу. Подавляющая часть нефтегазовых месторождений открыта в осадочных формациях. Для платформенных территорий типичны карбонатные, песчано-глинистые морские, песчано-глинистые угленосные и терригенно-карбонатные формации (Волго-Уральская, Западно-Сибирская, Восточно-предкавказская нефтегазоносные провинции и др.). Для складчатых областей более характерны флишoidные (чередование нескольких литотипов пород) и молассовые (чередование многочисленных мало мощных песчано-глинистых слоев) формации (Предкавказская, Закавказская, Апшеронская нефтегазоносные провинции и др.).

Фация отражает обстановку осадконакопления и сами осадки. Интерес представляют фации благоприятные для формирования ловушек структурного и неструктурного типа и накопления УВ.

Среди морских фаций наиболее перспективны фации мелководья. Именно в прибрежной части палеоморей происходило формирование разнообразных песчаных образований, потенциально благоприятных для выполнения впоследствии роли коллекторов. Среди многообразия морских аккумулятивных форм наибольший интерес представляют устьевые и вдольбереговые бары, подводные валы, барьерные острова, косы, пляжи, а также отложения, связанные с вдольбереговыми и разрывными течениями. Они представляют скопления обломочного материала, принесённого волнами или потоками течений. В процессе своего формирования эти преимущественно песчаные разноформенные тела (рис.1.3) могли быть отде-

лены от берега морем (бары, валы, тела промоин), прислонены к берегу (косы, пляжи). Могли также постепенно перемещаться в сторону берега (трансгрессивные бары, барьерные острова) или моря (регрессивные бары), формироваться в понижениях пологого берега, заливаемых во время приливов (марши), и ограничиваться крутым уступом на берегу (клифом). Схематически картина образования таких песчаных тел изображена на рис. 1.4.

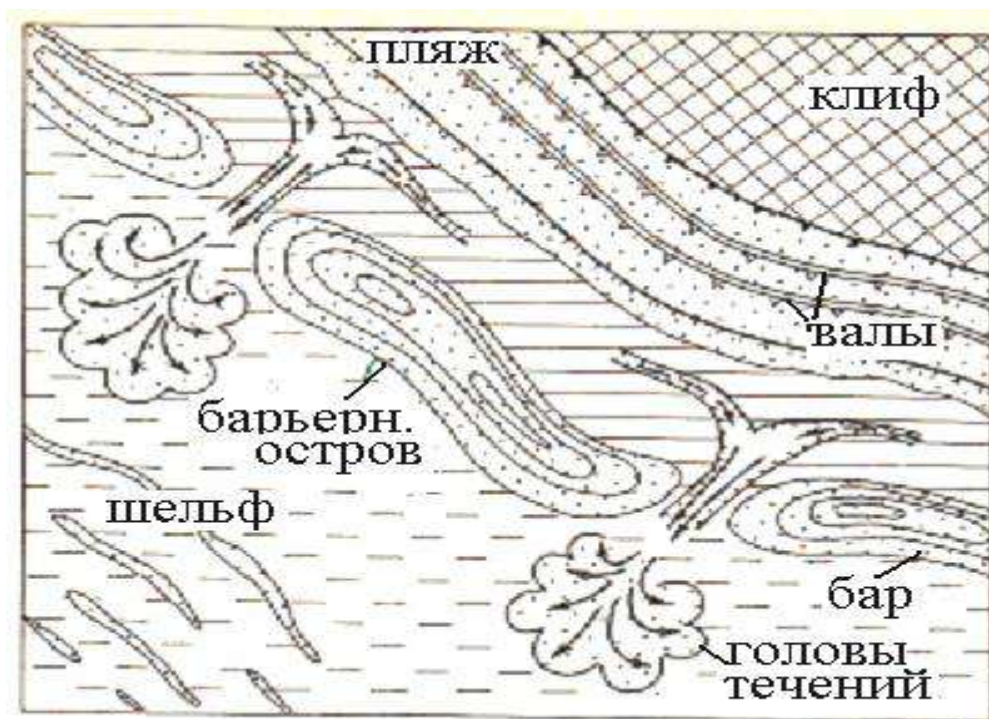


Рис. 1. 3. Схема образования и размещения аккумулятивных песчаных тел в прибрежной части мелководного моря (В. С. Муромцев)

Группа фаций мелководного шельфа формировалась в палеоморях на глубинах до ста метров. Здесь образовывались значительные скопления песчаного и алевроитового материала, связанные с различного рода стоковыми течениями, которые заполняли крупные прогибы с формированием конусов выноса большой мощности. Глинистые породы распространены ограничено.

Мелководные морские отложения представляют скопления выдержанных по простиранию терригенных и карбонатных (органогенно-обломочных, рифогенных, оолитовых) пород, часто характеризующихся высокой пористостью и проницаемостью.

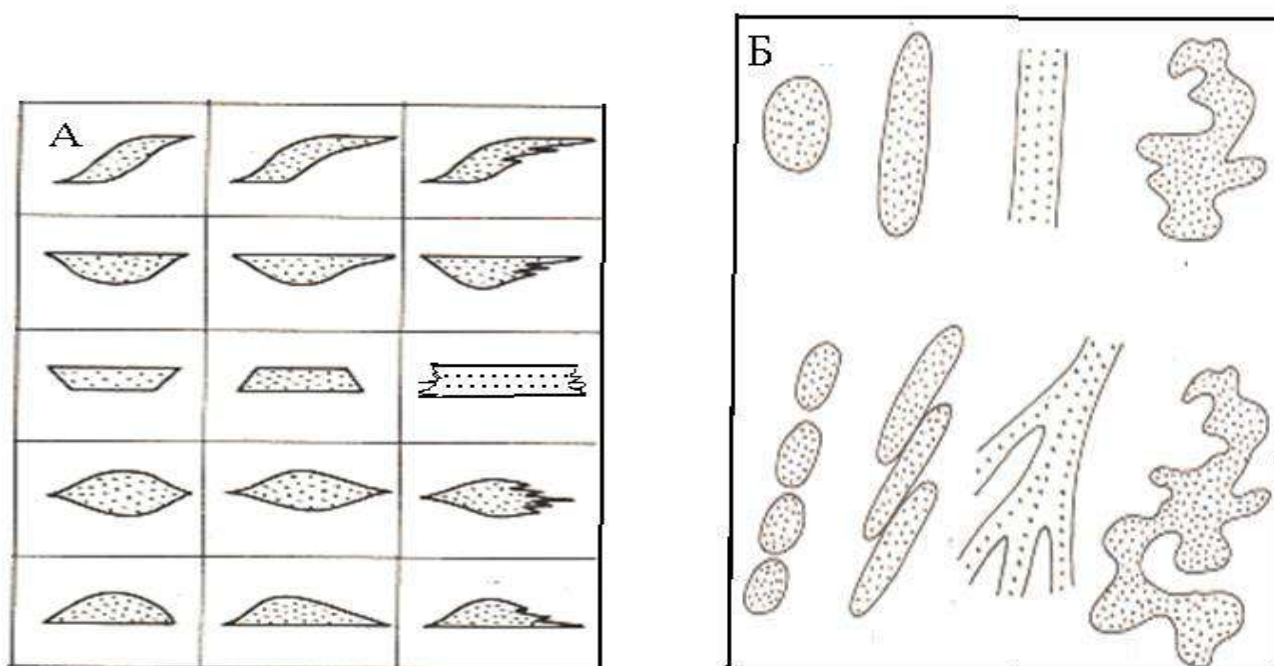


Рис. 1.4. Формы песчаных тел в поперечном сечении (А) и в плане (Б), типичные для прибрежного мелководья и шельфа (В. С. Муромцев)

Фашии умеренно-глубоководных частей шельфа представлены в большей части глинистыми отложениями, которые играют роль покрывок высокого качества. Однако встречаются песчано-алевритовые, реже - грубообломочные породы, которые могут выполнять роль коллекторов.

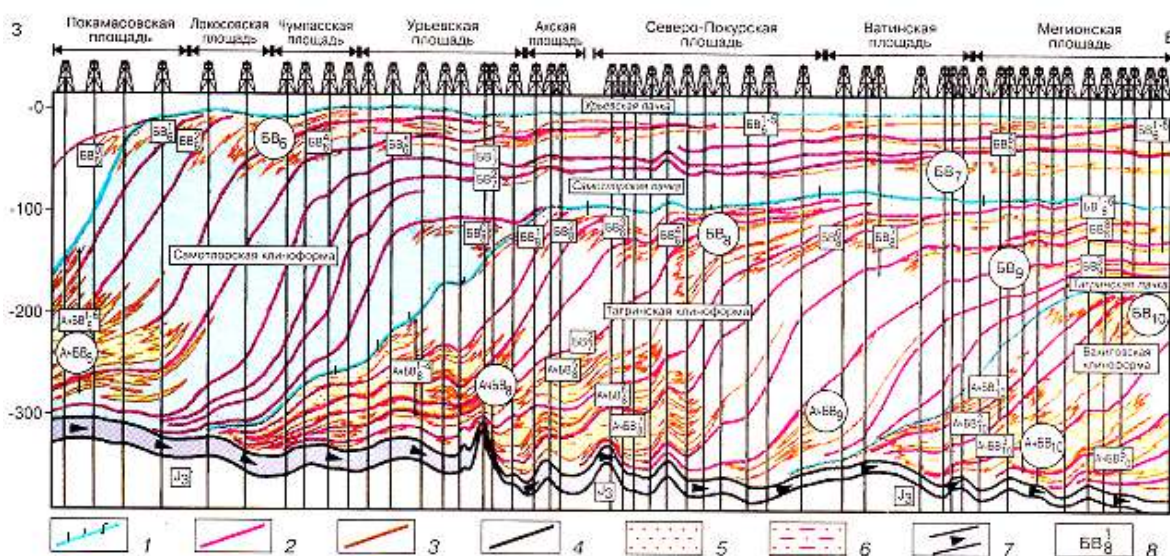


Рис.1.5. Принципиальная схема геологического строения западной части Нижневолговского свода (А. Л. Наумов)

1 -3 границы клиноформ; 4 = граница баженовской свиты; 5,6 – мелководные и глубоководные песчано-алевролитовые тела; 7 – битуминозные аргиллиты баженовской свиты; 8 – индексы продуктивных пластов

Часто при крутом погружении дна моря происходил сброс обломочных отложений с мелководья на глубину с образованием впоследствии песчаных тел, перекрытых известково-алевролитовым материалом. При этом происходило как перемещение берега, так и уровня моря. В результате формировались сложные тела, получившие название клиноформ, для которых характерны два уровня образования песчаников в одном линзообразно-вогнутом теле. Такие клиноформы типичны для многих месторождений Нижневартовского свода (Западная Сибирь) (рис. 1.5). При такой форме тел приходится учитывать различный возраст образования песчаных отложений, обнаруженных на одной глубине и единый возраст для разноглубинных тел.

Среди континентальных фаций наиболее перспективны аллювиальные отложения, образованные палеореками. Русла древних рек, выполненные песчаными и песчано-галечниками образованиями и перекрытые глинистыми отложениями пойм, представляют благоприятные сочетания для образования тел-коллекторов

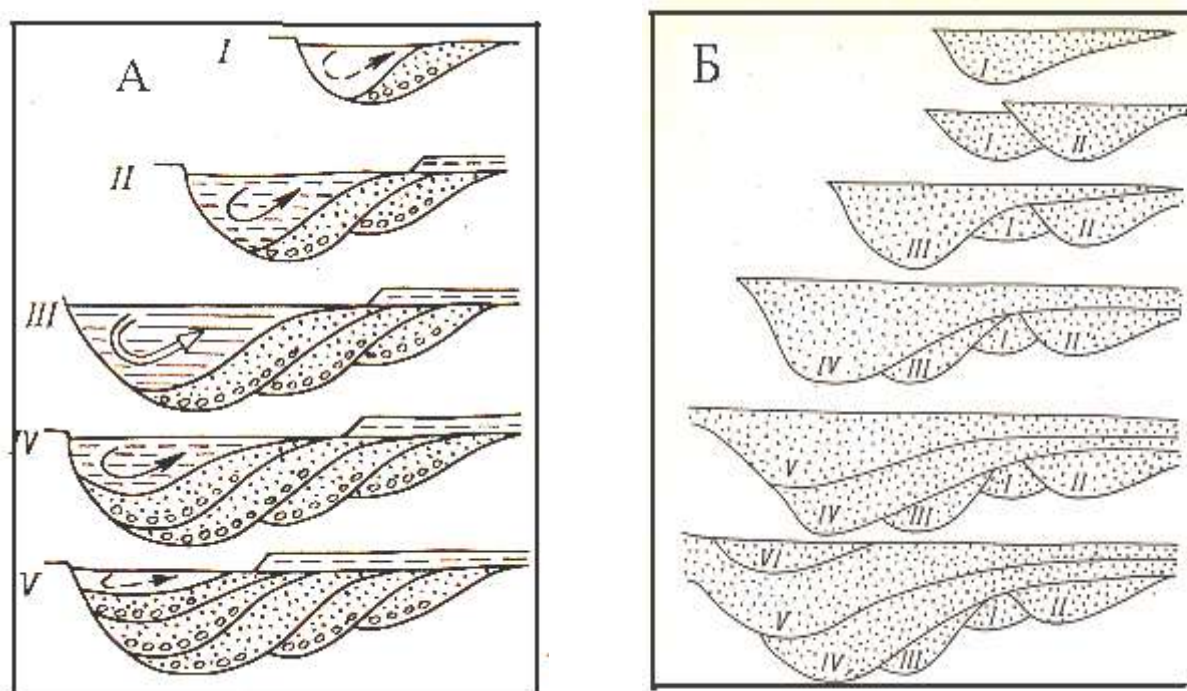


Рис. 1.6. Схемы последовательного формирования сегментов песчаных тел меандрирующей реки при различных гидродинамических и морфологических условиях

1- 1V – очередность образования песчаных тел (В. С. Муромцев)

В течение длительного (геологического) времени палеореки реагировали на изменение рельефа и климата, что находило отражение в морфологии, составе, строении песчаных и глинистых пород, выполнявших их долины. Образовывались простые и сложные формы русел с появлением серии наложенных песчаных тел у меандрирующих рек (рис.1.6).

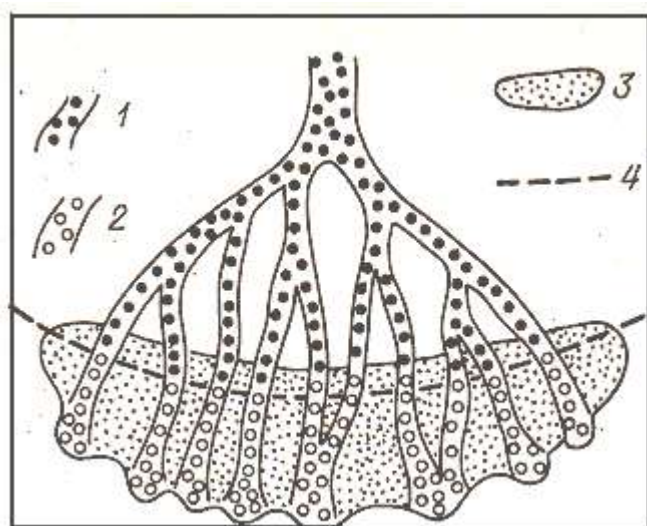


Рис. 1. 7. Схема расположения песчаных тел в пределах дельтового комплекса реки равнинного типа

1 - главные и боковые русла;
2 – подводные борозды; 3 - авидельта;
4 – морской край дельты
(В. С. Муромцев)

Многочисленные и сложные песчаные образования формировались в устьях палеорек. Дельтовый комплекс фаций включает фации нескольких групп со своими отличительными признаками: верхней и нижней равнины, морского края, подводного склона (авидельты). Упрощенная схема расположения песчаных тел дельтового комплекса показана на рис. 1.7.

Процессы осадкообразования протекают часто циклично с повторяемостью сочетаний разнотипных образований. Это связано с периодическими явлениями трансгрессии (наступление моря на сушу) и регрессии (отступление моря). Циклическое строение осадочных толщ используется для выделения структурно-формационных этажей, ярусов и более детального их расчленения на группы и отдель-

ные фации. При этом возникают сложности, связанные с тем, что в континентальных, прибрежно-морских и дельтовых отложениях отдельные песчаные пласты не всегда выдержаны по простиранию, меняются по мощности, разветвляются (бифуркируют), выклиниваются и вновь появляются. Помогает построение схем последовательности залегания разновозрастных отложений, позволяющих установить условия осадконакопления, характерные для отдельного цикла, например при проявлении регрессии или трансгрессии, и учитывать специфику формирования фаций. Так на схеме (рис.1.8) дана классификация участка разреза, для которого характерна цикличность в формировании морских и континентальных отложений при проявлении регрессии. Установлено, что на этом участке, где существовали условия мелководья, (глинистые отложения) начали формироваться песчаные тела авандельты, затем надводные фации, но впоследствии здесь снова восстановились условия мелководья.

Помогают выделить циклы формирования фаций литологические признаки отложений, а также формы аномалий на диаграммах геофизических методов исследования скважин и в первую очередь данные электрометрии. Более подробно этот вопрос рассмотрен ниже.

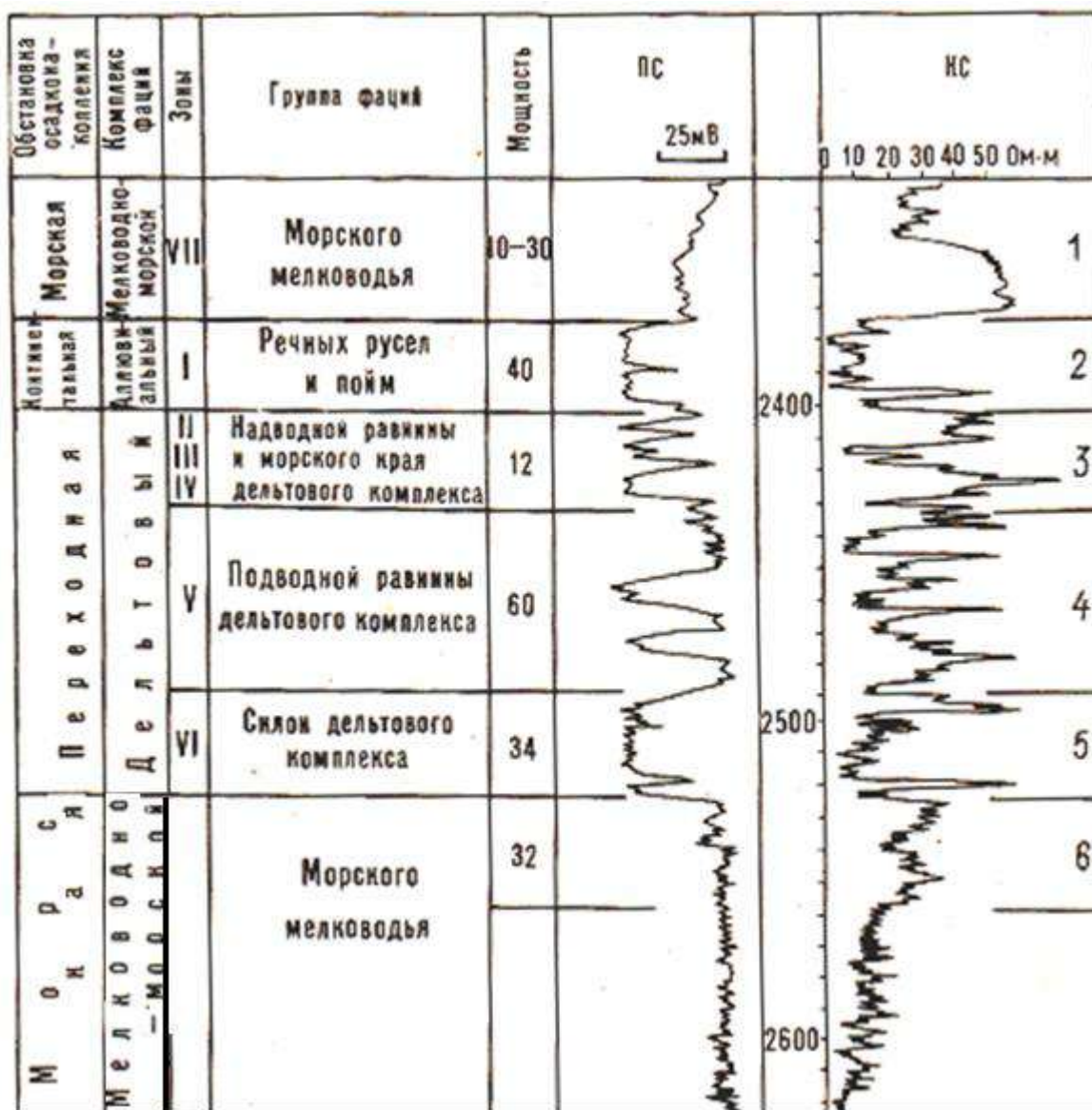


Рис. 1.8. Схема последовательности залегания группы фаций регрессивно-дельтового комплекса и их электрометрическая характеристика (В. С. Муромцев)

1.4. Природные резервуары, ловушки и залежи нефти и газа

Подземные скопления нефти и газа содержатся в так называемых *природных резервуарах*. Ими именуются пласты, толщи и массивы пористых и проницаемых для нефти и газа пород-коллекторов, которые частично или со всех сторон ограничены практически

непроницаемыми породами. Природные резервуары образованы песчано-алевролитовыми, карбонатными, а в некоторых случаях изменёнными магматическими породами. Различают три основных их типа: пластовые, массивные и литологически ограниченные резервуары.

Непроницаемые толщи (флюидоэкраны) сложены преимущественно глинистыми, сульфатными, соленосными породами, реже плотными карбонатными породами. Природные резервуары всегда в той или иной степени водонасыщенны.

Будучи легче воды, нефть и газ всплывают к кровле резервуара и скапливаются в его наиболее возвышенных местах. Часть природного резервуара, в которой существуют застойные условия для подвижных флюидов, то-есть устанавливается равновесие между силами, вызывающими перемещение флюидов и препятствующими им, называется *ловушкой*. В ловушках создаются благоприятные условия для накопления нефти и газа.

Различают несколько типов ловушек:

структурные, образованные в результате изгиба слоёв (сводовые) или нарушения их сплошности (тектонически экранированные);

стратиграфические, когда близкие по литологии толщи разделены поверхностью несогласия;

литологические, сформированные в результате выклинивания песчанистых пород в непроницаемых толщах,

погребённых массивов с участками высокопроницаемых пород (риффы, изменённые поднятия кристаллического фундамента).

Классификация ловушек близка к классификации залежей нефти и газа, поскольку УВ занимают часть или весь объём ловушки и имеют общие элементы строения.

Залежи нефти и газа представляют собой локальное скопление УВ в ловушке, т.е. её продуктивную часть. Совокупность залежей УВ образуют месторождение (газовое, нефтегазовое, нефтяное).

Газ, нефть и вода располагаются в ловушке в соответствии с их плотностью. Поверхности контакта газа и нефти, воды и нефти называются поверхностями газонефтяного (ГНК) и водонефтяного (ВНК) контактами соответственно (рис. 1.9 А). Линии пересечения поверхности ВНК (ГНК) подошвы с поверхностью кровли продуктивного пласта представляет внешний контур нефтеносности (газонасности). Если поверхность контакта горизонтальна, то контур

нефтеносности (газоносности) в плане параллелен изогипсам кровли пласта. При наклонном положении поверхности ВНК (ГНК) на структурной карте контур нефтеносности (газоносности) будет пересекать изогипсы кровли, смещаясь в сторону наклона поверхности раздела.

Контакты между разнотипными флюидами могут быть не резкими из-за присутствия переходной зоны, в которой существует смесь флюидов. Например, в нефтенасыщенной части залежи с глубиной происходит её обеднение с увеличением доли воды.

Представление о примерах сосредоточения нефтегазовых залежей в некоторых типах ловушек даёт обобщение, приводимое на рис. 1.9.

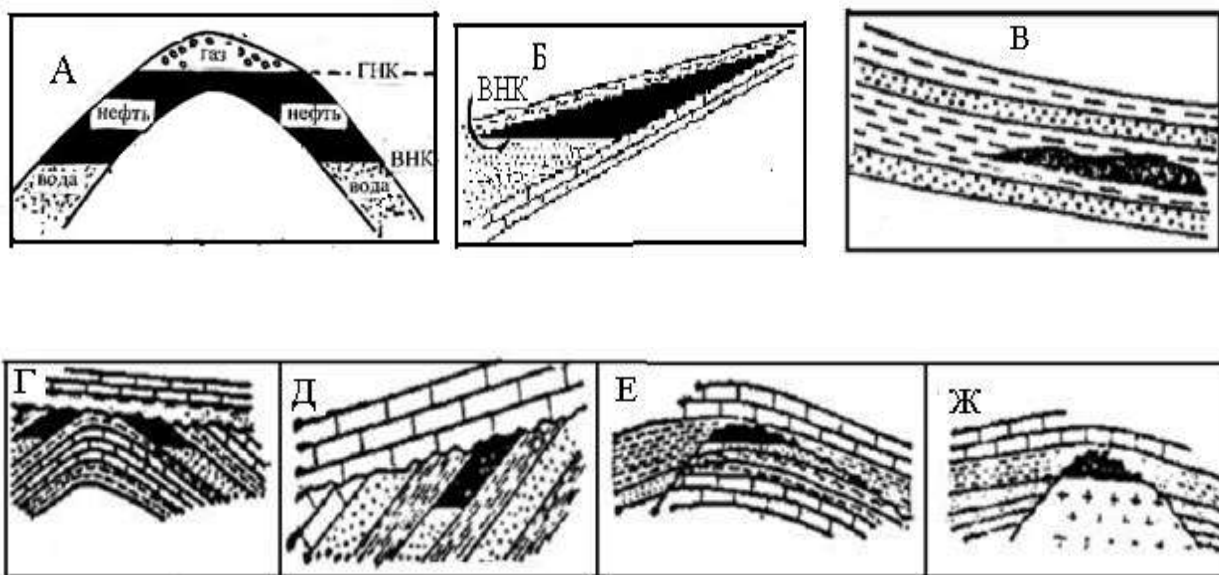


Рис. 1.9. Примеры типовых ловушек и нефтегазовых залежей

А – пластовая сводовая залежь в структурной ловушке (линейные антиклинали и брахиантиклинали) ; Б – Залежь в стратиграфической ловушке, образованной поверхностью несогласия; В – Залежь в литологической ловушке (выклинивание песков в глинах); Г,Д – пластовые залежи в стратиграфических ловушках (пласты-коллекторы срезаны эрозией и несогласно перекрыты молодыми непроницаемыми породами); Е - пластовые залежи, экранированные разрывом; Ж – массивные залежи в выступах (риффы, поднятия кристаллического фундамента) под сводовыми экранами

1.5 Исходные данные и этапы построения геолого-геофизической модели нефтегазовой залежи

Работа по созданию модели начинается со сбора данных на фиксированную дату, но впоследствии по мере поступления новых данных производится корректировка модели. Моделирование начинается с построения емкостной модели, затем на базе геолого-структурного и ёмкостного моделирования формируется фильтрационная модель, а завершаются построения созданием флюидно-динамической модели.

В моделировании принимают участие специалисты в различных областях знаний, так как решаются разноплановые задачи. Главными из них являются подсчёт запасов (ёмкостная модель), изучение распределения фильтрационных характеристик коллекторов с определением путей миграции флюидов и рационального размещения добывающих скважин (фильтрационная модель), исследование состава флюидальной системы и её термобарического состояния, знание которых необходимо для принятия правильных решений по нефтегазоизвлечению (флюидально-динамическая модель).

Ограничимся наиболее детальным рассмотрением процесса создания ёмкостной модели, при котором наибольший вклад вносят специалисты - геофизики, хотя их участие необходимо и при более углублённом геолого-математическом моделировании нефтегазовых залежей.

Материальной основой для моделирования являются данные ГИС, подкреплённые результатами ГТИ и исследований керна, по всем скважинам на площади природного резервуара. Эти данные, получаемые обычно для каждой скважины после завершения её бурения, включают конфигурацию и положение трассы скважины в пространстве, геологические колонки с выделенными пластами - коллекторами. В первую очередь для коллекторов определяются их эффективные толщины, характер насыщения, глинистость, остаточная водонасыщенность, плотность, пористости (общая, эффективная, динамическая), проницаемость. Для продуктивных пластов с раз-

ным характером насыщения определяют контакты участков с разными флюидами (ГНК, ГВК, ВНК), а также коэффициенты K_g , K_n (или $K_{нг}$).

Стандартными составляющими процесса разведки и ГГМ являются данные сейсморазведки. Поэтому исходные материалы для моделирования включают разрезы времён отражения, полученные при проведении 3D или 2D сейсморазведки с привязкой к скважинам, результаты вертикального сейсмического профилирования (ВСП) по отдельным скважинам.

На первом этапе ГГМ по данным сейсморазведки создаётся структурная «толстослоистая» модель всего месторождения с отображением основных горизонтов. Полученные результаты представляют некоторый каркас структуры изучаемой среды. Полученные по данным ВСП характеристики средней скорости в разрезе, а также применение моделирования сейсмотрасс по скважинам и сопоставление их с сеймотрассами полевой сейсморазведки, позволяет выполнить для волновых полей преобразование типа «время – глубина». Это позволяет на сейсмических разрезах определить глубины отражающих горизонтов и их соответствие границам пластов, выделяемых по данным ГИС.

С использованием глубинных сейсмических разрезов проводится детальная корреляция разрезов по данным ГИС. При этом уточняется литологическое расчленение разреза с определением флюидных контактов в пространстве. Завершение данной работы позволяет перейти к построению «тонкослоистого» модели месторождения в виде каркаса продуктивных пластов. Одной из важных задач является правильное стратиграфическое расчленение разрезов глубоких скважин. Как правило, выбирается в качестве эталона одна или несколько скважин, изученных наиболее детально, чьи стратиграфические разбивки переносятся на корреляционные разрезы. По корреляционным профильным разрезам, в первую очередь проложенным вкрест простирания осевых частей структуры изучаемого объекта, определяют принципиальные черты его геологического строения и историю формирования.

Совокупность собранных данных позволяет выявить пористое пространство в изучаемой среде, геометрические размеры продуктивных пластов и их насыщенность нефтью и газом. Эти размеры обычно определяют по структурной карте месторождения, на которой нанесены изогипсы какой – либо маркирующей поверхности пласта. Строятся также карты эффективных мощности ($h_{эф}$), общей и эффективной пористости (K_p , $K_{п\ эф}$), проницаемости ($K_{пр}$), коэффициентов нефтенасыщенности и газонасыщенности (K_n , K_g), линейных запасов по скважинам (произведений $h_{эф}K_pK_n$ ($h_{эф} K_pK_g$)) и др. параметров. Эти данные позволяют вычислить объёмы пористых продуктивных пластов или их частей с различным характером насыщения, а также запасы нефти и газа. Для большей наглядности по отдельным профилям строят графики линейных запасов.

Процедура геометризации залежей нефти и газа может проводиться вручную или с применением компьютерных технологий.

Дальнейшая работа с моделью залежи предполагает участие геологов и гидродинамиков.

2.Использование сейсморазведки при изучении нефтегазовых резервуаров

2.1 Предпосылки применения сейсмических исследований при геолого-геофизическом моделировании

Объединение данных бурения, ГИС и сейсморазведки, получаемых в процессе разведки и разработки нефтегазовых залежей, позволяет повысить информативность исследований строения изучаемой геологической среды и в первую очередь продуктивных объектов. Достоинство сейсморазведки состоит в том, что с её помощью удаётся получить представление о распределении геологических и петрофизических границ во всём изучаемом объёме среды, хотя детальность этих исследований по глубине ограничена.

Для того чтобы данные полевой сейсморазведки можно было использовать для геологических построений они подвергаются специализированным системам обработки (многообразные варианты

фильтрации, введение поправок во времена и амплитуды колебаний и др.). В результате строят сейсмические разрезы и кубы, на которых приводятся волновые изображения среды в виде отражающих горизонтов с отображением погрешности обработки (рис. 1.1).

Сейсмические трассы могут располагаться между скважинами, что способствует более достоверному решению задач корреляции и, следовательно, успешному геолого-геофизическому моделированию залежей.

Сейсмические трассы, получаемые в результате обработки полевых данных, состоят только из волн, образовавшихся в результате отражения от последовательности геологических границ. На рис. 2.1 представлена простейшая модель пласта (с покрывающей и подстилающей средами), толщина которого больше длины падающей импульсной сейсмической волны. В этом случае возникают отдельные отражённые волны от кровли и подошвы пласта, а времена их возвращения на дневную поверхность характеризуют глубину этих границ

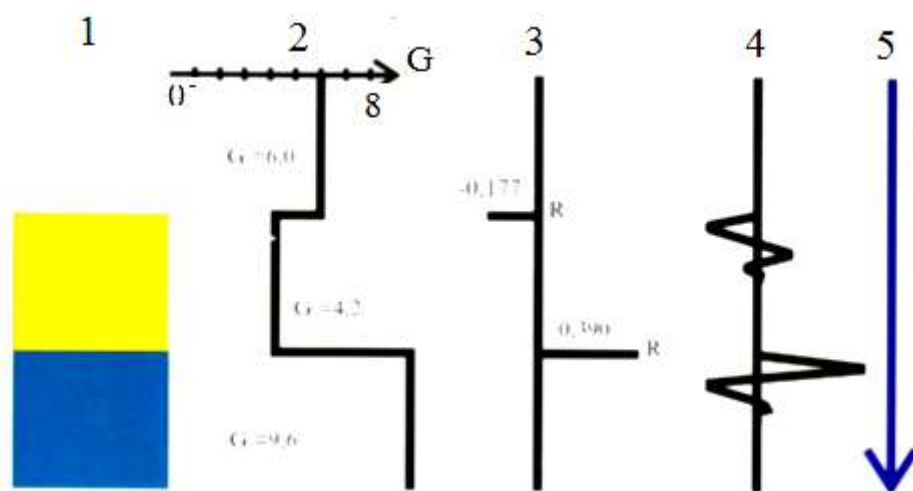


Рис. 2.1. Модель трёхслойной среды с различными величинами импеданса (G), коэффициентами отражения (R) и отражёнными волнами, соответствующими границам слоев

1 – трёхслойная среда; 2 - график G ; 3 - величины R на границах слоёв; 4 - отражённые волны; 5 – шкала времени

Как и в натуре, каждый слой пород характеризуется плотностью (σ г/см³) и скоростью (V км/с), а также сейсмическим импедансом $G = \sigma \cdot V$. В примере, иллюстрируемом рис.2.1, слои характеризуются

сверху вниз по плотности значениями 1,8, 2,05 и 2,4 г/см³, а по скорости значениями 2,3, 2,42 и 4 км/с.

Амплитуды отражений определяются величинам коэффициентов отражения R от соответствующих границ. Если контактируют слои i и $i+1$, залегающие выше и ниже границы, то для границы

$$R_i = (G_{i+1} - G_i) / (G_{i+1} + G_i). \quad (2.1)$$

Как следует из формулы (2.1) коэффициенты отражения и соответствующие им амплитуды отражения могут быть положительными и отрицательными. Так в рассматриваемом примере слоистой среды величины R имеют значения $-0,177$ и $0,39$.

2.2 Интерпретация сейсмических данных

Знание распределения коэффициентов отражения по глубине (по данным ГИС для одной из скважин) позволяет построить синтетическую сейсмическую трассу, с амплитудами соответствующими коэффициентам отражения. Это позволяет сопоставить её с реальной сейсмической трассой на профиле, проходящем через скважину, по которой выполнен каротаж методами ГГК и АК, и преобразовать временной сейсмический разрез в глубинный разрез. Пример выполнения привязки временного разреза к глубине изученной каротажом скважины путем сопоставления синтетической и реальной сейсмограмм приведён на рис. 2.2.

Следует только учитывать, что толщины изучаемых геологических пластов в разрезе могут быть меньше чем длины сейсмических волн (на больших глубинах это 200 – 300 м). Проблема вертикального разрешения заключается в возможности оценки временной задержки между двумя импульсами отраженными от кровли и подошвы слоя, когда из – за малой мощности этого слоя импульсы интерферируют, образуя общий импульс сложной формы. Вертикальное разрешение оценивается по отношению к видимой длине волны.

Поэтому сейсмическая трасса представляет не последовательность разделённых во времени отражённых волн, но возможно результат наложения таких волн друг на друга. В связи с этим явлением при определении и прослеживании границ отражающих горизонтов на волновых полях целесообразно ориентироваться на точки смены полярности волновых импульсов, как это показано на рис. 2.3.

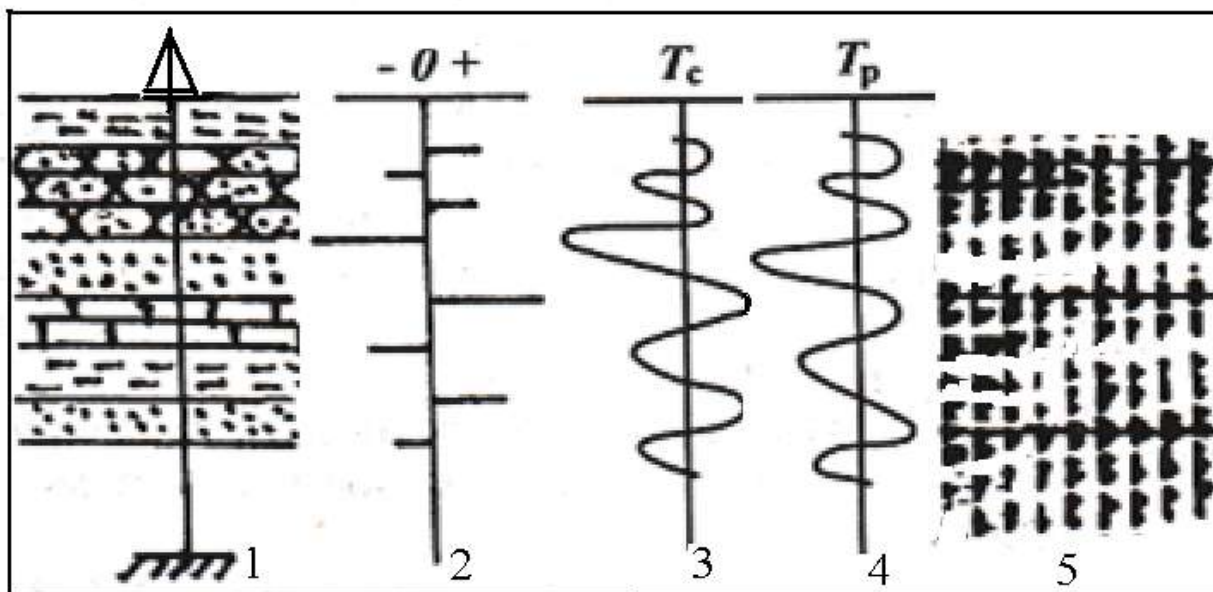


Рис. 2.2. Пример сопоставления данных изучения разреза по скважине с сейсмическим разрезом, позволяющим использовать последний для геолого-геофизического моделирования нефтяной залежи

1 – скважина с известным геологическим разрезом; 2 – графическое представление коэффициентов отражения; 3 – синтетическая трасса по скважине; 4 – сейсмическая трасса, совпадающая со скважиной; 5 – фрагмент временного сейсмического разреза, проходящего через скважину, сопоставленный со скважиной (по В. В. Стрельченко)

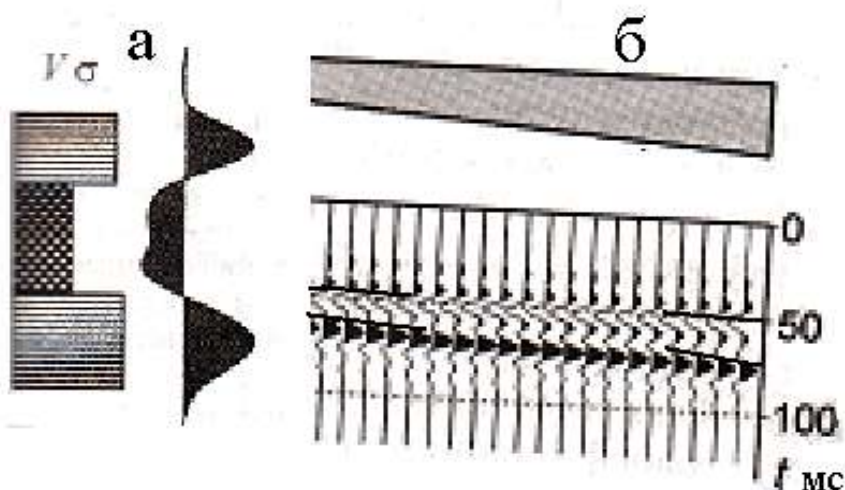


Рис. 2.3. Примеры выделения границ слоев с различными упругими свойствами по одной сейсмотрассе (а) и их совокупности (б) (по Ю. Н. Воскресенскому)

Для преобразования временных сейсмических разрезов в глубинные разрезы используют данные вертикального сейсмического профилирования (ВСП), проводимого по одной или нескольким скважинам, вскрывшим изучаемый нефтегазовый резервуар. При

ВСП устанавливается соотношение: время пробега волн – глубина в точках скважины. Суть метода иллюстрирует рис. 2.4. Данные ВСП помогают не только более точно привязать временные разрезы полевой сейсморазведки к глубинам скважин, но и получить изображение отражающих горизонтов в околоскважинном пространстве (рис. 2.4 б).

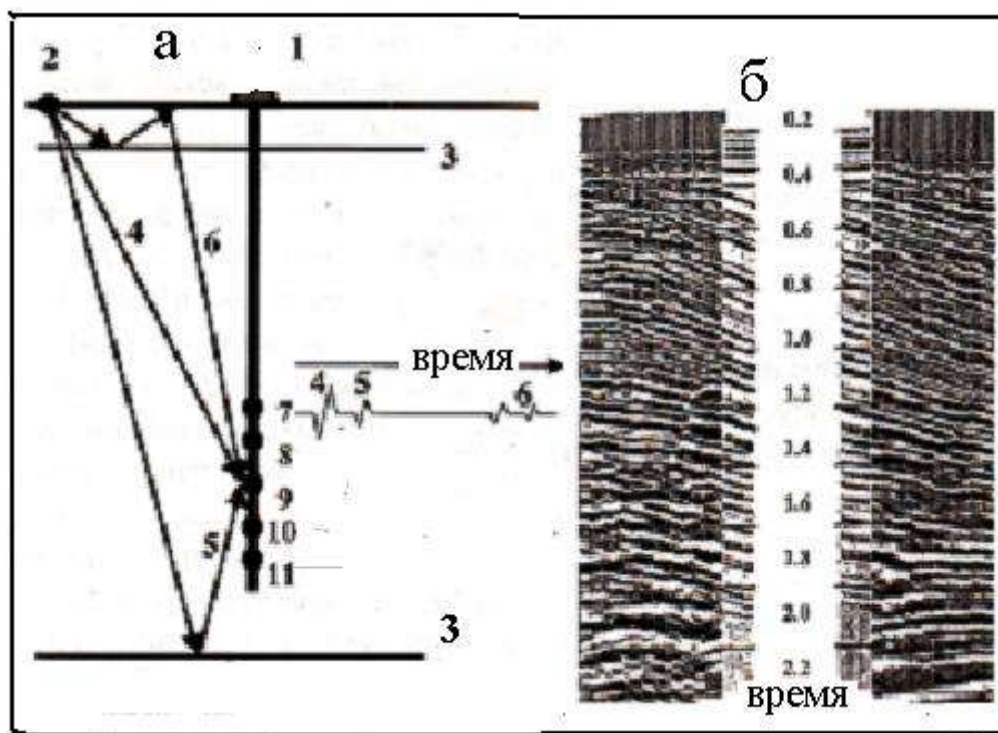


Рис. 2.4 Принцип проведения ВСП (а) и разрез волновой картины, получаемый при этом (б)

1 – скважина; 2 – источник на левом луче на земной поверхности; 3 – отражающие границы; 4 – прямая волна; 5 – отражённая восходящая волна; 6 – отражённая нисходящая волна; 7 – 11 регистрирующие датчики и одна из сейсмограмм

Одна из главных решаемых задач при проведении ВСП – это определение зависимости средней скорости $V_{\text{ср}}$ от глубины H . Для этого строится продольный вертикальный годограф $t(H)$, пример которого показан на рис. 2.5. На нем выделяют интервалы, с одинаковым градиентом, которые соответствуют однородным по свойствам пластам. Далее определяют пластовую скорость $V_{\text{пл}} = \Delta H / \Delta t$ и среднюю скорость в покрывающей толще $V_{\text{ср}} = H/t$.

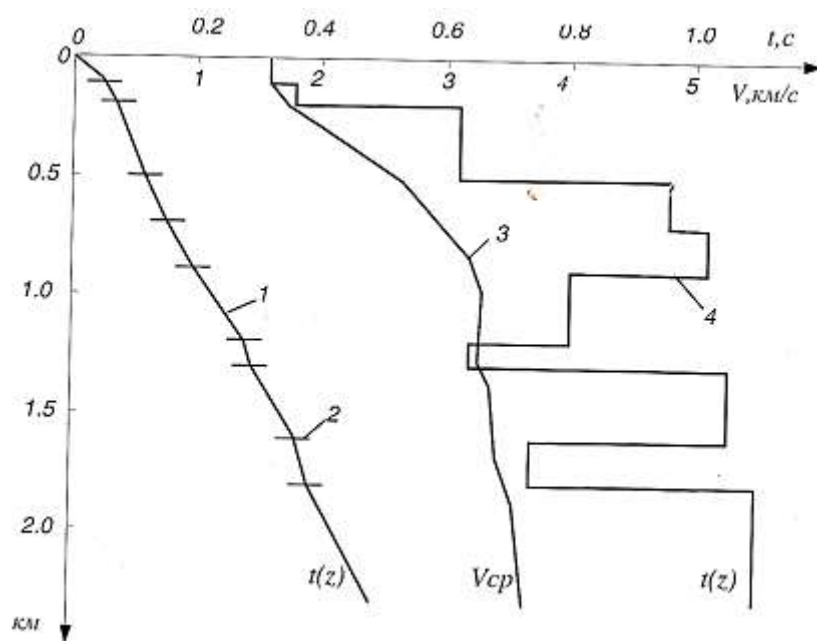


Рис. 2. 5. Пример использования вертикального годографа (1) с выделенными на нем границами пластов (2) для построения зависимости средней скорости от глубины $z \sim H$ (3) и определения графика пластовой скорости (4)

В полевой сейсморазведке преобразование временного разреза в глубинный разрез в общем случае предполагает проведение сложной математической процедуры - миграции. Однако, используя график средних скоростей (V_{cp}), полученный при ВСП или вычисленный по данным ГИС, шкалу глубин (H) для совпадающей со скважиной трассы временного разреза полевой сейсморазведки с учётом двойного времени (t) прихода волны от источника к приёмнику, можно приблизительно оценить по формуле

$$H = \sqrt{(tV)^2 - x^2} / 2, \quad (2.2)$$

где x – расстояние от источника до скважины. При больших глубинах для определения H используют приближённую зависимость:

$$H \approx tV/2. \quad (2.3)$$

Крупномасштабная детальная сейсморазведка во многих случаях фиксирует структурные особенности изучаемых нефтегазовых резервуаров. Пример фрагмента временного разреза на одном из таких объектов в интервале 1,3 – 1,6 с. приведен на рис. 2.6. На разрезе в интервале 1,3 – 1,4 с. коррелируемыми волнами с положительной

амплитудой фиксируется куполовидная кровля толщи песчаников, под экраном из глинистых отложений. Резервуар углеводородов в песчаных породах разделяется на газо и нефтенасыщенные части. Газонфтяной контакт, ниже которого породы имеют более высокий сейсмический импеданс, отчетливо фиксируется положительными амплитудами волн на уровне времени 1,4 с. В совокупности данные этого сейсмического временного разреза после определения масштаба глубин позволяют построить каркас нефтегазового резервуара по профилю.

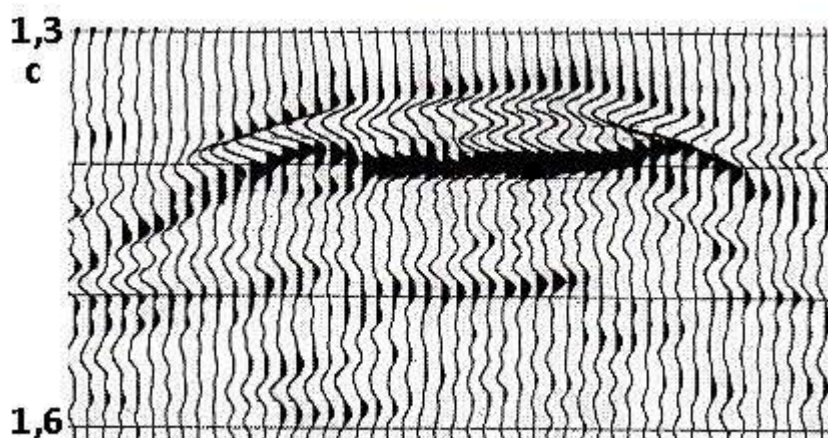


Рис. 2.6. Фрагмент временного сейсмического разреза по профилю проходящему над газонефтеносной залежью [5]

Глубинные сейсмические разрезы, полученные в результате преобразования шкалы времени в шкалу глубин, используются при решении следующих задач:

- корреляция пластов в межскважинном пространстве;
- выявление и тассирование тектонических нарушений
- картирование поверхностей коллекторов;
- уточнение пространственных контуров залежей.

2.3. Корреляция сейсмических горизонтов, выявление тектонических нарушений

Корреляция заключается в прослеживании одного и того же отражающего горизонта по площади сейсмических исследований. Эта

процедура может выполняться в автоматическом или ручном режиме. Используются совокупности признаков сходства сигналов, проявляющиеся на соседних сейсмических трассах. Корреляция начинается с прослеживания опорных отражений, наиболее устойчивых на участке исследований. Часто такими опорными горизонтами служат контакты плотных пород (плотные песчаники, известняки и др.) с рыхлыми глинами. Для менее выраженных горизонтов признаки корреляции могут нарушаться по геологическим признакам (изменение литологического состава пород, плавного выклинивания), за счёт разломов, а также вследствие вариаций толщин пластов внутри отражающей пачки. И хотя сейсмические разрезы в случае малой мощности слоёв могут по глубине не идеально совпадать с геологическими границами, они помогают установить главные закономерности в пространственном размещении большинства пластов и в первую очередь продуктивных коллекторов.

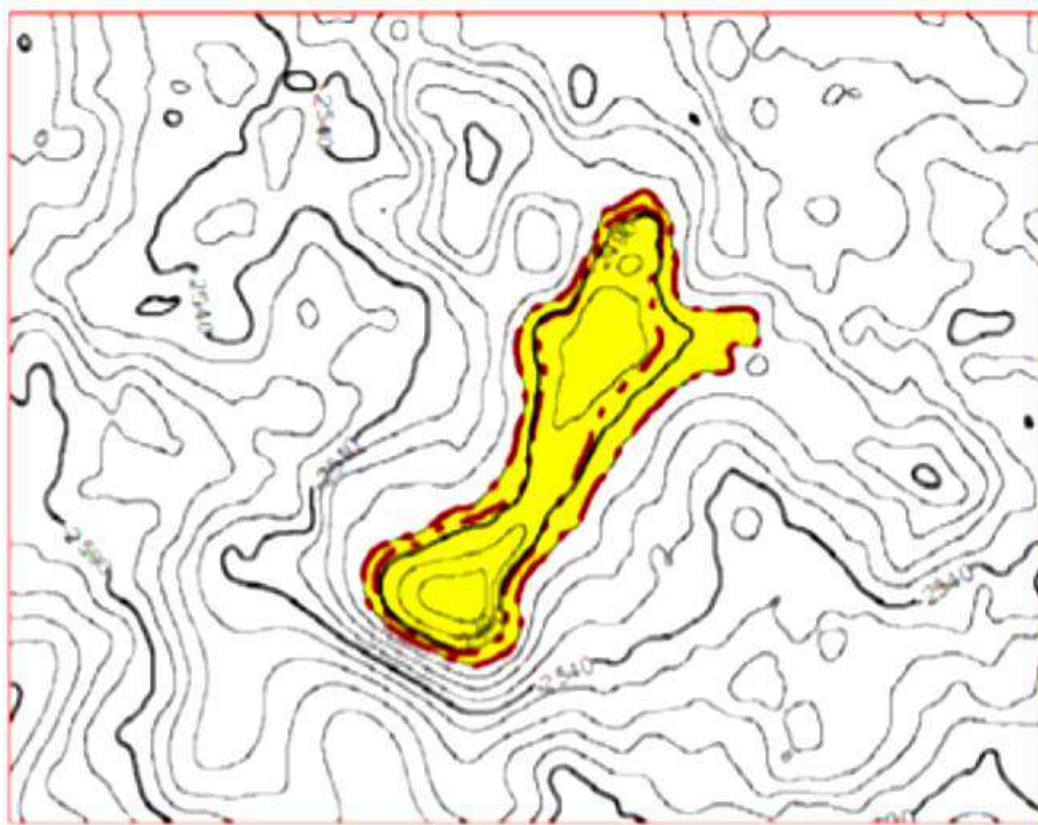


Рис. 2.6. Пример структурной карты по кровле опорного отражающего сейсмического горизонта (изолинии равных глубин кровли проведены через 10 м.) с выделенным по данным ГИС контуром залежи

Тектонические нарушения выявляют по наличию в волновом поле закономерно расположенных субвертикально ориентированных нарушений плавности в корреляции сигналов между соседними трассами, изменения времён, формы и интенсивности колебаний для отражённых волн. Примеры проявления разрывных нарушений в волновом поле можно наблюдать на рис. 1. 1.

Результаты определения положения на сейсмических профилях опорных отражающих горизонтов позволяют строить структурные карты для этих горизонтов, которые могут быть более детальными, чем структурные карты, построенные по данным ГИС. Первоочередной интерес представляют структурные карты кровли и подошвы продуктивных отложений, а также карты их мощностей. Полученные карты используют для корректировки карт данных ГИС. Пример построения по опорному горизонту структурной карты, отражающей сводовый характер изучаемого нефтегазового месторождения, показан на рис. 2.6.

2.4. Сейсмические оценки изменения свойств резервуаров в период их разработки

2.4. Сейсмические оценки изменения свойств резервуаров в период их разработки

В настоящее время применение сейсморазведки не ограничивается поисково – разведочными работами. Широко используется сейсмическая крупномасштабная съёмка на разрабатываемых нефтегазовых месторождениях. Высокая разрешающая способность современных технологий позволяет фиксировать изменения свойств изучаемых объектов, связанных с извлечением углеводородов. Успехи сейсмического мониторинга резервуаров нефти и газа позволил ввести в обращение термин *4D* сейсморазведка, в котором подчеркивается использование четвертого измерения, каким является календарное время.

Передвижение флюидов в резервуаре в процессе эксплуатации приводит к изменению упругих свойств и плотности пород, связанных с замещением одних флюидов другими. Со временем изменяются в пространстве положения газо-нефтяного водо – нефтяного контактов внутри резервуаров. Это приводит к изменению распределения акустических свойств пород, что позволяет зафиксировать эти

эффекты сейсморазведкой и использовать при изучении состояния углеводородосодержащих толщ.

Принцип использования измерений 4D сейсморазведки демонстрация на уровне нефтяного пласта, зарегистрированные при одном положении системы наблюдений, но в существенно разное время. Изменение мощности нефтенасыщенного пласта после начала добычи привело к изменению сейсмотрасс по амплитудам δA и временным сдвигам δt . По этим изменениям, относимые к новым сейсмическим атрибутам делаются заключения о современном состоянии нефтенасыщенности продуктивного участка исследуемого пласта. Разностные данные амплитуд и времен, на разрезах и планах в совокупности с данными ГИС позволяют контролировать оценивать оставшиеся запасы углеводородов, следить за изменением во времени контуров нефтегазонасыщенности в сравнении с исходными сведениями. Пример регистрации изменения контура нефтенасыщенности со временем приведен на рис. 2.6.

2.4. Сейсмические оценки изменения свойств резервуаров в период их разработки

В настоящее время применение сейсморазведки не ограничивается поисково – разведочными работами. Широко используется сейсмическая крупномасштабная съемка на разрабатываемых нефтегазовых месторождениях. Высокая разрешающая способность современных технологий позволяет фиксировать изменения свойств изучаемых объектов, связанных с извлечением углеводородов. Успехи сейсмического мониторинга резервуаров нефти и газа позволил ввести в обращение термин 4D сейсморазведка, в котором подчеркивается использование четвертого измерения, каким является календарное время.

Передвижение флюидов в резервуаре в процессе эксплуатации приводит к изменению упругих свойств и плотности пород, связанных с замещением одних флюидов другими. Со временем изменяются в пространстве положения газо-нефтяного водо – нефтяного контактов внутри резервуаров. Это приводит к изменению распределения акустических свойств пород, что позволяет зафиксировать эти эффекты сейсморазведкой и использовать при изучении состояния углеводородосодержащих толщ.

Принцип использования измерений 4D сейсморазведки демонстрационный Амотрасс на уровне нефтяного пласта, зарегистрированные при одном положении системы наблюдений, но в существенно разное время. Изменение мощности нефтенасыщенного пласта после начала добычи привело к изменению сейсмотрасс по амплитудам δA и временным сдвигам δt . По этим изменениям, относимые к новым сейсмическим атрибутам делаются заключения о современном состоянии нефтенасыщенности продуктивного участка исследуемого пласта. Разностные данные амплитуд и времен, на разрезах и планах в совокупности с данными ГИС позволяют контролировать оценивать оставшиеся запасы углеводородов, следить за изменением во времени контуров нефтегазонасыщенности в сравнении с исходными сведениями. Пример регистрации изменения контура нефтенасыщенности со временем приведен на рис. 2.6.

3. Использование данных ГИС при формировании геолого-геофизической модели залежи нефти и газа

3.1. Данные ГИС по отдельным скважинам

Для построения геолого-геофизической модели залежи нефти и газа используют результаты интерпретации данных ГИС по скважинам площади, включающей контур залежи. Необходимо иметь геологические колонки с выделением заведомо глинистых пород (высокие значения на диаграммах ГК, ПС, электропроводности). Обычно легко диагностируются плотные малопористые породы типа карбонатов, плотных песчаников (высокие величины плотности по ГК, УЭС, нейтронных свойств, низкие – естественной радиоактивности, интервального времени). Особый интерес представляет выделение коллекторов, для которых должны быть определены их фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС), характер и степень насыщения флюидами.

Выделение коллекторов производится по следующим признакам:

- наличие глинистой корочки (по уменьшению диаметра скважины) на кривой кавернометрии;

- существование радиального градиента сопротивлений, измеренного методами с разной глубиной исследования зондов (МКЗ, МБК, стандартные ПЗ и ГЗ, БК, ВИКИЗ или БКЗ, ИК);
- проявления аномалий, характерных для пористых, малоглинистых и проницаемых пород, на диаграммах методов ПС, ГК, НК, АК, ЯМК.

При этом могут быть использованы установленные по изучениям керн и испытаний скважин и на основе опыта измерений в скважинах предельные граничные значения, определяемых при ГИС параметров для разделения горных пород на «коллектор – неколлектор» также, как это выполняется для разделения по характеру насыщения (см. рис. 3.1). Как правило, применяют несколько количественных критериев.

Для характеристики горных пород с признаками коллекторов определяют коэффициенты общей пористости (K_{Π}), эффективной пористости ($K_{\Pi \text{ эфф}}$), проницаемости ($K_{\text{пр}}$), по значениям которых принимается решение об отнесении горной породы к классу «коллектор» или «неколлектор».

Величины K_{Π} определяют обычно несколькими способами, контролируемыми и уточняющими друг друга. Например, по измерениям плотности пород (σ) в терригенном разрезе с преобладанием в скелете кварца и наличии глинистых минералов близких по плотности кварцу ($\sigma=2,65 \text{ г/см}^3$) K_{Π} можно вычислить по формуле

$$K_{\Pi}(\%) = 160,6 - 60,6\sigma(\text{г/см}^3). \quad (3.1)$$

Пористость чистых песчаников отождествляют с пористостью матрицы ($K_{\text{пм}}$) и определяют её по скважинным измерениям или по статистическим зависимостям от глубины H . Так для месторождений нефти и газа при терригенном разрезе в З.Сибири Д. А. Кожевников установил зависимость $K_{\text{пм}}(\%) = 42,5 - 7,5H$ (км).

Эффективная пористость зависит от доли остаточной воды в поровом пространстве коллектора:

$$K_{\Pi \text{ эфф}} = K_{\Pi}(1 - K_{\text{во}}). \quad (3.2)$$

Коэффициент остаточной водонасыщенности обычно определяют по статистическим зависимостям $K_{во}(K_{п})$, установленным для конкретной продуктивной залежи по результатам лабораторных измерений керна. Согласно исследованиям В. Н. Боганика для относительно неглубоко залегающих коллекторов З. Сибири справедливо

$$K_{во}=0,084 / K_{п (д.е.)}-0.18 \quad (3.3)$$

Установленно (Д. А. Кожевников), что остаточная водонасыщенность обладает свойством инвариантности, и при известной величине петрофизического инварианта ψ рекомендована модель, учитывающая глубину горной породы,

$$K_{во}=(\mu_0/K_{пм})^\psi, \quad (3.4)$$

где μ_0 – доля остаточной воды, связанной со скелетом коллектора. Для условий З.Сибири можно принять $\psi=1-1,43(K_{пм}- K_{п})/K_{пм}$ (Кожевников Д. А., Сапожников В. М.). Тогда, например, для глубины 3 км, где $K_{пм} \approx 0,2$ при $K_{п}=0,15$ и для $\mu_0=0,05$ (типичная величина) по (3.4) получим $K_{во}=0,41$. По опыту практики это значение ближе к реальной характеристике, чем значение 0,38, получаемое по (3.3).

Для подавляющего большинства коллекторов по Д. А. Кожевникову и К. В. Коваленко зависимость коэффициента абсолютной проницаемости $K_{пр}$ (в фм^2) от $K_{п \text{ эф}}$ (в %) в полулогарифмическом масштабе линейна:

$$\lg K_{пр}=0,22 K_{п \text{ эф}}-1. \quad (3.5)$$

Величина $K_{пр}$ используется для характеристики фильтрационных свойств коллектора и, как будет показано ниже, при оценке средних размеров зёрен скелета.

Оценка характера насыщения коллекторов включает их разделение на водоносные и нефтегазосодержащие. Разграничение проводят по значениям УЭС, измеренного зондами с большим радиусом исследования (БК, ИК, ВИКИЗ). Для этого строят графики накопленной частоты проявления нефтегазонасыщения и водонасыщения при конкретных значениях УЭС (для водонасыщенных коллекторов накопления частоты проводят в направлении уменьшения УЭС). По накопленным частотам определяют граничные значения или

интервалы УЭС, выше которых коллектор с большой вероятностью может считаться нефтегазосодержащим, а при меньших значениях – водоносным. На рис. 3.1 значение 8 Ом м, при котором отмечается пересечение графиков накопленной частоты, может быть принят граничным для разделения коллекторов на водоносные (меньше 8 Ом м) и нефтенасыщенные. С учётом треугольника ошибок надёжность выделения нефтенасыщенных пластов 97%. При сопротивлении ниже 6 Ом м коллектор заведомо водоносный.

При сложной структуре коллектора с прослоями глинистых или плотных пород определяется эффективная толщина нефтегазонасыщения как разность между общей толщиной коллектора и суммарной величиной непроницаемых прослоев. Для вычисления коэффициента нефтегазонасыщения $K_{нг}$ необходимо знать параметр насыщения P_n , показывающий во сколько раз УЭС продуктивного пласта $\rho_{нг}$ больше УЭС водоносного пласта $\rho_{вп}$ такой же пористости. Тогда в общем случае по упрощённой формуле

$$K_{нг} = 1 - \frac{1}{\sqrt{P_n}}, \quad (3.1)$$

однако при наличии дополнительных исследований этот алгоритм может быть уточнён.

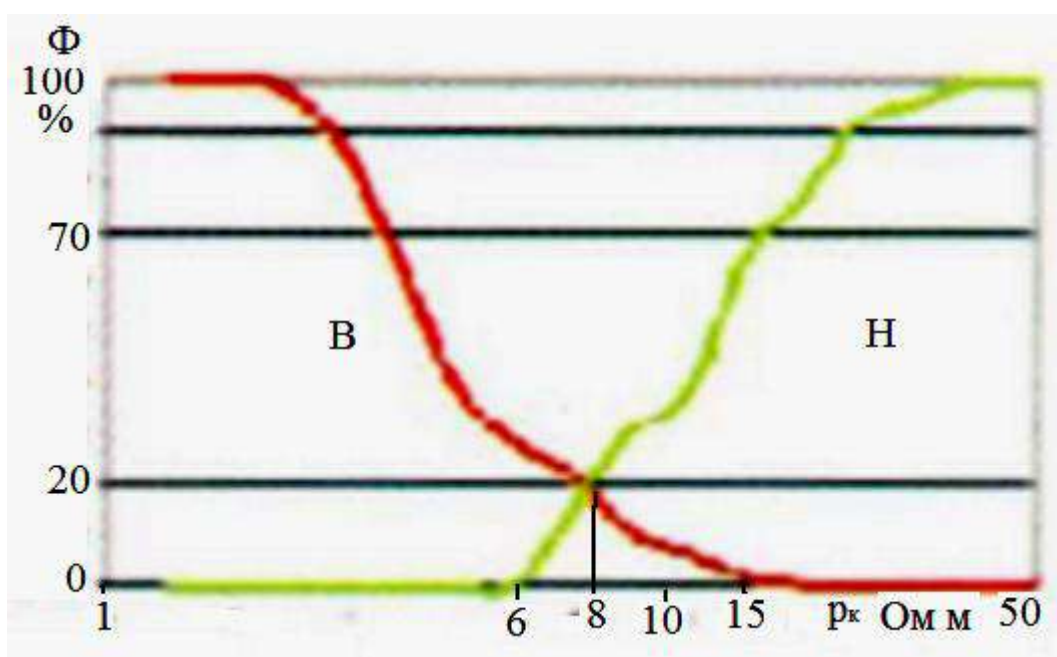


Рис. 3.1. Пример построения графиков интегральных функций распределения (Φ) параметра сопротивления, характерного для водоносных и нефтенасыщенных пластов, по которым осуществляется разделение их на эти классы; основание треугольника ошибок 6 – 15 Ом м

Разделение газонасыщенных и нефтенасыщенных интервалов коллектора производят по признакам индивидуальным для каждой залежи. Часто первые характеризуются более высокими сопротивлениями, специфическими аномалиями газового каротажа, диагностичны по данным исследования керна, результатов испытаний. Правильность характера флюидальной насыщенности продуктивных коллекторов подтверждают по данным применения НК в обсаженных скважинах. На диаграммах НК газонасыщенные коллекторы имеют заметно большие значения по сравнению с нефтенасыщенными коллекторами. Те же в свою очередь отличаются более высокими показаниями от водоносных коллекторов. В открытом же стволе разграничить коллекторы с одинаковой пористой, но насыщенными различными флюидами по данным ГИС удается по данным ИК при мощности слоя больше 4 м. Маломощные пласты классифицируются неоднозначно. Малоизвестный способ рассмотрен в разделе 6.

Результаты определения положения на сейсмических профилях опорных отражающих горизонтов позволяют строить структурные карты для этих горизонтов, которые могут быть более детальными, чем структурные карты, построенные по данным ГИС. Первоочередной интерес представляют структурные карты кровли и подошвы продуктивных отложений, а также карты их мощностей. Полученные карты используют для корректировки карт данных ГИС. Пример построения по опорному горизонту структурной карты, отражающей сводовый характер изучаемого нефтегазового месторождения, показан на рис. 2.6.

3.2. Подготовка данных ГИС для интерпретации сейсморазведки

По скважинам, находящимся на сейсмических профилях и в первую очередь по тем из них, в которых выполнено ВСП, проводят дополнительную интерпретацию данных ГИС. Цель – уточнение привязки сейсмических отражающих горизонтов к геологическому

разрезу, привязка временных разрезов к продуктивным горизонтам. По этим скважинам должны быть выполнены измерения методами АК и ГГК. Используемые при этом диаграммы плотности (σ) и интервального времени (ΔT) должны охарактеризовать не только пласты – коллекторы, но и другие слои с контрастным изменением физических свойств, которые рассматриваются как опорные горизонты. К ним относятся прослой плотных пород, глины и др. Обработка кривых заключается в расчленении разреза на прослой, отличающиеся по показаниям друг от друга не менее чем на 20% и по толщине должны быть не менее, чем 5 – 6 м. Могут быть выделены и прослой меньшей толщины (1- 2 м), если они резко отличаются по показаниям от окружающих пород и встречены в нескольких скважинах. По кривым ΔT определяют пластовую скорость $V_{пл}$.

По результатам обработки диаграмм строятся графики сейсмического импеданса ($G=\sigma \cdot V_{пл}$), коэффициента отражения R и синтетическая трасса (см. рис. 2.1 и 2.2). При наличии данных ВСП для скважины приводится график средней скорости V . Значения V используются для определения глубины залегания отражающих горизонтов на временных сейсмических разрезах по формулам (2.2) или (2.3). Обычно рядом с шкалой времени прихода отраженных волн в мс. строится шкала глубин в м. Контроль за соответствием шкал производится с ориентировкой на синтетические трассы по скважинам.

Это позволяет использовать глубинные сейсмические разрезы при построении геологических разрезов по данным ГИС.

3.3 Корреляция разрезов скважин

Корреляция разрезов скважин является основным методом изучения внутреннего строения недр. На месторождениях в первую очередь представляет интерес выделение и прослеживание в геологической среде пластов-коллекторов и непроницаемых слоев, играющих роль флюидозкранов, и вклинивавшихся между проницаемыми породами.

Корреляция делится на литологическую и стратиграфическую, которые взаимосвязаны. Уже на ранней стадии разведки формируются типовой или сводный геолого-геофизические разрезы. При корреляции обычно опираются на типовой (осреднённый) разрез, на

котором отражена последовательность геологических напластований с литологическими и геофизическими характеристиками, а также со стратиграфической привязкой толщ однородного или многопластового строения. В качестве типового разреза может быть принят разрез по одной из скважин, в которой изучаемый разрез геологической среды представлен наиболее полно.

Корреляция разрезов целесообразно начинать с построения профильных геолого-геофизических разрезов, на которых имеется ряд скважин, проведены полевая и скважинная сейсморазведка. Для таких профилей, и в первую очередь проложенных вкрест простирания структуры, строят геоакустические модели по отдельным скважинам и для каждого профиля. Путём сопоставления синтетических и измеренных сейсмотрасс, а также определения по данным ВСП шкалы глубин для временных разрезов, появляется возможность использования последних в качестве основы при корреляции скважин.

На сейсмических профильных разрезах в первую очередь выделяются и коррелируются отражающие горизонты - реперы, которые наиболее чётко выделяются на сеймотрассах, выдержаны по профилю и квалифицируются по геологическим признакам. Откоррелированные в вертикальной плоскости горизонты - реперы рассматриваются как костяк геолого – геофизических разрезов. Обычно сейсмические репера являются границами и для детальных разрезов, которые строятся по данным ГИС. Сейсмогеологические разрезы строят в одинаковых или разных масштабах по глубине и горизонтали.

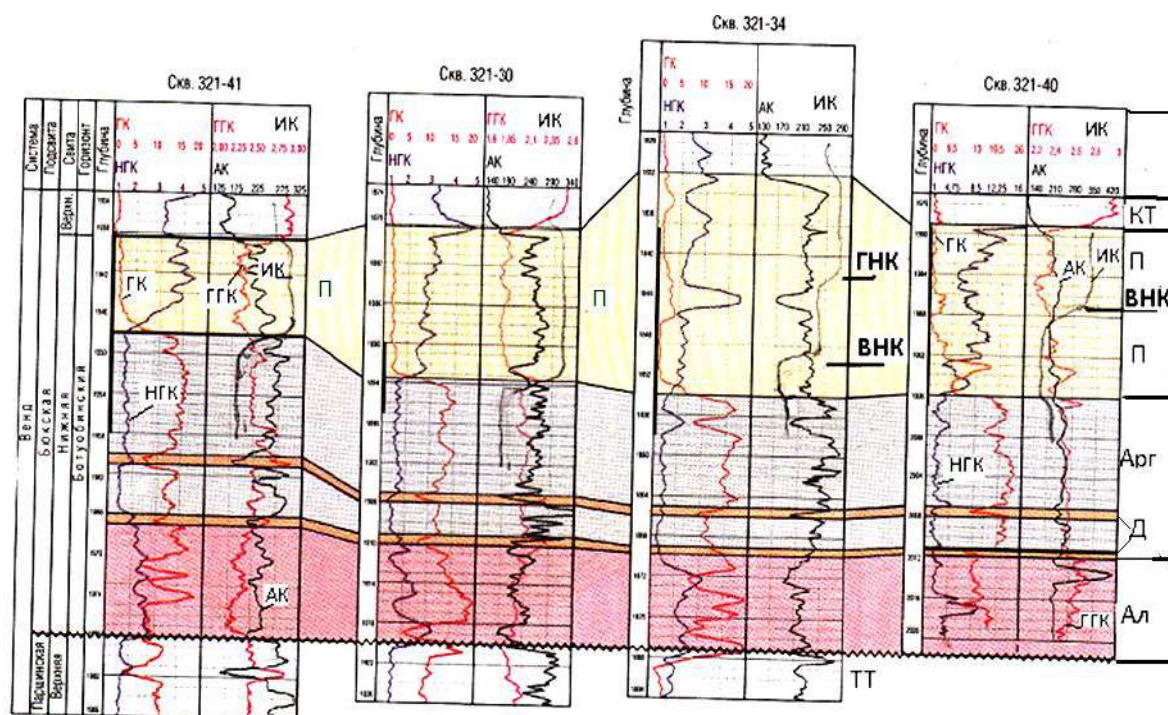


Рис. 3.2. Пример корреляционной схемы по разведочному профилю нефтегазового месторождения. Породы разреза: КТ – карбонатная толща; П – песчаники; Арг – аргиллиты; Д – доломиты; Ал – алевролиты; ТТ – терригенная толща

Для детальной литологической корреляции разрезов скважин применяют методы ГИС, наиболее чувствительные к изменению состава горных пород, или же для этой цели используют уже построенные литологические колонки. На схемах детальной корреляции в последовательности, соответствующей расположению скважин, размещают диаграммы ГИС, выравнивая их точно и приблизительно по реперным границам. Пример представления схемы корреляции по скважинам нефтегазового месторождения приведён на рис. 3.2.

Вначале корреляция осуществляется по реперам. Как и на сейсмических разрезах наиболее чётко выделяются границы между глинистыми и плотными (карбонаты, плотные песчаники, соли) породами. Контроль осуществляется по сейсмогеологическим разрезам, но с учётом возможных небольших отклонений в глубинах. Затем соединяются границы между однотипными по геофизическим признакам пластами и прослоями, которые могут иметь переменную толщину.

На участках выклинивания пластов – коллекторов, связанных с появлением непроницаемых пород, необходимо определять не

только положение границ замещения и выклинивания пород коллекторов, но и устанавливать природу выклинивания. Типичные модели замещения пород – коллекторов приведены на рис. 3.3.

Обычно выделяется два типа границ литологического экранирования:

- потеря пластом коллекторских свойств при сохранении его толщины, которое может происходить на очень небольших расстояниях, и их трудно прогнозировать без использования дополнительных данных.

- постепенное уменьшение толщины пласта до нуля по различным геологическим причинам – стратиграфическое срезание, тектоническое нарушение и др.

Основными источниками информации для определения геологической природы и положения границ замещения (выклинивания) являются данные бурения, ГИС, детальной сейсморазведки и др. Подсказку могут дать результаты корреляции по соседним профилям. Типичные модели замещения пород – коллекторов приведены на рис. 3.3.

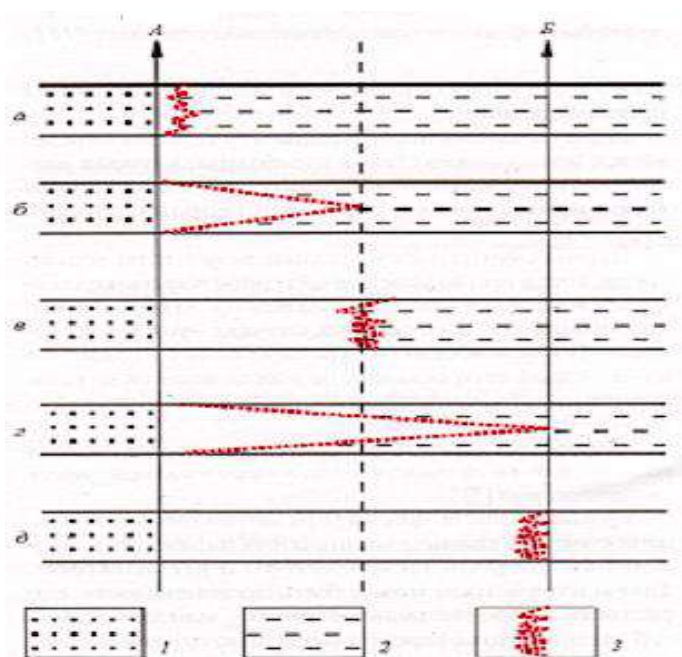


Рис. 3.3. Модели замещения коллекторов в межскважинном пространстве скважин А (скрывшей коллектор) и В (пробуренной в зоне отсутствия коллектора)
1 – коллектор; 2 – неколлектор; 3 – зона замещения пород - коллекторов неколлекторами [5]

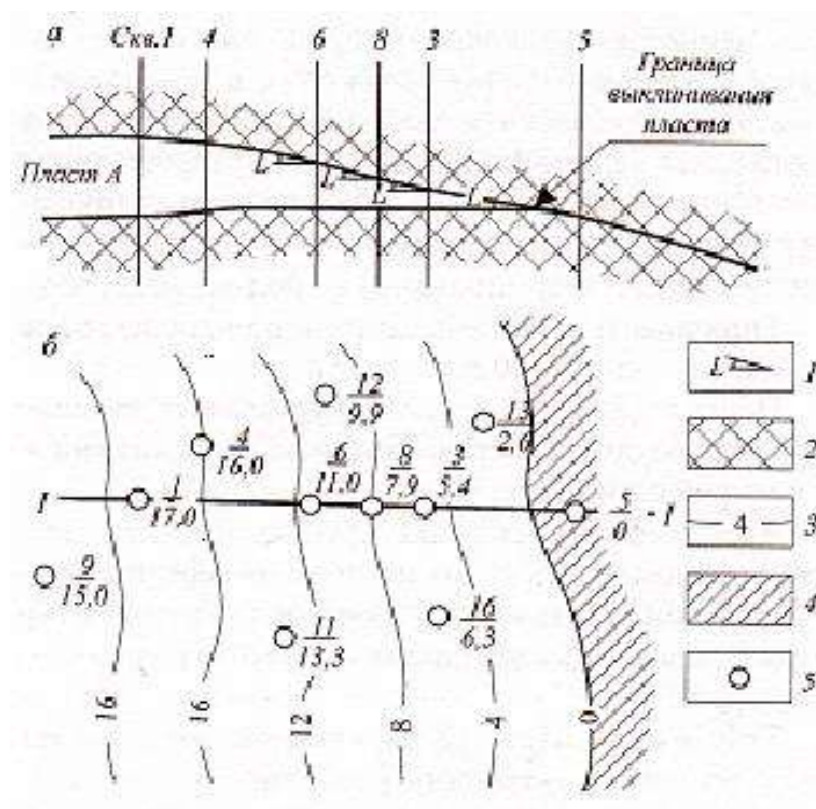
Замещение коллектора может происходить непосредственно вблизи скважины, в которой он вскрыт (рис. 3.3 а) или уменьшение толщины коллектора происходит на середине расстояния между

скважинами А и Б (рис. 3.3 б). Возможен случай, когда коллектор сохраняет свою толщину до середины расстояния между скважинами и затем резко она резко уменьшается до нуля (рис. 3.3 в).

На следующих моделях коллектор плавно или резко выклинивается к скважине, в которой он отсутствует (рис. 3.3 г и д). Определенную помощь в выборе модели выклинивания коллектора может оказать сейсмогеологический разрез.

Одним из методов определения линии выклинивания является метод экстраполяции градиента изменения эффективной толщины пласта на участке предполагаемого выклинивания. Для этого по данным замеров в скважинах толщин исследуемого пласта строится карта толщин по площади и определяется градиент изменения толщины пласта. По установленному градиенту изменения толщин определяется положение нулевой изопакиты, которая рассматривается как линия полного замещения коллектора продуктивного горизонта непроницаемыми породами (рис. 3.4).

Рис. 3.4. Пример определения границ выклинивания пласта по градиенту изменения эффективных толщин



Цифры у скважин в м.:числитель – градиент изменения толщины, знаменатель – толщина коллектора [5]

Несогласное залегание свидетельствует о том, что последовательность напластования нарушена в результате перерывов в осадконакоплении, размывов, тектонических нарушений.

Корреляция разрезов скважин может осуществляться попарно между ближайшими скважинами, находящимися на разных разведочных профилях, по принципу создания триангуляционной сети. На плане показываются скважины, в которых получены пересечения коллектора и рёбрами триангуляции обозначается связь между этими пересечениями. Триангуляционная сеть объединяет скважины пересечения коллектора единой залежи (рис. 3.5).

При большом количестве скважин и наличии нескольких продуктивных пластов с разным временем их формирования корреляция разрезов скважин может осуществляться в автоматическом режиме с применением специальных программ.

В качестве примера на рис. 3.2 приведена корреляционная схема по профилю скважин на нефтегазовом месторождении, обнаруженным в верхневендских песчаных отложениях. По совокупности диаграмм ГИС (ГК, НК, ГГК и АК) в изучаемом разрезе чётко выделяются несколько толщ, сформированных в разных условиях и времени, и квалифицированных как горизонты. Приводимые на корреляционной схеме диаграммы ИК связаны с влиянием не только литологии, но и с характером насыщения коллекторов, поэтому они использованы в корреляционной схеме для увязки пород — неколлекторов, а в дальнейшем — для определения характера и степени флюидонасыщения.

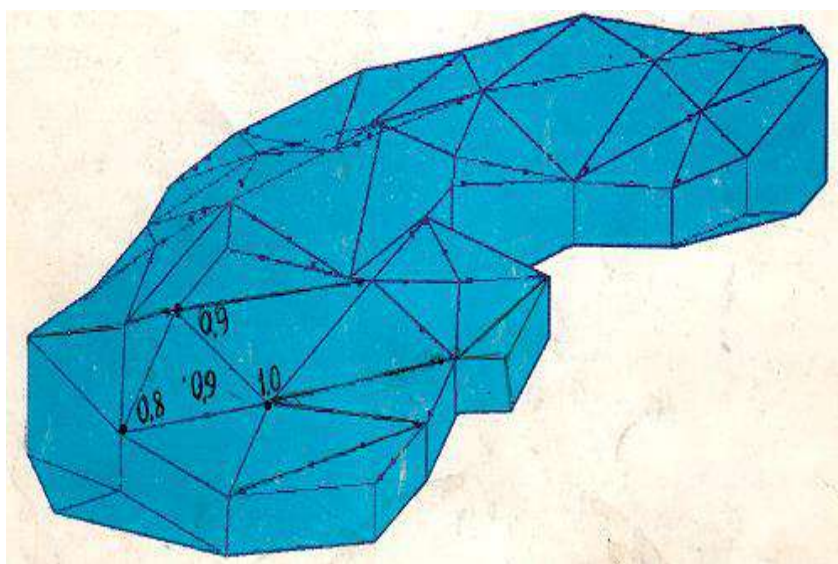


Рис. 3.5. Пример представления результатов попарной корреляции скважин, имеющих пересечения единой залежи, в виде триангуляционной сети с некоторыми значениями показателя линейного нефтегазонасыщения для точек в узлах сетки (скважины) и его средние значения для ячейки сетки

Центральное место занимает стратиграфический горизонт, получивший название Ботубинский. Сверху он перекрыт плотными, малоглинистыми, низкопористыми, высокоомными и высокоскоростными отложениями с характерными признаками карбонатов.

Карбонатная толща является покрывшей для толщи песчаников в верхах Ботубинского горизонта, характеризующихся по сравнению с породами покрывки по диаграммам НГК более высокой пористостью и меньшей плотностью (АК, ГГК). На диаграммах ИК карбонатная толща отличается от песчаников пониженной проводимостью. Подстилают толщу песчаников непроницаемые аргиллиты, имеющие повышенную радиоактивность (ГК). Корреляции разрезов скважин помогает наличие в аргиллитах маломощных прослоев доломитов, играющих роль реперов. Особенно чётко они заметны на диаграммах АК.

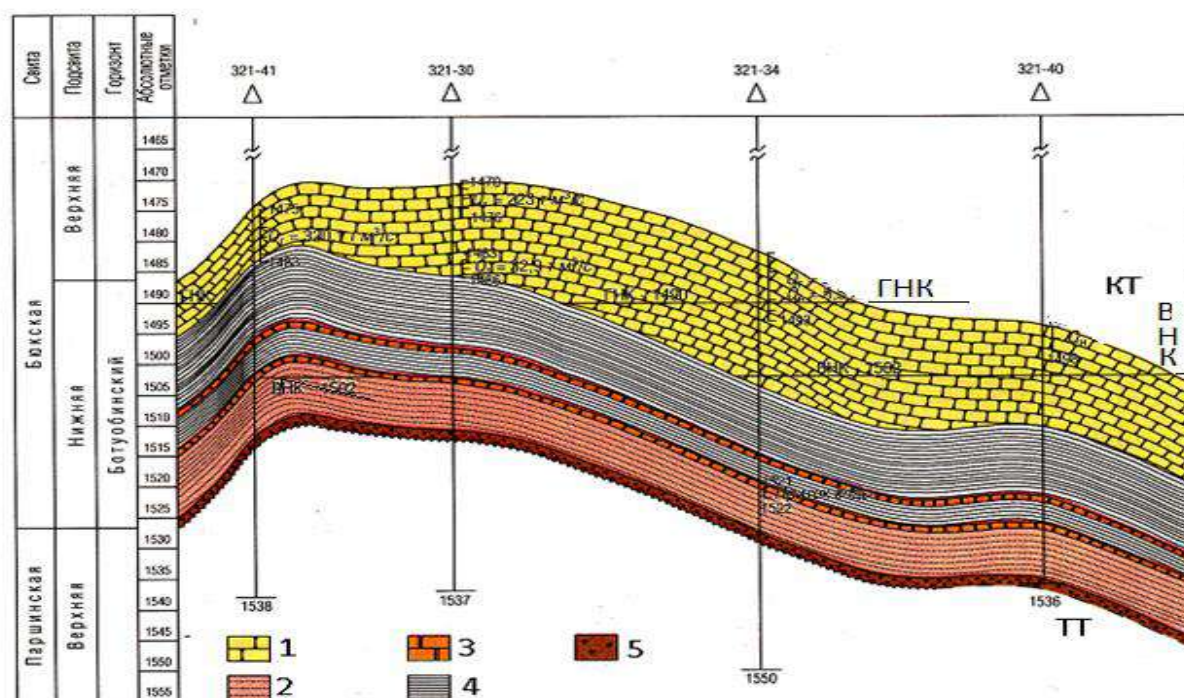


Рис.3.6. Геологический разрез, построенный с использованием корреляционной схемы (см. рис. 3.2)

Породы: 1- песчаники; 2 – алевролиты; 3 – доломиты; 4 – аргиллиты; 5 - брекчия; КТ – карбонатная толща; ТТ – терригенная толща (А. Е. Рыжов и др.)

Толща песчаников по емкостным свойствам занимает промежуточное положение между карбонатной покрывкой и подстилающими аргиллитами. Наиболее четко это заметно по диаграммам НГК, ГГК и АК. Фиксирующие в основании Ботубинского горизонта алевролиты залегают с размывом на преимущественно глинистой толще. О существовании размыва свидетельствует маломощный слой брекчии с аномальными свойствами, проявившимся особенно

чётко на диаграммах ГИС в скв. 321-30. Признаки брекчирования проявляются локальными положительными аномалиями естественной радиоактивности в верхах терригенной толщи в низах рассматриваемого разреза.

Полученная по результатам корреляции разрезов скважин профильный геологический разрез может рассматриваться как статическая геологическая модель изучаемой структуры (рис. 3.2). Она включает в себя и модель залежи нефти и газа поскольку на ней отражается распределение продуктивных коллекторов и экранирующих пород. В результате анализа обобщённых геолого-геофизических данных удаётся восстановить историю формирования природного резервуара с образованием ловушки для накопления углеводородов и образования продуктивной залежи.

Основание структуры месторождения сложено переслаивающимися алевролитами и аргиллитами, образовавшими терригенную толщу (ТТ), сформировавшуюся в морских условиях. В результате регрессии моря произошло его обмеление и рассматриваемый участок оказался в прибрежной зоне. Благодаря этому за счёт сноса с берега укрупнённого обломочного материала на мелководье сформировались отложения, превратившиеся впоследствии в песчаники с повышенными пористостью и проницаемостью, имеющими признаки коллекторов.

В результате очередной резкой трансгрессии моря песчаные отложения оказались отодвинутыми от берега и над ними начали накапливаться известняки. Пористые образования оказались запечатанными плотной и практически непроницаемой карбонатной толщей (КТ), а снизу их ограничили также непроницаемые глинистые отложения, превратившиеся впоследствии в аргиллиты. В результате образовалась ловушка, благодаря наличию которой сюда по субвертикальным диструкциям просочились углеводороды и здесь сформировалась нефтегазовая залежь. По данным метода ИК удаётся выделить в месторождении газовую шапку (по интервалам с низкой электропроводностью), нефтенасыщенный слой и ту часть песчаников, где сохранилось водонасыщение (по интервалам с повышенной электропроводностью). Для расчленения коллектора на интервалы, насыщенные различными флюидами, с учётом совокупности данных (газовый каротаж, исследования керна и шлама, испытания в скважинах, фиксация притоков) были предварительно опреде-

лены граничные значения сопротивления для ГНК и ВНК, подобно тому, как это показано на рис. 3.1.

4. Палеотектонический, седиментационный и фациальный анализ

4.1. Палеотектонический анализ

Палеотектонический анализ выполняется с целью оценки влияния тектонических процессов в период седиментации и позднее на историю формирования природных резервуаров, включающих залежи нефти и газа. Получаемые результаты углубляют представления о седиментационных циклах изучаемых отложений, что способствует построению геолого-геофизической модели месторождения.

Палеотектонический анализ состоит в применении палеоструктурных карт и палеопрофилей, методика построения которых основана установлении толщин стратиграфических пачек пород в соответствующие периоды их формирования. По изменениям толщин отдельных горизонтов судят об амплитудах тектонических движений. Считается, что при подъёме горизонта происходит уменьшение его мощности и подъём кровли нижележащего горизонта. При опускании мощность горизонта увеличивается.

В комплексе осадочных пород, принимающих участие в геологическом строении складки, выбираются реперы, чётко прослеживающие в пределах изученной площади. Каждый репер ввиду ограниченности исследуемого участка (локальные структуры) может быть принят за нулевую горизонтальную плоскость, от которой строятся палеоструктурные карты поверхности горизонта, формирование структуры которого является объектом исследования. Подобным же образом строятся палеопрофили, отражающие распределение мощности от выбранного репера до поверхности подошвы исследуемого горизонта. Такой подход позволяет отвлечься от совре-

менного строения разреза и представить конфигурацию исследуемой толщи в период завершения её формирования.

Палеотектоническая карта фактически представляет собой карту толщин стратиграфического горизонта. Такие карты наиболее наглядны и информативны для решения задач палеотектонического анализа. Они позволяют рассмотреть информацию о конседиментационном прогибании дна осадочного бассейна в различные периоды и реконструировать этапы развития потенциальных ловушек углеводородов с прогнозом характера их насыщения.

Более наглядно оценить характер тектонических движений в заданных направлениях можно по палеотектоническим разрезам. Они последовательно строятся от кровли выровненного (в виде горизонтальной линии) стратиграфического горизонта путём откладывания толщины этого горизонта вниз. В результате получают набор палеотектонических профилей.

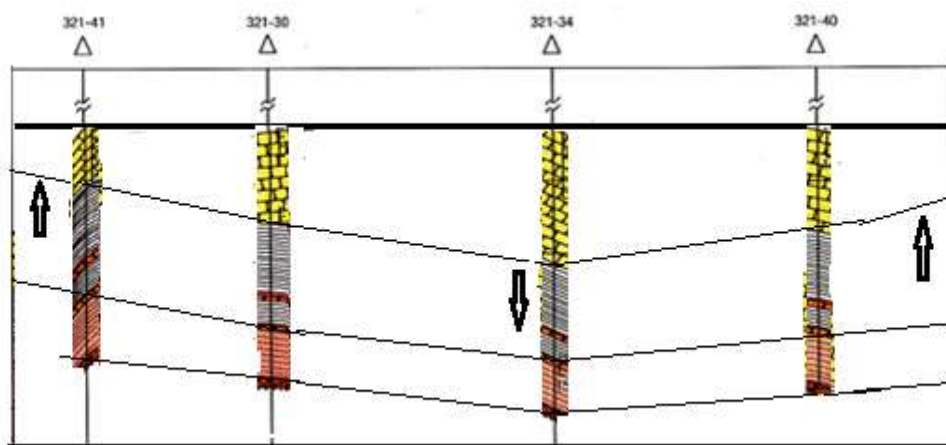


Рис. 4.1 Пример палеореконструированного горизонта песчаной толщи из разреза рис. 3.6

В качестве примера на рис. 4.1 приводится палеотектонический профиль для продуктивной толщи песчаников нефтегазового месторождения, современный разрез для которого показан на рис. 3.6. На корреляционной схеме месторождения, представленной с выравниванием по кровле нижней терригенной толщи, и палеотектоническом профиле толщи песчаников видно, что в начальный период формирования низов ботубинского горизонта условия седиментогенеза на изучаемой территории были одинаковы. На это указывают одинаковые мощности глинистых пород по всем скважинам разведочного профиля (рис. 3.2 и 4.1). Когда же стали накапливаться собственно ботубинские песчаники физико-химические условия осадконакопления претерпели существенные изменения. Следствием этих изменений в первую очередь стало то, что в западном направ-

лении происходило поднятие дна бассейна с формированием в этом направлении береговой линии. Одновременно происходило погружение дна в районе центральной части рассматриваемого профиля с увеличением толщины песчаной толщи.

Помимо наглядного графического способа палеотектонического анализа применяют графо-аналитическую обработку значений толщин. Модели палеотектонических процессов строятся на основе математической статистики. При этом устанавливают графики зависимости абсолютных глубин базисной поверхности от толщины изучаемого стратиграфического интервала с помощью линейного уравнения зависимости толщины стратиграфического интервала от абсолютной отметки глубины залегания базисного горизонта. Определяемые при этом коэффициенты уравнения имеют определённый геологический смысл.

4.2. Седиментационный анализ

Разрезы, сложенные осадочными породами представляют собой чередование пластов различного литологического состава, возраст которых последовательно уменьшается снизу вверх. При согласном залегании пластов их чередование представляет собой закономерную последовательность, которая в разрезах вскрытых разными скважинами, одинакова. При несогласном залегании пластов последовательность напластования нарушена в результате перерывов в осадконакоплении, размывов, тектонических нарушений. Это проявляется в постепенном изменении толщины отложений, в выпадении или повторении в разрезах соседних скважин пластов или больших интервалов разреза. Условия седиментации устанавливаются при стратиграфической корреляции разрезов, заключающейся в выделении и объединении разновозрастных слоёв иногда даже разного литологического состава. Такая картина наблюдается в результате латерального изменения фаций.

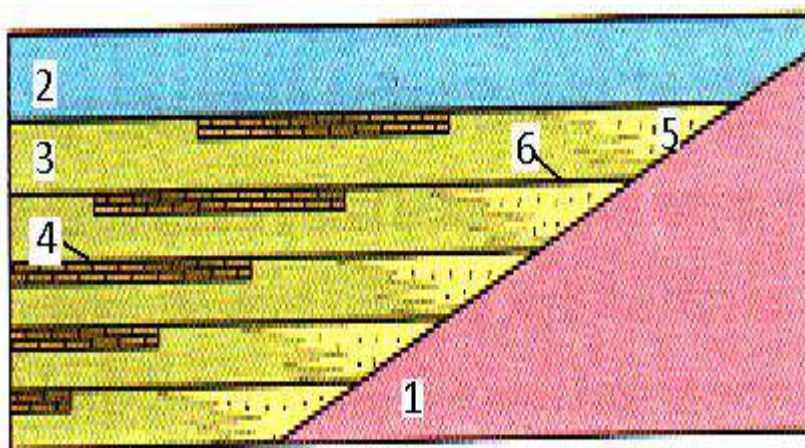
Седиментационный анализ предполагает разделение осадочных отложений на седиментационные циклы, часто именуемые как толщи непрерывного наращивания, во времени протекания однонаправленного геологического процесса. Поскольку при таком процессе во многих случаях энергия среды осадконакопления возрастает (регрессивный характер разреза) либо убывает (трангрессивный характер разреза), седиментационные циклы проявляются в геологиче-

ском разрезе в виде определённой последовательности смены литотипов (парагенетические ряды). Смена литотипов свидетельствует о смене фациальной обстановки осадконакопления. Но поскольку различные литотипы имеют разные физические свойства, существует возможность выделять седиментационные циклы по данным ГИС, применяя при этом знания о теоретически существующих геологических структурах.

Установлено, что при применении полного комплекса методов ГИС можно выделять до 30 разновидностей осадочных пород, что позволяет с одной стороны построить детальный разрез изучаемого интервала, а с другой стороны обосновать возможность объединения нескольких литотипов в единый седиментационный цикл. Непрерывная информация о процессе осадконакопления, устанавливаемая по диаграммам каротажа, даёт возможность проследить за изменением литологической характеристики объекта и доказать, что эти изменения происходили в период единого седиментационного цикла.

Процесс расчленения разрезов скважин начинается с выделения устойчивых стратиграфических границ. Их определяют по реперам, роль которых играют выдержанные по площади и толщине пласты, литологически заметно отличающиеся от выше и ниже лежащих отложений. Если пласт имеет характерную, ярко выраженную на диаграммах ГИС поверхность, её называют реперной границей. Например, в рассмотренном выше нефтегазовом месторождении верхней реперной границей для стратиграфической ботубинской толщи с продуктивным пластом песчаников является подошва горизонта карбонатов, а нижнюю реперную границу можно отождествлять с размытой кровлей преимущественно глинистой терригенной толщи, начинающейся с прослоя брекчий. Обе эти реперные границы чётко фиксируются резкими скачками физических свойств на диаграммах всех методов ГИС (см. рис. 3. 2 и 3. 6).

Внутри выделяемых стратиграфических интервалов, как правило, существуют нерегулярные границы между литологически раз-



личными отложениями. Для обоснования корреляции нерегулярных границ необходимо установить характер цикличности

и закономерности в наращивании разреза, причиной которого являются конседиментационные тектонические процессы.

Рис. 4.2 Пример модели разреза с серией трансгрессивных седиментационных циклов

1 – континентальный склон; 2 – уровень моря; 3 – глины; 4 – карбонаты; 5 – песчаники; 6 – стратиграфические границы – уровни стояния моря [2]

Закономерность изменения толщин и связанное с ней вероятное положение нерегулярных стратиграфических границ позволяет установить палеотектонический анализ. Так для разреза на рис.3. 6 и 4. 1 нерегулярная граница может быть выделена между песчаниками и аргиллитами в пределах ботубинского горизонта. Проявление этой границы вызвано, как показано выше, сменой условий осадконакопления.

Вследствие устойчивого процесса однонаправленного процесса трансгрессии или регрессии моря может быть выделено большое количество однотипных седиментационных циклов. Примером может служить модель серии трансгрессивных седиментационных циклов, представленная на рис. 4.2.

Выделение седиментационных циклов имеет принципиально важное значение в процессе построения геологической модели месторождения и особенно модели объекта подсчёта запасов и его разработки.

4.3 Фациальный анализ

При фациальном анализе решается задача по выяснению физико – географической обстановки формирования отложений, включающих продуктивные коллекторы. Единый принцип фациального анализа основан на том, что отложения каждой фации формировались в условиях определенных палеогидродинамических режимов (уровней). Это даёт возможность определить для каждой фации свою седиментационную модель, отражающую свойственную только данной фации последовательную смену палеогидродинамических уровней во времени.

Информацию о фациальной обстановке среды осадконакопления получают методами: геологическими, сейсмо - стратиграфическими, промыслово - геофизическими. Вклад фациальной интерпретации данных ГИС в общий комплекс этих методов может быть весьма

существенным, несмотря на то, что многие характеристики фацциальной обстановки получаются косвенным путём.

Прежде всего это касается определения характерных литотипов, по присутствию которых в разрезе делается заключение об обстановке накопления осадочных толщ. В разделе 1 показано, что разделяются фации континентальных, прибрежно-морских и глубоководно-морских отложений. Так преобладание в изучаемой толще карбонатов свидетельствует о морской обстановке осадконакопления. При терригенном разрезе с прослоями известняков делается вывод о прибрежно - морской фации осадков. Преобладание песчано-аллювиальных отложений характерно для фаций континента.

Разнятся литотипы, сформированные в различных условиях и по ряду свойств. Например, в континентальных отложениях глины значительно более высокоомны, чем это характерно для морских глин. При анализе содержания естественных радиоактивных элементов (спектрометрический вариант ГК) установлено, что в континентальных глинах преобладает торий, а в морских - уран. Это связано с существованием фациально невыдержанных отложений, типичных для континентального и прибрежно - морского и дельтового генезиса, когда нарушается корреляция тел – коллекторов в пределах относительно небольших территорий. В таких условиях целесообразно свиты отождествлять с отдельными литологическими разностями, надёжно фиксирующие изменение климата или тектонических условий. В разрезе тогда выделяют ритмосвиты, которые образуют каркас стратиграфических схем. И хотя строение ритмосвит по площади может изменяться с выпадением отдельных составляющих, они объединяют горные породы, сформировавшиеся в близких фациальных условиях.

В качестве примера можно сослаться на рис.1.8, на котором изображены диаграммы электрометрии для разреза, отражающего действие регрессии моря с формированием группы фаций. Из него видно, что наряду с существованием стабильных условий для образования отложений в морском мелководье, выделяется группа фаций, связанных с временным отступлением моря на площади существования дельты крупной реки, то в надводных, то в подводных условиях. Это привело к образованию группы фаций, которые можно объединять в единую ритмофацию.

Детальное фациальное расчленение осадочных толщ возможно по параметрам, определяемым по данным ГИС. Например, по сред-

нему d_m (медианному) размеру зёрен, который характеризует энергию осадконакопления, и позволяет уточнить фациальную принадлежность отложений. Предпосылки для этого имеют методы ПС и ГК, по показаниям которых (по параметру α) устанавливают зависимости для оценки d_m . Согласно исследованиям В. С. Муромцева связь между d_m (мм) и $\alpha_{\text{ПС}}$ близка к прямой с уравнением

$$\lg d_m = 2\alpha_{\text{ПС}} - 2,4. \quad (4.1)$$

Т. С. Изотова обосновала формулу, связывающую d_m (мкм) с коэффициентами пористости K_p (д.е.) и проницаемости $K_{\text{пр}}$ (мкм²):

$$d_m = A(1 - K_p)/(0,0556 K_p^3 / K_{\text{пр}})^{1/2}, \quad (4.2)$$

где $A=6$ для уплотнённых пород и $A=12$ для коллекторов.

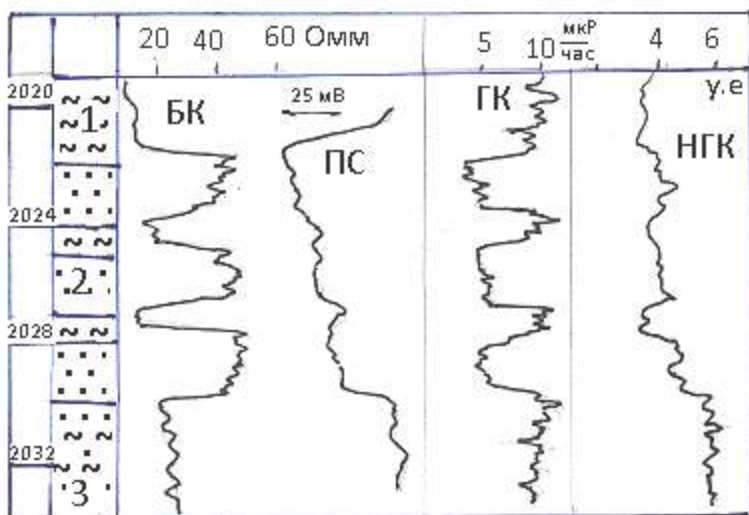
Предложен ряд способов для количественной оценки неоднородности пластов, позволяющих судить о фациальной принадлежности горных пород и в первую очередь коллекторов. Одновременно определяются условия добычи нефти или газа из этих объектов.

Часто вычисляют коэффициент песчанистости интервалов разреза мощностью H , в котором песчаник содержит глинистые или карбонатные непроницаемые прослои с общей их толщиной h

$$K_{\text{песч}} = (H-h)/H. \quad (4.3)$$

Для оценки текстуры пачки чередующихся пропластков литотипов вычисляют текстурный коэффициент C_T

$$C_T = h_{\text{ср}}/n, \quad (4.4)$$



где $h_{\text{ср}}$ – средняя толщина литотипа, а n – количество пропластков в пачке.

Рис.4.3. Пример диаграмм ГИС для неоднородного пласта - коллектора, по показаниям которых вычислены характеристики его неоднородности

Количественный анализ неоднородности пластов толщиной H с количеством N пропластков коллектора общей толщиной H_k производят с помощью коэффициента расчленённости K_P

$$K_P = H_k / H \cdot N, \quad (4.5)$$

а также по вычислениям интегрированного коэффициента неоднородности пласта K_H с учётом минимальной и максимальной пористости исследуемого пласта в разрезе скважины

$$K_H = K_P \cdot \frac{K_{п\text{ мин}}}{K_{п\text{ макс}}}. \quad (4.6)$$

Для примера на рис. 4.3 приведен фрагмент разреза с неоднородным пластом песчаников и диаграммы методов ГИС. Пласт песчаников общей мощностью 8 м содержит два прослоя глин толщиной 1 м каждый. Пористость песчаных частей пласта находится в пределах 0,2 – 0,25, т.е. они обладают коллекторскими свойствами. Вычисляя для данного пласта по приведённым выше формулам характеристики неоднородности, получим: $K_{\text{пес}}=0,75$; $C_T=0,4$; $K_P=0,25$; $K_H=0,25$.

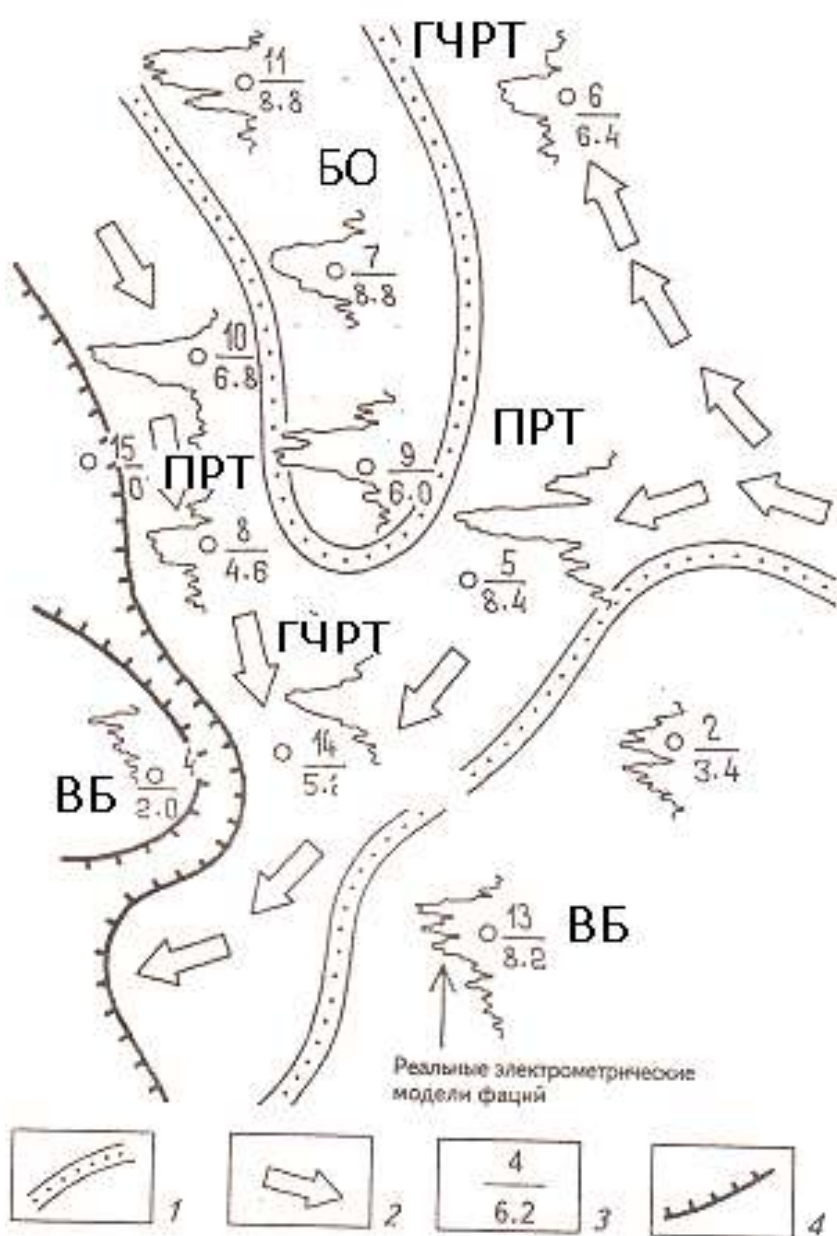
Для вскрытого на этом же месторождении однородного пласта песчаников приблизительно такой же мощности, пористость которого колеблется от 0,26 до 0,20 (с глубиной увеличивается глинистость пласта), имеем $K_{\text{пес}}=1$; $C_T=1$, $K_H=1$; $K_H=0,77$. Характерно, что упомянутые пласты резко отличались по дебиту нефти. Для первого пласта он составлял 6 м³/сут, а для второго – 72 м³/сут.

Особого внимания требует способ, основанный на использовании для фациального анализа зависимостей между литофизическими свойствами горных пород и кривых электрокаротажа и, в первую очередь, диаграмм ПС. На них наиболее отчётливо отражается смена палеодинамических условий осадконакопления, что позволяет опре-

делять генезис осадков и осуществлять реконструкцию палеогидродинамических обстановок формирования коллекторов.

Размер обломочного материала скелета и содержание глинистого вещества в породах отражают палеогидродинамические уровни водных потоков, а медианный размер зерен сопоставим с относительными амплитудами ПС. Это позволило В. С. Муромцеву и его последователям разработать и успешно применять на практике электрометрические модели фаций. Сущность способа и его эффективность рассмотрим на примере изучения юрских отложений Северо – Юрьевского нефтяного месторождения (З. Сибирь, Сургутский свод).

В рассматриваемых отложениях выделено несколько фаций, относящихся к прибрежно – морскому комплексу (все текстовые и графические сведения по А. В. Ахиярову). Это фации барьерных островов, промоин и головных частей разрывных течений, вдоль береговых баров и прибрежных валов (см. раздел 1 и рис. 1.3). Результаты выделения этих фаций приведены на рис. 4.4. При фаци-



альном районировании исполнители опирались на формализованные электрометрические модели фаций, обоснованные В. С. Муромцевым (рис. 4.5), данные оценки диаметра песчаных зёрен и характеристики неоднородности пластов.

Рис. 4.4. Пример фациального районирования песчано-глинистых отложений

1 - границы распространения фаций; 2 – предполагаемые направления движения разрывных течений; 3 – номер скважины (числитель) и

эффективная толщина коллектора (знаменатель); 4 – зона глинизации по данным сейсморазведки и ГИС; фации: БО - барьерных островов; ПРТ - промовин разрывных течений; ГЧРТ - головных частей разрывных течений; ВБ - вдоль береговых баров

Интегрированный фациальный анализ позволяет прогнозировать размещение добывающих скважин и ожидаемый их дебит (в основном качественно). Например, по результатам анализа рассматриваемой выше площади наиболее перспективной для добычи признана фация барьерных островов, так как для пластов песчаников характерна высокая степень однородности, диаметр зёрен около 0,2 мм. Практика добычи показала, что из коллекторов, отнесённых к этой фации, получены самые продуктивные притоки нефти (около 75 м³/сут). Высокой неоднородностью, а также песчано-алевритовым характером зёрен ($d_m \approx 0,05$ мм) отличались песчаные коллекторы

Формализованные электрометрические модели фации	Фация	N скв.
	Барьерных островов	7 9 11
	Головных частей разрывных течений	6 8 14
	Промоины разрывных течений	5 10
	Вдольбереговых баров и прибрежных валов (регрессивных)	4 13
	То же, в условиях резкой смены регрессивного цикла на трансгрессивный	2
	Головных частей разрывных течений	5 11 13 14
	Вдольбереговых баров и прибрежных валов (трансгрессивных)	1

Рис. 4.5. Морфология аномалий ПС, характерных для типовых фаций прибрежно - морских отложений

вдольбереговых баров и головных частей разрывных течений. Дебит скважин из пластов этой фации составил 5 – 10 м³/сут. Минимальной продуктивностью отмечены коллекторы фаций промоин разрывных течений и резкой смены регрессивного цикла на трансгрессивный (на рис. 4.5 скв 2).

5. Изучение непроницаемых неоднородностей продуктивных терригенных коллекторов методом КС

5.1 Модели неоднородностей

1 – песчаный коллектор;
2 – карбонаты; 3 – трещинно-
ватость; 4 – глинистые поро-
ды

52

новку, и они должны быть исключены при определении эффективной мощности коллекторов и учтены при гидродинамическом моделировании. Ограниченность неоднородностей является благоприятным признаком в коллекторе, так как не уменьшает его фильтрационно – ёмкостные характеристики и в меньшей степени усложняет структуру коллектора.

5.2 Теоретические предпосылки изучения маломощных неоднородностей

Наиболее благоприятные предпосылки для изучения неоднородностей имеют исследования с потенциал – зондом (ПЗ), условно АМ, метода КС, на показания которого влияют как электрические свойства, так и геометрия объекта.

Начнём со случая, когда мощность h пересекаемой скважиной неоднородности меньше АМ. Для оценки влияния размеров неоднородности на показания зонда воспользуемся моделью предельно тонкого диска - изолятора радиуса R . С целью формирования расчётных формул используем решение, полученное в смешанной (декартовой и эллиптической) системе координат [11]. Связь между этими системами вытекает из уравнения $x^2/R^2(\lambda^2+1) + z^2/R^2\lambda^2=1$ (рис. 5.2). Будем полагать, что УС вмещающей среды ρ_0 равно 1.

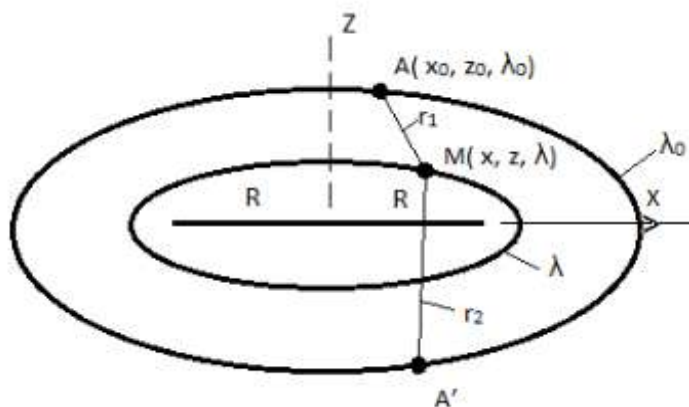


Рис. 5.2. Схема, поясняющая условия расчета ρ_k при заданных положениях точечного источника тока (А) и точки наблюдения (М) в декартовой и эллиптической системах координат в присутствии тонкого диска радиуса R

При заданных положениях точечного токового источника $A(x_0, z_0, \lambda_0)$ и точки наблюдения $M(x, z, \lambda)$, (для упрощения $y = y_0 = 0$) выражение для кажущегося сопротивления по условной скважине, нормально пересекающей диск – изолятор, имеет вид:

$$\rho_k = 1 + r_1/\pi [r^+ \arctan \frac{r_2 - r_1}{2R\lambda_0\lambda} + r^- \arctan \frac{r_2 + r_1}{2R\lambda_0\lambda}], \quad (5.1)$$

где $r^{\pm} = \frac{1}{r_2} \pm \frac{1}{r_1}$, $r_1 = [(x-x_0)^2 + (z-z_0)^2]^{\frac{1}{2}}$, $r_2 = [(x-x_0)^2 + (z+z_0)^2]^{\frac{1}{2}}$.

Для модели диска – проводника при тех же элементах схемы (рис. 5.2)

$$\rho_K = 1 + r_1 / \pi \left\{ 2/R \operatorname{arccot} \lambda_0 \operatorname{arccot} \lambda - \left[r^+ \operatorname{arc} \tan \frac{r_1 + r_2}{2R \lambda_0 \lambda} + r^- \operatorname{arc} \tan \frac{r_2 - r_1}{2R \lambda_0 \lambda} \right] \right\}. \quad (5.2)$$

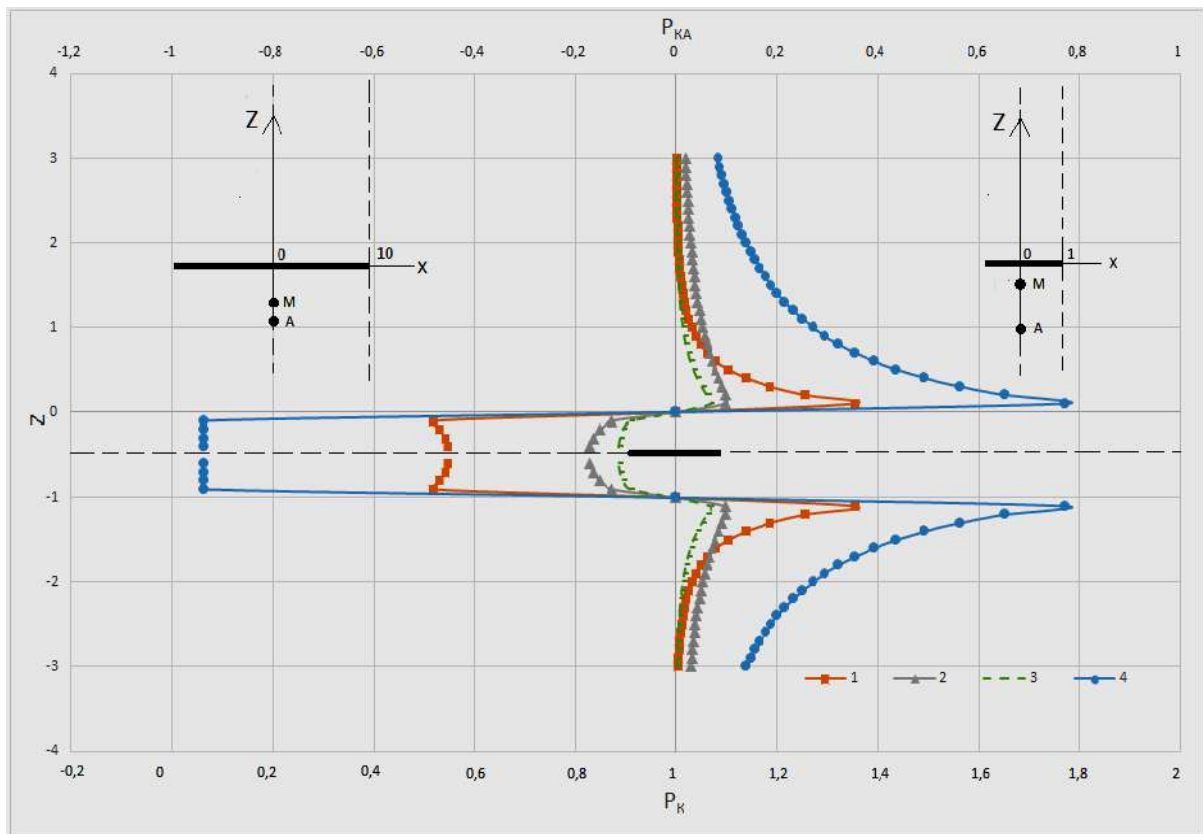


Рис. 5.3. Теоретические кривые ρ_K для потенциал – зонда АМ при различных относительных размерах тонкого диска – изолятора и положения условной скважины

1 – $x=0$, $R=1$; 2 – $x=10$, $R=10$; 3 – $x=1$, $R=1$; 4 – $x=0$, $R=10$

Из теории метода КС [6] известно, что для пласта – изолятора предельные аномальные значения ρ_K для ПЗ равны 0 и 2. На рис. 5.3 приводится серия кривых ρ_K (а также аномальной составляющей ρ_{KA}), рассчитанных для диска – изолятора ограниченного радиуса, по которым можно судить о влиянии на амплитуду аномалий величины R . Все линейные размеры даны в долях длины зонда $AM=1$

Например, для $R=10$ при $x=0$ (трасса наблюдений проходит через центр диска) $\rho_k^{\max}=1,8$, а $\rho_k^{\min}=0,05$. Заметнее отличия аномальных значений ρ_k от модели бесконечного пласта при прохождении трассы наблюдений через край такого диска: $\rho_k^{\max}=1,1$ (аномалия меньше в 10 раз) и $\rho_k^{\min}=0,83$ (аномалия меньше в 6 раз). В случае же малых размеров диска ($R=1$) аномальные значения ещё меньше (см. рис. 5.3). Следовательно, уменьшение размеров модели неоднородности, а также близость скважины к краю диска вызывает заметное ослабление аномалий ρ_k относительно ожидаемых значений для бесконечного тонкого пласта – изолятора.

Основываясь на квазиподобии аномалий от объектов различной контрастности УС, можно полагать, что для тонкой неоднородности с высоким но конечным УС влияние конечных размеров объекта повлияет на аномальную составляющую ρ_k в такой же пропорции, как и в случае идеального изолятора. Например, при прохождении трассы наблюдений через край большого тонкого диска с УС равным 5, вместо $\rho_k^{\max}=1,5$ получим $\rho_k^{\max}\approx 1,05$, а вместо $\rho_k^{\min}=0,35$ получим $\rho_k^{\min}\approx 0,9$.

Реальные электрические свойства пересечений высокоомных неоднородностей могут быть охарактеризованы по данным микрозондов или малого градиент – зонда (ГЗ) одинаковой длины с ПЗ.

При изучении маломощных неоднородностей, представленных непроницаемыми глинистыми породами с пониженным УС, полезны будут результаты математического моделирования с тонким круглым диском – проводником. Используя выражение (5.2), рассчитаны и представлены на рисунке 5.4 кривые КС для нескольких случаев пересечения диска – проводника.

Видно, что в пределах в целом отрицательной аномалии от проводника можно выделить три экстремума: с минимальными значениями $\rho_k^{\min}$ по обе стороны от пересеченного диска и положительный экстремум $\rho_k^{\max}$ на самом диске. Наличие локального экстремума не характерно для протяженной неоднородности и является признаком ограниченности объекта.

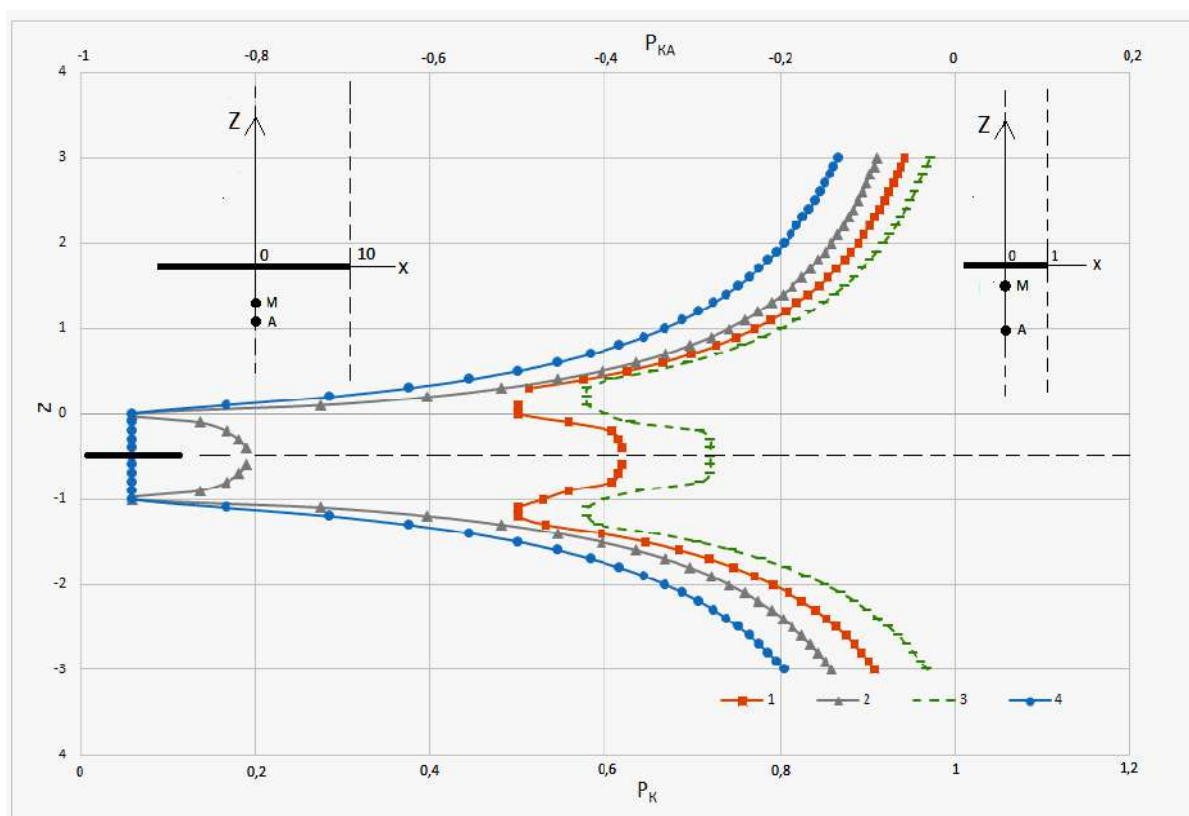


Рис. 5.4. Теоретические кривые ρ_K для потенциал – зонда АМ при различных относительных размерах тонкого диска – проводника
 1 – $x=0$, $R=1$; 2 – $x=10$, $R=10$; 3 – $x=1$, $R=1$; 4 – $x=0$, $R=10$

Также как для диска – изолятора, ограниченность размеров проводника проявляется в ослаблении аномального эффекта от него. О степени этого ослабления можно судить по приводимым на рисунке 5.4 кривым ρ_K . Заметим, что при $R=\infty$ на уровне диска, разделяющего электроды АМ $\rho_K=0$.

Следовательно, слабая аномалия ρ_K для ПЗ на изучаемом прослое – проводнике свидетельствует о его весьма ограниченных размерах по латерали.

Полезно знать признаки проявления аномальности на кривых ρ_K ПЗ при конечных значениях толщины h и УС относительно тонкого протяженного прослая. Ориентироваться проще всего по точкам с экстремальными значениям ρ_K , выраженным в долях УС (ρ_0) вмещающей среды (коллектора). Эти характерные точки показаны на образцах типичных аномальных кривых ρ_K для маломощного прослая (рис. 5.5).

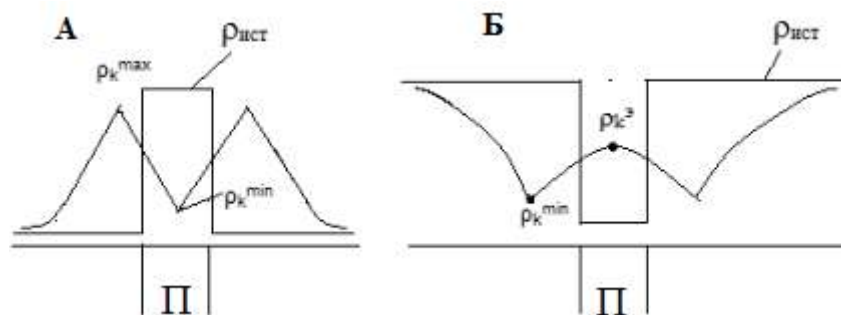


Рис. 5.5. Пример графиков ρ_k (потенциал – зонд АМ) и истинного УС ($\rho_{ист}$) для среды с тонким прослоем (Π) относительно повышенного и пониженного УС при его мощности $h=0,5AM$

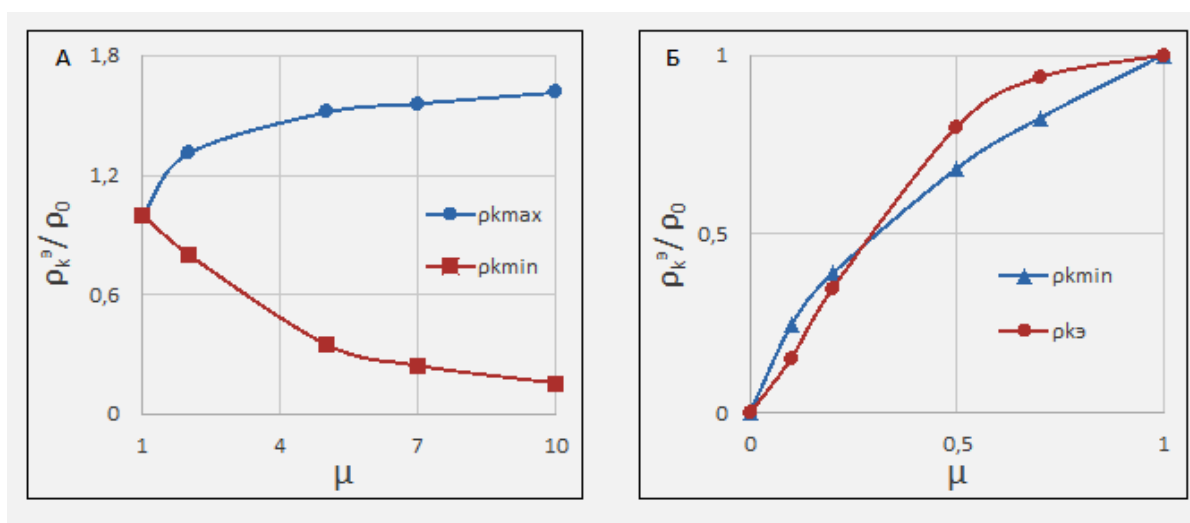


Рис. 5.6. Зависимости относительных значений УС ПЗ в точках экстремумов ($\rho_k^{\text{э}} / \rho_0$) от параметра $\mu = \rho_{ист} / \rho_0$ для маломощного протяженного прослоя при $h=0,5AM$

Для случая $h=0,5AM$ рассчитаны зависимости экстремальных значений ρ_k от контрастности объекта, то есть от параметра $\mu = \rho_{ист} / \rho_0$. По ним, как для высокоомного (А), так и низкоомного (Б) объектов (рис. 5.6), можно оценить ожидаемое экстремальное значение кривых КС при неограниченных размерах неоднородности.

Очевидно на практике, при анализе аномальных участков диаграмм в случае соответствия значений $\rho_k^{\text{э}} / \rho_0$ тем величинам, которые могут быть определены по теоретическим зависимостям рис. 5.6, обоснованно допустить вывод о большой протяженности неоднородности в коллекторе.

5.3 Обоснование методики оценки размеров неоднородностей

Перейдем к рассмотрению случая, когда мощность неоднородности превышает длину стандартного ПЗ, например, 0,5 м. Для объекта – идеального проводника о его размерах можно судить по площади поверхности S .

Для тела в виде круглого цилиндра мощностью h от поверхности S легко перейти к радиусу цилиндра R , по которому можно судить о протяженности объекта. Для идеального проводника S определяется через приведенный к току потенциал U^* заряженного тела по известной формуле [12 и др.]:

$$S = (\rho_0 / U^*)^2 / 4\pi. \quad (5.3)$$

Для тел, у которых УС больше или меньше ρ_0 выполняется принцип квазиподобия аномальных составляющих электрического потенциала $U_{ат}$ при одинаковых геометрических параметрах сравниваемых объектов. На теоретических моделях [13] доказано, что коэффициент подобия $m = U_a^* / U_a$ позволяет привести потенциал U_T заряженного тела конечной электропроводности (при определении аномальной составляющей относительно нормального потенциала U_0 : $U_{ат} = U_T - U_0$, к условиям идеального проводника:

$$U^* = U_0 + mU_{ат}. \quad (5.4)$$

После этого U^* используется для определения S и R тела.

Приведенные к току значения U_T , U_0 , $U_{ат}$ могут быть установлены по показаниям ПЗ. Для определения коэффициента подобия m необходимо располагать данными о $\Delta U_{ат}^{\Gamma 3}$ которые могут быть получены с помощью ГЗ одного размера с ПЗ: $\Delta U_{ат}^{\Gamma 3} = \Delta U_T^{\Gamma 3} - \Delta U_0^{\Gamma 3}$. Так как для приведения показаний ГЗ к условиям идеального проводника необходимо выполнение условия: $\Delta U_0^{\Gamma 3} + m\Delta U_a^{\Gamma 3} = 0$, то искомый коэффициент $m = -\Delta U_0^{\Gamma 3} / \Delta U_a^{\Gamma 3}$. Для тел с пониженным УС $m > 0$, а для относительно высокоомных тел - $m < 0$.

Применительно к технологии каротажа методом КС для определения размеров геологического тела во вмещающей среде (в нашем случае непроницаемого прослоя в коллекторе) необходимо

иметь диаграммы ρ_k ПЗ и ГЗ приблизительно одинаковой длины, но не превышающей мощность пересечения тела скважиной. Формально процедура обработки диаграмм КС, упомянутых зондов, состоит в определении значений $\rho_{кт}^Г$ и $\rho_{кт}^{ПЗ}$ в изучаемом геологическом теле в точках записи (О) при одинаковом положении токового электрода. Например, если для ПЗ значения определяются в середине пересечения, то на диаграмме ГЗ оно берётся со сдвигом на половину длины зонда в сторону от токового электрода. Значения ρ_0 в большинстве случаев по показаниям ПЗ и ГЗ близки и лишь при малых размерах коллектора наблюдаются различия. Поэтому лучше ориентироваться на ГЗ.

По показаниям ПЗ определяется характеристика вмещающей среды ρ_0 , которая соответствует свойствам коллектора, значение $\rho_{кт}^{ПЗ}$ при положении зонда внутри изучаемого тела и его аномальная составляющая $\rho_{ка}^{ПЗ} = \rho_{кт}^{ПЗ} - \rho_0$. По показаниям ГЗ в теле вычисляют аномальную составляющую $\rho_{ка}^{ГЗ} = \rho_{кт}^{ГЗ} - \rho_0$ и коэффициент подобия $m = -\rho_0 / \rho_{ка}^{ГЗ}$. Затем находят искомое значение U^* :

$$U^* = [\rho_0 + m \rho_{ка}^{ПЗ}] / k_{ПЗ}. \quad (5.$$

5)

Далее применяется формула (5.3), после чего можно оценить эффективный радиус тела R , используя уравнение $S = 2\pi R^2 + 2\pi R h$.

Выражение для S можно представить в виде

$$S = 0,08 k_{ПЗ}^2 [1 / (1 - \rho_{ка}^{ПЗ} / \rho_{ка}^{ГЗ})]^2. \quad (5.6)$$

Даже без вычислений можно определить, что если $\rho_{ка}^{ПЗ} \approx \rho_{ка}^{ГЗ}$, то изучаемое геологическое тело (прослой или другой объект) во вмещающей его среде имеет весьма большие размеры ($R \rightarrow \infty$). И, напротив, заметное превышение по модулю $\rho_{ка}^{ГЗ}$ относительно $\rho_{ка}^{ПЗ}$ свидетельствует об ограниченности размера изучаемого объекта.

При практических работах, если ориентироваться на полуметровый ПЗ, то в качестве ГЗ можно применять стандартный зонд БКЗ с длиной АО= 0,45 м. Предполагается, что используемые при вычислениях значения ρ_k для ПЗ и ГЗ получены при одном и том же положении источника тока в изучаемом прослое. Как понятно из упомянутых теоретических положений, способ пригоден для оценки размеров неоднородностей как повышенного, так и пониженного УС.

Таким образом, располагая диаграммами ρ_k ПЗ и ГЗ одинаковой длины, при сравнительно маломощных неоднородностях (например, меньше 0,5 м) возможно выделить те из них, которые фиксируются потенциал – зондом относительно слабыми аномалиями, и отнести их к классу линзовидных тел весьма ограниченных размеров. Другие же неоднородности, аномалии на которых при известной их контрастности по УС, имеют признаки, характерные для пластов безграничных размеров, следует отнести к классу протяженных прослоев. Можно считать, что их радиус не менее чем на порядок больше длины ПЗ.

5.4 Практические примеры

В качестве практических примеров служат результаты некоторых измерений ρ_k в пределах неоднородных коллекторов по скважинам Спорышевского нефтяного месторождения в ЯНАО Тюменской области. Основное внимание уделим диаграммам ПЗ (АО=0,5 м) и ГЗ (АО=0,45 м).

Рис. 5.8. Пример проявления ограниченного по размерам прослая глинистых пород в продуктивном песчаном коллекторе по показаниям ПЗ, ГЗ и БК

Другой пример проявления ограниченности по размерам низкоомного прослая глинистых пород на диаграммах КС иллюстрирует рис. 5.8. Так, если глинистые породы внутри нефтенасыщенного песчаного коллектора (2420 -2420,4 м), продуктивность которого уменьшается с глубиной, фиксируются четкой отрицательной аномалией на диаграммах ГЗ и БК, то по показаниям ПЗ этот объект практически не выделяется. Это свидетельствует о близости скважины к его выклинке.

Для демонстрации примеров оценки размеров неоднородностей, мощность пересечений которых превышают длину ПЗ, обратимся к рис. 5.9. На приведённых диаграммах ПЗ, ГЗ и других методов в водонасыщенном коллекторе фиксируются прослой глинистых пород пониженного УС (в верхней части рассматриваемого участка разреза) и карбонатные породы относительно более высокого УС. Для вмещающей среды – коллектора характерно значение $\rho_{к0} = 14$ Омм.

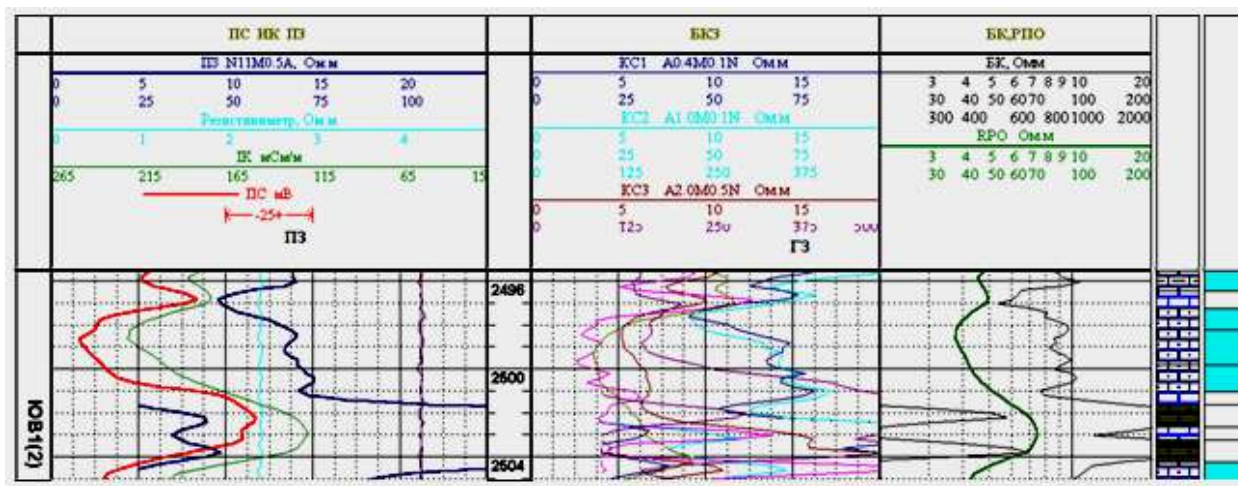


Рис. 5.9. Исходные фрагменты диаграмм КС, используемые для определения эффективного радиуса прослоев глинистых и карбонатных пород в коллекторе

Определяя аномальные значения на глинистых породах $\rho_{ка}^{ПЗ} = -3,2$ Омм, а $\rho_{ка}^{ГЗ} = -4,6$ Омм и подставляя их в выражение (5.6), получим

$S=5,4 \text{ м}^2$. При толщине глинистого прослоя 1 м его эффективный радиус приблизительно равен 0,6 м. Практически эта величина соответствует радиусу высокоомной зоны проникновения, в пределах которой глинистый прослой является аномальным объектом ограниченных размеров. Пример приведён исключительно для демонстрации техники вычислений эффективного радиуса аномального тела. В случае продуктивного коллектора полученный результат свидетельствовал бы о выклинке глинистых пород в коллекторе

На карбонатных породах значения $\rho_{\text{ка}}$ для ПЗ и ГЗ практически одинаковы. Поэтому без вычислений можно полагать, что прослой в коллекторе известняков имеет условно $R = \infty$, то – есть это тело имеет значительное распространение в разрезе.

В заключение можно отметить, что рассмотренные методики дают возможность лишь приблизительно оценить размеры непроницаемых неоднородностей в коллекторе. И, тем не менее, такие оценки представляют несомненный интерес, и их проведение во многих случаях снимает неопределённость относительно структуры разведываемых толщ коллекторов, что особенно важно для их продуктивной части.

Необходимо также подчеркнуть целесообразность изучения методами КС неоднородных коллекторов в более крупном масштабе, чем это часто принято на практике, что позволит более точно оценивать степень значительности неоднородностей.

6. Определение характера насыщения маломощных пластов – коллекторов

6.1 Предпосылки решения задачи

При малой (меньше 2 м) мощности перспективных на углеводороды пластов стандартные методы (ИК, ВИКИЗ), требующие применения относительно больших зондов, часто не позволяют уверенно определить характер насыщения изучаемых коллекторов.

Предпосылкой для определения решения задачи является различие по размерам относительно высокоомных зон в коллекторах

вблизи скважины, вскрывшей пласт. В случае водонасыщенного коллектора высокоомная часть пласта соответствует только зоне проникновения (ЗП) в пласт пресного бурового раствора, диаметр которой $D_{зп}$ не превышает 1-4 м, а её удельное сопротивление равно $\rho_{зп}$. За пределами ЗП коллектор насыщен минерализованной водой и его удельное сопротивление $\rho_{пв}$ значительно ниже чем в зоне проникновения. У нефтегазонасыщенного коллектора ЗП (с $\rho_{зп}$) и, расположенных за ней неизменённых пород с углеводородами (с $\rho_{пн}$), электропроводности близки. Поэтому диаметр высокоомного тела $D_{нг}$ в этом случае значительно превышает типичные для зоны проникновения размеры. Модели для этих двух случаев показаны на рис. 6.1.

Как показано в разделе 5, можно по показаниям одномерных потенциал- и градиент- зондов небольшой длины определить размеры геологического тела вскрытого скважиной при условии его отличия по проводимости от вмещающих горных пород. В рассматриваемой модели предполагается, что вмещающие коллектор глинистые отложения близки по электропроводности водонасыщенной части коллектора.

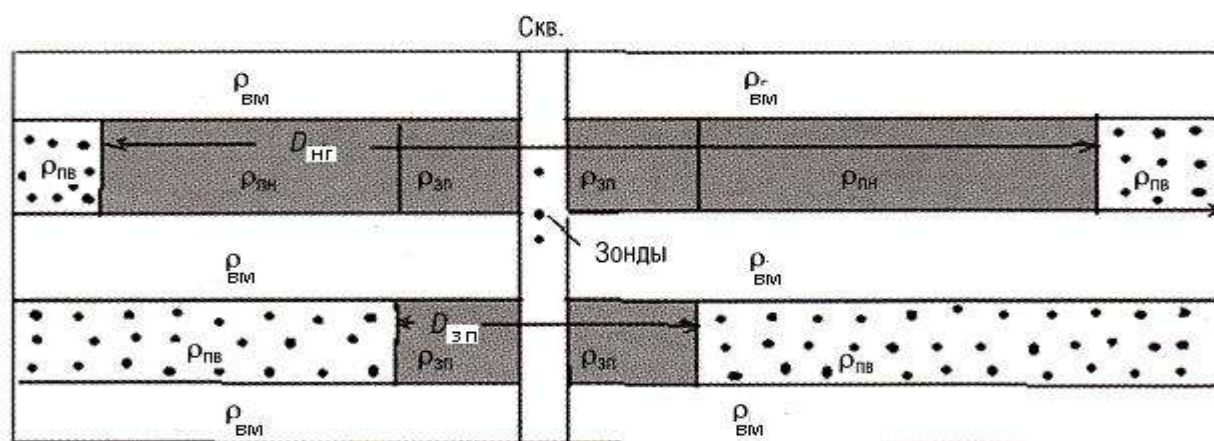
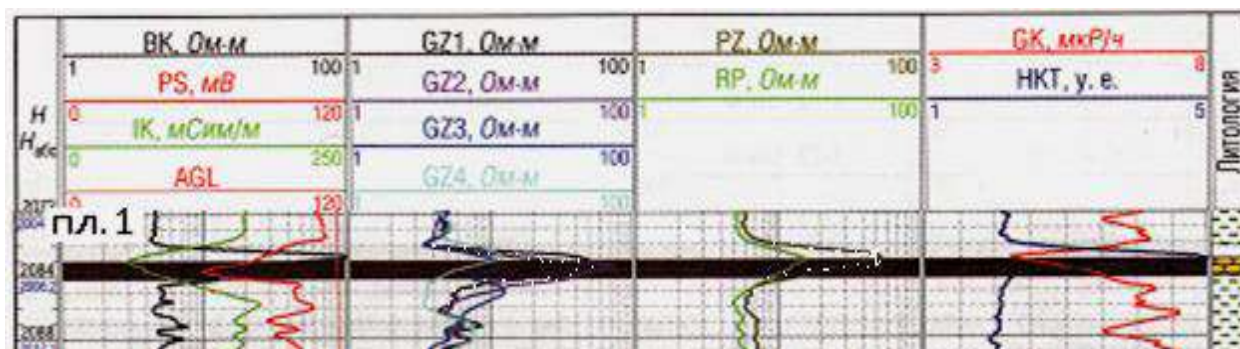


Рис.6.1. Геоэлектрическая модель разреза, содержащего нефтегазонасыщенный и водонасыщенный пласты-коллекторы среди вмещающих пород и отличающиеся размерами высокоомных зон, связанных с наличием зоны проникновения с $\rho_{зп}$ (только у водонасыщенного коллектора) и зоной нефтегазонасыщения с $\rho_{пн} \approx \rho_{зп}$

Следовательно, выполняя измерения кажущегося сопротивления одно-размерными потенциал - и градиент – зондами и вычисляя аномальные составляющие можно, как показано в разделе 5, определить по (5.6) значение площади S высокоомной зоны в коллекторе. Затем вычисляются радиус R или диаметр D этой зоны ($D \approx \sqrt{2S/\pi}$), по величине которой и делается вывод о характере насыщения коллектора. Обычно диаметр высокоомной зоны проникновения водонасыщенного пласта – коллектора не превышает 4 м, тогда как у нефтегазонасыщенного пласта такой диаметр высокоомного тела значительно больше.

6.2 Примеры из практики

В качестве примера применения рассмотренной методики обратимся к опубликованным данным по изучению коллекторов Самотлорского месторождения [9]. Характер насыщения здесь определялся по измерениям большого комплекса методов ГИС, среди которых были диаграммы полуметрового потенциал-зонда (PZ) и градиент-зонда размером 0,45 м (GZ1). Фрагменты разрезов с пластами-коллекторами (песчаники среди глинистых пород) и диаграммы комплекса ГИС приведены на рис.6.2.



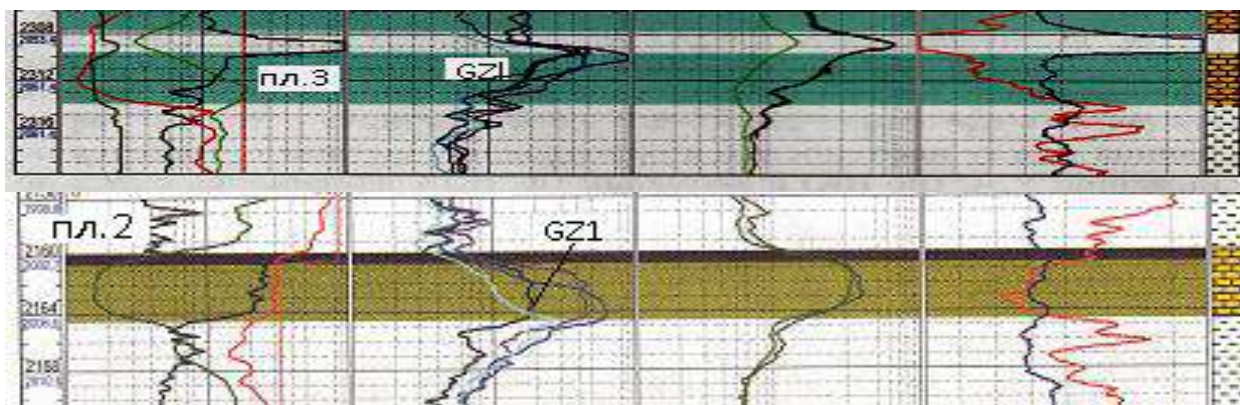


Рис.6.2. Диаграммы методов ГИС на пластах с различным характером насыщения коллекторов, в том числе диаграммы GZ1 и PZ, которые использованы для применения рассматриваемой методики

Рассмотрим три примера. Для каждого из них в средней части пласта - коллектора по диаграммам зондов определены исходные характеристики удельного сопротивления внутри коллектора и в контактирующих с ним вмещающих породах. При существенном различии свойств перекрывающей и подстилающей коллектор толщ вычислены граничные значения удельного сопротивления вмещающей среды, которое использовалось для определения нормального поля ρ_{k0} . Проведены соответствующие вычисления по алгоритмам приведённых выше с оценкой размеров высокоомной зоны исследуемых пластов. Исходные и результативные данные обобщены в таблице 6.1. Помимо величины S дана оценка диаметра высокоомной зоны D . Опыт показывает, что для нефтегазонасыщенных пластов большого размера, поскольку реальные условия не строго соответствуют теоретическим моделям и точность измерений не идеальна, возможны случаи, когда знаменатель в (5.6) не только равен нулю, но даже может быть отрицательным. Физически это не имеет смысла, но, тем не менее, данный факт является признаком больших размеров изучаемого тела.

Таблица 6.1

Результаты обработки диаграмм КС зондов с целью определения характера насыщения пластов-коллекторов

Зонды пласты		GZ1			PZ		Результаты			
№ пл.	h, м	$\rho_{к0}$ Ом м	$\rho_{кт}$ Ом м	m	$\rho_{к0}$ Ом м	$\rho_{кт}$ Ом м	U^0 Ом	S м ²	D м	Насыщение
1	1,8	5,5	50	-0,12	6	55	0,015	22600	85	нефть
2	4	3 и 7 гр 4,2	20	-0,26	5 и 10 гр 6,6	31	0,04	4300	37	Нефть + пресн. вода
3	4,2	40 и 7 гр 12	20	-1,5	70 и 10	23	1,47	2,6	1,3	Вода мине- рализ.

Первый из рассмотренных пластов по комплексу методов ГИС классифицирован как нефтеносный. К аналогичному выводу приходим после оценки диаметра высокоомной зоны исследуемого коллектора, которая составляет 85 м.

Пласт №2 интересен тем, что помимо нефти большая его часть насыщена пресной водой из нагнетательной скважины. Вода относительно высокоомна и поэтому по свойствам пласт выделяется как единое целое. В связи с этим диаметр высокоомной зоны хотя и меньше, чем у пласта №1, но достаточно большой-37м. Это исключает вариант насыщения минерализованной пластовой водой.

Пласт №3 имеет существенно различные вмещающие породы в кровле и подошве. Перекрывающие коллектор плотные известняки имеют удельное сопротивление превышающее пластовое. Тем не менее уверенно определяется малый диаметр высокоомной зоны коллектора (1,3м) типичный для ЗП. Этот факт позволяет подтвердить установленное по комплексу ГИС водонасыщение коллектора пластовой минерализованной водой.

7. Подсчёт запасов

7.1 Построение карт структурных и подсчётных параметров

В последнее время в связи с внедрением компьютерных технологий, процедура геометризации залежи существенно упростилась. В практике подсчёта запасов и проектирования разработки месторождений стали широко использоваться карты различных подсчётных параметров .

Перечень основных карт моделируемой залежи включает в себя набор следующих карт:

- структурные карты по кровле и подошве залежи;
- эффективных толщин коллектора;
- значений пористости и проницаемости;
- характеристик неоднородности пласта;
- нефтегазонасыщенности;
- линейных запасов углеводородов по пласту;

В отдельных случаях этот набор может быть дополнен построением кубов отдельных параметров (литологических, фильтрационно-ёмкостных и др.), позволяющих представить распределение демонстрируемых параметров в объёме.

Построение требуемого набора карт осуществляется с применением вычислительной техники и специального программного обеспечения, но может быть реализовано вручную. Распространённым способом построения карт является метод непересекающихся треугольников ячеек. При этом площадь наблюдений разбивается на треугольники, в вершинах которых имеются значения картируемого параметра. Исходными являются наблюдённые данные, соответствующие устьям вертикальных скважин (пример на рис. 3.5). Компьютерные технологии позволяют получить более мелкую сеть треугольников, в узлах которых значения параметра получаются с помощью линейной интерполяции. В результате площадь представляет «лоскутное одеяло» из совокупности треугольников. Размеры треугольников должны быть по возможности одинаковыми. Каждый из треугольников имеет 3 значения картируемого параметра, что позволяет охарактеризовать площадь треугольника средним значением, которое записывается в центр треугольника (см. рис.3.5). Эти значе-

ния используются для построения системы изолиний данного параметра.

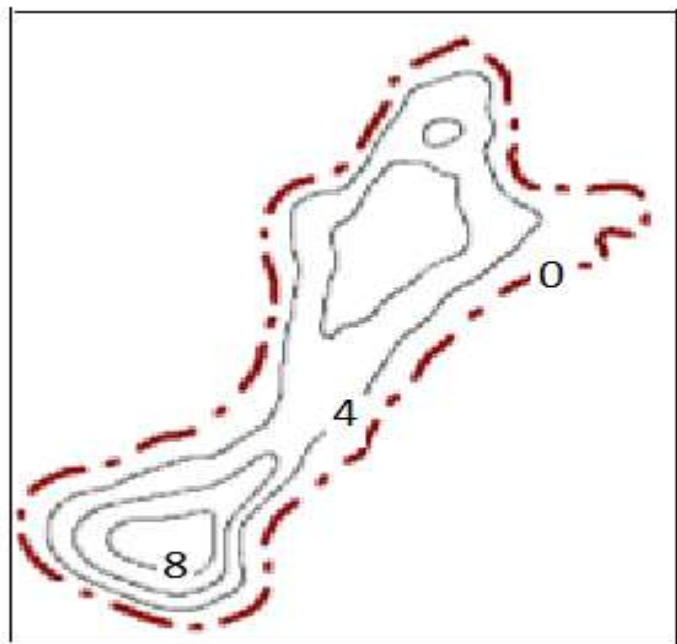


Рис. .1. Пример карты эффективной нефтенасыщенной толщины в м. для нефтяной залежи, используемой для подсчета запасов углеводородов [9]

На рис. 7.1 приводится пример карты эффективной нефтенасыщенной толщины небольшой залежи, положение которой в пределах пласта песчаников показана на структурной карте рис.

2.6. Этот параметр в каждой скважине определяется как толщина продуктивного пласта от подошвы ВНК до кровли. При наличии газовой насыщенности отдельно определяются эффективные газонасыщенные толщины? и строится соответствующая карта.

7.2 Подсчёт линейных и объёмных запасов

В результате интерпретации комплекса диаграмм ГИС по каждой скважине с нефтегазонасыщением известны эффективные мощности газонасыщенной h_g и нефтенасыщенной h_n части пласта – коллектора. Определены также коэффициенты пористости K_p , газонасыщенности K_g и нефтенасыщенности K_n . Эти данные позволяют вычислить для каждой скважины линейные запасы газа q_g и нефти q_n . Они представляют произведение трёх вышеупомянутых параметров. Например, линейные запасы нефти в районе i - ой скважины

$$q_{ni} = h_{ni} K_{pi} K_{ni}. \quad (7.1)$$

В итоге параметры линейного нефтенасыщения (газонасыщения) q приписываются устьям соответствующих скважин. Для реализации способа треугольников в центре каждой из N треугольных ячеек обозначается среднее значение $q_{срп}$ для n – ой ячейки из трёх

скважин (см. рис.3.5). По этим данным может быть построена карта линейной нефтенасыщенности.

Для определения запасов углеводородов Q в залежи необходимо знать площади для каждой треугольной ячейки т.е s_n . Тогда вычисляя произведение $q_{срп}s_n$ и их сумму для всех N ячеек, получим искомую величину Q :

$$Q = \sum q_{срп} s_n. \quad (7.2)$$

Целесообразно оценить также извлекаемые запасы нефти $Q_{изв}$ при известном среднем коэффициенте извлечения нефти $\beta_{извл}$, который определяется исходя из опыта разработки месторождений подобного типа. Очевидно $Q_{изв} = Q\beta_{извл}$. Типичные значения для коэффициента извлечения 0,6 – 0,7.

7.3. Оценка погрешности подсчёта запасов

Достоверность определения подсчётных параметров, а следовательно, запасов нефти и газа по данным промысловой геофизики зависит от многих факторов, которые можно объединить в две группы: а) полнота и качество исходной промыслово – геофизической информации; б) оптимальность интерпретации данных измерений, используемых при определении подсчётных параметров.

Комплекс ГИС на всех скважинах изучаемой залежи должен обеспечить получение всей информации для определения эффективной мощности, коэффициентов пористости и нефтегазонасыщения. Качество диаграмм ГИС должно соответствовать техническим условиям проведения измерений, т. е позволять провести количественную геофизическую и геологическую интерпретацию диаграмм. Например, определение границ коллекторов, мощность непроницаемых прослоев в них должно контролироваться несколькими методами.

Оптимальная интерпретация обеспечивается при выполнении следующих условий: 1) интерпретатор правильно определил тип коллектора в изучаемом геологическом разрезе; 2) выбранная для решения обратной задачи система уравнений, связывающая геофизические параметры и искомые подсчётные параметры, соответствует данному типу коллектора; 3) парные и многомерные петрофизические связи, используемые при индивидуальной интерпретации,

отвечают критериям надёжности и получены на представительном фактическом материале, достаточно полно характеризующем изучаемый объект.

Погрешности определения подсчётных параметров выполняются различными способами и зависят от типа разреза и вида определяемого параметра. Одним из критериев оценки качества результатов измерений является сходимость основного и повторных замеров измеряемой характеристики. Оценка воспроизводимости скважинных измерений получается использованием статистического анализа многократных исследований.

Ограничимся рассмотрением одного из подходов к оценке погрешности определения подсчёта запасов. Так как определение в м эффективной мощности продуктивных коллекторов ($h_{эф}$) может контролироваться несколькими (n) методами ГИС, то для каждой из группы скважин можно вычислить его среднее значение $h_{эф\text{ ср}}$, которое близко к точному значению. Стандартное или среднеквадратичное отклонение от среднего S_h при ограниченном комплексе методов вычисляется по формуле

$$S_h = \sqrt{[\sum_0^n (h_{эф\text{ ср}} - h_{эф\text{ i}})^2] / (n - 1)} \quad (7.3)$$

Затем для каждой скважины вычисляется относительная погрешность δ_h определения $h_{эф}$: $\delta_h = S_h / h_{эф\text{ ср}}$ и находится среднее значение для выбранной группы скважин.

При определении коэффициента пористости по скважинным измерениям $K_{п\text{ скв}}$ обычно использует зависимость между физической характеристикой, например плотностью σ , и пористостью. В интервале наиболее типичных значений $K_{п\text{ скв}}$ по группе скважин, где в тех же пересечениях коллектора имеются определения в лаборатории пористости по керну, последние приводятся к условиям скважины. Обычно на глубине особенно для глинистых коллекторов значения пористости несколько меньше, чем они оказываются при подъёме керна на дневную поверхность. Для среднеглинистых коллекторов ($\eta_{гл} \approx 0,5$) для приведения лабораторных измерений к условиям в скважине на глубине $H_{км}$ по В. М. Добрынину лабораторные определения пористости необходимо уменьшить на величину $\Delta K_{п} (\%) = 0,015 H \cdot K_{п\text{ керн}} (\%)$. Затем с учётом исправленных значений $K_{п\text{ керн}}$ вычисляют среднеквадратичное отклонение $S_{Kп}$ по n измерениям

$$S_{Kn} = \sqrt{[\sum_0^n (K_{\text{кern } i} - K_{\text{скв } i})^2] / (n - 1)}. \quad (7.4)$$

Для определения искомой относительной погрешности определения $\delta_{K\Pi}$ ориентируются на среднее значение исправленных измерений в выбранном интервале $K_{\Pi \text{ kern}}$. Вычисляют значение $\delta_{K\Pi} = S_{K\Pi} / K_{\Pi \text{ kern ср}}$, которое и рассматривается как относительная погрешность определения пористости по данным ГИС.

Аналогичным образом вычисляется относительная погрешность определения коэффициента нефтенасыщенности δ_{Kn} (газонасыщенности) по данным ГИС. В этом случае нет необходимости исправлять данные измерений на кернах. Результаты вычисления относительных погрешностей трёх подсчётных параметров позволяют вычислить относительную погрешность определения величины объёма запасов δ_Q , которая рассматривается как функция. В случае произведения трёх аргументов $\delta_Q = \delta_h + \delta_{K\Pi} + \delta_{Kn}$. Следовательно, вероятное значение искомого объёма Q объективней представить в виде некоторого интервала: $Q \pm \Delta Q$, где $\Delta Q = \delta_Q Q$.

7.5 Контроль за разработкой резервуаров в эксплуатационный период

В период разработки резервуара в исходную геолого - геофизическую модель этого объекта последовательно вносятся изменения, связанные с извлечением углеводородов. Одна из главных задач геофизических исследований заключается в контроле за изменением положения газо- и водонфтяных контактов в скважинах и в пространстве. Роль сейсморазведки при решении этой задачи рассмотрена в 2.7.

8. Заключение

Геолого-геофизические модели строятся на всех стадиях геологоразведочных работ: поисково-оценочной, разведочно-эксплуатационной, эксплуатационной. При этом учитываются особенности этапа работ и требования к соответствующей информации.

Так, если на первом из них подсчёт запасов проводится по категориям C_1 и преимущественно C_2 , то на этапе эксплуатационной разведки данные должны отвечать требованиям категорий В и А. Это достигается сгущением сети скважин и применения детальной корреляции всего фонда пропластков с целью выявления путей фильтрации по проницаемым отложениям для полного вовлечения их в разработку.

Для проектирования и реализации добычи углеводородов создаётся фильтрационная модель месторождения. Цифровая фильтрационная модель представляет объект в виде двухмерной или трёхмерной сети ячеек, каждая из которых характеризуется набором идентификаторов и параметров, как и геологическая модель. Дополнительно приводятся динамические характеристики пластовых свойств и процессов. Это данные о конструкции скважин, дебитах фаз, данные о пластовом и забойном давлении и др.

Помимо наличия дополнительных параметров фильтрационная модель может отличаться от геологической модели большей схематизацией строения, объединением нескольких геологических объектов в единый объект моделирования. Упрощение геометрического построения, осуществляемое в фильтрационной модели, обусловлено необходимостью проводить компьютерные расчёты пластовых процессов и показателей разработки при экономически допустимых затратах машинного времени. Роль промысловой геофизики сводится к обеспечению данных о динамических характеристиках пластов (проницаемость, дебиты-расходы, пластовое и забойное давление и др.), получаемых с применением специальных методик [14, 15 и др.].

В геолого – геофизическую и фильтрационную модели в процессе эксплуатации месторождения вносятся коррективы по результатам ГИС в добывающих скважинах. Эти исследования, объединяемые как контрольные за разработкой нефтяных и газовых месторождений, позволяют получить следующие данные:

- изменение положения ВНК и ГНК в скважинах;
- выделение обводнённых интервалов внутри продуктивных пластов
- текущие карты равного нефтегазосодержания,
- текущий дебит в добывающих скважинах,
- состав флюида в стволах скважин,

- пластовое давление и др.

Технологии геолого – геофизического моделирования непрерывно совершенствуются и имеют специфические особенности на различных объектах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Жемжурова З. Н., Чекунова В. А., Черноглазов В. Н. Практикум по геолого – геофизическому моделированию разрабатываемых залежей нефти и газа: Учебн. пособие. М.: ИЦ РГУ нефти и газа, 2012. – 206 с.
2. Золоева Г. М., Денисов С. Б., Билибин С. И. Геолого - геофизическое моделирование залежей нефти и газа: Учебн. пособие. – 2 – е изд. доп. и перераб. – М.: МАКС Пресс, 2008. 212 с.
3. Лобусев А. В. Геолого – промысловые основы моделирования залежей нефти и газа. Учебник. М: ИЦ РГУ нефти и газа, 2010. – 247 с.

Дополнительная

4. Бембель Р. М., Мегеря В. М., Бембель С. Р. Геосолитонная концепция образования месторождений углеводородов //Геофизика, 50 лет «Хантымансийскгеофизике». 2001, С. 50-53.
5. Бондарев В. И. Сейсморазведка: Учебник для вузов. Екатеринбург: Издательство УГГУ, 2007. 690 с.
6. Воскресенский Ю. Н. Полевая геофизика: Учебн. для вузов. – М. ООО « Издательский дом Недра». 2010. – 479 с.
7. Дахнов В. Н. Интерпретация результатов геофизических исследований скважин. Учебник для вузов. – М.: Недра.1982. – 448 с.
8. Ковач А. Ю., Поздеев Ж. А..Выделение обводнённых коллекторов по данным ГИС в открытом стволе на примере Самотлорского месторождения//НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2013. Вып.11 (233).
9. Методические указания по созданию постоянно действующих геолого – технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений (часть 1. Геологические модели). – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2003. – 164 с.

10. *Перевертайло Т. Г.* Формирование 3D – геологических моделей месторождений нефти и газа в среде программного комплекса Petrel. Томск: Изд. – во Томского политехнического университета, 2010. – 93 с.
11. *Сапожников В. М.* Диск, полуплоскость и плоскость с вырезом, имеющие предельную или конечную электропроводность, в поле точечного источника тока // Известия Уральской государственной горно – геологической академии. Сер. : Геология и геофизика. – 1996. Вып. 5. С. 111 – 115
12. *Сапожников В. М.* О количественной связи между поверхностью и сопротивлением заземления // Вопросы разведочной геофизики: Тр. Свердловского горного ин – та. 1968. Вып. 54. С. 187 – 189.
13. *Сапожников В. М., Мишедченко И. В.* О степени подобия аномальных электрических полей, возбуждаемых неоднородным полем, и практика интерпретации аномалий// Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Материалы 29 – й сессии Международного семинара им. Д. Г. Успенского. Екатеринбург: УГГ, 2002. С. 255 – 259.
14. *Сапожников В. М.* Интерпретация данных геофизических исследований скважин :Учебн. пособие, Екатеринбург: Изд. – во УГГУ, 2014. – 153 с.
15. *Сковородников И. Г.* Геофизические исследования скважин: Учебн. пособие, Екатеринбург: Институт испытаний, 2009. – 421 с.

Оглавление

Введе- ние.....	3
1. Углеводородное сырьё и геологические структуры продуктивных гори- зонтов и пластов - коллекторов	4
1.1. Нефть и природные горючи газы.....	4
1.2 Концепции образования месторождений нефти и газа.....	4
1.3. Формации и фации, благоприятные для нефтегазообразования и нефте- газонакопле- ния.....	6
1.4. Природные резервуары, ловушки и залежи нефти и газа.....	13
1.5. Исходные данные и этапы построения геолого-геофизической модели нефтегазовой зале- жи.....	15
2. Использование сейсморазведки при изучении нефтегазовых резервуаров	
2.1. Предпосылки применения сейсмических исследований при геолого- геофизическом моделирова- нии.....	17
2.2. Интерпретация сейсмических данных.....	19
2.3. Корреляция сейсмических горизонтов, выявление тектонических нару- ше- ний.....	22
3. Использование данных ГИС при формировании геолого-геофизической модели залежи нефти и га- за.....	24
3.1. Данные ГИС по отдельным скважи- нам.....	24
3.2. Подготовка данных ГИС для интерпретации сейсморазвед- ки.....	28
3.3 Корреляция разрезов скважин	29
4. Палеотектонический, седиментационный и фациальный ана- лиз.....	36
4.1. Палеотектонический ана- лиз.....	36
4.2. Седиментационный ана- лиз.....	38
4.3 Фациальный ана- лиз.....	40
5. Изучение непроницаемых неоднородностей продуктивных терригенных коллекторов методом КС.....	46
5.1 Модели неоднородно-	

стей.....	46	5.2 Теоретические
предпосылки изучения маломощных неоднородностей...	47	
5.3 Обоснование методики оценки размеров неоднородностей		
.....	51	
5.4 Практические приме-		
ры.....	54	6.Определение харак-
тера насыщения маломощных пластов – коллекторов..	57	
6.1 Предпосылки решения зада-		
чи.....	57	
6.2Примеры из практи-		
ки.....	58	
7. Подсчёт запа-		
сов.....	61	
7.1 Построение карт структурных и подсчётных парамет-		
ров.....	61	7.2 Подсчёт линейных и объёмных запа-
сов.....	62	
7. 3 Оценка погрешности подсчёта запа-		
сов.....	63	
8.Заключение.....	6	
5 Список литерату-		
ры.....	67	

Учебное издание

САПОЖНИКОВ ВАДИМ МИХАЙЛОВИЧ

ГЕОЛОГО _ ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА

Учебное пособие

Редактор издательства Л. В. Устьянцева
Компьютерная верстка Н. Г. Сайгиной

Подписано к печати
Бумага писчая. Формат 60х84 1/16
Печать на ризографе. Гарнитура Times New Roman
Печ. Л. Изд. Л. Тираж 100 Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, Куйбышева, 30
ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный универси-
тет»

Отпечатано с оригинал – макета
В лаборатории множительной техники УГГУ