

Министерство науки и высшего образования РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Уральский государственный горный университет»



Р. А. Апакашев, Н. А. Зайцева

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

Курс лекций по дисциплине «Аналитическая химия»

Екатеринбург – 2019

УДК 543  
А76

*Рецензенты:*

*Кафедра аналитической химии ХТИ*

ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»;

*Т. И. Красненко, д.х.н., профессор, г.н.с. ИХТТ УрО РАН*

Курс лекций рассмотрен на заседании кафедры химии 29.04.2019 г. (протокол №8) и рекомендован для издания.

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

**Апакашев Р. А., Зайцева Н. А.**

А76 Теоретические основы аналитической химии: курс лекций / Р. А. Апакашев, Н. А. Зайцева; Урал. гос. горный ун-т.

Екатеринбург: Изд-во ФГБОУ «УГГУ» 2019. 104 с.

ISBN 978-5-8019-0473-3

В курсе лекций рассмотрены теоретические основы аналитической химии: электролитическая диссоциация, гомогенные и гетерогенные равновесия, окислительно-восстановительные процессы и их использование в химическом и физико-химическом анализе. Пособие соответствует дисциплинам «Аналитическая химия», «Химия», «Прикладная химия» направления подготовки дипломированных специалистов "Обогащение полезных ископаемых", «Инженерная защита окружающей среды» и «Экология и природопользование»

Рис. 3. Табл. 9. Библиогр. 7 назв.

УДК 543

© Уральский государственный  
горный университет, 2019

© Апакашев Р. А., Зайцева Н.А. 2019

ISBN 978-5-8019-0473-3

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Аналитическая химия — наука, являющаяся научной основой прикладного химического анализа. Химический анализ служит основным средством определения состава минералов земной коры, позволяет контролировать состояние окружающей среды, качество продукции нефтеперерабатывающей, горнодобывающей, металлургической промышленности. Международный союз теоретической и прикладной химии рекомендует следующую современную формулировку понятия «аналитическая химия». Аналитическая химия — это научная дисциплина, которая развивает и применяет методы, общие подходы и приборы для получения информации о составе и природе вещества в пространстве и времени. Структуру аналитической химии можно оценить, рассматривая ее методы, например, методы обнаружения (качественный анализ) и количественного определения (количественный анализ), основанные на различных принципах: химические, физико-химические, физические, физико-химические методы.

Аналитическая химия не только разрабатывает теоретические основы методов, их метрологические и другие характеристики, но и предлагает способы анализа различных объектов. Поэтому представляется важным, что для точного и достоверного проведения химического анализа практикующему специалисту необходимо освоить основные теоретические положения соответствующей учебной дисциплины.

# Глава 1

## ОБРАЗОВАНИЕ РАСТВОРОВ

### 1.1. РАСТВОРЫ

Среди различных веществ, окружающих нас в природе, лишь очень немногие не содержат примесей. Большинство природных и техногенных веществ содержат несколько компонентов и представляют собой смеси. Многие такие смеси являются гомогенными (однородными), т. е. составляющие их компоненты равномерно, на молекулярном уровне, распределены относительно друг друга. Подобные гомогенные системы переменного состава, образованные двумя и более веществами, называют **растворами**.

Примерами растворов служат природные водные системы, многие технические растворы, применяемые при обогащении полезных ископаемых, различные фракции перегонки нефти. Если при образовании раствора равномерное распределение индивидуальных веществ приводит к образованию твердой однофазной системы, то такую систему называют твердым раствором. Твердые растворы составляют основу большинства применяемых в технике сплавов металлов. Эти растворы также распространены среди природных минералов. Кроме жидких и твердых растворов существуют газовые растворы. Воздух, которым мы дышим, представляет собой гомогенную смесь газообразных веществ. В окружающем нас мире можно найти много примеров растворов. Так, воды Мирового океана представляют собой водный раствор большого числа различных веществ.

Природные водные растворы являются сложными физико-химическими системами, образующимися при взаимодействии воды с горными породами и минералами. К природным растворам относятся как поверхностные воды (воды рек, озер, морей, океанов), так и подземные воды (почвенные и грунтовые воды, межпластовые, жильные, карстовые воды и т. п.).



Среднее содержание солей в речных водах составляет около 0,01 % (по массе). Несмотря на относительно малое содержание растворенных солей, их ежегодно выносятся реками в океан более двух миллиардов тонн. Содержание солей в морской воде несравненно больше, чем в речной. Например, для Мирового океана оно составляет в среднем 3,5 %. Среди солей океана значительно преобладают хлориды и сульфаты натрия и магния. Среднее содержание важнейших ионов в морской воде (в массовых процентах) представлено ниже:

Ион	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
ω, %	1,9	1,1	0,27	0,13	0,041	0,040	0,011

Основное количество ионов металлов накапливалось в морской воде в результате разрушения горных пород земной поверхности. Кроме отмеченных выше океан содержит практически и все остальные известные химические элементы, но в еще меньших количествах.

Для характеристики составных частей растворов используют понятия «растворитель» и «растворенное вещество». Обычно растворителем называют компонент, сохраняющий свое фазовое состояние при образовании раствора.

Например, при образовании раствора из NaCl и H<sub>2</sub>O растворителем является вода, так как именно она переходит в раствор, не меняя своего агрегатного состояния. Если все компоненты раствора до перемешивания находятся в одинаковой фазе, растворителем называют тот компонент, который содержится в наибольшем количестве. Например, в атмосферном воздухе растворителем является азот. Остальные газы, присутствующие в атмосфере в меньшем количестве (кислород, углекислый газ и т. д.), являются растворенными веществами. Количество растворенного компонента принято характеризовать концентрацией раствора.

## 1.2. СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ

Концентрация является одной из важных характеристик раствора. Для качественного описания концентрации используются такие понятия, как разбавленный и концентрированный раствор. Растворы, содержащие очень много растворенного вещества, называют **концентрированными**, содержащие его немного - **разбавленными**. Концентрированный раствор может быть насыщенным и ненасыщенным.

Для водных растворов веществ при фиксированном значении температуры обычно существует предел насыщения. Например, сколько бы ни находился хлорид натрия в воде при 20 °С, больше 36 г NaCl в 100 г H<sub>2</sub>O не растворится, избыточное количество соли останется в твердой фазе.

В насыщенном жидком растворе осадок твердого вещества существует в динамическом равновесии с тем же веществом, находящимся в растворенном состоянии: скорость отрыва частиц с поверхности кристаллов равна скорости их обратного оседания.

Раствор, в котором растворенного вещества меньше, чем в насыщенном растворе, называется ненасыщенным. При внесении в него новых количеств данного вещества последнее растворяется, и концентрация раствора возрастает. Раствор называется пересыщенным, если его концентрация больше, чем у насыщенного раствора. Пересыщенный раствор может образоваться, например, в результате осторожного охлаждения раствора, насыщенного при более высокой температуре. Если внести в него частицу того вещества, которое в нем растворено, весь избыток последнего сразу выкристаллизовывается. Пересыщенные растворы в отличие от насыщенных - неустойчивые системы и способны существовать только в отсутствие контактирующей с ними твердой фазы растворенного вещества (затравки).

Следует принимать во внимание, что насыщенный раствор может содержать очень мало растворенного вещества, если оно плохо растворимо. Например, насыщенный раствор CaSO<sub>4</sub> при 18 °С содержит в 100 г раствора

всего 0,2 г соли, тогда как раствор, содержащий 25 г  $\text{KNO}_3$  в 100 г воды при 20 °С, - ненасыщенный.

Для количественного выражения концентрации растворов на практике используют несколько способов. Рассмотрим наиболее распространенные из них.

1.  $\omega(X)$  - **массовая доля растворенного вещества**. Определяется отношением массы растворенного вещества  $X$  к общей массе раствора. Выражается в процентах или долях единицы:

$$\omega(X) = \frac{m(X)}{m(\text{раствора})} 100 \%$$

Например,  $\omega(\text{NaCl}) = 2,5 \%$  - массовая доля хлорида натрия в растворе составляет 2,5 %.

2.  $C(X)$  – **молярная концентрация** (концентрация количества растворенного вещества  $X$ ). Определяется числом молей  $n(X)$  данного компонента, приходящимся на единицу объема раствора (1 л); размерность моль/л или второе возможное обозначение –  $M$ :

$$C(X) = \frac{n(X)}{V} = \frac{m(X)}{M(X)V}$$

Например,  $C(\text{HCl}) = 0,1$  моль/л или  $C(\text{HCl}) = 0,1$  М - молярная концентрация раствора соляной кислоты составляет 0,1 моль/л.

3.  $\chi(X)$  – **молярная (молярная) доля компонента X**. Определяется отношением числа молей этого компонента к числу молей всех компонентов раствора:

$$\chi(X) = \frac{n(X)}{\sum n_i}$$

Молярная доля может быть выражена как в долях единицы, так и в процентах. Она является наиболее удобной характеристикой состава при теоретическом анализе растворов, поскольку показывают, какую часть от общего числа частиц в системе составляют частицы искомого компонента.

4.  $b(X)$  – **моляльная концентрация** раствора или моляльность. Определяется отношением количества растворенного вещества  $n(X)$  к массе растворителя  $m(Y)$ ; измеряется в моль/кг:

$$b(X) = \frac{n(X)}{m(Y)} .$$

Следует обратить внимание на различие между молярной концентрацией и моляльностью: при определении моляльности используется масса растворителя, при определении молярности – объем раствора.

5.  $C_f(\mathcal{E}(X))$  или  $C_n(\mathcal{E}(X))$  – **молярная концентрация эквивалента вещества (эквивалентная концентрация)**. Определяется отношением числа молей эквивалента вещества  $n_f(X)$  к объему раствора; размерность моль (экв)/л или второе возможное обозначение – н.:

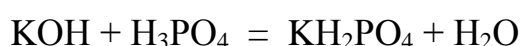
$$C_f(\mathcal{E}(X)) = \frac{n_f(X)}{V} = \frac{m(X)}{M(\mathcal{E}(X))} .$$

Например, молярная концентрация эквивалента соляной кислоты составляет 0,1 моль/л:  $C_f(\text{HCl}) = 0,1$  моль/л, или  $C_f(\text{HCl}) = 0,1$  н.; молярная концентрация эквивалента фосфорной кислоты составляет 0,2 моль/л:  $C_f(1/3\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,2$  моль/л, или  $C_f(1/3 \text{H}_3\text{PO}_4) = 0,2$  н.

Напомним, что **эквивалент  $\mathcal{E}(X)$**  - это реальная либо условная частица (атом, молекула либо какая-то часть молекулы) вещества  $X$ , которая эквивалентна одному иону водорода в реакции ионного обмена или одному электрону в окислительно-восстановительной реакции.

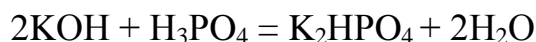
Необходимо особо подчеркнуть, что эквивалент для данного вещества не является неизменной величиной, а зависит от того, в какой конкретной реакции участвует это вещество.

Поскольку для кислот и оснований эквивалент представляет собой частицу вещества, которая в данной реакции высвобождает один ион водорода или соединяется с ним (или каким-либо другим образом эквивалентна ему), то, например, в реакции:



эквивалент фосфорной кислоты равен молекуле  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ( $\text{Э}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \text{H}_3\text{PO}_4$ ), поскольку в рассматриваемой реакции одна молекула кислоты высвобождает только один ион водорода.

В другой реакции:

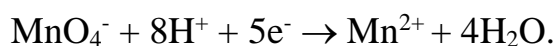


эквивалент кислоты равен половине молекулы ( $\text{Э}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{1}{2} \text{H}_3\text{PO}_4$ ), так как в рассматриваемой реакции одна молекула кислоты высвобождает два иона водорода.

В случае реакции восстановления  $\text{KMnO}_4$  в кислой среде

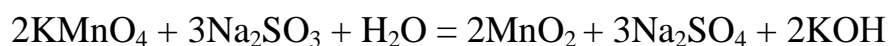


эквивалент  $\text{KMnO}_4$  составляет  $1/5$  часть молекулы, так как в данной реакции один перманганат-ион (одна молекула перманганата калия) присоединяет пять электронов:

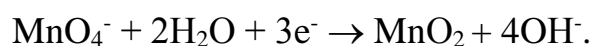


Следовательно,  $\text{Э}(\text{KMnO}_4) = 1/5 \text{KMnO}_4$ .

Для реакции восстановления  $\text{KMnO}_4$  в нейтральной среде



эквивалент  $\text{KMnO}_4$  будет равен  $1/3$  части молекулы, так как в данной реакции одна молекула перманганата калия присоединяет три электрона:



Следовательно,  $\text{Э}(\text{KMnO}_4) = 1/3 \text{KMnO}_4$ .

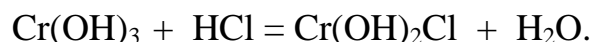
**Молярной массой эквивалента вещества  $X$**  называют массу одного моля эквивалентов этого вещества.

Например, если  $\text{Э}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1/2 \text{H}_3\text{PO}_4$ , то  $M_3(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1/2 M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98/2 = 49$  г/моль.

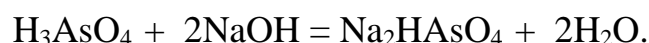
В зависимости от того, какие выполняются расчеты, используется тот способ выражения концентрации раствора, который удобнее использовать. В химическом анализе чаще всего оперируют нормальностью, молярностью и массовой долей.

## ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

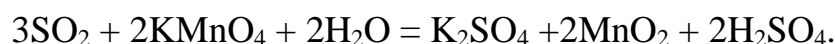
1. Вычислите молярную массу эквивалента основания исходя из уравнения реакции:



2. Вычислите молярную массу эквивалента кислоты исходя из уравнения реакции:



3. Вычислите молярную массу эквивалента перманганата калия исходя из уравнения реакции:



4. Рассчитайте массовую долю вещества в растворе, полученного при растворении 4 г этого вещества в 30 мл воды.

5. Сколько граммов вещества нужно растворить в 460 г воды, чтобы получить 20 % -ный раствор?

6. Сколько граммов соли и воды содержится в 700 г 11 % -го раствора?

7. К 1 л 6 % -го раствора фосфорной кислоты ( $\rho = 1,031$  г/мл) прилили 1 л воды. Какова молярная концентрация полученного раствора?

8. К 250 г 20 %-ной серной кислоты добавили 50 мл 60 %-ной кислоты ( $\rho = 1,6$  г/мл). Вычислите массовую долю кислоты в полученном растворе.

9. Сколько граммов  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  содержится в 1 л 0,5н раствора?

10. Вычислите молярность 12 % -го раствора KOH ( $\rho = 1,1$  г/мл).

11. В 250 мл раствора KCNS содержится 30 г соли. Вычислите эквивалентную концентрацию раствора.

12. Вычислите молярную концентрацию 20 % -го раствора сульфата железа (II) ( $\rho = 1,21$  г/мл).

13. Сколько граммов  $\text{AgNO}_3$  и воды надо взять для приготовления 200 мл 0,1 н раствора?

14. Сколько граммов  $\text{FeCl}_3$  содержится в 20 мл 0,15 н раствора?

15. Упариванием 500 г раствора с массовой долей соли 10 % получен раствор с массовой долей соли 14 %. Вычислите массу выпаренной при этом воды.

16. Сколько миллилитров воды следует прибавить к 25 мл 40% - го раствора  $\text{KOH}$  ( $\rho = 1,40$  г/мл), чтобы получить 2 % - ный раствор?

17. Вычислите массу нитрата калия, который следует растворить в 150 г раствора с массовой долей этой соли 10 % для получения раствора с массовой долей 12 %.

18. Из 400 г горячего 50%-го раствора соли при охлаждении выпало 80 г кристаллов соли. Вычислите массовую долю соли в растворе над осадком.

19. По известной молярной концентрации выразите концентрацию водного раствора через массовую долю растворенного вещества, моляльность, молярную долю и эквивалентную концентрацию:

Номер задачи	Растворенное вещество	Концентрация $C(X)$ , моль/л	Плотность раствора, г/мл	Температура, К
1	$\text{AgNO}_3$	1,405	1,194	293
2	$\text{AlCl}_3$	1,185	1,129	291
3	$\text{BaCl}_2$	1,444	1,253	293
4	$\text{CaCl}_2$	1,190	1,101	293
5	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1,100	1,128	291
6	$\text{CdSO}_4$	1,034	1,198	291
7	$\text{FeCl}_3$	1,900	1,234	293

Ответы. 1. 20 %; 1,468 моль/1000 г; 0,026; 1,405 н. 2. 14 %; 1,22 моль/1000 г; 0,022; 3,555 н. 3. 24 %; 1,52 моль/1000 г; 0,027; 2,89 н. 4. 12 %; 1,23 моль/1000 г; 0,022; 2,38 н. 5. 16 %; 1,161 моль/1000 г; 0,021; 2,2 н. 6. 18 %; 1,053 моль/1000 г; 0,019; 2,068 н. 7. 25 %; 2,055 моль/1000 г; 0,036; 5,7 н.

### 1.3. РАСТВОРИМОСТЬ ВЕЩЕСТВА И ЕЕ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ

**Растворимостью** называют способность вещества растворяться в том или ином растворителе. Количественно растворимость характеризуется концентрацией насыщенного раствора при определенных температуре и давлении. Растворимость зависит от природы растворенного вещества и растворителя, температуры, внешнего давления. Растворимость твердых, жидких и газообразных веществ в жидкостях во многом зависит от того, являются ли растворенное вещество и растворитель оба полярными или неполярными веществами (взаимная растворимость относительно велика), или одно из них полярно, а другое неполярно (взаимная растворимость незначительна).

Молекула называется **полярной** (дипольной), если в ней центры положительных и отрицательных зарядов не совпадают и находятся на некотором расстоянии  $r$  друг от друга. Мерой полярности молекулы служит **дипольный момент**  $\mu$  - произведение абсолютной величины заряда  $e$  одного из полюсов диполя на расстояние  $r$  между центрами зарядов:  $\mu = e \cdot r$ .

Жидкости, используемые в качестве растворителей, считают малополярными, если дипольный момент образующих их молекул менее  $5 \cdot 10^{-30}$  Кл·м. При отнесении растворителей к числу малополярных или сильнополярных можно руководствоваться табличными величинами их диэлектрической проницаемости. Низким значениям дипольного момента ( $\mu < 5 \cdot 10^{-30}$  Кл·м), как правило, отвечают низкие значения диэлектрической проницаемости ( $\epsilon < 10$ ); жидкости же, отличающиеся большой полярностью и высокими значениями дипольного момента молекул, характеризуются также и выраженными диэлектрическими свойствами ( $\epsilon > 10$ ).

В табл. 1.1 приведены значения дипольных моментов молекул и диэлектрической проницаемости для наиболее часто применяемых растворителей. Полярные растворители обычно смешиваются в любых пропорциях и



могут также служить хорошими растворителями для других (твердых и газообразных) веществ полярного характера. Точно так же неполярные растворители, обнаруживая неограниченную растворимость друг в друге, могут служить хорошими растворителями для большинства веществ неполярного или малополярного характера. Поэтому задача подбора подходящего растворителя для того или иного вещества может быть упрощена, если известна его полярность.

*Таблица 1.1*

**Значения дипольного момента и диэлектрической проницаемости для распространенных растворителей ( $T = 298 \text{ K}$ )**

Растворитель	$\mu \cdot 10^{-30}$ Клм	$\epsilon$
Ацетон $\text{CH}_3\text{COCH}_3$	9,8	20,7
Бензол $\text{C}_6\text{H}_6$	0	2,28
Вода $\text{H}_2\text{O}$	6,1	80,08
Метанол $\text{CH}_3\text{OH}$	5,6	32,63
Нитробензол $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$	13,3	34,75
Сероуглерод $\text{CS}_2$	0	2,64
Тетрахлорид углерода $\text{CCl}_4$	0	2,24
Толуол $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$	1,3	2,38
Хлороформ $\text{CHCl}_3$	3,8	4,72
Этанол $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	5,7	25,2

Растворимость различных веществ в одном и том же растворителе, например, в воде, может изменяться в значительных пределах. Принято считать легкорастворимым вещество, растворимость которого при комнатной температуре (293 K) превышает 10 г на 100 г растворителя. Если растворимость находится в пределах 0,01 – 1,00 г на 100 г растворителя, то вещество

считают труднорастворимым. При растворимости менее 0,01 г на 100 г растворителя вещество считают практически нерастворимым.

Образование раствора двумя веществами, каждое из которых находится в конденсированном состоянии (твердом или жидком), обычно сопровождается сравнительно небольшими изменениями объема (чаще всего в сторону сокращения). При этом давление незначительно влияет на величину их взаимной растворимости. Лишь при давлениях порядка  $10^9$  Па удается отметить существенное изменение взаимной растворимости такого рода веществ, причем характер этого изменения можно предсказать, исходя из принципа Ле Шателье – Брауна. Если при образовании раствора из двух твердых или жидких веществ *A* и *B* происходит сокращение объема, то увеличение давления оказывает положительное влияние на их взаимную растворимость. Если же при растворении имеет место увеличение объема системы, то давление оказывает отрицательное влияние на растворимость. Например, растворение нитрата аммония  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  в воде сопровождается увеличением объема и при давлениях порядка  $10^9$  Па растворимость этого вещества в воде уменьшается примерно вдвое в сравнении с растворимостью при атмосферном давлении. Если растворяемое вещество газ, а растворителем является жидкость (или твердое вещество), то образование раствора сопровождается значительным сокращением объема системы. В соответствии с этим растворимость газов в жидкостях заметно возрастает по мере увеличения давления.

Растворяемое вещество взаимодействует с молекулами растворителя. В результате в растворе образуются соединения, состоящие из растворенного вещества и растворителя. Такие соединения получили название «сольваты» (от латинского *solvere* – растворять), а если растворитель – вода, то «гидраты». Состав сольватов в растворе непостоянен: он меняется с изменением концентрации и температуры раствора. Наряду с сольватами (гидратами) в растворе имеются и свободные молекулы растворителя. Поэтому состав раствора в отличие от химических соединений может меняться в широких пределах. Некоторые гидраты оказываются нестойкими, легко разлагаются при выпа-

ривании раствора. Некоторые гидраты настолько прочны, что их удается выделить, охлаждая или выпаривая раствор. Вещества, в кристаллы которых входят молекулы воды, называются кристаллогидратами, а содержащаяся в них вода — кристаллизационной. Состав кристаллогидратов принято изображать формулами, показывающими, какое количество кристаллизационной воды содержит кристаллогидрат:  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

Кристаллогидраты довольно часто используются при приготовлении растворов. В этом случае при расчете массы навески кристаллогидрата необходимо учитывать, что кристаллизационная вода дает свой вклад в величину молярной массы этого вещества, а концентрация полученного раствора определяется в пересчете на безводную соль.

### ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Сколько граммов медного купороса  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  требуется для приготовления 150 г 8 %-ного раствора в расчете на безводную соль?
2. Сколько граммов кристаллической соды  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  надо взять для приготовления 2 л 0,2 М раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ?
3. Какая масса алюминиевых квасцов  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  требуется, чтобы приготовить 300 мл 0,20 М раствора  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ ?
4. Вычислите массовую долю сульфата натрия в растворе, приготовленного растворением 240 г глауберовой соли  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  в 760 мл воды.
5. Сколько граммов купороса  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  можно получить из 1 л 12%-го раствора безводной соли  $\text{FeSO}_4$ , если плотность раствора  $\rho = 1,122$  г/мл?
6. До какого объема нужно довести раствор, содержащий 25,0 г медного купороса  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , чтобы нормальная концентрация полученного раствора была 0,50 н по отношению к реакциям полного обмена?
7. Сколько граммов  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  нужно добавить к 200 граммам 5 %-го раствора сульфата меди, чтобы приготовить 9 %-ный раствор этой соли?

8. Сколько граммов  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  необходимо взять для приготовления 5 л раствора карбоната натрия с массовой долей 15 % ( $\rho=1,16 \text{ г/см}^3$ )?

9. При некоторой температуре массовая доля  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  в растворе равна 30 %. Сколько кристаллов  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  выделится из 1,2 кг раствора при охлаждении до 18 °С? Растворимость  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  при 15 °С равна 11,7%, а при 20 °С – 16,1% по отношению к массе раствора.

#### 1.4. ПРОИЗВЕДЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ТРУДНОРАСТВОРИМОГО ВЕЩЕСТВА

Рассмотрим гетерогенное химическое равновесие, возникающее в растворах при частичном растворении труднорастворимых веществ.

Для того чтобы между твердым веществом и его раствором установилось равновесие, раствор должен быть насыщенным и находиться в соприкосновении с не полностью растворившимся веществом. В качестве примера рассмотрим насыщенный раствор магнезита, находящийся в контакте с твердым  $\text{MgCO}_3$ . Химическое уравнение этого равновесия имеет вид:



Следовательно, в насыщенном растворе труднорастворимого электролита протекают два взаимно противоположных процесса: растворение, т. е. переход ионов из осадка в раствор, и кристаллизация – переход ионов из раствора в осадок. Выражение для константы равновесия при растворении  $\text{MgCO}_3$  имеет вид:

$$K_c = \frac{C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-})}{C(\text{MgCO}_3)}. \quad (1.1)$$

Так как концентрация твердого вещества есть величина постоянная, можно домножить обе части выражения (1.1) на концентрацию  $\text{MgCO}_3$ . Тогда получим:

$$K_c \cdot C(\text{MgCO}_3) = \text{const} = C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}). \quad (1.2)$$

Постоянная в полученном выражении (1.2) называется **произведением растворимости** и обозначается ПР:

$$\text{ПР}(\text{MgCO}_3) = C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}).$$

При диссоциации труднорастворимого вещества не на два, а на большее число ионов последнее необходимо учитывать. В подобном случае произведение растворимости равно произведению молярных концентраций ионов, на которые диссоциирует вещество, каждая из которых возведена в степень, равную стехиометрическому коэффициенту при соответствующем ионе в уравнении равновесия.

Если произведение концентраций ионов в растворе труднорастворимого вещества достигает величины его произведения растворимости при данной температуре, то раствор становится насыщенным относительно этого электролита. Наоборот, если произведение концентраций ионов в растворе меньше произведения растворимости, раствор будет ненасыщенным и вещество перейдет в раствор. Понятно, что, если произведение концентраций ионов в растворе по какой-либо причине окажется больше произведения растворимости, раствор станет пересыщенным и из него выделится осадок.

Следовательно, в случае  $\text{MgCO}_3$  имеем:

в ненасыщенном растворе  $C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}) < \text{ПР}(\text{MgCO}_3)$ ,

в насыщенном растворе  $C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}) = \text{ПР}(\text{MgCO}_3)$ ,

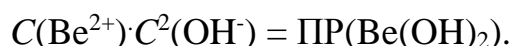
в пересыщенном растворе  $C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}) > \text{ПР}(\text{MgCO}_3)$ .

Поскольку произведение концентраций ионов в насыщенном растворе труднорастворимого вещества – величина постоянная, то при увеличении концентрации одного из ионов концентрация другого иона должна уменьшаться за счет выпадения части вещества из раствора в осадок. Образование осадка будет продолжаться до тех пор, пока произведение концентраций ионов в растворе не станет равным произведению растворимости.

Рассмотрим вопрос о влиянии избытка реактива на количество осаждающихся ионов. С этой целью проанализируем ситуацию, когда к раствору  $\text{CaCl}_2$  добавляют эквивалентное количество  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Часть ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ , соответствующая произведению растворимости  $C(\text{Ca}^{2+}) \cdot C(\text{SO}_4^{2-}) = \text{ПР}(\text{CaSO}_4)$ , останется в растворе. Прибавим к раствору еще небольшое количество  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Концентрация  $\text{SO}_4^{2-}$  над осадком  $\text{CaSO}_4$  увеличится, но так как произведение концентрации ионов должно оставаться постоянным, то часть ионов  $\text{Ca}^{2+}$ , соответствующая избытку  $\text{SO}_4^{2-}$ , из раствора вновь выпадет в осадок. Чем больше мы прибавим  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , тем больше станет концентрация  $\text{SO}_4^{2-}$  в растворе и тем меньше в нем останется неосажденных ионов  $\text{Ca}^{2+}$ .

**Таким образом, дополнительное введение в раствор труднорастворимого вещества ионов, образующихся при его диссоциации, понижает растворимость труднорастворимого вещества и, следовательно, повышает полноту его осаждения.**

Теперь рассмотрим другой важный вопрос: как повысить растворимость труднорастворимых соединений? Допустим, требуется перевести в раствор осадок  $\text{Be}(\text{OH})_2$ . Напомним, что раствор, находящийся в соприкосновении с осадком, является насыщенным. В таком растворе:



Прибавим к раствору соляную кислоту. При диссоциации  $\text{HCl}$  образуются ионы  $\text{H}^+$ . Эти ионы, взаимодействуя в растворе с ионами  $\text{OH}^-$  растворившейся части  $\text{Be}(\text{OH})_2$ , будут связывать их в недиссоциированные молекулы  $\text{H}_2\text{O}$ . Поэтому произведение  $C(\text{Be}^{2+}) \cdot C^2(\text{OH}^-)$  станет меньше  $\text{ПР}(\text{Be}(\text{OH})_2)$ , т. е. раствор окажется ненасыщенным относительно  $\text{Be}(\text{OH})_2$ . Согласно принципу Ле Шателье - Брауна, для восстановления нарушенного равновесия часть осадка  $\text{Be}(\text{OH})_2$  перейдет в раствор. При этом произведение  $C(\text{Be}^{2+}) \cdot C^2(\text{OH}^-)$  вновь станет равным  $\text{ПР}(\text{Be}(\text{OH})_2)$ . Если прибавление кислоты продолжать, то равновесие между осадком и ионами в растворе будет все время нарушаться, и все новые и новые порции осадка будут переходить в раствор. Это будет продолжаться до тех пор, пока весь осадок не растворится.

Таким образом, чтобы растворить осадок, нужно уменьшить концентрацию хотя бы одного из ионов, образующихся при диссоциации труднорастворимого вещества. Этого можно достичь, связывая один из ионов, на которые диссоциирует труднорастворимое вещество, либо в слабодиссоциирующее соединение, либо в еще менее растворимое или в газообразное вещество.

С величиной произведения растворимости связано решение многих практических задач, касающихся образования или растворения осадков. По величине произведения растворимости электролита можно вычислить его растворимость и, наоборот, зная растворимость вещества, можно подсчитать величину его произведения растворимости. Рассмотрим несколько примеров.

**Задача 1.** Выяснить, образуется ли осадок  $\text{AgCl}$ , если к 5 мл 0,1 М раствора  $\text{AgNO}_3$  прибавить 5 мл 0,1 М раствора  $\text{HCl}$ ?  $\text{PP}(\text{AgCl}) = 1,56 \cdot 10^{-10}$ .

Решение.

Чтобы ответить на поставленный вопрос, необходимо предварительно подсчитать  $C(\text{Ag}^+)$  и  $C(\text{Cl}^-)$ . Если произведение  $C(\text{Ag}^+) \cdot C(\text{Cl}^-)$  будет больше, чем  $\text{PP}(\text{AgCl})$ , осаждение произойдет.

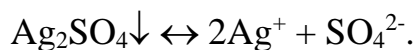
При смешивании исходных растворов происходит удвоение объема, поэтому концентрация каждого иона уменьшается до половины первоначальной величины, т. е.  $C(\text{Ag}^+)$  и  $C(\text{Cl}^-)$  станут по  $0,1/2 = 0,05$  моль/л. Следовательно,  $C(\text{Ag}^+) \cdot C(\text{Cl}^-) = 0,05 \cdot 0,05 = 2,5 \cdot 10^{-3}$ .  $2,5 \cdot 10^{-3} > 1,56 \cdot 10^{-10}$ .

Поскольку произведение концентраций ионов оказалось больше  $\text{PP}$ , то раствор пересыщен в отношении растворенной соли, и часть ее выпадает в осадок.

Ответ: Осадок  $\text{AgCl}$  в указанных условиях образуется.

**Задача 2.** Растворимость сульфата серебра при комнатной температуре составляет  $2,68 \cdot 10^{-2}$  моль/л. Определить  $\text{PP}(\text{Ag}_2\text{SO}_4)$ .

Решение.



$$\text{ПР}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = C^2(\text{Ag}^+) \cdot C(\text{SO}_4^{2-}).$$

1. Определим молярные концентрации ионов:

$$C(\text{Ag}^+) = 2C(\text{Ag}_2\text{SO}_4), C(\text{SO}_4^{2-}) = C(\text{Ag}_2\text{SO}_4).$$

2. Рассчитаем произведение растворимости соли:

$$\text{ПР}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = C^2(\text{Ag}^+) \cdot C(\text{SO}_4^{2-}) = 4 \cdot C^3(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 4 \cdot (2,68 \cdot 10^{-2})^3 = 7,70 \cdot 10^{-5}.$$

$$\text{Ответ: } \text{ПР}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 7,70 \cdot 10^{-5}.$$

Ввиду того, что абсолютно не растворимых в воде веществ нет, ни один из ионов никогда не может быть осажден из раствора полностью; часть осаждаемых ионов остается в растворе. Поэтому при осаждении того или иного иона надо подбирать такой реактив, который давал бы с осаждаемым ионом осадок с наименьшим произведением растворимости.

**Задача 3.** Какой ион,  $\text{CrO}_4^{2-}$  или  $\text{SO}_4^{2-}$ , полнее осаждает ионы  $\text{Pb}^{2+}$  из раствора?  $\text{ПР}(\text{PbCrO}_4) = 1,8 \cdot 10^{-14}$ ,  $\text{ПР}(\text{PbSO}_4) = 1,6 \cdot 10^{-8}$ .

Решение.

$\text{ПР}(\text{PbCrO}_4) < \text{ПР}(\text{PbSO}_4)$ , следовательно, ион  $\text{CrO}_4^{2-}$  более полно осаждает ион  $\text{Pb}^{2+}$ . Подтвердим это соответствующими расчетами.

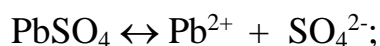
1. Определим молярную концентрацию ионов свинца в насыщенном растворе  $\text{PbCrO}_4$ :



$$\text{ПР}(\text{PbCrO}_4) = C(\text{Pb}^{2+}) \cdot C(\text{CrO}_4^{2-}) = C^2(\text{Pb}^{2+});$$

$$C(\text{Pb}^{2+}) = \sqrt{\text{ПР}(\text{PbCrO}_4)} = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-14}} = 1,34 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л.}$$

2. Определим молярную концентрацию ионов свинца в насыщенном растворе  $\text{PbSO}_4$ :



$$\text{ПР}(\text{PbSO}_4) = C(\text{Pb}^{2+}) \cdot C(\text{SO}_4^{2-}) = C^2(\text{Pb}^{2+});$$



$$C(\text{Pb}^{2+}) = \sqrt{\text{PP}(\text{PbSO}_4)} = \sqrt{1,6 \cdot 10^{-8}} = 1,26 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

3. Таким образом, концентрация ионов  $\text{Pb}^{2+}$  в насыщенном растворе  $\text{PbCrO}_4$  в  $1,26 \cdot 10^{-4} / 1,34 \cdot 10^{-7} = 940$  раз меньше, чем в насыщенном растворе  $\text{PbSO}_4$ .

Ответ: ион  $\text{CrO}_4^{2-}$  более полно осаждает ион  $\text{Pb}^{2+}$ .

### ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Определите растворимость  $\text{Ag}_2\text{S}$  в г/л, если  $\text{PP}(\text{Ag}_2\text{S}) = 1,1 \cdot 10^{-49}$ .
2. Растворимость  $\text{BaCO}_3$  в воде составляет  $8,4 \cdot 10^{-5}$  моль/л. Вычислите  $\text{PP}(\text{BaCO}_3)$ .
3. Концентрация  $\text{Fe}^{2+}$  в насыщенном растворе  $\text{FeS}$  равна  $6,0 \cdot 10^{-10}$  моль/л. Вычислите  $\text{PP}(\text{FeS})$ .
4. Определите  $\text{PP}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)$ , если растворимость соли  $2,6 \cdot 10^{-2}$  г/л.
5.  $\text{PP}(\text{MgC}_2\text{O}_4) = 8,1 \cdot 10^{-5}$ . Определите концентрацию ионов  $\text{Mg}^{2+}$  (г/л) в насыщенном растворе соли.
6. Растворимость  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  равна  $2,7 \cdot 10^{-2}$  М. Определите  $\text{PP}(\text{Ag}_2\text{SO}_4)$ .
7. Определите концентрацию ионов  $\text{Ba}^{2+}$  (г/л) в насыщенном растворе  $\text{Ba}(\text{BrO}_3)_2$ .  $\text{PP}(\text{Ba}(\text{BrO}_3)_2) = 3,2 \cdot 10^{-5}$ .
8.  $\text{PP}(\text{SrC}_2\text{O}_4) = 6,25 \cdot 10^{-8}$ . Найдите растворимость соли в г/л.
9. Концентрация ионов  $\text{F}^-$  в насыщенном растворе  $\text{CaF}_2$  равна  $2 \cdot 10^{-4}$  моль/л. Найдите  $\text{PP}(\text{CaF}_2)$ .
10.  $\text{PP}(\text{CaCO}_3) = 4,9 \cdot 10^{-9}$ . Найдите растворимость  $\text{CaCO}_3$  в г/л.
11. К 20 мл 0,02 н раствора  $\text{BaCl}_2$  прибавили 20 мл 0,001 М раствора  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ . Выпадет ли осадок, если  $\text{PP}(\text{BaC}_2\text{O}_4) = 4,1 \cdot 10^{-6}$ ?
12. Выпадет ли осадок, если к 20 мл 0,01 н раствора  $\text{AgNO}_3$  прибавить 20 мл 0,01 М раствора  $\text{NaCl}$ ?  $\text{PP}(\text{AgCl}) = 1,7 \cdot 10^{-10}$ .
13. Выпадет ли осадок при смешивании равных объёмов 0,01 н растворов  $\text{AgNO}_3$  и  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ?  $\text{PP}(\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 2,0 \cdot 10^{-7}$ .

## Глава 2

# ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

### 2.1. ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ДИССОЦИАЦИИ

Растворы (расплавы) веществ, проводящие электрический ток, называют **электролитами**. Растворы электролитов в равных молярных концентрациях с растворами неэлектролитов показывают большее осмотическое давление, большее понижение давления пара и температуры замерзания, большее повышение температуры кипения.

Подобное поведение электролитов объяснил шведский физикохимик **Аррениус**. Он **предложил теорию электролитической диссоциации**, согласно которой молекулы растворенных веществ в водных растворах электролитов в большей или меньшей степени диссоциируют (распадаются) на самостоятельные заряженные частицы - ионы.

Каждый электролит образует при диссоциации два рода ионов: положительно заряженные - **катионы** и отрицательно заряженные - **анионы**. Заряд иона соответствует его валентности. Во всех случаях диссоциации электролита сумма зарядов катионов равна сумме зарядов анионов. Поэтому раствор в целом электронейтрален. Электролитическая диссоциация - обратимый процесс. Следовательно, в растворе электролита, наряду с ионами, имеются и нераспавшиеся молекулы.

Из изложенного следует, что диссоциация электролита увеличивает общее число частиц в растворе в сравнении с неэлектролитом. Поэтому, если учитывать как самостоятельные частицы не только молекулы, но и ионы, то становится понятным, почему повышение осмотического давления, понижение температуры замерзания и повышение температуры кипения раствора электролита оказываются значительно больше, чем у раствора неэлектролита с такой же молярной концентрацией.

Согласно современным представлениям, электролитическая диссоциация происходит в результате взаимодействия ионов или полярных молекул вещества с полярными молекулами растворителя (рис. 2.1). При этом образуются сольваты (в водных растворах - гидраты) ионов (рис. 2.2). Соответствующий процесс сопровождается выделением энергии. Образование сольватов (гидратов) является основной причиной диссоциации электролитов на ионы.

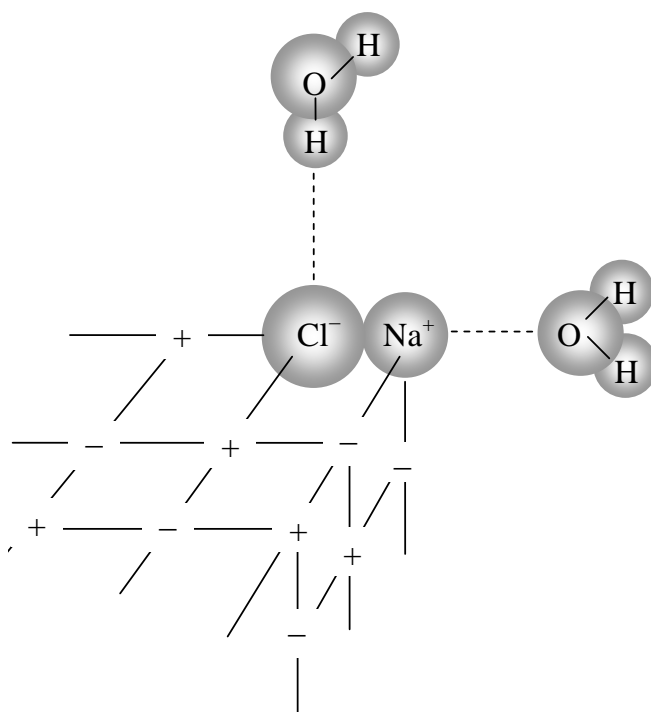


Рис. 2.1. Взаимодействие ионов NaCl с полярными молекулами H<sub>2</sub>O

Природа превращений растворенного вещества в растворе самым тесным образом зависит от химических свойств этого вещества и растворителя. Растворитель, принимая непосредственное участие в химических превращениях растворенного вещества, оказывает влияние на механизм и глубину превращения последнего. Так, для того, чтобы разорвать связь между катионами и анионами в 1 моле, например NaCl, надо затратить 800 кДж. Откуда же берутся эти 800 кДж при растворении NaCl в воде?

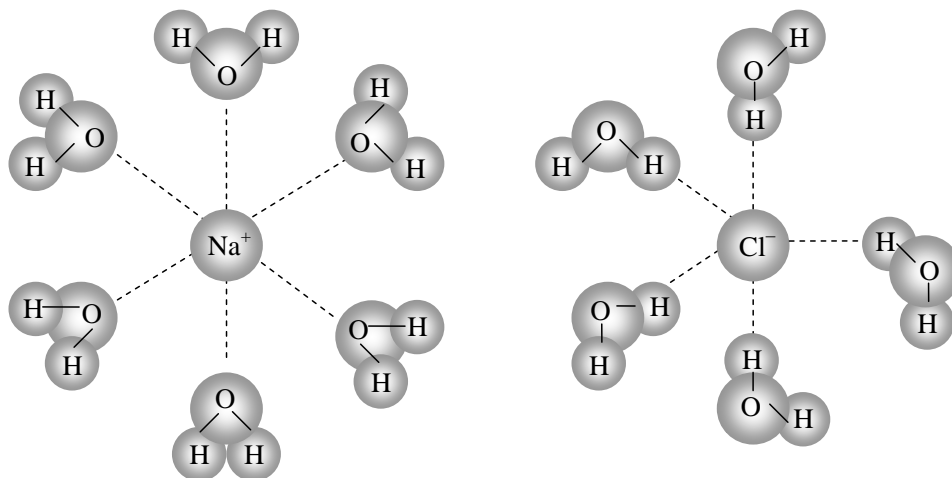
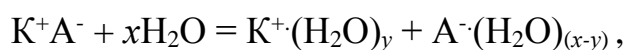


Рис. 2.2. Гидратированные ионы в растворе NaCl

Теплота гидратации иона  $\text{Na}^+$  равна приблизительно 425 кДж/ моль, а иона  $\text{Cl}^-$  - приблизительно 350 кДж/моль. В сумме это составляет 775 кДж/моль - немногим меньше энергии кристаллической решетки NaCl (800 кДж/моль). Поэтому при растворении хлористого натрия в воде происходит охлаждение на 5 - 6 градусов по сравнению с ее исходной температурой.

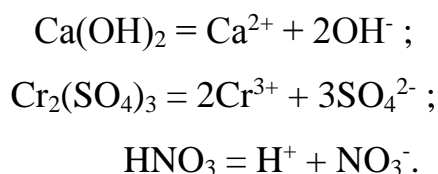
Есть вещества, образование водных растворов которых, наоборот, сопровождается выделением тепла. Например, растворение хлороводорода сопровождается довольно сильным разогреванием образующегося раствора. Действительно, энергия связи в молекуле HCl равна 1360 кДж/моль. Теплота гидратации протона равна 1100 кДж/моль, что в сумме с теплотой гидратации иона  $\text{Cl}^-$  дает общую теплоту гидратации HCl 1450 кДж/моль, а это заметно больше энергии связи H - Cl. Вот почему при образовании раствора соляной кислоты происходит заметное разогревание.

Для процесса растворения в воде соединений с ионной связью, в узлах кристаллической решетки которых находятся ионы, в общем виде можно записать:



где  $\text{K}^+(\text{H}_2\text{O})_y$  и  $\text{A}^-(\text{H}_2\text{O})_{(x-y)}$  - гидратированные катионы и анионы.

На практике уравнения электролитической диссоциации обычно записывают без гидратирующих молекул воды, например:



Распаду на ионы подвергаются также и вещества, состоящие из молекул с полярной ковалентной связью. В этом случае под действием полярных молекул воды происходит гетеролитический разрыв ковалентной связи: электронная пара, осуществляющая связь, целиком остается у одного из атомов. Таким образом полярная связь превращается в ионную, и молекула диссоциирует на гидратированные ионы.

## 2.2. СТЕПЕНЬ И КОНСТАНТА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ДИССОЦИАЦИИ

Согласно теории электролитической диссоциации, в растворах распадается на ионы только часть молекул электролита. Отношение числа молекул, распавшихся на ионы, к общему числу растворенных молекул называется **степенью электролитической диссоциации  $\alpha$** . Например, если в 1 л раствора содержится 0,05 моль азотистой кислоты  $\text{HNO}_2$  и из них 0,001 моль диссоциирует на ионы, то степень диссоциации при этом составит:  $\alpha = 0,001/0,05 = 0,02$  или 2 %.

Степень электролитической диссоциации электролита может быть определена различными методами: по электропроводности раствора, по понижению температуры его замерзания и т. д. При одинаковых условиях (одни и те же растворитель, концентрация раствора, температура, присутствие или отсутствие электролита с одноименным ионом) разные электролиты имеют различную степень диссоциации, зависящую от природы самого электролита.

По способности к диссоциации все электролиты делят на слабые и сильные. **Слабые электролиты** в растворах содержатся как в виде ионов, так и в виде недиссоциированных молекул. **Сильные электролиты** в растворе диссоциируют практически полностью. Принимают, что для слабых электролитов  $\alpha < 2 \%$ , для сильных –  $\alpha > 30 \%$ .

С разбавлением раствора степень электролитической диссоциации слабого электролита увеличивается и, наоборот, при повышении концентрации - уменьшается. Степень диссоциации электролита зависит от температуры: с повышением температуры она увеличивается для электролитов, диссоциация которых сопровождается поглощением теплоты, и уменьшается для электролитов, диссоциация которых сопровождается выделением теплоты.

На степень диссоциации электролита существенное влияние оказывает прибавление к его раствору сильного электролита с одноименным ионом. Например, к водному раствору плавиковой кислоты, в незначительной степени диссоциирующей по уравнению  $\text{HF} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{F}^-$ , прильем соляную кислоту  $\text{HCl}$ . Концентрация ионов водорода, являющихся одним из продуктов диссоциации  $\text{HCl}$ , сильно увеличится. Вследствие этого равновесие обратимого процесса диссоциации плавиковой кислоты сместится в сторону образования недиссоциированных молекул  $\text{HF}$ , степень ее диссоциации при этом понизится. Подобным же образом будут действовать и растворимые в воде соли плавиковой кислоты. При добавлении последних в растворе значительно возрастает концентрация анионов  $\text{F}^-$ , что также уменьшает степень диссоциации  $\text{HF}$ . Таким образом, **степень электролитической диссоциации слабого электролита значительно понижается при добавлении к его раствору сильного электролита с одноименным ионом.**

Диссоциация молекул слабых электролитов на ионы в растворах протекает как обратимый процесс. Например, диссоциация уксусной кислоты выражается уравнением  $\text{CH}_3\text{COOH} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$ .

Как и во всяком обратимом процессе, в данном случае устанавливается равновесие между недиссоциированными молекулами кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и ионами  $\text{H}^+$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ . Выразим в общем виде константу данного химического равновесия, обозначив ее  $K_d$ :

$$K_d = \frac{C(\text{H}^+) \cdot C(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{C(\text{CH}_3\text{COOH})} . \quad (2.1)$$

$K_d$  в выражении (6.1) называется константой электролитической диссоциации. Величина константы характеризует силу кислот и оснований. Чем она больше, тем сильнее электролит. Например, азотистая кислота сильнее уксусной ( $K_d(\text{HNO}_2) = 4,5 \cdot 10^{-4}$ ,  $K_d(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ).

Основываясь на законе действия масс, можно вывести уравнение, связывающее константу диссоциации слабого электролита со степенью его диссоциации. Так, если молярная концентрация уксусной кислоты равна  $C$ , а степень диссоциации составляет величину  $\alpha$ , то концентрация каждого из ионов, образующихся при диссоциации, будет равна  $\alpha C$ , а концентрация недиссоциированных молекул  $\text{CH}_3\text{COOH} - (1 - \alpha)C$ . Тогда выражение для константы диссоциации можно записать в следующем виде:

$$K_d = \frac{\alpha C \cdot \alpha C}{(1 - \alpha)C} = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha} . \quad (2.2)$$

Уравнение (2.2) выражает **закон разбавления Оствальда**, справедливый для растворов слабых бинарных электролитов, из одной молекулы которых при диссоциации образуется два иона. Это уравнение связывает между собой константу диссоциации электролита, степень диссоциации и концентрацию электролита. В несильно разбавленных растворах слабых электролитов степень диссоциации очень мала, поэтому величину  $(1 - \alpha)$  можно принять равной единице. Тогда предыдущая формула принимает более простой вид:

$$K_d = C\alpha^2, \text{ откуда } \alpha = \sqrt{\frac{K_d}{C}} . \quad (2.3)$$

В соответствии с полученным выражением (2.3), закон разбавления Оствальда

формулируется так: **степень электролитической диссоциации слабых бинарных электролитов обратно пропорциональна корню квадратному из их концентрации.** Закон разбавления позволяет вычислять степень диссоциации при различных концентрациях, если известна константа диссоциации электролита. Наоборот, определив степень диссоциации при какой-нибудь концентрации, несложно рассчитать константу диссоциации.

Константа диссоциации слабого электролита - величина постоянная и практически не зависит от концентрации раствора, а зависит только от температуры. Степень же диссоциации зависит от концентрации. С разбавлением раствора слабого электролита степень диссоциации увеличивается. Константа электролитической диссоциации дает более общую характеристику электролита, чем степень диссоциации. Сильные электролиты не подчиняются этому закону. Для них  $K_d$  с увеличением концентрации непрерывно возрастает.

### ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Вычислите концентрацию ионов  $H^+$  в 0,05н растворе уксусной кислоты, если  $K_d=1,8 \cdot 10^{-5}$ .
2. Вычислите концентрацию ионов  $H^+$  в растворе угольной кислоты, если  $K_{d1}=3 \cdot 10^{-7}$ , а степень диссоциации по первой ступени  $\alpha=1,74 \%$ .
3. Вычислите  $K_d$  муравьиной кислоты, если степень её диссоциации в 0,2М растворе  $\alpha=3,2 \%$ .
4. Вычислите степень диссоциации синильной кислоты HCN в 0,05н растворе, если  $K_d=7,2 \cdot 10^{-10}$ .
5. Вычислите концентрацию ионов  $OH^-$  в растворе гидроксида аммония, если его молярная концентрация 0,02 моль/л, а  $K_d=1,8 \cdot 10^{-5}$ .
6. Вычислите степень диссоциации гидроксида аммония в растворе с молярной концентрацией 0,01 моль/л, если  $K_d=1,8 \cdot 10^{-5}$ .



### 2.3. АКТИВНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ИОНОВ

Даже в умеренно концентрированном растворе сильного электролита ионы находятся на таких достаточно близких расстояниях, что электростатическое взаимодействие оказывает заметное влияние на характер их движения. Одноименно заряженные ионы взаимно отталкиваются, а разноименно заряженные - взаимно притягиваются. В результате в растворе вокруг ионов создается «атмосфера» из частиц с противоположным зарядом. Эта атмосфера замедляет движение ионов в растворе, что ведет к уменьшению электропроводности раствора и создает впечатление неполной диссоциации электролита. Чем больше концентрация раствора, тем сильнее электростатическое взаимодействие ионов, тем меньше скорость передвижения их в электрическом поле и тем меньше будет электропроводность раствора.

Аналогичным образом межйонные силы влияют и на другие свойства раствора электролита, зависящие от концентрации ионов. Повышение концентрации раствора приводит к изменению свойств раствора в том же направлении, как действовало бы частичное соединение ионов в молекулы, т. е. уменьшает степень диссоциации. Поэтому, измеряя электропроводность, определяют лишь кажущуюся степень диссоциации. Так, например, степень диссоциации в 0,1 н растворе HCl, вычисленная по электропроводности, составляет 84 % от действительной, которая наблюдалась бы в этом растворе при отсутствии взаимодействия ионов друг с другом.

Для учета влияния электростатического взаимодействия ионов на химические и физические свойства растворов сильных электролитов, истинную концентрацию ионов  $C$  заменяют активностью  $a$ —условной эффективной концентрацией. **Активность выражает концентрацию ионов в растворе данного электролита с учетом влияния взаимодействия ионов, гидратации и других эффектов.** Между активностью и действительной концентрацией ионов существует зависимость:

$$a = fC,$$

где  $f$  – коэффициент активности, учитывающий взаимодействие ионов в растворе электролита.

Коэффициент активности обычно меньше единицы. В очень разбавленных растворах сильных электролитов ( $C < 1 \cdot 10^{-4}$  моль/л) коэффициент активности принимают равным единице. В этом случае  $a = C$ .

Коэффициент активности данного иона в растворе, содержащем несколько различных видов ионов, зависит от концентраций и зарядов всех ионов. Мерой межионного взаимодействия между всеми ионами является **ионная сила раствора**. Ионной силой раствора называется величина  $\mu$ , численно равная полусумме произведений концентрации каждого иона на квадрат его заряда:

$$\mu = \frac{1}{2}(z_1^2 C_1 + z_2^2 C_2 + z_3^2 C_3 + \dots),$$

где  $z$  – заряд иона.

Например, для раствора, содержащего в 1 л 0,01 моль  $\text{CaCl}_2$  и 0,1 моль  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , ионная сила  $\mu = 1/2(0,01 \cdot 2^2 + 0,02 \cdot 1^2 + 0,2 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 2^2) = 0,33$ .

По величине ионной силы раствора можно рассчитать коэффициент активности иона:  $\lg f = -0,5z^2 \sqrt{\mu}$ . Коэффициент активности с увеличением ионной силы раствора уменьшается. В растворах с одинаковой ионной силой коэффициенты активности ионов равны между собой.

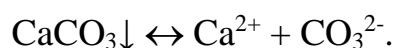
### ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Вычислите ионную силу  $\mu$  для 0,01М раствора сульфата калия.
2. Вычислите коэффициент активности  $f$  для ионов  $\text{Fe}^{3+}$  в 0,01М растворе хлорида железа (III).
3. Вычислите активную концентрацию ионов  $\text{OH}^-$  в 0,05н растворе КОН.
4. Рассчитайте активность ионов  $\text{OH}^-$  в 0,02 М растворе  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ .
5. Вычислите активные концентрации ионов  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Cl}^-$  в растворе, содержащем в 1 литре 2г  $\text{MgCl}_2$  и 5г  $\text{MgSO}_4$ .

## 2.4. СОЛЕВОЙ ЭФФЕКТ

Выше отмечено, если в растворе электролита коэффициент активности  $f < 1$ , то на движение ионов оказывает влияние их электростатическое взаимодействие. В этом случае во все уравнения на основе закона действующих масс, включая выражение произведения растворимости, вместо концентрации надо подставлять меньшую по величине активность.

Произведем соответствующую замену на примере минерала кальцита, состав которого соответствует химической формуле малорастворимого карбоната кальция  $\text{CaCO}_3$ :



$$\text{ПР}(\text{CaCO}_3) = a(\text{Ca}^{2+}) \cdot a(\text{CO}_3^{2-}) = f(\text{Ca}^{2+}) \cdot C(\text{Ca}^{2+}) \cdot f(\text{CO}_3^{2-}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}).$$

Преобразуем полученное выражение произведения растворимости кальцита:

$$C(\text{Ca}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{\text{ПР}(\text{CaCO}_3)}{f(\text{Ca}^{2+}) \cdot f(\text{CO}_3^{2-})}. \quad (2.4)$$

Числитель дроби в правой части выражения (6.4) является постоянной величиной, зависящей только от температуры. Знаменатель же этого отношения уменьшается с ростом ионной силы раствора. В свою очередь, ионная сила раствора растет при добавлении любого сильного электролита. С уменьшением знаменателя будет расти правая часть анализируемого выражения и, соответственно, вырастет произведение молярных концентраций ионов, образующихся при диссоциации кальцита в насыщенном растворе. Последнее означает рост растворимости труднорастворимого вещества при введении в его раствор каких-либо сильных электролитов. Явление носит название «**солевой эффект**».

Одним из наиболее важных природных равновесий с участием кальцита является образование твердого  $\text{CaCO}_3$  в морской воде. Равновесие между твердым  $\text{CaCO}_3$  и ионами  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{CO}_3^{2-}$ , находящимися в океанической воде,

имеет важное значение для развития многих морских организмов и формирования отложений на морском дне. Произведение растворимости  $\text{CaCO}_3$  в морской воде при  $20\text{ }^\circ\text{C}$  имеет величину  $6,0 \cdot 10^{-7}$ , тогда как в пресной воде при этой температуре оно составляет  $2,8 \cdot 10^{-9}$ . Равновесие растворения  $\text{CaCO}_3$  в морской воде смещено в сторону большей растворимости из-за влияния других ионов (солевой эффект), присутствующих в воде. Более чем 100-кратное увеличение растворимости  $\text{CaCO}_3$  в морской воде обусловлено межйонным взаимодействием в водной среде с высокой концентрацией ионов.

На глубинах до 1 км океан пересыщен карбонатом кальция. Это означает, что ионное произведение  $C(\text{Ca}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-})$  больше произведения растворимости  $\text{CaCO}_3$ . Однако скорость удаления  $\text{CaCO}_3$  в результате осаждения или образования раковин и скелетных тканей морских организмов очень невелика. На больших глубинах, где концентрация  $\text{Ca}^{2+}$  снижается, океаническая вода оказывается ненасыщенной в отношении  $\text{CaCO}_3$ . После гибели морских организмов их карбонатные скелеты, образовавшиеся вблизи поверхности, опускаются на глубину и растворяются там. На глубинах, превышающих 3 - 4 км, в отложениях морского дна содержится очень мало  $\text{CaCO}_3$ .

### ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Во сколько раз изменится растворимость карбоната кальция в воде по сравнению с растворимостью его в 0,1 н растворе хлорида калия?
2. Рассчитайте растворимость оксалата кальция  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  (в моль/л) в 0,1 н растворе хлорида калия, если  $\text{ПР}(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 2,3 \cdot 10^{-9}$ .
3. Рассчитайте растворимость  $\text{PbCO}_3$  (в г/л) в 0,1 н растворе хлорида натрия, если  $\text{ПР}(\text{PbCO}_3) = 7,5 \cdot 10^{-14}$ .
4. Вычислите растворимость йодида серебра (в г/л) в 0,5 М растворе нитрата калия, если  $\text{ПР}(\text{AgI}) = 8,3 \cdot 10^{-17}$ .
5. Сравните растворимость  $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$  в воде и 0,2М  $\text{NaNO}_3$ . ( $\text{ПР} = 6,0 \cdot 10^{-39}$ ). Во сколько раз они отличаются?

## Глава 3

### РЕАКЦИИ ИОННОГО ОБМЕНА

Протекающие в растворах электролитов реакции ионного обмена подчиняются общему правилу, сформулированному ниже:

**реакции ионного обмена в растворах электролитов протекают в направлении образования наименее диссоциирующих соединений, труднорастворимых и газообразных веществ, т. е. в направлении образования:**

- слабых кислот,
- слабых оснований,
- воды,
- осадков,
- газообразных (летучих) веществ.

*Молекулы этих веществ  
в реакциях ионного обмена  
на ионы не расписывают*

Рассмотрим соответствующие реакции более подробно с учетом классификации электролитов (табл.3.1).

Таблица 3.1

#### Классификация электролитов

Электролиты			
сильные		слабые	
кислоты	основания	кислоты	основания
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , HNO <sub>3</sub> , HCl, HBr, HI, HClO <sub>3</sub> , HMnO <sub>4</sub>	LiOH, NaOH, KOH, RbOH, CsOH, Ca(OH) <sub>2</sub> , Sr(OH) <sub>2</sub> , Ba(OH) <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> , HNO <sub>2</sub> , HF, HCN, H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , H <sub>3</sub> AsO <sub>3</sub> , CH <sub>3</sub> COOH	Все трудно- растворимые и NH <sub>4</sub> OH
Растворимые соли		H <sub>2</sub> O	

Реакция соли с солью протекает, когда исходные соли растворимы, а одна из вновь образующихся выпадает в осадок. Реакция возможна и в том случае, если одна из исходных солей является труднорастворимой, но при этом вновь образующаяся соль характеризуется еще меньшей растворимостью. Реакция соли с кислотой возможна, если сильная кислота вытесняет более слабую, если образуется новая нерастворимая соль. Так, серная кислота в водном растворе является более сильным электролитом, чем большинство других кислот и поэтому вытесняет их из солей.

Ряд гидроксидов в реакциях ионного обмена проявляет как основные, так и кислотные свойства. Характер проявляемых свойств зависит от второго реагента, с которым такой гидроксид вступает в реакцию. Подобные гидроксиды называют амфотерными. К амфотерным гидроксидам относят:  $Zn(OH)_2$ ,  $Sn(OH)_2$ ,  $Pb(OH)_2$ ,  $Al(OH)_3$ ,  $Cr(OH)_3$ ,  $Sb(OH)_3$  и некоторые другие.

### **3.1. ИОННОЕ ПРОИЗВЕДЕНИЕ ВОДЫ. ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ pH**

Вода - наиболее распространенный растворитель различных веществ. Поэтому физико-химические свойства воды имеют большое значение во многих областях экспериментальной и прикладной химии. Так, например, от содержания ионов  $H^+$  в воде сильно зависят растворимость различных минералов, разложение химических загрязнителей в сточных водах, скорость коррозии металлических материалов, а также пригодность воды для использования в технологических процессах. Обычно вода, не содержащая растворенных веществ, рассматривается как очень слабый электролит. Тем не менее ее молекулы, хотя и в очень малой степени, диссоциируют, проявляя способность к самоионизации:



В этом процессе одна молекула воды действует как донор протона, т. е. как отдает протон, а другая – как акцептор, т. е. присоединяет протон. Обычно вместо ионов гидроксония  $\text{H}_3\text{O}^+$  говорят об ионах водорода, и состояние динамического равновесия электролитической диссоциации воды упрощенно выражают уравнением:



Применив закон действия масс к диссоциации воды, можно записать общий вид соответствующей константы диссоциации:

$$K_{\text{д}} = \frac{C(\text{H}^+) \cdot C(\text{OH}^-)}{C(\text{H}_2\text{O})}.$$

Концентрация ионов  $\text{H}^+$  ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) и  $\text{OH}^-$  в воде крайне ничтожна, так как при комнатной температуре на ионы распадается только  $1 \cdot 10^{-7}$  моль  $\text{H}_2\text{O}$ . Из одной молекулы воды получается один ион  $\text{H}^+$  и один ион  $\text{OH}^-$ , поэтому концентрация водородных, а следовательно, и гидроксильных ионов в чистой воде равна  $1 \cdot 10^{-7}$  моль/л. Число молей в 1 л воды:  $1000 : 18 = 55,5$ , где 1000 г – масса 1 л  $\text{H}_2\text{O}$ ; 18 г/моль – молярная масса  $\text{H}_2\text{O}$ . Концентрация недиссоциированных молекул воды составляет  $(55,5 \cdot 1 \cdot 10^{-7})$  моль/л.  $1 \cdot 10^{-7}$  – весьма малая величина по сравнению с 55,5. Поэтому концентрация недиссоциированных молекул воды может быть принята равной 55,5 моль/л. Тогда

$$C(\text{H}^+) \cdot C(\text{OH}^-) = K_{\text{д}} \cdot C(\text{H}_2\text{O}) = K_{\text{H}_2\text{O}}.$$

Константа  $K_{\text{H}_2\text{O}}$  называется ионным произведением воды. Для фиксированной температуры она строго постоянна и при  $22^\circ\text{C}$   $K_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 10^{-7} = 1 \cdot 10^{-14}$ .

Поскольку величина  $K_{\text{H}_2\text{O}}$  постоянна, то  $C(\text{H}^+)$  и  $C(\text{OH}^-)$  в водных растворах обратно пропорциональны друг другу. Любое повышение концентрации одного из этих ионов вызывает соответствующее уменьшение концентрации другого, и наоборот.

Хотя концентрации ионов водорода или гидроксильных групп могут быть очень малыми, в водных растворах они не бывают равными нулю, так

как произведение их всегда постоянно и не равно нулю. Следовательно, в водных растворах кислот присутствуют не только ионы  $H^+$ , но и ионы  $OH^-$ , а в щелочной среде вместе с ионами  $OH^-$  содержатся и ионы  $H^+$ .

Ионное произведение воды позволяет по заданной концентрации  $H^+$  найти концентрацию  $OH^-$ , и наоборот.

**Пример.** Определить концентрацию водородных ионов в 0,01 М растворе КОН.

Решение. КОН – сильный электролит. При полной диссоциации из каждой молекулы КОН образуется один ион  $OH^-$ . В 1 л раствора из 0,01 моль КОН образуется 0,01 моль ионов  $OH^-$ . Следовательно:

$$C(H^+) = \frac{K_{H_2O}}{C(OH^-)} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1 \cdot 10^{-2}} = 1 \cdot 10^{-12} \text{ моль/л.}$$

На практике принято реакцию водных растворов характеризовать концентрацией ионов водорода. Раствор имеет нейтральную реакцию, если в нем  $C(H^+) = C(OH^-) = 1 \cdot 10^{-7}$  моль/л. Если  $C(H^+) > 1 \cdot 10^{-7}$  моль/л, раствор имеет кислую реакцию. Кислотность раствора тем выше, чем больше концентрация ионов водорода. Раствор, в котором  $C(H^+) < 1 \cdot 10^{-7}$  моль/л, имеет щелочную реакцию. Концентрацию ионов  $H^+$  в водных растворах удобно выражать при помощи **водородного показателя рН**, который определяется как отрицательный десятичный логарифм молярной концентрации ионов водорода:  $pH = -\lg C(H^+)$ . Соответственно отрицательный десятичный логарифм концентрации гидроксильных ионов называется гидроксильным показателем и обозначается  $pOH$ :  $pOH = -\lg C(OH^-)$ .

Из уравнения  $C(H^+) \cdot C(OH^-) = 1 \cdot 10^{-14}$  следует:  $pH + pOH = 14$ .

**В нейтральном растворе  $pH = 7$ ; в кислом  $pH < 7$ ; в щелочном  $pH > 7$ .**

Причем выделяют сильно- и слабокислую среду, а также сильно- и слабощелочную:

$$pH = \overbrace{1, 2, 3}^{\text{сильнокислая}}, \underbrace{4, 5, 6}_{\text{слабокислая}}, \overbrace{7}^{\text{нейтральная}}, \underbrace{8, 9, 10}_{\text{слабощелочная}}, \overbrace{11, 12, 13, 14}^{\text{сильнощелочная}}.$$



Для количественного определения рН существуют различные способы. Например, с этой целью используются специальные приборы, называемые рН-метрами. Однако простейшим способом оценки рН является использование кислотно-основных индикаторов. Индикатор представляет собой вещество органического происхождения, способное менять окраску в зависимости от рН среды. Если известно значение рН, при котором индикатор переходит из одной окрашенной формы в другую, то по наблюдаемой окраске раствора можно судить о том, выше или ниже его рН, чем рН перехода окраски данного индикатора. Например, лакмус, один из наиболее распространенных индикаторов, изменяет окраску при рН, близком к 7. Однако изменение окраски лакмуса происходит не очень резко. Красный цвет лакмус имеет при рН, приблизительно равном 5 или ниже, а синий цвет лакмус имеет при рН, приблизительно равном 8,2 или выше.

*Таблица 3.2*

**Цвет распространенных кислотно-основных индикаторов  
в различной среде**

Индикатор	Цвет индикатора в зависимости от рН среды
Лакмус	рН<5,0 (красный) [фиолетовый] рН>8,0 (синий)
Фенолфталеин	рН<8,0 (бесцветный) [бледно-малиновый] рН>9,8 (малиновый)
Метилловый оранжевый	рН<3,1 (красный) [оранжевый] рН>4,4 (желтый)

Существуют другие индикаторы, изменяющие окраску при значениях рН между 1 и 14. Наиболее распространенные из них представлены в табл. 3.2. Из этой таблицы следует, что, например, метилловый оранжевый изменяет окраску в интервале рН от 3,1 до 4,4. При рН ниже 3,1 он имеет красную окраску. В растворах с рН в интервале от 3,1 до 4,4 метилловый оранжевый

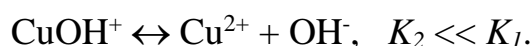
постепенно переходит в свою основную форму, имеющую желтую окраску. Когда рН достигает 4,4, переход в основную форму полностью завершается и раствор приобретает желтую окраску. Для приблизительной оценки рН растворов часто пользуются полосками бумаги, пропитанными различными индикаторами, к которым прилагается цветная шкала сравнения.

### ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

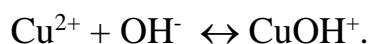
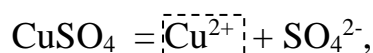
1. Рассчитайте рН раствора соляной кислоты с концентрацией 0,005 М.
2. Рассчитайте рН раствора гидроксида натрия с концентрацией  $10^{-3}$  н.
3. Вычислите рН раствора уксусной кислоты, если  $c=0,1$  М,  $K_d=1,8 \cdot 10^{-5}$ .
4. Вычислите рН 0,02 н раствора гидроксида аммония, если  $K_d=1,8 \cdot 10^{-5}$ .
5. Вычислите рН одномолярного раствора гидроксида калия с учетом активности ионов.
6. Рассчитайте рН раствора, полученного смешиванием 5 мл 0,1 М раствора КОН и 45 мл воды.
7. Рассчитайте рН раствора, полученного смешиванием 40 мл 0,01 М раствора азотной кислоты и 60 мл 0,02 М раствора соляной кислоты
7. Рассчитайте рН раствора, полученного смешиванием 5 мл 0,01 М раствора гидроксида калия и 65 мл 0,02 М раствора гидроксида натрия.
8. Рассчитайте рН раствора, полученного смешиванием 50 мл 0,01 М раствора гидроксида натрия и 55 мл 0,01 М раствора соляной кислоты.
9. Рассчитайте рН раствора, полученного смешиванием 55 мл 0,02 М раствора гидроксида натрия и 50 мл 0,02 М раствора соляной кислоты.
10. Рассчитайте рН раствора, полученного смешиванием 55 мл 0,02 М раствора гидроксида натрия и 50 мл 0,02 М раствора соляной кислоты с учетом активности ионов.
11. Рассчитайте рН раствора, полученного смешиванием 100 мл воды и 100 мл (н.у.) хлороводорода.

### 3.2. ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ

Природная вода не является нейтральной средой и характеризуется значением pH, отличным от 7. В отношении многих веществ вода может выступать не только как растворитель, но и как активный реагент, вызывающий химическое взаимодействие обменного характера, если ионы, образующиеся при диссоциации этих веществ, являются остатками слабых электролитов. Поясним механизм этого явления, рассмотрев процесс ступенчатой диссоциации какого-либо слабого электролита, например  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ :



Первое из двух записанных равновесий характеризуется константой равновесия  $K_1$ . Величина этой константы намного меньше единицы, так как речь идет о слабом электролите. Следовательно, концентрация образующихся ионов  $\text{CuOH}^+$  и  $\text{OH}^-$  очень мала. Еще меньше ионов образуется за счет второй ступени диссоциации слабого электролита, так как  $K_2 \ll K_1$  (отщепление иона  $\text{OH}^-$  от положительно заряженного иона  $\text{CuOH}^+$  требует больших энергетических затрат, чем отщепление от нейтральной молекулы  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ). Поэтому, если в воде растворить сильный электролит, образующий при диссоциации ионы  $\text{Cu}^{2+}$ , в соответствии с принципом Ле Шателье произойдет смещение анализируемых равновесий в левую сторону. При этом связывание ионов  $\text{OH}^-$  вызовет и смещение равновесия диссоциации воды, что приведет к накоплению ионов  $\text{H}^+$  и изменению характера среды в растворе:



Процессы, рассмотренные выше, объединяют под названием «гидролиз». В общем случае гидролизом называют взаимодействие ионов растворенного вещества с ионами  $\text{H}^+$  или  $\text{OH}^-$  молекул воды, ведущее к об-

**разованию** малодиссоциирующих соединений и изменению рН раствора. Явление гидролиза, вызывающее изменение характера среды, распространено в природе (табл. 3.3). **Необходимо помнить, что гидролизу подвергаются только те соли, которые содержат хотя бы один ион – остаток слабого электролита.** Только в этом случае возможно образование малодиссоциированных ионов (молекул) кислоты или основания.

### 3.2.1. Гидролиз соли, образованной слабым основанием и сильной кислотой

После растворения и диссоциации соли, образованной слабым основанием и сильной кислотой, например,  $\text{CuSO}_4$ , в растворе устанавливается равновесие с участием ионов  $\text{Cu}^{2+}$  (остаток слабого электролита  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ) и молекул  $\text{H}_2\text{O}$ :



Таблица 3.3

#### Гидролиз в природных водных системах

Водная система	Среднее значение рН
Рудничные воды колчеданных месторождений	1 - 2
Воды торфяных болот	4
Грунтовые воды (питьевые)	6,5 – 8,0
Морская вода	8,2 – 8,5
Насыщенный раствор известняка, мела ( $\text{CaCO}_3$ )	10,0

В результате гидролиза ионы  $\text{OH}^-$  частично связываются, а ионы  $\text{H}^+$  накапливаются (уравнение (3.3)). В растворе становится больше ионов водорода, чем гидроксильных групп. Среда приобретает кислый характер:  $\text{pH} < 7$ .

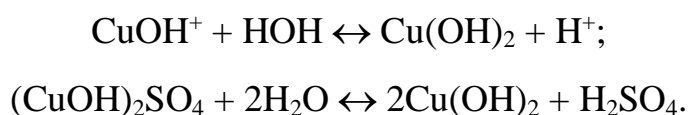
Отметим последовательность действий при анализе процесса гидролиза той или иной соли. Сначала следует определить, содержит ли соль ион – остаток слабого электролита. Например, при растворении NaCl образуются ионы Na<sup>+</sup> и Cl<sup>-</sup>, соответствующие сильным электролитам – основанию NaOH и кислоте HCl. Подобные соли гидролизу не подвергаются.

В том случае, если соль содержит ион – остаток слабого электролита, гидролиз протекать будет. Причем суть процесса выражают составлением молекулярного и ионного уравнений гидролиза. Удобнее, сделав заготовку молекулярного уравнения, начать с ионной формы взаимодействия. При этом можно воспользоваться соответствующими правилами.

**Для составления ионного уравнения гидролиза по катиону необходимо** (см. уравнение (3.3)):

1. Выписать катион слабого основания.
2. Прибавить одну молекулу воды.
3. Поставить знак равновесия.
4. Записать формулу соединения, образованного катионом слабого основания и группой OH<sup>-</sup> из воды.
5. Прибавить оставшийся от воды ион H<sup>+</sup>.

При составлении ионного уравнения гидролиза к одному катиону слабого основания прибавляем только одну молекулу воды. Это связано с тем, что при обычных условиях гидролиз протекает только по первой ступени: один ион – остаток слабого электролита взаимодействует с одной молекулой воды. При повышении температуры или сильном разведении раствора возможны следующие ступени гидролиза до образования молекул слабого электролита:



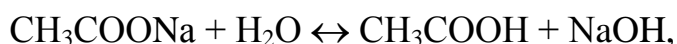
В уравнениях гидролиза ставится знак равновесия, так как гидролиз солей обратим. Например, если в результате гидролиза накапливаются ионы  $H^+$ , добавление к раствору соли какой-либо сильной кислоты вызовет смещение равновесия в сторону исходных негидролизированных ионов соли.

**Для составления молекулярного уравнения гидролиза необходимо** (смотри уравнение (3.4)):

1. Выписать формулу соли.
2. Прибавить воду.
3. Поставить знак равновесия.
4. Записать формулы веществ, образованных катионами в правой части ионного уравнения и анионом исходной соли.
5. В случае необходимости – уравнять.

### **3.2.2. Гидролиз соли, образованной сильным основанием и слабой кислотой**

Примером соли, образованной сильным основанием и слабой кислотой, является ацетат натрия  $CH_3COONa$ . При растворении в воде эта соль диссоциирует на ионы  $Na^+$  и  $CH_3COO^-$ . Ацетат-ион является остатком слабой уксусной кислоты, следовательно, исходная соль будет подвергаться гидролизу. Для составления молекулярного и ионного уравнений гидролиза можно воспользоваться правилами, подобными тем, что были рассмотрены выше для гидролиза соли, образованной слабым основанием и сильной кислотой:

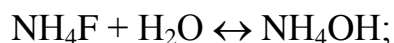


Ионы  $CH_3COO^-$ , взаимодействуя с ионами  $H^+$  воды, образуют молекулы слабодиссоциированной уксусной кислоты. Ионы же  $Na^+$  не связываются ионами  $OH^-$ , так как  $NaOH$  – сильный электролит. Уменьшение в растворе

числа ионов  $\text{H}^+$  нарушает равновесие между молекулами воды и ее ионами, вызывая диссоциацию дополнительного количества молекул воды. Вновь образующиеся ионы  $\text{H}^+$  в свою очередь связываются ионами  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  в молекулы  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , а свободные ионы  $\text{OH}^-$  накапливаются в растворе. Избыток ионов гидроксила создает щелочную среду:  $\text{pH} > 7$ .

### **3.2.3. Гидролиз соли, образованной слабым основанием и слабой кислотой**

Примером соли, образованной слабым основанием и слабой кислотой, служит фторид аммония  $\text{NH}_4\text{F}$ , гидролизующийся следующим образом:

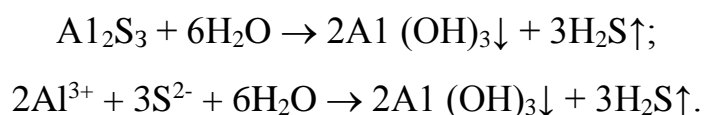


При гидролизе фторида аммония одновременно связываются ионы  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$ , т. е. образуются два слабых электролита - слабая кислота и слабое основание. Характер среды в подобных случаях зависит от относительной силы образующихся кислоты и основания. При численном равенстве констант диссоциации основания и кислоты среда будет нейтральной. Если константа диссоциации кислоты превышает константу диссоциации основания, то раствор соли будет слабокислым и, наоборот, раствор будет иметь слабощелочную реакцию, если константа диссоциации основания больше константы диссоциации кислоты.

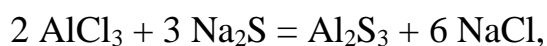
### **3.2.4. Полный гидролиз**

Возможен случай протекания гидролиза по всем возможным ступеням до полного разложения соли. Это происходит при гидролизе солей, образованных слабым основанием и слабой кислотой, когда получающиеся кислота

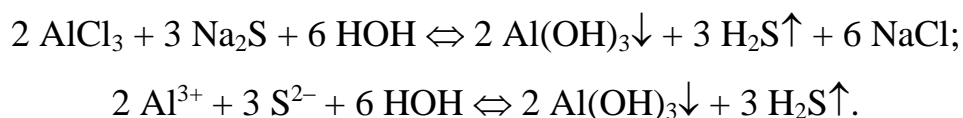
и основание очень слабые, к тому же летучие или труднорастворимые. Такие соли отмечены прочерком в таблице растворимости. Они могут быть получены только сухим путем. При контакте с водой эти соли необратимо разлагаются, так как протекает полный гидролиз. В результате полного гидролиза образуются осадок слабого основания и молекулы слабой кислоты. Например, взаимодействие  $Al_2S_3$  (в таблице растворимости данная соль отмечена прочерком) с водой протекает следующим образом:



Если взять растворы растворимых солей алюминия (например,  $AlCl_3$ ) и сульфидов (например,  $Na_2S$ ), то в каждый из растворов гидролизован I ступен, что доказывается изменением окраски индикатора. Если слить оба эти раствора, то должна произойти реакция ионного обмена:



но в водном растворе соль  $Al_2S_3$  существовать не может – она сразу разлагается, что видно по выпавшему белому осадку гидроксида алюминия. Сложив одновременно протекающие две стадии взаимодействия хлорида алюминия и сульфида натрия, получим:



Такая реакция называется *совместным гидролизом*.

### 3.2.5. Количественные аспекты гидролиза

Для количественной характеристики процесса гидролиза используют две величины – **степень гидролиза** и константу гидролиза.

Отношение концентрации гидролизованной части молекул к общей концентрации соли в растворе называют степенью гидролиза:



$$h = C_{\text{гидр.}} / C_{\text{общ.}}$$

где  $h$  – степень гидролиза;  $C_{\text{гидр.}}$  – концентрация гидролизированных молекул соли;  $C_{\text{общ.}}$  – общая концентрация соли в растворе.

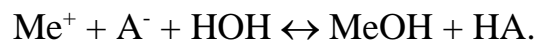
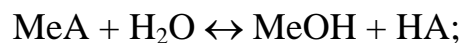
Степень гидролиза соли зависит от нескольких факторов:

1) от константы диссоциации кислоты или основания, образующихся в процессе гидролиза. Чем меньше константа диссоциации, тем больше степень гидролиза;

2) от температуры. При нагревании раствора гидролиз усиливается, так как увеличивается степень диссоциации воды;

3) для солей, образованных сильными кислотами и слабыми основаниями, а также сильными основаниями и слабыми кислотами, степень гидролиза также возрастает при разбавлении раствора.

Запишем в общем виде уравнение реакции гидролиза соли MeA, образованной слабым основанием MeOH и слабой кислотой HA:



Константа равновесия для гидролиза рассматриваемой соли имеет вид:

$$K = \frac{C(\text{MeOH}) \cdot C(\text{HA})}{C(\text{Me}^+) \cdot C(\text{A}^-) \cdot C(\text{H}_2\text{O})}. \quad (3.5)$$

Для разбавленного раствора можно принять, что молярная концентрация воды в результате реакции гидролиза практически не меняется и имеет почти то же значение, что и для чистой воды, а именно 55,5 моль/л. Объединяя в уравнении (3.5) две постоянные величины  $K$  и  $C(\text{H}_2\text{O})$  в одну – константу гидролиза  $K_{\text{гидр}}$  получим:

$$K_{\text{гидр}} = K \cdot C(\text{H}_2\text{O}) = \frac{C(\text{MeOH}) \cdot C(\text{HA})}{C(\text{Me}^+) \cdot C(\text{A}^-)}. \quad (3.6)$$

**Константа гидролиза** зависит от температуры и природы растворенной соли, но в области больших разбавлений практически не зависит от концентрации. Константа гидролиза показывает, насколько велика концентрация

молекул слабого основания и молекул слабой кислоты в сравнении с концентрацией соответствующих катионов и анионов после установления равновесия гидролиза.

Умножим в равенстве (3.6) числитель и знаменатель дроби на величину  $C(H^+) \cdot C(OH^-)$ :

$$K_{\text{гидр}} = \frac{C(M) \cdot C(МеОС(НА)) \cdot C(H^+) \cdot C(OH^-)}{C(Ме^+) \cdot C(A^-) \cdot C(H^+) \cdot C(OH^-)} = \frac{K_{H_2O}}{K_{МеOH} \cdot K_{НА}}$$

Следовательно, константа гидролиза соли, образованной катионом слабого основания и анионом слабой кислоты, равна ионному произведению воды, деленному на произведение констант диссоциации кислоты и основания. Чем слабее основание или кислота, катион и анион которых входят в состав соли, тем в большей степени соль будет подвергаться гидролизу, тем больше будет значение соответствующей константы гидролиза.

### ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Вычислите константу гидролиза, степень гидролиза и рН для 0,005 н раствора KCN, если  $K_d(\text{HCN}) = 7,2 \cdot 10^{-10}$ .

2. Вычислите константы гидролиза по первой и второй ступеням для  $\text{CuCl}_2$ , если  $K_{d1}(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 3,4 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_{d2}(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 3,4 \cdot 10^{-7}$ .

3. Вычислите константу гидролиза  $\text{Li}_3\text{PO}_4$ , по первой, второй и третьей ступеням, если  $K_{d1}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 7,1 \cdot 10^{-3}$ ,  $K_{d2}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 6,3 \cdot 10^{-8}$ ,  $K_{d3}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 4,4 \cdot 10^{-13}$ .

4. Вычислите степень гидролиза и рН для 0,05 М раствора ацетата натрия, если  $K_d(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

5. Вычислите константу гидролиза ацетата аммония, если  $K_d(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ,  $K_d(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

### 3.3. БУФЕРНЫЕ РАСТВОРЫ

Буферными называют растворы, рН которых практически не изменяется от добавления к ним небольших количеств сильной кислоты или щелочи, а также при разведении. Простейший буферный раствор – это смесь слабой кислоты и соли, имеющей с этой кислотой общий анион (например, смесь уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и ацетата натрия  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ), либо смесь слабого основания и соли, имеющей с этим основанием общий катион (например, смесь гидроксида аммония  $\text{NH}_4\text{OH}$  с хлоридом аммония  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).

Рассмотрим, на чем основано буферное действие таких систем, т.е. их способность стабилизировать на определенном уровне концентрации ионов водорода и рН раствора при добавлении воды или небольших количеств кислоты и щелочи.

Константа электролитической диссоциации уксусной кислоты при 25 °С

$$K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{C(\text{H}^+) \cdot C(\text{CH}_3\text{COOH})}{C(\text{CH}_3\text{COO}^-)} = 1,75 \cdot 10^{-5},$$

$$\text{откуда } C(\text{H}^+) = \frac{C(\text{CH}_3\text{COOH})}{C(\text{CH}_3\text{COO}^-)} = 1,75 \cdot 10^{-5}.$$

Так как в случае чистой кислоты концентрация ионов водорода будет равна концентрации ацетат-ионов, а равновесная концентрация уксусной кислоты практически равна ее общей концентрации, то для 0,1 н

$$[\text{H}^+] = \sqrt{0,1 \cdot 1,75 \cdot 10^{-5}} = 1,32 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л};$$

$$\text{pH} = -\lg(1,32 \cdot 10^{-3}) \approx 2,88.$$

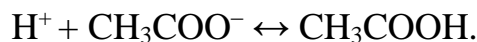
Пусть теперь к 0,1 н  $\text{CH}_3\text{COOH}$  добавлен ацетат натрия (изменением объема пренебрегаем) так, чтобы его концентрация в растворе стала равной 0,1 моль/л. Общая концентрация ацетат-ионов теперь станет равной  $0,1 + 1,32 \cdot 10^{-3}$ , т. е.  $\approx 0,1$  моль/л. Концентрация ионов водорода в буферном растворе равна

$$[H^+] = \frac{0,1}{0,1} 1,75 \cdot 10^{-5} = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л,}$$

водородный показатель

$$pH = -\lg(1,75 \cdot 10^{-5}) = -4,7570 \approx 4,76.$$

Посмотрим теперь, как изменится концентрация ионов водорода и pH раствора после добавления в него сильной кислоты, например HCl, в количестве 0,05 моль/л (пренебрегаем небольшим добавлением раствора). Если бы такое добавление HCl было сделано к чистой воде, то концентрация ионов водорода в ней увеличилась бы с  $10^{-7}$  до 0,05 моль/л (в 500 000 раз!), а pH снизился с 7,00 до 1,30 (на 5,7 единиц). Но в буферном растворе увеличение концентрации ионов водорода будет более умеренным, так как большая часть их свяжется с ацетат-ионами с образованием недиссоциированных молекул уксусной кислоты:



Благодаря этой реакции концентрация недиссоциированных молекул CH<sub>3</sub>COOH возрастет на 0,05 моль/л и станет равной 0,15 моль/л, а концентрация ацетат-ионов снизится на 0,05 моль/л и станет равной 0,05 моль/л, концентрация же ионов водорода равна

$$[H^+] = \frac{0,15}{0,05} \cdot 1,75 \cdot 10^{-5} = 5,25 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л,}$$

водородный показатель

$$pH = -\lg(5,25 \cdot 10^{-5}) = 4,2798 \approx 4,28.$$

Таки образом, после добавления к буферному раствору 0,05 моль/л соляной кислоты концентрация ионов водорода увеличится в три раза, а pH снизится на  $4,76 - 4,28 = 0,48$ .

Если произвести аналогичный расчет в общем виде, то для буферного раствора, состоящего из [HAn] моль/л слабой кислоты и [KtAn] моль/л ее соли, концентрация ионов водорода

$$[H^+] = K_{HAn} \cdot \frac{[HAn] - [H^+]}{[KtAn] + [H^+]}$$

или при допущении, что  $[HAn] + [H^+] \approx [HAn]$  и  $[KtAn] + [H^+] \approx [KtAn]$ ,

$$[H^+] = K_{HAn} \cdot \frac{[HAn]}{[KtAn]}, \quad (3.7)$$

Где  $K_{HAn}$  - константа электролитической диссоциации слабой кислоты.

Логарифмируя обе части уравнения и меняя знаки на обратные, приходим к уравнению для расчета рН рассматриваемого буферного раствора:

$$pH = pK_{HAn} - \lg \frac{[HAn]}{[KtAn]}, \quad (3.8)$$

где  $pK_{HAn}$  - десятичный логарифм константы электролитической диссоциации слабой кислоты, взятый с обратным знаком.

Выражение (3.7) называют уравнением Гендерсона-Гассельбаха. Для буферного раствора, состоящего из слабого основания KtOH и соли KtAn, имеющей с этим основанием общий катион, концентрация иона гидроксила

$$[OH^-] = K_{KtOH} \frac{[KtOH]}{[KtAn]} \quad (1.9)$$

и гидроксильный показатель

$$pOH = pK_{KtOH} - \lg \frac{[KtOH]}{[KtAn]} \quad (3.10).$$

Принимая во внимание, что  $pOH = 14 - pH$ ,

$$pH = 14 - pK_{KtOH} + \lg \frac{[KtOH]}{[KtAn]}, \quad (3.11)$$

где  $pK_{KtOH}$  - десятичный логарифм константы электролитической диссоциации слабого основания, взятый с обратным знаком.

Из уравнений (3.7)-(3.11) следует, что концентрация ионов водорода в буферном растворе зависит не только от концентрации и константы электролитической диссоциации слабой кислоты или слабого основания, но и от концентрации соли, имеющей с кислотой общий анион или с основанием общий катион. Чем выше концентрация соли в буферных растворах типа слабая кислота – ее соль, тем меньше в них концентрация ионов водорода. При

сопоставимых молярных концентрациях кислоты и соли концентрация ионов водорода в таких растворах приближается к значению, равному константе диссоциации кислоты:

$$[H^+] = K_{HAn} \cdot \frac{[HAn]}{[KtAn]} \approx K_{HAn}.$$

В буферных растворах типа слабое основание – соль повышение концентрации соли приводит к повышению концентрации ионов водорода. Если разбавить буферный раствор водой, то в равной пропорции изменится как концентрация слабой кислоты или слабого основания, так и концентрация соли, концентрация ионов водорода в растворе изменится незначительно (только в связи с разным влиянием разбавления на степень электролитической диссоциации слабого электролита и соли). Так, при разбавлении буферного раствора 0,1 н  $CH_3COOH$  - 0,1 н  $CH_3COONa$  в 100 раз, его рН повышается только с 4,76 до 4,80.

Способность буферного раствора сохранять рН по мере прибавления сильной кислоты или щелочи приблизительно на постоянном уровне далеко не беспредельна и ограничена величиной так называемой буферной емкости  $B$ . За единицу буферной емкости обычно принимают емкость такого буферного раствора, для изменения рН которого на единицу требуется введение сильной кислоты или щелочи в количестве 1 моль эквивалента на 1 л раствора. Буферная емкость  $B$  может быть рассчитана по формуле

$$B = \frac{c}{pH_2 - pH_1}.$$

Буферная емкость раствора возрастает по мере увеличения концентрации его компонентов и приближения соотношения  $\frac{[HAn]}{[KtAn]}$  или  $\frac{[KtOH]}{[KtAn]}$  к единице. Общая буферная емкость артериальной крови достигает 25,3 ммоль/л; у венозной крови она несколько ниже и обычно не превышает 24,3 ммоль/л.

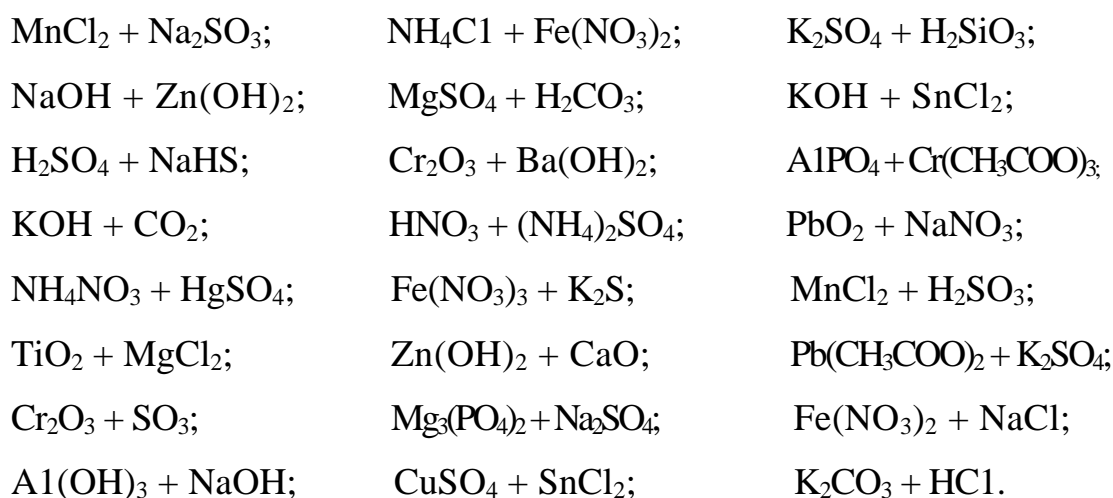
## КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Вычислите pH 0,005 н раствора гидроксида калия.
2. Определите pH 0,01 н раствора уксусной кислоты. Константа диссоциации  $\text{CH}_3\text{COOH}$  составляет  $1,8 \cdot 10^{-5}$ .
3. К 5 мл 0,01 М раствора КОН добавили 45 мл 0,02 М раствора NaOH. Чему равен pH полученного раствора?
4. К 40 мл 0,005 М раствора серной кислоты прилили 30 мл 0,02 н раствора гидроксида натрия. Чему равен pH полученного раствора?
5. К 15 мл 0,03 н раствора муравьиной кислоты прилили 12 мл 0,15 н раствора формиата калия. Рассчитайте pH, если  $K_d(\text{HCOOH})=1,8 \cdot 10^{-4}$ .
6. Вычислите pH раствора, полученного смешиванием 30 мл 0,15 н раствора уксусной кислоты и 60 мл 0,028 н раствора гидроксида натрия, если  $K_d(\text{CH}_3\text{COOH})=1,8 \cdot 10^{-5}$ .
7. Рассчитайте pH буферного раствора объёмом 100 мл, содержащего 5,36 г хлорида аммония и растворением и 1,7 г гидроксида аммония.  $K_d(\text{NH}_4\text{OH})= 1,8 \cdot 10^{-5}$ .
8. Рассчитайте величину буферной емкости фосфатного буферного раствора, если после добавления 10 мл 0,5 М раствора гидроксида натрия к 20 мл этого раствора pH последнего увеличивается с 7,2 до 8,0.
9. Сколько мл 0,2 М раствора уксусной кислоты нужно добавить к 40 мл 0,1 М раствора ацетата натрия, чтобы получить раствор с pH 4?
10. Рассчитайте pH раствора, полученного смешиванием 100 мл 0,1 М раствора уксусной кислоты и 0,4 г сухого гидроксида натрия. Константа диссоциации  $\text{CH}_3\text{COOH}$  составляет  $1,8 \cdot 10^{-5}$ .
11. Рассчитайте pH раствора, полученного при сливании 150 мл раствора уксусной кислоты с концентрацией 0,2 н и 100 мл раствора натриевой щелочи с концентрацией 0,1 М. Константа диссоциации  $\text{CH}_3\text{COOH}$  составляет  $1,8 \cdot 10^{-5}$ .

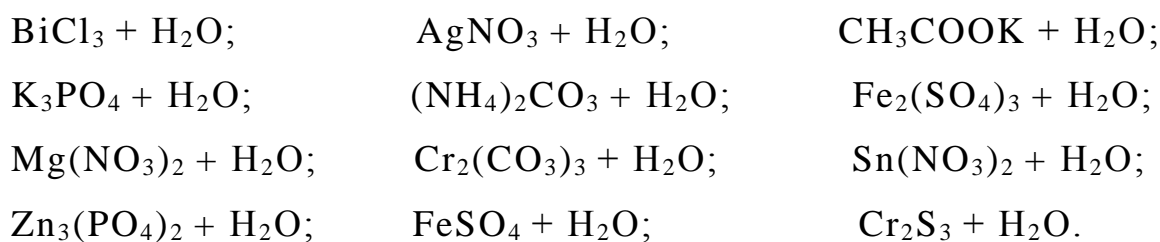
11. Рассчитайте pH раствора, полученного смешиванием 100 мл раствора соляной кислоты молярностью 0,1 М и газообразного аммиака объемом 448 мл (н.у.).  $K_d(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

12. Рассчитайте pH раствора, полученного смешиванием одинаковых объемов 0,1 М раствора фосфорной кислоты 0,1 М раствора гидроксида натрия.  $K_{d1}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 7,59 \cdot 10^{-3}$ ,  $K_{d2}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 6,17 \cdot 10^{-8}$ ,  $K_{d3}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 4,17 \cdot 10^{-13}$ .

13. Составьте молекулярные и ионные уравнения возможных реакций:



14. Составьте молекулярные и ионные уравнения возможных реакций гидролиза:





## Глава 4

# ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

### 4.1. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ

Во многих химических реакциях происходит изменение степени окисления атомов или ионов, образующих молекулы взаимодействующих веществ. Такие реакции относят к окислительно-восстановительным.

Степень окисления атома в химическом соединении - это условный заряд, которым обладал бы этот атом при полном смещении электронов, образующих химическую связь, к более электроотрицательному из взаимодействующих атомов.

Степень окисления атомов одного элемента в разных соединениях может быть различной. Когда химическая связь образована одинаковыми атомами, как, например, в молекуле  $H_2$ , электроны распределяются между ними без преимущественного смещения к одному из них. Поэтому степень окисления каждого атома водорода в молекуле  $H_2$  равна нулю.

Для определения степени окисления необходимо исходить из следующих положений:

1. Степень окисления атомов простых веществ равна нулю. Так, в  $H_2$ ,  $Cl_2$ ,  $N_2$ ,  $Al$ ,  $Fe$  степень окисления атомов равна нулю, поскольку преимущественного смещения электронов, участвующих в образовании связи, не происходит.

2. В химических соединениях более электроотрицательным элементам приписывают отрицательные степени окисления, а менее электроотрицательным - положительные. Абсолютная величина степени окисления приблизительно соответствует валентности элемента, или числу электронных пар, обобществляемых в связях, которые образует атом.

Например, водород в химических соединениях имеет степень окисления +1. Так, в  $HCl$  водороду приписывается степень окисления +1, а хлору степень окисления -1. Для водорода возможна отрицательная степень окис-

ления  $-1$ , когда он связан с менее электроотрицательным элементом, как, например, в гидридах щелочных металлов  $\text{NaH}$ ,  $\text{LiH}$  и т. п.

3. В любой молекуле сумма положительных и отрицательных степеней окисления всех атомов равна нулю. Например, в  $\text{CO}_2$  кислороду приписывается степень окисления  $-2$ , поскольку он более электроотрицательный элемент. Следовательно, углероду нужно приписать степень окисления  $+4$ .

Периодическая система элементов Д. И. Менделеева позволяет найти закономерности, с помощью которых можно определять степени окисления элементов. Степени окисления элементов испытывают периодические изменения. Все щелочные металлы (главная подгруппа первой группы элементов) имеют в соединениях степень окисления  $+1$ . Эти металлы образуют химические связи с другими элементами, теряя один электрон. Элементы второй группы в химических соединениях находятся в состоянии окисления  $+2$ . В третьей группе наиболее часто встречающийся в природе элемент алюминий в соединениях всегда проявляет степень окисления  $+3$ .

Наиболее электроотрицательный элемент фтор проявляет степень окисления  $-1$ . Другие неметаллы имеют отрицательные степени окисления во всех случаях, когда они связаны с менее электроотрицательным элементом. Кислород всегда встречается в состоянии окисления  $-2$  (исключения - фторид кислорода  $\text{OF}_2$  и перекись водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$ . В первом из этих соединений степень окисления кислорода  $+2$ , во втором, как и в других пероксидах,  $-1$ ).

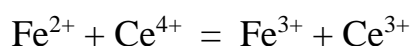
При обсуждении окислительно-восстановительных реакций принято считать вещество, понижающее степень окисления образующих его частиц, окислителем. Окислитель обладает повышенным сродством к электрону. Поскольку окислитель присоединяет электроны, он восстанавливается, т. е. уменьшает свою степень окисления.

Аналогично вещество, которое отдает электроны, т. е. повышает степень окисления образующих его атомов или ионов, называется восстановителем.

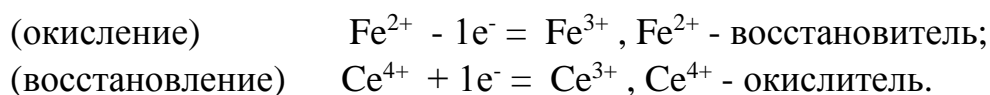
### 4.1.1. Составление уравнений методом окислительно-восстановительных полуреакций

В окислительно-восстановительных реакциях процессы окисления и восстановления происходят совместно: если одно вещество присоединяет электроны и тем самым восстанавливается, то другое вещество должно отдавать электроны и, следовательно, окисляться. Окисление и восстановление идут одновременно, один из этих процессов не может происходить без другого. Тем не менее удобно рассматривать каждый из них отдельно.

Например, реакцию окисления иона  $\text{Fe}^{2+}$  ионом  $\text{Ce}^{4+}$ :



можно представить как совокупность двух процессов. Один из них – окисление  $\text{Fe}^{2+}$ , другой - восстановление  $\text{Ce}^{4+}$  :



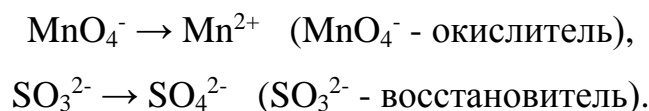
Такие уравнения, описывающие только окисление или только восстановление, называются полуреакциями. Число электронов, теряемое в полуреакции окисления, должно быть равно числу электронов, приобретаемых в полуреакции восстановления. Если это условие выполнено, при суммировании полуреакций может быть получено стехиометрически сбалансированное уравнение окислительно-восстановительной реакции.

На практике для уравнивания окислительно-восстановительных реакций применяется несколько методов, различающихся уровнем сложности и количеством дополнительно подбираемых стехиометрических коэффициентов. Более часто применяется так называемый ионно-электронный метод или метод полуреакций. Суть метода заключается в том, что окислитель, восстановитель, среду реакции и продукты взаимодействия записывают в виде ионов, если они - сильные электролиты. Процессы окисления и восстановления при этом рассматривают в виде полуреакций.

В качестве примера составим уравнение реакции между перманганатом калия и сульфитом натрия, протекающей в кислой среде:



Для расстановки коэффициентов в уравнении реакции (4.1) выполним следующие действия. Сначала запишем в виде схемы две полуреакции, в одной из которых участвует окислитель, а в другой - восстановитель:



Затем уравняем по отдельности каждую полуреакцию. При этом сначала уравняем число атомов, подвергающихся окислению или восстановлению, затем остальные элементы и, наконец, заряды. Если реакция проводится в кислом водном растворе, к реагентам добавляют ионы  $\text{H}^+$  и молекулы  $\text{H}_2\text{O}$ , чтобы уравнять число атомов водорода и кислорода. Аналогично для реакции в щелочной среде при составлении полных полуреакций прибавляют  $\text{OH}^-$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Соответствующее правило отражено в табл. 4.1.

Таблица 4.1

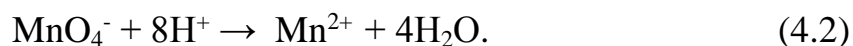
**Добавление и связывание ионов кислорода при составлении полуреакций окисления – восстановления**

Характер среды	Добавление ионов $\text{O}^{2-}$	Связывание ионов $\text{O}^{2-}$
Кислая	$\text{H}_2\text{O} = \text{O}^{2-} + 2\text{H}^+$	$\text{O}^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$
Нейтральная	$\text{H}_2\text{O} = \text{O}^{2-} + 2\text{H}^+$	$\text{O}^{2-} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{OH}^-$
Щелочная	$2\text{OH}^- = \text{O}^{2-} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{O}^{2-} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{OH}^-$

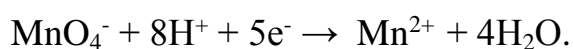
В полуреакции для перманганат-иона в обеих частях уравнения есть по одному атому марганца. Однако в левой части содержатся четыре атома кислорода, тогда как в правой части нет ни одного. Чтобы уравнять четыре атома кислорода, содержащиеся в  $\text{MnO}_4^-$ , следует ввести в число продуктов четыре молекулы  $\text{H}_2\text{O}$ :



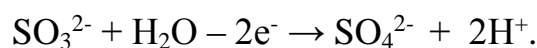
Для того чтобы уравнять восемь атомов водорода, которые появились после предыдущей операции среди продуктов, добавим к исходным реагентам  $8\text{H}^+$ :



На этой стадии в обеих частях полуреакции (4.2) содержится равное число атомов каждого элемента, но необходимо уравнять и заряды. Суммарный заряд реагентов в левой части составляет  $+8 + (-1) = +7$ , заряд продуктов равен  $+2 + 4(0) = +2$ . Чтобы уравнять заряды, к левой части полуреакции (10.2) надо добавить пять электронов:

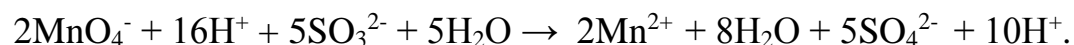
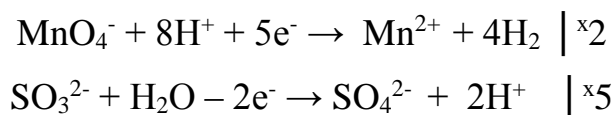


Выполнив аналогичные действия для сульфит-иона, придем к следующей полуреакции окисления:

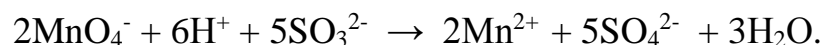


На последней стадии уравнение каждой полуреакции умножают на такой множитель, чтобы число электронов, присоединяемое в одной полуреакции, совпало с числом электронов, отдаваемых в другой полуреакции. Затем полуреакции суммируют и получают сбалансированное уравнение полной реакции.

В рассматриваемом примере полуреакцию с перманганат-ионом следует умножить на 2, а полуреакцию с сульфит-ионом умножить на 5. Полное сбалансированное уравнение представляет собой сумму полуреакций:



После сокращения в левой и правой частей суммарного уравнения ионов водорода и молекул воды получим:



Теперь запишем полное уравнение окислительно-восстановительной реакции в молекулярной форме:



Отметим, что уравнение составлено верно, если число атомов каждого химического элемента в левой и правой частях уравнения совпадают.

Метод полуреакций - не единственный метод уравнивания окислительно-восстановительных взаимодействий. Отметим другой распространенный метод, называемый методом электронного баланса. В качестве примера рассмотрим ту же реакцию перманганата калия с сульфитом натрия в кислой среде.

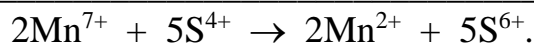
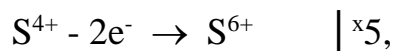
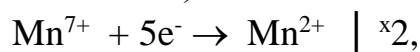
Для уравнивания реакции методом электронного баланса поступают следующим образом:

1. Определяют степень окисления каждого элемента в обеих частях уравнения для выяснения, какие элементы подвергаются окислению и восстановлению. В рассматриваемом примере степень окисления марганца изменяется от +7 в  $\text{MnO}_4^-$  до +2 в  $\text{Mn}^{2+}$ , а степень окисления серы изменяется от +4 в  $\text{SO}_3^{2-}$  до +6 в  $\text{SO}_4^{2-}$ .

2. Определяют изменение степени окисления каждого элемента при окислении или восстановлении. Эти изменения представляют в виде схемы:



3. С учетом установленных изменений степеней окисления уравнивают число присоединяемых электронов (процесс восстановления) и число отдаваемых электронов (процесс окисления):



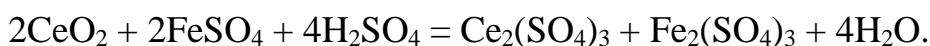
4. После определения коэффициентов для окислителя и восстановителя методом подбора уравнивают число атомов остальных элементов.

В рассмотренном примере итоговое уравнение реакции идентично тому, что было получено методом полуреакций (ионно-электронным методом).

Однако метод полуреакций менее трудоемок в плане дополнительного уравнения ионов, сохраняющих степень окисления, и, кроме этого, позволяет подбирать среду реакции, если она заранее не известна.

Отметим, если в каждой из окислительно-восстановительных пар (в каждой из полуреакций) переносится одинаковое число электронов, то реакцию называют комплементарной, если неодинаковое, - некомплементарной.

**Комплементарная реакция:**



**Некомплементарная реакция:**



Некомплементарные окислительно-восстановительные реакции обычно медленнее комплементарных, так как в случае некомплементарного взаимодействия механизм реакции более сложный, связанный с образованием промежуточных соединений.

Те реакции, в которых окисленная и восстановленная формы отличаются только числом электронов, проходят быстро. Медленно протекают окислительно-восстановительные реакции, в которых перенос электронов осуществляется атомами или группами атомов и сопровождается их перегруппировкой, например, реакции с участием перманганат ( $\text{MnO}_4^-$ ) или бихромат ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) - ионов. Некоторые реакции по этой причине практически не идут, например, реакция с участием пары  $\text{ClO}_4^-/\text{Cl}^-$ , так как скорость ее чрезвычайно мала из-за необходимости разрушить устойчивую структуру иона  $\text{ClO}_4^-$ .

## 4.2. ОБРАЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ

Любой контакт поверхности металла с раствором электролита сопровождается распределением зарядов в виде двойного электрического слоя. При этом возникающая разность потенциалов на границе металл - электролит определяется следующими процессами:

1. Ионизация металла с образованием положительных ионов и свободных электронов («электронный газ»):

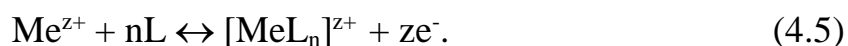


Данный процесс обусловлен особым строением кристаллической решетки металла, в узлах которой расположены катионы, находящиеся в равновесии со свободными электронами внешних электронных оболочек.

2. Сольватация катионов при взаимодействии с молекулами  $L$  растворителя:



Суммарный процесс можно представить следующей реакцией:



Каждому из процессов (4.3) и (4.4) соответствует свой тепловой эффект. Так, диссоциация протекает с поглощением энергии  $U_d$ , а сольватация с выделением  $U_{\text{solv}}$ . Поэтому соотношение  $U_d / U_{\text{solv}}$  фактически определяет направление результирующего процесса (4.5). Например, когда  $U_{\text{solv}} > U_d$ , происходит переход катионов металла в раствор.

Переход катионов в раствор характерен для активных металлов, при этом раствор около поверхности металла приобретает избыточный положительный заряд, а поверхность металла - отрицательный; на границе металл - раствор возникает скачок потенциала. По мере увеличения концентрации катионов в растворе у поверхности металла выход ионов из металла уменьшается, а процесс их адсорбции из раствора интенсифицируется. При равенстве скоростей этих процессов устанавливается динамическое равновесие.

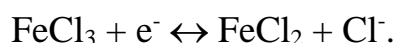


Сольватированные (гидратированные – в случае водных растворов) катионы металла в растворе и оставшиеся в кристаллической решетке электроны образуют двойной электрический слой. Изменение потенциала  $\phi$  в этом слое суммарно складывается из скачка потенциала  $\psi$  в слое жестко ориентированных катионов у поверхности металла (так называемый адсорбционный слой) и скачка потенциала  $\psi'$  в менее упорядоченном размытом слое (так называемый диффузный слой):  $\phi = \psi + \psi'$ .

В противоположность рассмотренному случаю, из менее активных металлов, таких как Au, Ag, Cu, катионы в раствор практически не переходят. Для этих металлов  $U_{\text{solv}} < U_{\text{d}}$ . Поэтому, если, например, металлическое серебро контактирует с раствором собственной соли, преобладает переход катионов серебра из раствора на поверхность металла. В результате поверхность металла заряжается положительно, а прилегающий к ней раствор – отрицательно.

Отметим существование еще одного механизма образования скачка потенциала. Двойной электрический слой также образуется при контакте инертного металла, например, Pt с раствором, содержащим окисленную или восстановленную форму какого-либо соединения.

Так, ион  $\text{Fe}^{3+}$  в растворе  $\text{FeCl}_3$  в отсутствие восстановителей не может проявить окислительной способности. Однако если в раствор поместить металлическую платину, то катион  $\text{Fe}^{3+}$  способен отнять от поверхности металла один электрон и восстановиться до состояния  $\text{Fe}^{2+}$ :



В результате поверхность платины приобретает положительный заряд, а прилегающий слой раствора – отрицательный за счет избытка ионов  $\text{Cl}^-$ . Возникающий положительный потенциал на платине будет тем выше, чем больше окислительная способность катиона металла в растворе. В общем случае этот потенциал определяется соотношением концентраций окисленной и восстановленной формы ионов в растворе и характеризует окислитель-

но-восстановительную активность системы, например:  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}/\text{Pt}$ . Такой потенциал называют окислительно-восстановительным.

Следует помнить, что во всех рассмотренных выше случаях причиной возникновения скачка потенциала является именно окислительно-восстановительный процесс на поверхности металла, погруженного в раствор электролита. Следовательно, значение этого потенциала также характеризует окислительно-восстановительные свойства системы.

Г. Нернст, изучая потенциалы различных электродных систем, установил, что величина этих потенциалов определяется следующими факторами:

- 1) природой веществ, составляющих окислительно-восстановительную систему (каждое вещество характеризуется своим значением потенциала);
- 2) соотношением между активностями (концентрациями) этих веществ;
- 3) температурой системы.

Соответствующая зависимость выражается уравнением, носящим имя автора - **Г. Нернста**:

$$E_{\text{Ox/Red}} = E_{\text{Ox/Red}}^0 + \frac{2,3RT}{nF} \lg \frac{a_{\text{Ox}}}{a_{\text{Red}}}, \quad (4.6)$$

где  $E^0$  - стандартный электродный потенциал;  $n$  - число электронов, принимающих участие в электродном процессе;  $R$  - универсальная газовая постоянная;  $T$  - температура;  $F$  - постоянная Фарадея;  $a_{\text{Ox}}$ ,  $a_{\text{Red}}$  - активности окисленной и восстановленной форм компонентов системы.

Физический смысл величины  $E^0$  вытекает из уравнения (4.6): стандартный электродный потенциал – это потенциал системы при активности всех ее компонентов, равных единице. При выполнении данного условия  $a_{\text{Ox}} = a_{\text{Red}} = 1$ , получим  $\lg 1 = 0$  и  $E = E^0$ .

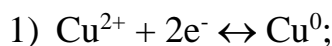
В том случае, если отдельные компоненты системы находятся в твердом состоянии или представляют собой газы, парциальное давление которых составляет одну атмосферу, их можно исключить из уравнения Нернста, так как их активности равны единице. Активности остальных компонентов следует

возвести в степень, равную соответствующему стехиометрическому коэффициенту в уравнении окислительно-восстановительной реакции.

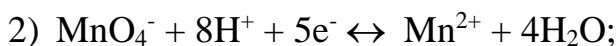
Отметим, что на практике для удобства в уравнение Нернста записывают молярные концентрации компонентов, а не их активности. Также часто постоянные величины объединяют в одну константу. Тогда для комнатной температуры (25 °C) уравнение Нернста принимает вид:

$$E_{Ox/Red} = E_{Ox/Red}^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{C_{Ox}}{C_{Red}}.$$

Рассмотрим в качестве примера общий вид уравнения Нернста для различных систем:



$$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^0} = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^0}^0 + \frac{0,059}{2} \lg C(\text{Cu}^{2+});$$



$$E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} = E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}}^0 + \frac{0,059}{5} \lg \frac{C(\text{MnO}_4^-) \cdot C^8(\text{H}^+)}{C(\text{Mn}^{2+})}.$$

Часто на ход окислительно-восстановительного процесса оказывает большое влияние характер среды. Иногда влияние среды на ход окислительно-восстановительного процесса так велико, что некоторые реакции могут осуществляться только в кислой или щелочной среде.

От pH среды нередко зависит и количество электронов, присоединяемых молекулой (ионом) окислителя или отдаваемых молекулой (ионом) восстановителя. Так, например, перманганат калия  $\text{KMnO}_4$  при диссоциации в водных растворах образует ионы  $\text{MnO}_4^-$ . Эти ионы, выступая в роли окислителя, в кислой среде восстанавливаются с образованием иона  $\text{Mn}^{2+}$ , в сильнощелочной - с образованием  $\text{MnO}_4^{2-}$ -иона, в слабощелочной и нейтральной - с образованием молекул  $\text{MnO}_2$ .

Обычно при анализе окислительно-восстановительного процесса его разбивают на две полуреакции:

1) восстановительную, включающую ион (атом) - восстановитель, вместе со своей окисленной формой;

2) окислительную, включающую ион (атом) - окислитель, вместе со своей восстановленной формой.

Часто полуреакции включают не только атомы, изменяющие свою степень окисления, но и взаимодействующие с ними ионы  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$  среды. Любая полуреакция, являющаяся в одной окислительно-восстановительной реакции окислительной, может выступить в другой реакции в роли восстановительной.

Для решения вопроса, может ли одна полуреакция по отношению к другой полуреакции выступить в качестве восстановительной или окислительной, используют таблицу стандартных электродных потенциалов (табл. 4.2).

В табл. 4.2 каждая из окислительно-восстановительных полуреакций охарактеризована величиной стандартного электродного потенциала при 25 °С. Чем больше значение потенциала  $E^\circ$ , тем выше окислительная способность. Окисленная форма иона (атома) в полуреакции, имеющей более высокое значение  $E^\circ$ , может принимать электроны от восстановленной формы другого иона (атома) из полуреакции, имеющей меньшее значение  $E^\circ$ . После перехода электронов окисленная форма иона (атома) в первой полуреакции (высшая степень окисления) превращается в восстановленную форму (низшая степень окисления), а восстановленная форма иона (атома) второй полуреакции - в окисленную. Например, ионы  $\text{MnO}_4^-$  в кислой среде ( $E^\circ = 1,51 \text{ В}$ ) могут служить окислителями для хлорид-ионов  $\text{Cl}^-$  ( $E^\circ = 1,36 \text{ В}$ ), превращая их в молекулы  $\text{Cl}_2$ , переходя при этом в ионы  $\text{Mn}^{2+}$ .

Потенциалы полуреакций указывают, насколько легко окисляются или восстанавливаются соответствующие частицы. Чем более положительна величина  $E^\circ$  для полуреакции, тем больше тенденция к протеканию этой полуреакции в том направлении, в котором она записана.

Таблица 4.2

## Значения стандартных электродных потенциалов

Окислительно–восстановительная полуреакция	$E^0$ , В
$\text{Ag}^+ + e^- \leftrightarrow \text{Ag}$	+0,799
$\text{Al}^{3+} + 3e^- \leftrightarrow \text{Al}$	-1,66
$\text{Ba}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Ba}$	-2,90
$\text{Br}_2 + 2e^- \leftrightarrow 2\text{Br}^-$	+1,065
$\text{Ca}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Ca}$	-2,87
$\text{Cd}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Cd}$	-0,403
$\text{Ce}^{4+} + e^- \leftrightarrow \text{Ce}^{3+}$	+1,61
$\text{Cl}_2 + 2e^- \leftrightarrow 2\text{Cl}^-$	+1,359
$\text{Co}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Co}$	-0,277
$\text{Co}^{3+} + e^- \leftrightarrow \text{Co}^{2+}$	+1,842
$\text{Cr}^{3+} + 3e^- \leftrightarrow \text{Cr}$	-0,74
$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Cu}$	+0,37
$\text{Fe}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Fe}$	-0,440
$\text{Fe}^{3+} + e^- \leftrightarrow \text{Fe}^{2+}$	+0,771
$2\text{H}^+ + 2e^- \leftrightarrow \text{H}_2$	0,000
$\text{Hg}_2^{2+} + 2e^- \leftrightarrow 2\text{Hg}$	+0,789
$2\text{Hg}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Hg}_2^{2+}$	+0,920
$\text{Hg}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Hg}$	+0,854
$\text{Li}^+ + e^- \leftrightarrow \text{Li}$	-3,05
$\text{Mg}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Mg}$	-2,37
$\text{Mn}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Mn}$	-1,18
$\text{Na}^+ + e^- \leftrightarrow \text{Na}$	-2,71
$\text{Ni}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Ni}$	-0,28
$\text{Pb}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Pb}$	-0,126
$\text{Sn}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Sn}$	-0,136
$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Zn}$	-0,763

К наиболее распространенным окислителям относятся галогены, кислород и такие анионы, как, например,  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{ClO}_3^-$  и  $\text{NO}_3^-$ , в которых центральный атом имеет высокую положительную степень окисления. В качестве окислителей иногда также используются ионы металлов с высокими положительными степенями окисления, как, например,  $\text{Ce}^{4+}$ , который легко восстанавливается до  $\text{Ce}^{3+}$ .

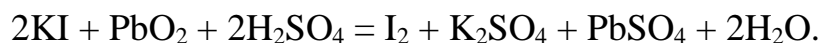
В качестве восстановителей часто используются водород  $\text{H}_2$  и многие металлы. Растворы восстановителей трудно хранить длительное время, поскольку они взаимодействуют с присутствующим в воздухе  $\text{O}_2$ , являющимся хорошим окислителем.

Разность между стандартными потенциалами полуреакций определяет возможность протекания интересующей реакции. Предположим, речь идет об осуществлении окислительно-восстановительного взаимодействия:

окислитель I + восстановитель II = восстановитель I + окислитель II  
с известными потенциалами  $E^0_{(\text{окислитель I/восстановитель I})}$  и  $E^0_{(\text{окислитель II/восстановитель II})}$ .

Решить вопрос о возможности протекания данного взаимодействия можно путем сравнения величины потенциала полуреакции, используемой в качестве окислительной ( $E^0_{(\text{окислитель I/восстановитель I})}$ ) и потенциала полуреакции, используемой в качестве восстановительной ( $E^0_{(\text{окислитель II/восстановитель II})}$ ). Реакция будет протекать в прямом направлении (слева направо) при большем потенциале первой полуреакции. Если же для первой полуреакции потенциал меньше, предполагаемая реакция не пойдет; принципиально возможной будет обратная реакция.

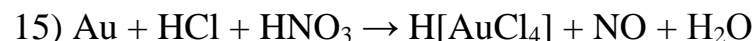
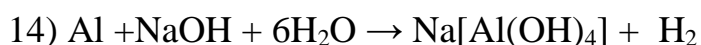
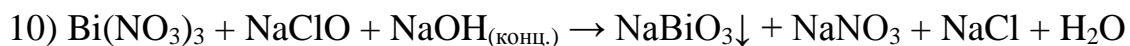
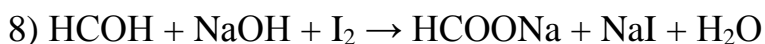
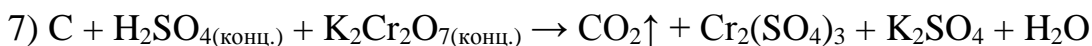
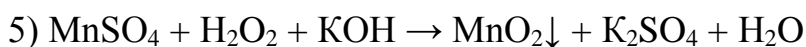
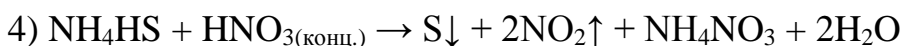
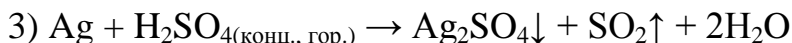
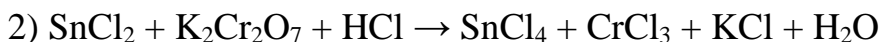
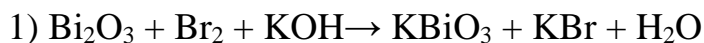
Например, выясним, в каком направлении будет протекать реакция между диоксидом свинца  $\text{PbO}_2$  и иодидом калия  $\text{KI}$  в кислой среде:



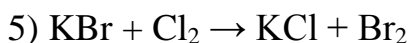
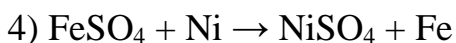
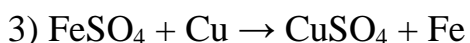
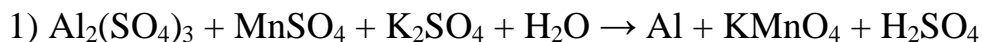
Для ответа на поставленный вопрос сравним величины соответствующих окислительно-восстановительных потенциалов:  $E^0(\text{PbO}_2/\text{Pb}) = + 1,68 \text{ В}$ ;  $E^0(\text{I}_2/2\text{I}^-) = + 0,53 \text{ В}$ . Первый потенциал больше, следовательно, окислителем будет выступать  $\text{PbO}_2$ , а реакция будет протекать слева направо.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Расставьте коэффициенты в реакциях методом электронно-ионного баланса:



2. Определите направление протекания окислительно-восстановительной реакции, расставьте коэффициенты :



## Глава 5

### ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

#### 5.1. ОСНОВЫ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Гравиметрический (весовой) анализ долгое время был единственным приемом определения количественного состава вещества и сыграл большую роль при установлении химических законов. Гравиметрический анализ применяют при определении химического состава горных пород, минералов; установлении качества сырья и готовой продукции; определении зольности, влажности углей. Наиболее существенным достоинством гравиметрического метода является высокая точность анализа. Обычная погрешность гравиметрического определения составляет 0,01...0,1%. Погрешности зависят главным образом от полноты осаждения и от чистоты получаемого осадка.

Предел обнаружения гравиметрического метода ограничен растворимостью осадка и чувствительностью аналитических весов. Диапазон содержания определяемых веществ колеблется от сотых долей до десятков процентов. Достоинством метода является отсутствие необходимости градуировок по стандартным образцам: для расчета результатов достаточно знания химических формул.

Основным недостатком метода является длительность определений.

В основе гравиметрического анализа лежит химическая реакция между анализируемым веществом и раствором осаждающего реактива.

Метод осаждения включает такие операции, как:

- подготовка вещества к анализу;
- взятие и растворение навески;
- осаждение определяемого компонента;
- фильтрование и промывание осадка;
- высушивание и прокаливание осадка до постоянной массы;



- определение массы осадка;
- расчет результатов анализа.

Соединение, которое осаждается из раствора при взаимодействии определяемого компонента с реагентом-осадителем, называется осаждаемой формой.

В результате обработки осаждаемой формы, а особенно при прокаливании, состав осадка может измениться, поэтому гравиметрической формой называют взвешиваемое соединение (табл.5.1).

*Таблица 5.1*

### Примеры осаждаемых и гравиметрических форм

Ион	Осаждающий реактив	Осаждаемая форма	Гравиметрическая форма
Ba <sup>2+</sup>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	BaSO <sub>4</sub>	BaSO <sub>4</sub>
Ca <sup>2+</sup>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	CaO
Al <sup>3+</sup>	NH <sub>4</sub> OH	Al(OH) <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

В гравиметрическом анализе могут использоваться не все реакции с образованием осадка, а только те, которые соответствуют определенным требованиям.

## 5.2. ТРЕБОВАНИЯ К ОСАДКАМ

Требование к осаждаемой форме:

- осаждаемая форма должна обладать малой растворимостью;
- структура осадка должна быть такой, чтобы можно было с достаточной скоростью проводить фильтрование и промывание осадков;
- осаждаемая форма должна достаточно легко и полностью превращаться в гравиметрическую форму.

Требования в гравиметрической форме:

- состав осадка после прокаливания должен отвечать определенной химической формуле;
- осадок должен быть устойчив к воздействию внешних факторов (углекислого газа, водяных паров);
- молярная масса осадка должна быть по возможности бóльшей (тогда потери в ходе определения меньше повлияют на результаты анализа).

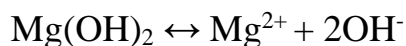
Количество осадка находится в зависимости от свойств осадителя. Желательно, чтобы осадитель был веществом летучим, так как если он полностью не будет удален при промывании осадка, то улетучится при прокаливании (поэтому Fe осаждают  $\text{NH}_4\text{OH}$ , а не  $\text{NaOH}$ ). Количество осадителя рассчитывают по уравнению реакции и обычно берут полутора кратный избыток этого реактива. Бóльший избыток осадителя не рекомендуется, так как он может вызвать повышение растворимости осадка вследствие образования комплексных соединений и солевого эффекта.

В зависимости от природы соединения, осадок может иметь кристаллическую или аморфную структуру. Кристаллические осадки должны иметь достаточно крупные кристаллы, которые не проходили бы сквозь поры фильтра. Аморфные осадки не должны быть рыхлыми, чтобы хорошо отфильтровываться. Следует предусмотреть и создать такие условия осаждения, при которых требования, предъявляемые к осадкам, будут удовлетворены.

### **5.3. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ОСАЖДЕНИЯ**

Условием выпадения осадка является превышение в данном растворе табличного значения произведения растворимости (ПР). Если в состав осадка входит  $\text{OH}^-$ -ион, то на растворимость гидроксидов влияет концентрация ионов водорода (рН). Величину рН, необходимую для достижения полного оса-

ждения гидроксида, можно рассчитать из уравнения ПР. Для гидроксида магния



$$\text{ПР}(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 6,0 \cdot 10^{-10}$$

$$\text{ПР}(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 6,0 \cdot 10^{-10} = C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C^2(\text{OH}^-).$$

$$\text{Отсюда } C(\text{OH}^-) = \sqrt{\frac{\text{ПР}(\text{Mg}(\text{OH})_2)}{C(\text{Mg}^{2+})}} \text{ моль/л.}$$

Если в исходном растворе  $C(\text{Mg}^{2+}) = 0,1$  моль/л, то условием выпадения  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  будет  $C(\text{OH}^-) \geq \sqrt{\frac{6,0 \cdot 10^{-10}}{0,1}} = 7,8 \cdot 10^{-5}$  моль/л, откуда  $C(\text{H}^+) \leq 1,0 \cdot 10^{-14} / 7,8 \cdot 10^{-5} = 1,3 \cdot 10^{-10}$  моль/л. Таким образом, рН начала осаждения  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  из 0,1 М раствора равен 9,9.

Осаждение считают полным, если в растворе остается масса вещества, которая меньше, чем чувствительность аналитических весов, то есть меньше  $1,0 \cdot 10^{-4}$  г. Если молярную массу осаждаемого соединения принять равной 100 г/моль и объем раствора 1 л, то молярная концентрация осаждаемого вещества в растворе над осадком составит  $10^{-6}$  моль/л. Осаждение считают полным, если концентрация осаждаемого вещества в растворе станет равной  $10^{-6}$  моль/л. Тогда рН полного осаждения  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  можно рассчитать:

$$C(\text{Mg}^{2+}) = 10^{-6} \text{ моль/л;}$$

$$C(\text{OH}^-) = \sqrt{\frac{6,0 \cdot 10^{-10}}{10^{-6}}} = 2,45 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л;}$$

$$C(\text{H}^+) = 10^{-14} / 2,45 \cdot 10^{-2} = 4,08 \cdot 10^{-13} \text{ моль/л;}$$

$$\text{рН} = 12,4.$$

Некоторые гидроксиды, например  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , способны образовывать коллоидные растворы, что удерживает вещество в жидкой фазе. Чтобы предупредить возникновение коллоидных растворов, создать условия для образования плотных осадков (плотные осадки быстрее можно фильтровать, их легче отмыть от примесей), необходимо осаждение проводить:

- из концентрированных растворов концентрированным раствором осадителя (после осаждения раствор сразу разбавляют горячей дистиллированной водой, чтобы уменьшить концентрацию посторонних ионов в растворе и их адсорбцию на поверхности осадка);
- из горячего раствора в присутствии электролита-коагулятора;
- после осаждения осадки сразу же отфильтровывают и промывают.

#### 5.4. ОТДЕЛЕНИЕ ОСАДКА ОТ РАСТВОРА

Фильтрация и промывание осадков – очень ответственные операции, от тщательности выполнения которых в значительной мере зависит точность результатов анализа. В гравиметрическом методе для фильтрации осадков используют так называемые беззольные фильтры, т.е. фильтры, очищенные от большей части минеральных веществ промыванием соляной и фтороводородной кислотами. При сгорании они оставляют такое малое количество золы, что им можно пренебречь.

Приступая к фильтрации, важно правильно поместить фильтровальную бумагу в воронку. Стандартный круглый лист складывают пополам. Второй раз фильтр складывают так, чтобы получился тупой угол. Изменяя этот угол, добиваются, чтобы фильтр плотно прилегал к стенкам воронки. Затем фильтр наполняют водой и чистым пальцем осторожно прижимают к воронке, стараясь удалить пузырьки воздуха, образовавшиеся между нею и фильтром. Если фильтр заправлен правильно, то при фильтрации трубка воронки обычно целиком заполняется фильтратом, сама масса которого вытеканием ускоряет фильтрацию.

Чтобы при фильтрации поры фильтра возможно дольше не забивались частицами осадка, жидкость декантируют. **Декантацией** называется осторожное сливание жидкости с отстоявшегося осадка на фильтр. Эту операцию во избежание разбрызгивания необходимо проводить с помощью

стеклянной палочки. Палочку держат вертикально, носик стакана касается палочки. Фильтр нельзя наполнять жидкостью до краев. Уровень жидкости должен быть на 5 мм ниже края фильтра.

Для очистки осадка от адсорбированных им примесей и остатков раствора, в котором проводилось осаждение, необходимо промывание полученного осадка. Чтобы избежать перевода осадка в коллоидное состояние и потери коллоидных частиц через фильтр, осадок промывают не чистой водой, а разбавленным раствором электролита. Применяемый электролит должен полностью удаляться из осадка при прокаливании.

Операцию промывания сначала проводят декантацией. При промывании декантацией в стакан с осадком наливают небольшое количество промывной жидкости, хорошо перемешивают, дают частицам осесть как можно плотнее, сливают жидкость по палочке на фильтр. Использование декантации сильно ускоряет отмывание осадка от примесей, потому что осадок хорошо перемешивается с промывной жидкостью и в то же время частицы его почти не забивают поры фильтра.

Промывание осадка продолжают после перенесения его на фильтр. Для более эффективного удаления примесей промывать осадок на фильтре нужно большим числом маленьких порций промывной жидкости, а не несколькими большими порциями. Чтобы принять решение о завершении промывания, делают пробу на полноту промывания: несколько миллилитров фильтрата испытывают реагентом на удаляемый ион. Промывание продолжают до тех пор, пока реакция не даст отрицательного результата.

## **5.5 ПОЛУЧЕНИЕ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕЕ МАССЫ**

Промытый осадок вместе с фильтром переносят в тигель, высушивают и прокаливают до постоянной массы. На весы нельзя помещать ни горячих, ни

холодных предметов: объект взвешивания должен принять температуру весов. Но при выдерживании горячего тигля с осадком на воздухе возможно увеличение массы осадка за счет поглощения паров воды из атмосферы. Чтобы избежать поглощения влаги, тигель с осадком помещают для охлаждения в эксикатор – специальную емкость с осушителями.

Измерение массы вещества (взвешивание) – одна из самых ответственных операций, т.к. аналитические весы представляют собой точный специально настроенный прибор.

## 5.6. РАСЧЕТЫ В ГРАВИМЕТРИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

### А. Вычисление массы определяемого соединения

**Пример.** Из раствора, содержащего сульфат железа (III), ионы  $\text{Fe}^{3+}$  осадил гидроксидом аммония. Осадок  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  высушили, прокалили, взвесили. Масса полученного  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  составила 0,0894 г. Вычислить массу железа в анализируемом растворе.

**Решение.** При решении задачи считают, что количество вещества остается постоянным. В условии задачи приведено одно значение массы. Это масса  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , количество моль которого можно рассчитать, разделив массу на молярную массу:  $0,0894 \text{ г}/M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,0894/159,69 \text{ г/моль} = 5,598 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$ .

Чтобы перейти к расчету железа, следует учесть, что 2 моль Fe образуют 1 моль  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Тогда  $m(\text{Fe}) = 5,598 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot M(\text{Fe}) = 5,598 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 55,847 = 0,0626 \text{ г}$ .

**Ответ:**  $m(\text{Fe}) = 0,0626 \text{ г}$ .

Решение этой задачи имеет смысл записать в общем виде:

$$m(\text{опред.соед.}) = m(\text{Гф}) \cdot \frac{M(\text{опред.соед.})}{M(\text{Гф})},$$

где  $m$  – масса определяемого соединения, г;  $M$  – молярная масса определяемого соединения, г/моль;  $m(\text{Гф})$  – масса гравиметрической формы, г;  $M(\text{Гф})$  – молярная масса гравиметрической формы, г/моль.

Отношение молярных масс носит название фактор перерасчета  $F$ . При вычислении фактора перерасчета  $F = \frac{M(\text{опред.соед.})}{M(\Gamma\phi)}$  молярные массы берут с соответствующим стехиометрическим коэффициентом так, чтобы количество атомов рассчитываемого элемента в числителе и знаменателе было одинаковым.

### Б. Расчет массовой доли соединения в исходном минерале

**Пример.** Из навески 0,5000 г доломита в результате анализа получено 0,2681 г  $Mg_2P_2O_7$ . Вычислить массовую долю магния и карбоната магния в доломите.

**Решение.**

$$\omega(Mg) = \frac{m(Mg)}{m(\text{навески})} \cdot 100\% ;$$

$$m(Mg) = m(Mg_2P_2O_7) \cdot \frac{2M(Mg)}{M(Mg_2P_2O_7)}.$$

$$\text{Или в одно действие } \omega(MgCO_3) = \frac{m(Mg_2P_2O_7) \cdot 2M(MgCO_3)}{M(Mg_2P_2O_7) \cdot m(\text{навески})} \cdot$$

$$\omega(Mg) = \frac{0,2681 \cdot 2 \cdot 24,312}{222,567 \cdot 0,5} \cdot 100\% = 11,71\%$$

$$\omega(MgCO_3) = \frac{0,2681 \cdot 2 \cdot 84,321}{222,567 \cdot 0,5} \cdot 100\% = 40,63\% .$$

**Ответ:**  $\omega(MgCO_3) = 40,63\%$ .

### В. Вычисление начальной навески проб для анализа

Расчет начальной навески носит приближенный характер, что обеспечивается численными значениями величин с двумя значащими цифрами.

**Пример.** Боксит содержит 19,4 %  $Al_2O_3$ . Какую навеску его следует брать для анализа гравиметрическим методом с использованием в качестве осадителя оксихинолина, если масса  $Al(C_9H_6NO)_3$  после высушивания должна

составить 0,2 г?

**Решение.**

$$m(\text{навески}) = \frac{m(\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3) \cdot M(\text{Al}_2\text{O}_3) \cdot 100}{2 \cdot M(\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3) \cdot \omega(\text{Al}_2\text{O}_3)} \cdot$$

Коэффициент 2 перед  $M(\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3)$  поставлен, чтобы количество атомов Al в числителе и знаменателе было одинаковым.

$$m(\text{навески}) = \frac{0,2 \cdot 102 \cdot 100}{2 \cdot 459 \cdot 19,4} = 0,11.$$

**Ответ:**  $m(\text{навески}) = 0,11$  г.

### Г. Расчет количества осадителя

При вычислении объема осадителя нужно сразу обратить внимание на химический состав осаждаемой формы, чтобы ввести в формулу для расчета количество молей осадителя, которое приходится на 1 моль осаждаемого иона.

**Пример.** Навеску минерала, содержащую 0,107 г  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , перевели в раствор. Сколько мл антралиновой кислоты концентрацией 0,12 моль/л необходимо для осаждения свинца в виде  $\text{Pb}(\text{C}_7\text{H}_6\text{NO}_2)_2$ ?

**Решение.**

$$\gamma(\text{осадителя}) = \frac{m(\text{Pb}_3\text{O}_4) \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1000}{M(\text{Pb}_3\text{O}_4) \cdot C_M},$$

где 3 – коэффициент, который переводит количество молей  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  в количество молей свинца; 2 – коэффициент, который переводит количество молей свинца в количество молей осадителя; 1000 – коэффициент перевода литров в миллилитры.

$$\gamma(\text{осадителя}) = \frac{0,107 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1000}{685,6 \cdot 0,12} = 7,8 \text{ мл}.$$



#### Д. Расчет рН начала осаждения и рН полного осаждения гидроксидов

**Пример.** Вычислить рН начала осаждения и рН полного осаждения  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , если раствор содержит 0,5 моль/л ионов  $\text{Fe}^{3+}$ .  $\text{PP}(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 6,3 \cdot 10^{-38}$ .

**Решение.**

$$\text{PP}(\text{Fe}(\text{OH})_3) = C(\text{Fe}^{3+}) \cdot C^3(\text{OH}^-);$$

$$C(\text{OH}^-) = \sqrt[3]{\frac{\text{PP}(\text{Fe}(\text{OH})_3)}{C(\text{Fe}^{3+})}}.$$

Расчет рН начала осаждения:

$$C(\text{OH}^-) = \sqrt[3]{\frac{6,3 \cdot 10^{-38}}{0,5}} = 5,01 \cdot 10^{-13};$$

$$\text{pOH} = 12,3;$$

$$\text{pH} = 1,7.$$

Осаждение считают полным, если концентрация осаждаемого иона достигает  $10^{-6}$  моль/л.

Расчет рН полного осаждения:

$$C(\text{OH}^-) = \sqrt[3]{\frac{6,3 \cdot 10^{-38}}{10^{-6}}} = 3,98 \cdot 10^{-11}$$

$$\text{pOH} = 10,4;$$

$$\text{pH} = 3,6.$$

Рассчитанные величины рН осаждения гидроксидов нуждаются в экспериментальном подтверждении, потому что табличные ПР не учитывают влияние комплексообразования, осаждения основных солей и увеличение растворимости из-за наличия электролитов (солевой эффект).

### КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Вычислите массовую долю оксида кальция в известняке, если при определении кальция из навески 0,4000 г получено 0,4340 г сульфата кальция.

2. Рассчитайте массу железа в руде, если из руды получено 0,4344 г  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

3. Для определения  $\text{SiO}_2$  в природном силикате была взята навеска силиката 0,5050 г. Масса тигля с прокаленным диоксидом кремния была 8,7360 г, а после обработки плавиковой кислотой и прокаливания она составила 8,4350 г. Рассчитайте содержание (массовую долю) диоксида кремния в силикате.

4. Какую навеску железного купороса  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  следует взять для анализа на содержание железа, если оно определяется в виде оксида железа (III) после осаждения гидроксида, масса весовой формы 0,2 г?

5. Какую навеску известняка надо взять для определения кальция в виде моногидрата оксалата кальция с использованием в качестве гравиметрической формы оксида кальция? Масса весовой формы 0,2 г.

6. Вычислите pH начала осаждения гидроксида кобальта (II) из децимолярного раствора  $\text{CoCl}_2$ , если  $\text{PP}(\text{Co}(\text{OH})_2) = 2 \cdot 10^{-16}$ .

7. Вычислите pH полного осаждения гидроксида алюминия, если  $\text{PP}(\text{Al}(\text{OH})_3) = 5 \cdot 10^{-33}$ .

8. Сколько граммов  $\text{BaSO}_4$  ( $\text{PP} = 1 \cdot 10^{-10}$ ) остается в 200 мл раствора при осаждении  $\text{BaCl}_2$  эквивалентным количеством  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ? Можно ли считать осаждение в таких условиях практически полным?

9. Какой объем соляной кислоты ( $\rho = 1,17 \text{ г/см}^3$ ) потребуется для осаждения серебра в виде  $\text{AgCl}$  из 2,0 г сплава, содержащего 22% Ag, при использовании полуторного избытка осадителя?

10. Навеску кристаллогидрата  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  массой 0,4162 г растворили в воде. Какой объем 2,00н раствора серной кислоты нужно взять для полного осаждения ионов бария из раствора?

11. Выведите формулу кристаллогидрата хлористого кальция, зная, что 7,3 г кристаллогидрата теряют при обезвоживании 3,6 г воды.

## Глава 6

### ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

#### 6.1. КИСЛОТНО-ОСНОВНОЕ ТИТРОВАНИЕ

В любых реакциях титрования необходимо точно определить точку конца титрования или эквивалентности.

В кислотно-основном взаимодействии для фиксирования точки эквивалентности используют индикаторы, которые меняют свою окраску в зависимости от концентрации ионов водорода или гидроксид-ионов, иначе, от величины рН раствора, поэтому их называют рН-индикаторами. К ним относятся: лакмус, фенолфталеин, метилоранж и др. Величина рН в эквивалентной точке зависит от природы реагирующих веществ (кислоты и основания) и от их концентрации.

Зависимость между окраской индикатора и рН раствора выражает уравнение:

$$\text{pH} = \text{pK} - \frac{C(\text{кисл.формы})}{C(\text{щел.формы})}.$$

Здесь  $\text{pK} = -\lg K$  представляет собой силовой показатель индикатора и является величиной постоянной (при неизменной температуре). Следовательно, при изменении рН раствора должна изменяться только величина отношения кислотной и основной форм индикатора, но обе эти формы имеют различные окраски, и от величины этого отношения будет зависеть оттенок окраски, принимаемый индикатором.

Но наш глаз имеет ограниченную способность к восприятию окрасок и обычно перестает замечать присутствие одной окрашенной формы наряду с другой, если ее концентрация в 10 раз меньше. Поэтому окраска любого индикатора изменяется не при всяком значении рН, а лишь внутри определенного интервала значений рН, который называется областью перехода индикатора.

Область перехода фенолфталеина лежит в интервале значений  $pH$  от 8 до 10, у лакмуса в интервале значений  $pH$  от 5 до 8, у метилоранжа от 3,1 до 4,4.

В пределах своих значений, лежащих в области перехода, каждый индикатор меняет свою окраску постепенно, через несколько промежуточных оттенков, из которых наибольший интерес представляет тот, при котором заканчивается титрование с данным индикатором.

То значение  $pH$ , при котором заканчивается титрование с данным индикатором, называется показателем титрования и обозначается  $pT$ .

Значение  $pT$  отвечает одной из промежуточных окрасок индикатора и находится внутри области перехода. У фенолфталеина  $pT=9$ , у метилоранжа  $pT=4$ , у лакмуса  $pT=8$ . Пользуясь значениями  $pT$  индикаторов, можно качественно решать, подойдет данный индикатор для данной реакции или нет.

Выбирают индикатор с помощью кривой титрования.

### **6.1.1 Кривые титрования и выбор индикатора**

Кривые титрования представляют зависимость какого-либо характерного свойства участника реакции (концентрации,  $pH$ , оптической плотности, электропроводности и т. д.). Кривые титрования могут быть рассчитаны теоретически или получены экспериментально.

В методах, основанных на реакциях кислотно-основного взаимодействия, кривые титрования обычно показывают  $pH$  раствора от объема добавленного титранта. Для построения кривой титрования рассчитывают (или измеряют) значения  $pH$  раствора от объема добавленного титранта.

Для построения кривой титрования рассчитывают (или измеряют) значения  $pH$  в трех интервалах:

- 1) до точки эквивалентности (т. э.);
- 2) в точке эквивалентности;
- 3) после точки эквивалентности.

### 6.1.2 Расчет кривой титрования сильной кислоты сильным основанием

Возьмем 10,0 мл 0,1 М соляной кислоты. рН этого раствора 1, так как соляная кислота сильная, практически полностью диссоциирована, тогда концентрация протона водорода равна концентрации кислоты.

$$\text{pH} = -\lg C(\text{H}^+) = -\lg C(\text{HCl}) = -\lg 10^{-1} = 1.$$

Если прибавить к 10 мл 0,1 м раствора HCl 5 мл 0,1 М раствора NaOH, то в растворе при взаимодействии едкого натра с соляной кислотой получится хлорид натрия, который гидролизу не подвергается, поэтому рН раствора определяется остатком непрореагировавшей кислоты. Концентрацию не вступившей в реакцию с NaOH соляной кислоты (избытка) можно рассчитать по формуле:

$$C'(\text{HCl}) = \frac{C(\text{HCl}) \cdot V''(\text{HCl})}{V(\text{HCl}) + V(\text{NaOH})} = \frac{C(\text{HCl}) \cdot V'(\text{HCl})}{V(p - pa)},$$

Где  $C'(\text{HCl})$  - концентрация соляной кислоты в растворе после прибавления едкого натра;  $V'(\text{HCl})$  - объем избытка соляной кислоты;  $V(\text{HCl})$  - начальный объем соляной кислоты (10мл);  $V(\text{NaOH})$  - объем раствора едкого натра, добавленного к 10 мл раствора соляной кислоты.

$$\text{Тогда } C(\text{H}^+) = \frac{0,1 \cdot 5}{15} = 0,033 \text{ моль/л; pH} = 1,48.$$

( $V(p - pa) = 15$  мл, так как к 10 мл HCl прибавили 5 мл NaOH).

Если добавить 9 мл NaOH с концентрацией 0,1н, то останется 1 мл непрореагировавшей HCl, тогда

$$C'(\text{HCl}) = C(\text{H}^+) = \frac{0,1 \cdot 1}{19,0} = 0,0053 \text{ моль/л; pH} = 2,28.$$

Если добавить 9,9 мл NaOH с концентрацией 0,1н, то останется 0,1 мл непрореагировавшей HCl, тогда

$$C'(\text{HCl}) = C(\text{H}^+) = \frac{0,1 \cdot 0,1}{19,9} = 0,0005 \text{ моль/л; pH} = 2,28.$$

Если добавить 9,99 мл NaOH с концентрацией 0,1н, то останется 0,01 мл непрореагировавшей HCl, тогда

$$C'(HCl) = C(H^+) = \frac{0,1 \cdot 0,1}{19,99} = 0,00005 \text{ моль/л; } pH = 4,3.$$

Если добавить 10 мл 0,1н NaOH, то в растворе будет только хлорид натрия (т. э.), а pH = 7.

При добавлении избытка 0,1н раствора едкого натра концентрация его, а, следовательно, и гидроксильных ионов рассчитывается по формуле:

$$C(OH^-) = C(NaOH) = \frac{C(NaOH) \cdot V'(NaOH)}{V(HCl) + V(NaOH)}.$$

При добавлении 10,01 мл раствора NaOH избыток раствора едкого натра  $V'(NaOH)$  составит 0,01 мл, тогда

$$C(OH^-) = C(NaOH) = \frac{0,1 \cdot 0,01}{20,01} = 4,99 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л; } pOH = 4,3; pH = 9,7.$$

При добавлении 10,1 мл раствора NaOH:

$$C(OH^-) = C(NaOH) = \frac{0,1 \cdot 0,1}{20,1} = 4,975 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л; } pOH = 3,3; pH = 10,7.$$

При добавлении 11,0 мл раствора NaOH:

$$C(OH^-) = C(NaOH) = \frac{0,1 \cdot 1}{21} = 4,762 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л; } pOH = 2,32; pH = 12,68.$$

Ход изменения pH раствора при титровании может быть представлен в виде кривой титрования (рис. 6.1). Для ее построения на оси абсцисс откладывают количество кислоты или щелочи (в мл), а на оси ординат – отвечающие им величины pH раствора. На любой кривой титрования имеются области плавного и резкого изменения рассчитываемого параметра. Резкое его изменение называется скачком титрования.

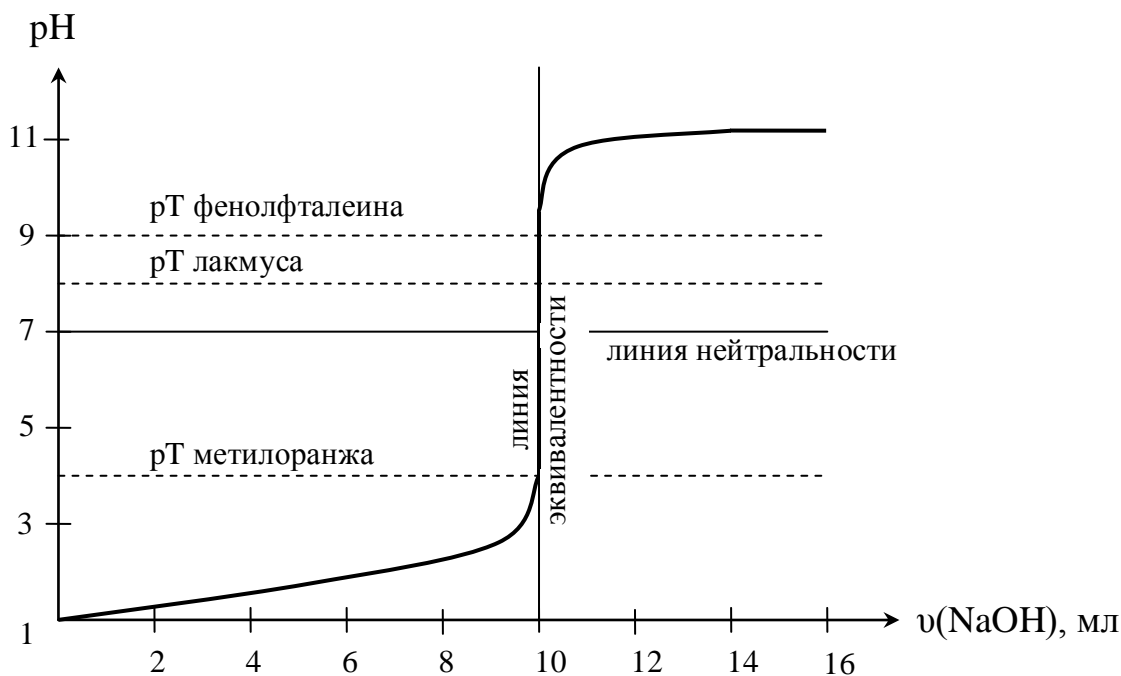


Рис. 6.1. Кривая титрования

Анализ кривой показывает, что точка эквивалентности совпадает с точкой нейтральности, а кривая симметрична относительно точки эквивалентности. Область скачка pH (от 4,3 до 10,7), все индикаторы, показатели титрования которых лежат в пределах этого скачка, могут быть использованы для титрования сильной кислоты сильным основанием.

### ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Для определения массы NaOH анализируемый раствор перенесли в мерную колбу вместимостью 100 мл и довели дистиллированной водой до метки. На титрование 10 мл полученного раствора было затрачено 12,5 мл раствора HCl с концентрацией 0,1н. Вычислите массу щёлочи.

2. Для определения массы  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  анализируемый раствор перенесли в мерную колбу вместимостью 100 мл и довели дистиллированной водой до метки. На титрование 5 мл полученного раствора было затрачено 14,5 мл раствора HCl с молярной концентрацией 0,1н. Вычислите массу  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ .

## 6.2. ПЕРМАНГНАТОМЕТРИЯ

### 6.2.1. Общая характеристика. Приготовление и свойства раствора перманганата

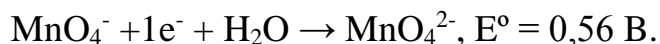
Перманганат калия применяют для определения многих неорганических и органических веществ. В кислых растворах он восстанавливается до  $Mn^{2+}$



в слабокислых, нейтральных и слабощелочных растворах восстановление протекает до  $MnO_2$ :



в сильнощелочных растворах образуются ионы  $MnO_4^{2-}$ :



При титровании в кислой среде эквивалент  $KMnO_4$  равен  $1/5$  молекулярной массы ( $f = 1/5$ ), в нейтральной среде  $f = 1/3$ , в щелочной  $f = 1$ .

Чаще всего титрование проводят в кислом растворе. Для подкисления титруемой смеси используют серную кислоту. Хлороводородную кислоту для создания среды не применяют, так как возможно окисление хлорид-ионов – расход окислителя. Азотная кислота тоже может исказить результаты титрования за счет примесей оксидов азота, которые способны окислять определяемое вещество.

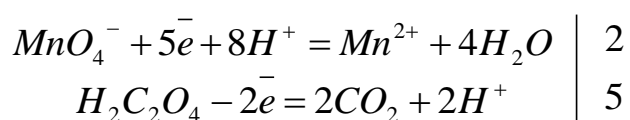
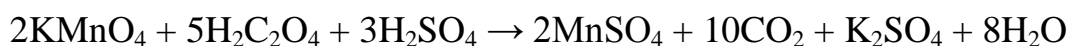
Перманганат калия – очень сильный окислитель, способный выделять кислород из воды по уравнению:



Эта реакция протекает медленно, если разложение перманганата не ускорять действием света и органических веществ, попадающих с пылью. Отсюда следует, что приготовить титрованный раствор  $KMnO_4$  из точной навески соли невозможно. Перед установлением точной концентрации раствор  $KMnO_4$  выдерживают в темной склянке 7-10 дней (чтобы прошло окис-



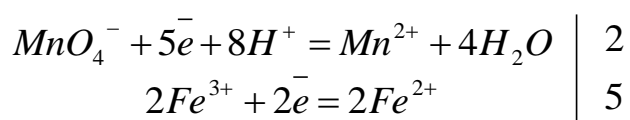
ление восстановителей, присутствие которых полностью исключить не удалось). Затем раствор сифоном сливают с осадка и устанавливают точную концентрацию. Титр раствора  $\text{KMnO}_4$  устанавливают по дигидрату щавелевой кислоты  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  или безводному оксалату натрия  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , или другим исходным веществам. Реакция окисления щавелевой кислоты перманганатом калия протекает по уравнению:



Реакция между перманганат - ионами и щавелевой кислотой происходит очень медленно, но ускоряется в присутствии ионов  $\text{Mn}^{2+}$ . Первые капли перманганата даже в горячем растворе обесцвечиваются очень медленно. В ходе титрования концентрация ионов  $\text{Mn}^{2+}$  возрастает и скорость реакции увеличивается (автокаталитическая реакция). Ускоряют реакцию нагреванием до 70-80 °С, не давая пробе кипеть, так как щавелевая кислота при кипении разлагается на воду и два оксида углерода.

### 6.2.2. Примеры перманганатометрических определений

*Определение восстановителей (прямое титрование).* Используют для определения железа, олова, оксалатов, перекиси водорода, нитритов, карбоновых кислот и др. Для определения железа (II) раствор подкисляют серной кислотой и титруют по реакции:

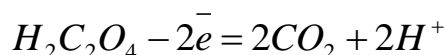
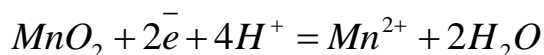
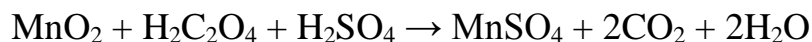


без нагревания до появления слаборозового окрашивания. Расчетная формула:

$$m(\text{Fe}) = C_{\text{H}}(\text{KMnO}_4) \cdot V(\text{KMnO}_4) \cdot M_{\text{Э}}(\text{Fe})$$

*Определение окислителей (обратное титрование или титрование по*

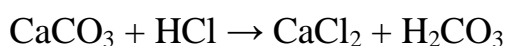
остатку). Используют при анализе пиролюзита, диоксида свинца, сурика, нитратов и т.д. Окислители восстанавливают титрованным раствором щавелевой кислоты, а избыток ее оттитровывают перманганатом калия. Пробу минерала, содержащего пиролюзит ( $MnO_2$ ), растворяют в сернокислом растворе щавелевой кислоты:



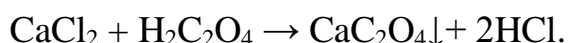
Избыток щавелевой кислоты оттитровывают раствором перманганата калия. Расчетная формула:

$$m(Mn) = (C_H(H_2C_2O_4) \cdot V(H_2C_2O_4) - C_H(KMnO_4) \cdot V(KMnO_4)) \cdot M_3(Mn)$$

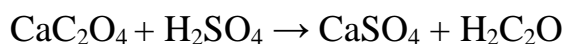
Определение ионов, не обладающих окислительно-восстановительными свойствами (титрование по замещению). Этим методом могут быть определены катионы кальция, стронция, бария, свинца, цинка и др., которые образуют малорастворимые оксалаты. Чаще всего методом замещения определяют кальций. Навеску минерала растворяют в соляной кислоте



Ионы кальция осаждают раствором щавелевой кислоты:



Осадок оксалата кальция после фильтрования и промывания обрабатывают горячей разбавленной серной кислотой, при этом выделяется эквивалентное кальцию количество щавелевой кислоты:



Выделившуюся щавелевую кислоту титруют раствором  $KMnO_4$ , расчетная формула:

$$m(Ca) = C_H(KMnO_4) \cdot V(KMnO_4) \cdot M_3(Ca)$$

Используют также другой вариант определения. Осаждают кальций избытком титрованного раствора щавелевой кислоты, разбавляют смесь до

определенного объема и, не отделяя осадок, отбирают осторожно некоторую часть прозрачного раствора над осадком пипеткой и титруют его  $\text{KMnO}_4$ . Количество кальция вычисляют по разности.

### ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Сколько процентов железа (по массе) содержит руда, если на титрование раствора, полученного растворением навески руды массой 0,2500 г в кислоте было израсходовано 24,85 мл 0,1000н раствора  $\text{KMnO}_4$ ?

2. Сколько граммов  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  надо взять для определения концентрации примерно 0,05н раствора  $\text{KMnO}_4$ , чтобы на титрование затрачивалось не более 25,00 мл этого раствора?

3. Навеска руды 0,2055 г, содержащая  $\text{MnO}_2$ , обработана избытком смеси серной и щавелевой кислот: было взято 25,00 мл 0,5000н раствора  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , на титрование не вступившего в реакцию его остатка израсходовано 20,00 мл 0,2000н раствора  $\text{KMnO}_4$ . Сколько процентов марганца содержит руда?

4. Сколько граммов кальция содержится в 250 мл раствора  $\text{CaCl}_2$ , если после прибавления к 25,00 мл этого раствора 0,1000н раствора оксалата аммония объемом 40,00 мл и отделение осадка  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  на титрование остатка  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  израсходовано 15,00 мл 0,0200н раствора  $\text{KMnO}_4$ ?

5. Пергидроль массой 5,0025 г растворили в мерной колбе ёмкостью 500,00 мл. На титрование в кислой среде 25,00 мл этого раствора израсходовано 37,43 мл 0,1000н  $\text{KMnO}_4$ . Определите массовую долю  $\text{H}_2\text{O}_2$  в образце пергидроля.

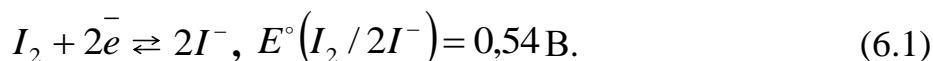
6. Какую навеску  $\text{KMnO}_4$  необходимо взять для приготовления 300 мл раствора с концентрацией 0,0500 н, используемого для титрования при  $\text{pH}=2$ ?

7. Сколько процентов железа содержится в железной проволоке, если после растворения 0,1450 г её в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  без доступа воздуха на титрование полученного раствора израсходовано 243,34 мл 0,09898н раствора  $\text{KMnO}_4$ .

## 6.3. ЙОДОМЕТРИЯ

### 6.3.1. Общая характеристика метода

Основой йодометрических методов служит реакция:

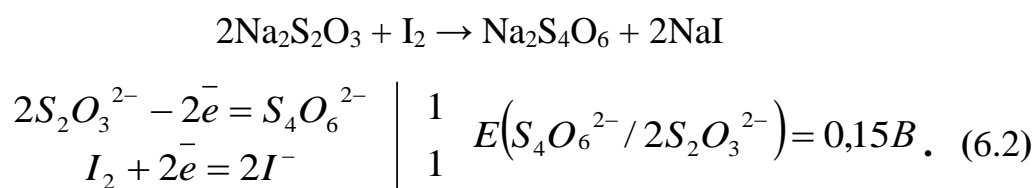


Эта реакция может протекать как в прямом, так и в обратном направлениях.  $I_2$  в растворе – окислитель средней силы, йодид-ион  $I^-$  – средний по силе восстановитель.

Сильные восстановители легко окисляются свободным йодом, а сильные окислители, наоборот, выделяют йод из раствора йодидов. Поэтому реакцию (6.1) можно использовать для определения и восстановителей, и окислителей.

### 6.3.2. Рабочие растворы йодометрии

В качестве рабочего раствора в методе йодометрии используют раствор тиосульфата натрия, который после окисления йодом превращается в тетра-тионат:

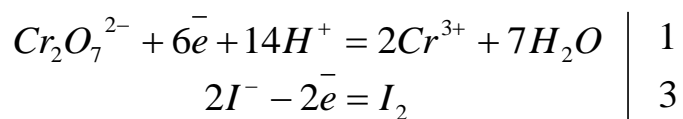
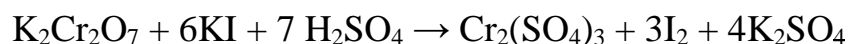


Из уравнения электронного баланса следует, что эквивалент тиосульфата натрия численно равен его молекулярной массе (фактор эквивалентности равен единице).

Химическая формула тиосульфата натрия  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ , однако кристаллизационная вода постепенно выветривается, состав соли перестает соответствовать формуле. Концентрация растворов тиосульфата изменяется при хранении под влиянием кислорода и углекислого газа, входящих в состав

воздуха, и микроорганизмов (тиобактерий). Перечисленные процессы делают нецелесообразным приготовление точных растворов тиосульфата непосредственно из навески. Обычно готовят раствор приблизительной концентрации, а точную нормальность устанавливают по дихромату калия. Препарат  $K_2Cr_2O_7$  можно получить в чистом виде, соль не изменяет состав при хранении. Водные растворы дихромата долгое время сохраняют концентрацию неизменной.

Прямое титрование раствора тиосульфата натрия раствором дихромата калия не удастся из-за нестехиометричности реакции. Установление нормальности раствора тиосульфата натрия производят, добавляя избыток йодида калия к раствору с точно известным содержанием  $K_2Cr_2O_7$ . В результате реакции



выделяется количество свободного йода, эквивалентное количеству иона-дихромата. Выделившийся йод оттитровывают рабочим раствором тиосульфата натрия по реакции (6.2). В качестве индикатора используют раствор крахмала, который дает с йодом синее окрашивание, исчезающее в момент эквивалентности, т. е. полного связывания йода тиосульфатом натрия.

## ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Определите концентрацию хлора в хлорной воде, если на титрование йода, выделенного из 25,00 мл раствора KI этой водой было израсходовано 20,10 мл 0,1100н раствора тиосульфата натрия.

2. Сульфид марганца массой 0,0762 г разлагали соляной кислотой. Выделяющийся сероводород пропускали через раствор йода объемом 50,00 мл с концентрацией 0,0500н. Какова доля серы в образце, если на титрование остатка йода израсходовано 21,50 мл 0,0500н раствора тиосульфата натрия?

3. К 10 мл 0,0500н раствора  $K_2Cr_2O_7$  добавлено избыточное количество серной кислоты и йодида калия. На титрование выделившегося йода затрачено 12,5 мл раствора тиосульфата натрия. Рассчитайте нормальность раствора тиосульфата натрия.

4. Для определения свинца в руде была взята навеска руды 5,0000 г. После растворения руды в кислоте ионы свинца осадили в виде  $PbCrO_4$ , осадок отфильтровали, промыли и растворили в смеси  $HCl$  и  $HI$ , выделившийся йод оттитровали раствором 0,0500н  $Na_2S_2O_3$ , израсходовав его 42,00 мл. Сколько массовых процентов свинца содержит руда?

#### 6.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ И ОКИСЛЯЕМОСТИ ВОДЫ

Ввиду широкой распространенности минералов кальция, магния, железа, соответствующие ионы  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$  почти всегда содержатся в природной воде. Минералы данных металлов, как правило, малорастворимы. Однако обычно вода содержит диоксид углерода, поглощенный из атмосферного воздуха. Это служит причиной образования хорошо растворимых кислых солей – гидрокарбонатов, например  $Ca(HCO_3)_2$ .

Природная вода, содержащая в растворе большое количество солей кальция или магния, называется жесткой водой в противоположность мягкой воде, содержащей мало солей кальция и магния или совсем не содержащей их.

**Жесткость воды (Ж)** — мера содержания в воде солей (обычно солей кальция и магния). Различают карбонатную, некарбонатную и общую жесткость.

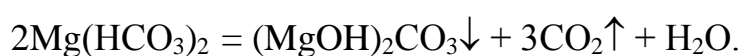
**Карбонатная жесткость  $J_k$**  обуславливается содержанием гидрокарбонатов кальция и магния.

**Некарбонатная жесткость  $J_n$**  обуславливается содержанием хлоридов, сульфатов и других (кроме гидрокарбонатов) солей кальция и магния.

**Общая жесткость**  $J_{\text{общ}}$  определяется общим содержанием солей:

$$J_{\text{общ}} = J_{\text{к}} + J_{\text{н}}.$$

При длительном кипячении воды выделяется диоксид углерода и выпадает осадок, состоящий преимущественно из карбоната кальция, вследствие чего жесткость уменьшается:



Кипячением нельзя полностью устранить всю карбонатную жесткость (растворимость  $\text{CaCO}_3$  составляет 0,01 г/л, а  $(\text{MgOH})_2\text{CO}_3$  – 0,04 г/л), поэтому употребляют термин «**устраняемая или временная жесткость**», понимая под этим термином концентрацию гидрокарбонатов, удаляемых из воды при кипячении в течение 1 ч. Оставшаяся после кипячения воды жесткость называется постоянной жесткостью.

**Количественно жесткость воды выражают** суммой миллиэквивалентов ионов кальция и магния, содержащихся в 1 л воды. Так, один миллиэквивалент жесткости отвечает содержанию 20,04 мг/л ионов  $\text{Ca}^{2+}$  или 12,16 мг/л ионов  $\text{Mg}^{2+}$ . Вода с жесткостью менее 4 мэкв/л характеризуется как **мягкая**, от 4 мэкв/л до 8 мэкв/л - **средней жесткости**, от 8 до 12 мэкв/л - **жесткая** и выше 12 мэкв/л - **очень жесткая**.

Жесткость природных вод изменяется в широких пределах. Она различна в разных водоемах, а в одной и той же реке изменяется в течение года (минимальна во время паводка). Жесткость вод морей значительно выше, чем рек и озер. Так, вода Черного моря имеет общую жесткость 65,5 мэкв/л. Среднее значение жесткости морской воды составляет 130,5 мэкв/л (в том числе на ионы  $\text{Ca}^{2+}$  приходится 22,5 мэкв/л, на ионы  $\text{Mg}^{2+}$  - 108 мэкв/л).

Часто воду приходится подвергать дополнительной обработке, чтобы снизить в ней концентрацию ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , вызывающих жесткость воды.

Эти ионы реагируют с мылами, образуя нерастворимые вещества. Хотя при их взаимодействии с синтетическими моющими средствами не образуется нерастворимых осадков, указанные ионы неблагоприятно влияют на эффективность действия синтетических моющих средств. При нагревании воды, содержащей  $\text{Ca}^{2+}$  и гидрокарбонат-ионы, из нее выделяется часть диоксида углерода. В результате этого происходит образование нерастворимого карбоната кальция (см. реакцию 1.1) и в водонагревательных устройствах накапливаются минеральные отложения (накипь).

Твердый  $\text{CaCO}_3$  покрывает поверхность водонагревательных систем, что снижает их нагревательную способность. Особенно много накипи откладывается на стенках бойлеров, где вода нагревается под давлением в трубках, обвивающих печь. Образование накипи снижает эффективность теплопередачи и может привести к плавлению трубок.

Вода не всех источников питьевой воды требует умягчения. Обычно это необходимо для воды из подземных источников, где она достаточно долго соприкасается с известняком ( $\text{CaCO}_3$ ) и другими минералами, содержащими ионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{2+}$ .

Для водоумягчения применяют методы осаждения и ионного обмена. Путем осаждения катионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  переводят в малорастворимые соединения, выпадающие в осадок. Это достигается либо кипячением воды, либо химическим путем - введением в воду соответствующих реагентов. При кипячении гидрокарбонаты кальция и магния превращаются в  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , в результате чего устраняется только карбонатная жесткость.

При химическом методе осаждения чаще всего в качестве осадителя пользуются известью или содой. При этом в осадок (также в виде  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ) переводятся все соли кальция и магния.

Для устранения жесткости методом ионного обмена или катионирования воду пропускают через слой катионита. При этом катионы кальция и магния, находящиеся в воде, обмениваются на катионы натрия, содержащиеся в применяемом катионите. В некоторых случаях требуется удалить из воды не



только катионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , но и другие катионы и анионы. В таких случаях воду пропускают последовательно через катионит, содержащий в обменной форме водородные ионы (Н-катионит), и анионит, содержащий гидроксид-ионы (ОН-анионит). В итоге вода освобождается как от катионов, так и от анионов солей. Такая обработка воды называется ее обессоливанием.

#### 6.4.1. Определение жесткости воды

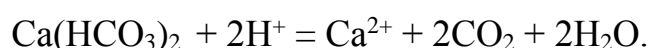
Определение жесткости воды имеет большое практическое значение.

Существуют различные способы определения жесткости. Рассмотрим два из них:

1) определение временной жесткости с помощью титрованного раствора соляной кислоты (метод нейтрализации);

2) определение общей жесткости методом комплексообразования.

*Метод нейтрализации.* При титровании образца воды соляной кислотой (в присутствии индикатора, например, метилового оранжевого) происходит разложение гидрокарбонатов, обуславливающих временную жесткость:



**Методика определения.** Отбирают в коническую колбу пипеткой или мерным цилиндром 100 мл исследуемой воды, добавляют 2 - 3 капли метилового оранжевого и титруют 0,1н раствором HCl до появления оранжевой окраски.

**Расчет результатов анализа.** 1 мл 0,1 н. раствора соляной кислоты соответствует  $C_f(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = 0,1 \cdot 1 \cdot 10^{-3}$  экв иона  $\text{Ca}^{2+}$  или иона  $\text{Mg}^{2+}$ . Тогда, если на титрование 100 мл воды израсходовано  $V(\text{HCl})$  мл соляной кислоты, величина временной (устраняемой) жесткости составит:

$$\begin{aligned} \text{Ж} &= C_f(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) \cdot 1000/V(\text{H}_2\text{O}) = C_f(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) \cdot 1000/100 = \\ &= C_f(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) \cdot 10 \text{ мэкв/л}, \end{aligned}$$

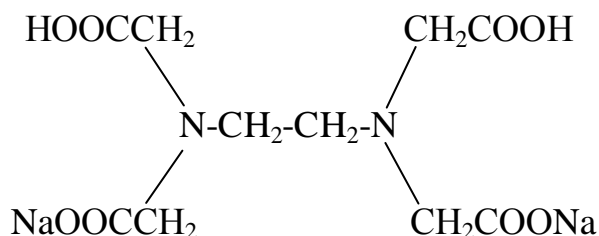
где Ж - устраняемая жесткость воды (мэкв/л);  $C_f(\text{HCl})$  - эквивалентная кон-

центрация (нормальность) раствора соляной кислоты;  $V(\text{HCl})$  - объем раствора кислоты, израсходованный при титровании,  $V(\text{H}_2\text{O})$  - объем воды, взятый для определения жесткости.

*Метод комплексообразования.* При титровании образца воды комплексоном (в присутствии индикатора, например, эриохрома черного) происходит реакция комплексообразования и ионами кальция и магния – этот метод позволяет определить общую жесткость.

**Понятие о комплексонах.** Комплексоны – вещества, образующие исключительно устойчивые комплексные соединения. Комплексоны являются производными аминополикарбоновых кислот. Большое практическое значение из данных соединений приобрела этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА).

На практике обычно применяют двунариевую соль этой кислоты, которую называют **комплексоном III** или **трилоном Б**:



**Индикаторы.** В качестве индикаторов при комплексометрических титрованиях часто применяют органические вещества (мурексид, эриохром черный Т). Эти индикаторы в щелочной среде имеют синюю окраску.

Ионы кальция, магния и ряда других металлов образуют с индикаторами комплексные соединения, окрашенные в вишнево-красный цвет. При титровании трилоном Б раствора, содержащего определяемый катион и индикатор, ионы металла переходят от индикатора к трилону Б, так как образуется более прочное комплексное соединение. При этом выделяется свободный индикатор. В точке эквивалентности красная окраска раствора переходит в синюю, свойственную индикатору.

Для поддержания рН раствора на требуемом уровне обычно в титруемый раствор добавляют аммиачную буферную смесь ( $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ ;  $\text{pH} \approx 10$ ).

**Методика определения.** Для анализа берут 20 мл воды и приливают 3 мл аммиачного буферного раствора. Затем добавляют индикатор (эриохром черный Т) до виннокрасного окрашивания раствора и титруют воду рабочим раствором трилона Б. Точку эквивалентности фиксируют в момент перехода окраски раствора из виннокрасной в синюю с зеленоватым оттенком.

**Расчет результатов анализа.** Общую жесткость воды вычисляют по формуле:

$$J_{\text{общ}} = C_{\text{f(тр)}} \cdot V(\text{тр}) \cdot 1000 / V(\text{H}_2\text{O}),$$

где  $J_{\text{общ}}$  - общая жесткость воды (мэкв/л);  $C_{\text{f(тр)}}$  – эквивалентная концентрация (нормальность) раствора трилона Б;  $V(\text{тр})$  – объем рабочего раствора, израсходованный при титровании;  $V(\text{H}_2\text{O})$  – объем воды, взятый для анализа.

Таким образом, используя разные варианты титриметрического анализа, можно определять как общую, так и карбонатную жесткость воды.

#### 6.4.5 Определение окисляемости природной воды

Окисляемость воды выражают в миллиграммах кислорода, необходимого для окисления различных восстановителей, содержащихся в воде. К числу таких восстановителей относятся нитриты, двухвалентное железо, сероводород и различные вещества органического происхождения, часто являющиеся загрязнителями воды.

Распространенный метод определения окисляемости воды основан на способности перманганата калия восстанавливаться в кислой среде до двухвалентного марганца за счет окисления веществ, находящихся в воде.  $\text{KMnO}_4$ , не израсходованный на окисление пробы воды, восстанавливают щавелевой кислотой  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , избыток которой оттитровывают перманганатом.

**Методика определения.** В колбу на 250 мл помещают аликвоту анализируемой воды объемом  $V$ , прибавляют  $(100 - V)$  мл дистиллированной воды, перемешивают, добавляют 10 мл раствора разбавленной серной кислоты (1 : 3) и из бюретки приливают точно 10 мл 0,01н раствора  $\text{KMnO}_4$ . Раствор нагревают и кипятят 10 мин, считая с момента закипания. Для равномерного кипения в колбу помещают несколько чистых капилляров. Если проба при нагревании обесцветилась, то опыт повторяют, беря меньший объем испытуемой воды. По истечении 10 мин в горячий раствор быстро добавляют из бюретки точно 10 мл 0,01н раствора щавелевой кислоты  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ .

Избыток перманганата, оставшийся после окисления веществ, содержащихся в пробе, реагирует со щавелевой кислотой по уравнению:



В результате реакции раствор обесцвечивается.

Избыток щавелевой кислоты тотчас же титруют 0,01н  $\text{KMnO}_4$  до появления слабозеленого окрашивания, сохраняющегося в течение одной минуты.

Одновременно проводят контрольное определение «пустой пробы». Для этого отбирают  $(100 - V)$  мл дистиллированной воды в колбу для титрования, добавляют 10 мл 0,01н  $\text{KMnO}_4$  и повторяют весь процесс определения, описанный выше для исследуемой воды.

**Расчет величины окисляемости** воды производят по формуле:

$$D = T \cdot (a_1 - a_2) \cdot 1000/V,$$

где  $D$  - величина окисляемости в миллиграммах кислорода на 1 литр воды;  $T$  - титр 0,01н раствора  $\text{KMnO}_4$ , выраженный числом миллиграммов кислорода в 1 миллилитре (указывается преподавателем);  $a_1$  - расход раствора  $\text{KMnO}_4$  на титрование анализируемой пробы, мл;  $a_2$  - расход раствора  $\text{KMnO}_4$  на титрование «пустой» пробы, мл;  $V$  – объем пробы, взятой для титрования, мл.

Таким образом, метод перманганатометрии позволяет делать экспресс-анализ окисляемости воды.

## ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Чему равна жесткость 1 % - го раствора сульфата магния? ( $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ ).

Ответ: 166,2 мэкв/л.

2. При упаривании одного литра воды из подземного источника было получено 13,6 мг гипса ( $\text{CaSO}_4$ ). Чему равна жесткость этой воды?

Ответ: 0,2 мэкв/л.

3. Чему равна жесткость раствора, содержащего в 10 л 200 мг сульфата кальция и 100 мг сульфата магния? Ответ: 0,46 мэкв/л.

4. Сколько граммов  $\text{MgCl}_2$  содержится в 5 л раствора, имеющего жесткость 7,14 мэкв/л. Какова эквивалентная концентрация (нормальность) этого раствора? Ответ: 1,7 г ; 0,00714н.

5. Чему равна жесткость природной воды, содержащей  $\text{Ca}^{2+}$  - 41,65 мг/л;  $\text{Mg}^{2+}$  - 23,60 мг/л;  $\text{Na}^+$  - 2,2 мг/л ? Ответ: 4,02 мэкв/л.

6. Чему равна жесткость 0,1н раствора хлористого кальция? Ответ: 100 мэкв/л.

7. Жесткость раствора хлорида магния равна 20 мэкв/л. Сколько миллилитров этого раствора необходимо взять, чтобы приготовить 10 л раствора с жесткостью 35 мэкв/л ? Ответ: 17,5 мл.

8. Какова постоянная и карбонатная жесткость воды, если в ней содержится:  $\text{Ca}^{2+}$  - 0,112 г/л;  $\text{Mg}^{2+}$  - 0,0632 г/л;  $\text{SO}_4^{2-}$  - 0,236 г/л;  $\text{Cl}^-$  - 0,1653 г/л и ионы  $\text{HCO}_3^-$  ? Ответ: 9,57 мэкв/л; 1,23 мэкв/л.

9. Какова постоянная жесткость воды, если в ней содержится:  $\text{Ca}^{2+}$  - 0,1405 г/л;  $\text{Mg}^{2+}$  - 0,1155 г/л;  $\text{SO}_4^{2-}$  - 0,294 г/л;  $\text{Cl}^-$  - 0,1278 г/л и ионы  $\text{HCO}_3^-$  ? Ответ: 9,72 мэкв/л.

10. Какова общая и карбонатная жесткость воды, если при анализе одного литра данной воды установлено следующее содержание ионов:  $\text{Ca}^{2+}$  - 0,1111 г;  $\text{Mg}^{2+}$  - 0,0605 г;  $\text{SO}_4^{2-}$  - 0,0985 г;  $\text{Cl}^-$  - 0,1418 г ? Ответ: 10,52 мэкв/л; 4,48 мэкв/л.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Аналитическая химия [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.И. Апарнев [и др.]. - Электрон. текстовые данные. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. - 104 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/44656.html>. - ЭБС «IPRbooks»

Глинка, Н. Л. Общая химия: учебное пособие для вузов / Н. Л. Глинка; под ред. А. И. Ермакова. - 30-е издание, исправленное. - М.: Интеграл-Пресс, 2003. - 728 с.

Дворкин, В. И. Метрология и обеспечение качества количественного химического анализа / В.И. Дворкин - М.: Химия, 2001, - 263 с.

Золотов, Ю. А. Основы аналитической химии. Задачи и вопросы / Ю.А. Золотов - М.: Высшая школа, 2002, - 412.

Ткаченко С. В. Аналитическая химия. Химические методы анализа [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ткаченко С.В., Соколова С.А. - Электрон. текстовые данные. - Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2015. - 189 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72650.html>. - ЭБС «IPRbooks»

Харитонов, Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика). Книга 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ / Ю. Я. Харитонов – М.: Высшая школа, 2010, - 616 с.

Харитонов, Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика). Книга 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа / Ю. Я. Харитонов – М.: Высшая школа, 2001, - 560 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
Глава 1. ОБРАЗОВАНИЕ РАСТВОРОВ .....	4
1.1. Растворы.....	4
1.2. Способы выражения концентрации растворов .....	6
Задачи для самостоятельного решения.....	10
1.3. Растворимость вещества и ее зависимость от различных факторов.....	12
Задачи для самостоятельного решения.....	15
1.4. Произведение растворимости труднорастворимого вещества.....	16
Задачи для самостоятельного решения.....	21
Глава 2. ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ .....	22
2.1. Теория электролитической диссоциации.....	22
2.2. Степень и константа электролитической диссоциации.....	25
Задачи для самостоятельного решения.....	28
2.3. Активная концентрация ионов .....	29
Задачи для самостоятельного решения.....	30
2.4. Солевой эффект.....	31
Задачи для самостоятельного решения.....	32
Глава 3. РЕАКЦИИ ИОННОГО ОБМЕНА .....	33
3.1. Ионное произведение воды. Водородный показатель pH .....	34
Задачи для самостоятельного решения.....	38
3.2. Гидролиз солей .....	39
Задачи для самостоятельного решения.....	46
3.3. Буферные растворы .....	47
Контрольные задания .....	51

Глава 4. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ .....	53
4.1. Окислительно-восстановительные реакции.....	53
4.2. Образование электродных потенциалов.....	60
Контрольные задания .....	67
Глава 5. ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ .....	68
5.1. Основы гравиметрического анализа .....	68
5.2. Требования к осадкам .....	69
5.3. Выбор оптимальных условий осаждения .....	70
5.4. Отделение осадка от раствора .....	72
5.5. Получение гравиметрической формы и определение ее массы.....	73
5.6. Расчеты в гравиметрическом анализе.....	74
Контрольные задания .....	77
Глава 6. ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ .....	79
6.1. Кислотно-основное титрование.....	80
Задачи для самостоятельного решения.....	83
6.2. Перманганатометрия.....	84
Задачи для самостоятельного решения.....	87
6.3. Йодометрия .....	88
Задачи для самостоятельного решения.....	89
6.4. Определение жесткости и окисляемости воды .....	90
Задачи для самостоятельного решения.....	97
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	98



Учебное издание

Апакашев Рафаил Абдрахманович

Зайцева Наталья Анатольевна

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

*Курс лекций по дисциплине «Аналитическая химия»*

Редактор изд-ва *Л.В. Устьянцева*

Компьютерная верстка *Д. Р. Руцкой*

Подписано в печать

Формат бумаги 60x84 1/16 Бумага офсетная.

Печать на ризографе. Гарнитура Times New Roman.

Печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 100 экз. Заказ

Издательство УГГУ

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Уральский государственный горный университет

Отпечатано с оригинал-макета

в лаборатории множительной техники УГГУ



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

**Т. А. Асадова, Н. А. Зайцева**

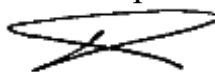
## **ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ**

***Учебно-методическое пособие  
для выполнения  
лабораторных и контрольных работ  
курса «Аналитическая химия»  
для учащихся среднего профессионального  
образования***

**Екатеринбург  
2022**

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

ОДОБРЕНО  
Методической комиссией  
горно-механического факультета  
«17»    сентября    2021 г.  
Председатель комиссии



\_\_\_ П. А. Осипов

Т. А. Асадова, Н. А. Зайцева

## ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

*Учебно-методическое пособие  
для выполнения  
лабораторных и контрольных работ  
курса «Аналитическая химия»  
для учащихся среднего профессионального образования*

*Рецензент: О. И. Гырдасова, канд. хим. наук, ведущ. науч. сотрудник  
лаборатории химии редких элементов ИХТТ УрО РАН, г. Екатеринбург*

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры химии  
25 января 2022 г. (протокол № 5) и рекомендовано для издания в УГГУ

**Асадова Т. А., Зайцева Н. А.**

А90 ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ: учебно-методическое пособие для выполнения  
лабораторных и контрольных работ по курсу «Аналитическая химия» для учащихся  
*среднего профессионального образования*

/Т. А. Асадова, Н. А. Зай-

цева. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2022. – 27 с.

В учебно-методическом пособии изложены краткие теоретические сведения о гравиметрическом химическом анализе. Пособие содержит необходимую информацию для выполнения лабораторной работы по гравиметрическому анализу и решения задач по этой теме.

Учебно-методическое пособие предназначено для учащихся среднего профессионального образования.

© Асадова Т. А., Зайцева Н. А., 2022

© Уральский государственный  
горный университет, 2022

## ВВЕДЕНИЕ

Гравиметрический (весовой) анализ долгое время был единственным приёмом определения количественного состава вещества и сыграл большую роль при установлении химических законов. Гравиметрический анализ применяют при определении химического состава горных пород, минералов; установлении качества сырья и готовой продукции; определении зольности, влажности углей. **Наиболее существенным достоинством гравиметрического метода является высокая точность анализа.** Обычная погрешность гравиметрического определения составляет 0,01 – 0,1 %. Погрешности зависят главным образом от полноты осаждения и от чистоты получаемого осадка.

*Предел обнаружения гравиметрического метода ограничен растворимостью осадка и чувствительностью аналитических весов.* Диапазон содержания определяемых веществ колеблется от сотых долей до десятков процентов. **Достоинством метода является ненужность градуировки по стандартным образцам: для расчёта результатов достаточно знания химических формул.**

**Основным недостатком метода является длительность определений.**

# 1. ОСНОВЫ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

В основе гравиметрического анализа лежит химическая реакция между анализируемым веществом и раствором осаждающего реактива.

**Метод осаждения включает следующие операции:**

- подготовка вещества к анализу;
- взятие и растворение навески;
- осаждение определяемого компонента;
- фильтрование и промывание осадка;
- высушивание и прокаливание осадка до постоянной массы;
- определение массы осадка;
- расчет результатов анализа.

Соединение, которое осаждается из раствора при взаимодействии определяемого компонента с реагентом-осадителем, называется *осаждаемой формой*.

В результате обработки осаждаемой формы, а особенно при прокаливании, состав осадка может измениться, поэтому *гравиметрической формой называют взвешиваемое соединение*.

Ион	Осаждающий реактив	Осаждаемая форма	Гравиметрическая форма
Ba <sup>2+</sup>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	BaSO <sub>4</sub>	BaSO <sub>4</sub>
Ca <sup>2+</sup>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	CaO
Al <sup>3+</sup>	NH <sub>4</sub> OH	Al(OH) <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

## 1.1. Требования к осадкам

*Требования к осаждаемой форме:*

- осаждаемая форма должна обладать малой растворимостью;

- структура осадка должна быть такой, чтобы можно было с достаточной скоростью проводить фильтрование и промывание осадков;
- осаждаемая форма должна достаточно легко и полностью превращаться в гравиметрическую форму.

*Требования к гравиметрической форме:*

- состав осадка после прокаливания должен отвечать определенной химической формуле;
- осадок должен быть устойчив к воздействию внешних факторов (углекислого газа, водяных паров);
- молекулярная масса осадка должна быть по возможности большей (тогда потери в ходе определения в меньшей степени повлияют на результаты анализа).

Качество осадка находится в зависимости от свойств осадителя. Желательно, чтобы осадитель был веществом летучим, так как если он полностью не будет удален при промывании осадка, то улетучится при прокаливании (поэтому Fe осаждают  $\text{NH}_4\text{OH}$ , а не  $\text{NaOH}$ ). Количество осадителя рассчитывают по уравнению реакции и обычно берут полутора кратный избыток этого реактива. Большой избыток осадителя не рекомендуется, поскольку он может вызвать повышение растворимости осадка вследствие образования комплексных соединений и солевого эффекта.

*В зависимости от природы соединения, осадок может иметь кристаллическую или аморфную структуру.* Кристаллические осадки должны иметь достаточно крупные кристаллы, которые не проходили бы сквозь поры фильтра. Аморфные осадки не должны быть рыхлы, чтобы хорошо отфильтровываться. Следует предусмотреть и создать такие условия осаждения, при которых требования, предъявляемые к осадкам, будут удовлетворены.

## 1.2. Выбор оптимальных условий осаждения

Условием выпадения осадка является превышение в данном растворе табличного значения произведения растворимости (ПР). Если в состав осадка входит  $\text{OH}^-$ -ион, то на растворимость гидроксидов влияет концентрация ионов водорода ( $pH$ ). Величину  $pH$ , необходимую для достижения полного осаждения гидроксида, можно рассчитать из уравнения ПР.

Для гидроксида магния



$$\text{ПР}_{\text{Mg}(\text{OH})_2} = 6,0 \cdot 10^{-10};$$

$$\text{ПР}_{\text{Mg}(\text{OH})_2} = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2.$$

Отсюда

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{\text{ПР}_{\text{Mg}(\text{OH})_2}}{[\text{Mg}^{2+}]}} \text{ моль/л.}$$

Если в исходном растворе  $[\text{Mg}^{2+}] = 0,1$  моль/л, то условием выпадения  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  будет  $[\text{OH}^-] \geq \sqrt{\frac{6,0 \cdot 10^{-10}}{0,1}} = 7,8 \cdot 10^{-5}$  моль/л, откуда  $[\text{H}^+] \leq 1,0 \cdot 10^{-14} / 7,8 \cdot 10^{-5} = 1,3 \cdot 10^{-10}$  моль/л  $pH$  начала осаждения  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  из 0,1М раствора 9,9.

Осаждение считают полным, если в растворе остается масса вещества, которая меньше, чем чувствительность аналитических весов, т. е. меньше  $1,0 \cdot 10^{-4}$  г. Если молярную массу осаждаемого соединения принять равной 100 г/моль и объем раствора 1 л, то молярная концентрация осаждаемого вещества в растворе над осадком составит  $10^{-6}$  моль/л. Осаждение считают полным, если концентрация осаждаемого вещества в растворе станет равной  $10^{-6}$  моль/л. Тогда  $pH$  полного осаждения  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  можно рассчитать:

$$[\text{Mg}^{2+}] = 10^{-6} \text{ моль/л;}$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{6,0 \cdot 10^{-10}}{10^{-6}}} = 2,45 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л;}$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-14} / 2,45 \cdot 10^{-2} = 4,08 \cdot 10^{-13} \text{ моль/л;}$$

$$pH = 12,4.$$



Некоторые гидроксиды, например,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , способны образовывать коллоидные растворы, что удерживает вещество в жидкой фазе. Чтобы предупредить возникновение коллоидных растворов, создать условия для образования плотных осадков (плотные осадки быстрее можно фильтровать, их легче отмыть от примесей), необходимо осаждение проводить:

- из горячего раствора в присутствии электролита-коагулятора;
- из концентрированных растворов концентрированным раствором осадителя (после осаждения раствор сразу разбавляют горячей дистиллированной водой, чтобы уменьшить концентрацию посторонних ионов в растворе и их адсорбцию на поверхности осадка);
- после осаждения аморфные осадки сразу же отфильтровывают и промывают.

### **1.3. Отделение осадка от раствора**

Фильтрация и промывание осадков – очень ответственные операции, от тщательности выполнения которых в значительной мере зависит точность результатов анализа. В гравиметрическом методе для фильтрации осадков используют так называемые беззольные фильтры, т. е. фильтры, очищенные от большей части минеральных веществ промыванием соляной и фтороводородной кислотами. При сгорании они оставляют такое малое количество золы, что им можно пренебречь.

Приступая к фильтрации, важно правильно поместить фильтровальную бумагу к воронке. Стандартный круглый лист складывают пополам. Второй раз фильтр складывают так, чтобы получился тупой угол. Изменяя этот угол, добиваются, чтобы фильтр плотно прилегал к стенкам воронки. Затем фильтр наполняют водой и чистым пальцем осторожно прижимают к воронке, стараясь удалить пузырьки воздуха, образовавшиеся между нею и фильтром. Если фильтр заправлен правильно, то при фильтрации трубка воронки обычно целиком

заполняется фильтратом, сама масса которого вытеканием ускоряет фильтрование.

Чтобы при фильтровании поры фильтра возможно дольше не забивались частицами осадка, жидкость декантируют. *Декантацией* называется осторожное сливание с отстоявшегося осадка на фильтр. Эту операцию во избежание разбрызгивания необходимо проводить с помощью стеклянной палочки. Палочку держат вертикально, носик стакана касается палочки. Фильтр нельзя наполнять жидкостью до краев. Уровень жидкости должен быть на 5 мм ниже края фильтра.

Для очистки осадка от адсорбированных им примесей и остатков раствора, в котором проводилось осаждение, необходимо промывание полученного осадка. Чтобы избежать перехода осадка в коллоидное состояние и потери коллоидных частиц через фильтр, осадок промывают не чистой водой, а разбавленным раствором электролита. Применяемый электролит должен полностью удаляться из осадка при прокаливании.

Промывную жидкость употребляют нагретой, если потери от растворимости осадка невелики, потому что с повышением температуры горячие жидкости фильтруются быстрее холодных.

Операцию промывания сначала проводят декантацией. При промывании декантацией в стакан с осадком наливают из промывалки небольшое количество промывной жидкости, хорошо перемешивают, дают частицам осесть как можно полнее, сливают жидкость по палочке на фильтр. Использование декантации сильно ускоряет отмывание осадка от примесей, потому что осадок хорошо перемешивается с промывной жидкостью и в то же время частицы его почти не забивают поры фильтра.

Промывание осадка продолжают после перенесения его на фильтр. Для более эффективного удаления примесей промывать осадок на фильтре из промывалки нужно большим числом маленьких порций промывной жидкости, а не несколькими большими порциями.

Чтобы принять решение о конце промывания, делают пробу на полноту промывания: несколько миллилитров фильтрата испытывают реагентом на удаляемый ион. Промывание продолжают до тех пор, пока реакция не даст отрицательного результата.

#### **1.4. Получение гравиметрической формы и определение ее массы**

Промытый осадок вместе с фильтром переносят в тигель, высушивают и прокаливают до постоянной массы. На весы нельзя помещать ни горячих, ни холодных предметов: объект взвешивания должен принять температуру весов. Но при выдерживании горячего тигля с осадком на воздухе, возможно увеличение массы осадка за счет поглощения паров воды из атмосферы. Чтобы избежать поглощения влаги, тигель с осадком помещают для охлаждения в эксикатор – специальную емкость с осушителями.

*Измерение массы вещества* (взвешивание) – одна из самых ответственных операций, так как аналитические весы представляют собой точный, специально настроенный прибор. Важно понять, что, поскольку величина массы осадка содержит четыре значащих цифры, результаты анализа должны содержать четыре значащих цифры.

#### **1.5. Расчёты в гравиметрическом анализе**

##### **А. Вычисление массы определяемого соединения**

**Пример.** Из раствора, содержащего сульфат железа (III), ионы  $\text{Fe}^{3+}$  осадили гидроксидом аммония. Осадок  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  высушили, прокалили, взвесили. Масса полученного  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  составила 0,0894 г. Вычислить массу железа в анализируемом растворе.

**Решение.** При решении задачи считают, что количество вещества остаётся постоянным. В условии задачи приведено одно значение массы – это масса  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , количество моль которого  $\nu = m/M = \frac{0,0894\text{г}}{159,69\text{г/моль}} = 5,598 \cdot 10^{-4}$  моль.

Чтобы перейти к Fe, следует учесть, что 2 моль Fe образуют 1 моль  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .  
 Масса железа  $m_{\text{Fe}} = \nu_{\text{Fe}} \cdot M_{\text{Fe}} = 2 \cdot 5,598 \cdot 55,847 \cdot 10^{-4} \text{ моль} \frac{55,847\text{г}}{\text{моль}} = 0,0625 \text{ г}$ .

*Ответ:*  $m_{\text{Fe}}=0,0625 \text{ г}$ .

Решение этой задачи имеет смысл написать в общем виде:

$$m_{\text{опред.соед.}} = m_{\text{гф}} \frac{M_{\text{опред.соед.}}}{M_{\text{гф}}},$$

где  $m_{\text{опред.соед.}}$  – масса определяемого соединения;  $M_{\text{опред.соед.}}$  – молярная масса определяемого соединения;  $m_{\text{гф}}$  – масса гравиметрической формы;  $M_{\text{гф}}$  – молярная масса гравиметрической формы.

Отношение молярных масс носит название *фактор пересчёта* F. При вычислении фактора пересчёта молярные массы берут с соответствующими стехиометрическими коэффициентами так, чтобы количество атомов рассчитываемого элемента в числителе и знаменателе было одинаковым.

## Б. Расчёт массовой доли соединения в исходном минерале

**Пример.** Из навески массой 0,5000 г доломита в результате анализа получено 0,2681 г  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ . Вычислить массовую долю магния и карбоната магния в доломите.

**Решение**

$$\omega_{\text{MgCO}_3} = \frac{m_{\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7} \cdot 2 \cdot M_{\text{MgCO}_3}}{m_{\text{навески}} \cdot M_{\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7}} 100 \%;$$

$$\omega_{\text{Mg}} = \frac{0,2681 \cdot 2 \cdot 24,312}{0,5 \cdot 222,567} 100 \% = 11,71 \%;$$

$$\omega_{\text{MgCO}_3} = \frac{0,2681 \cdot 2 \cdot 84,321}{0,5 \cdot 222,567} 100 \% = 40,63 \%.$$

Или в одно действие

$$\omega_{\text{Mg}} = \frac{m_{\text{Mg}}}{m_{\text{навески}}} 100 \% ; \quad m_{\text{Mg}} = m_{\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7} \frac{2M_{\text{Mg}}}{M_{\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7}}.$$

Ответ: 40,63 %

## В. Вычисление начальной навески пробы для анализа

Расчёт начальной навески носит приближённый характер, что обеспечивается численными значениями величин с двумя значащими цифрами.

**Пример.** Боксит содержит 19,4 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Какую навеску его следует брать для анализа гравиметрическим методом с использованием в качестве осадителя оксихинолина, если масса  $\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3$  после высушивания должна составить 0,2 г?

**Решение**

$$m_{\text{навески}} = \frac{m_{\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3} M_{\text{Al}_2\text{O}_3}}{2 \cdot M_{\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3} \omega_{\text{Al}_2\text{O}_3}} 100 \%.$$

Коэффициент 2 перед  $\text{MAl}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3$  поставлен, чтобы количество атомов алюминия в числителе и знаменателе было одинаковым.

$$m_{\text{навески}} = \frac{0,2 \cdot 102}{2 \cdot 459 \cdot 19,4\%} 100 \% = 0,11 \text{ г.}$$

## Г. Расчёт количества осадителя

При вычислении объёма осадителя нужно сразу обратить внимание на химический состав осаждаемой формы, чтобы ввести в формулу для расчёта количества молей осадителя, которое приходится на один моль осаждаемого иона.

**Пример.** Навеску минерала, содержащую 0,107 г  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , перевели в раствор. Сколько мл раствора антралиловой кислоты  $\text{C}_7\text{H}_7\text{NO}_2$  с концентрацией 0,12 моль/л необходимо для осаждения свинца в виде  $\text{Pb}(\text{C}_7\text{H}_6\text{NO}_2)_2$ ?

**Решение**

$$V_{\text{осадителя}} = \frac{m_{\text{Pb}_3\text{O}_4} \cdot 2 \cdot 3}{M_{\text{Pb}_3\text{O}_4} \cdot c_M} 1000,$$

где 3 – коэффициент, который переводит количество молей  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  в количество молей  $\text{Pb}$ ; 2 – коэффициент, который переводит количество молей  $\text{Pb}$  в количество молей осадителя; 1000 – коэффициент перевода литров в миллилитры.

$$V_{\text{осадителя}} = \frac{0,107 \cdot 2 \cdot 3}{685,6 \cdot 0,12} 1000.$$

*Ответ:* 7,8 мл.

#### Д. Расчёт $pH$ начала осаждения и $pH$ полного осаждения гидроксидов

**Пример.** Вычислить  $pH$  начала осаждения и  $pH$  полного осаждения  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , если раствор содержит 0,5 моль/л ионов  $\text{Fe}(\text{III})$ .  $\text{PP}_{\text{Fe}(\text{OH})_3} = 6,3 \cdot 10^{-38}$

**Решение.**

$$\text{PP}_{\text{Fe}(\text{OH})_3} = [\text{Fe}^{3+}] \cdot [\text{OH}^-]^3, \quad [\text{OH}^-] = \sqrt[3]{\frac{\text{PP}_{\text{Fe}(\text{OH})_3}}{[\text{Fe}^{3+}]}}.$$

*Расчёт  $pH$  начала осаждения*

$$[\text{OH}^-] = \sqrt[3]{\frac{6,3 \cdot 10^{-38}}{0,5}} = 5,01 \cdot 10^{-13}; \quad p\text{OH} = 12,3; \quad pH = 1,7.$$

Осаждение считается полным, если концентрация осаждаемого иона достигает  $10^{-6}$  моль/л.

*Расчёт  $pH$  полного осаждения*

$$[\text{OH}^-] = \sqrt[3]{\frac{6,3 \cdot 10^{-38}}{10^{-6}}} = 3,98 \cdot 10^{-11}; \quad p\text{OH} = 10,4; \quad pH = 3,6.$$

*Ответ:*  $pH=1,7$ ;  $pH=3,6$ .

Рассчитанная величина  $pH$  в этом примере указывает на полноту осаждения.  $Fe(OH)_3$  может быть осаждён и при  $pH=3,6$ , но останется в коллоидном виде и будет проходить через фильтр до  $pH=6,6$ .

Рассчитанная величина  $pH$  осаждения гидроксидов нуждается в экспериментальном подтверждении, потому что табличные ПР не учитывают комплексообразования, осаждения основных солей и увеличения растворимости из-за наличия электролитов (солевой эффект).

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите важнейшие операции гравиметрического анализа.
2. Укажите точность аналитических весов.
3. Какой избыток реагента-осадителя обычно используется?
4. Опишите процесс промывания осадков декантацией.
5. Приведите расчётную формулу для фактора пересчёта.
6. С какой целью высушенный и прокалённый осадок помещают в эксикатор?
7. Напишите формулу для расчёта такой навески вещества, содержащего железо, которую следует взять, чтобы процентное соотношение железа в этом веществе можно было найти умножением массы прокалённого осадка  $Fe_2O_3$  на 100.
8. В каком случае при определении кальция погрешности при взвешивании меньше: при гравиметрической форме  $CaO$  или  $CaC_2O_4 \cdot H_2O$ ?
9. Когда потеря одного и того же количества осадка значительно снизит результаты анализа: при определении фосфора в виде  $Mg_2P_2O_7$  ( $(NH_4)_3PO_4 \cdot MoO_3$ )?
10. Почему величины  $pH$  осаждения гидроксидов, рассчитанные по табличным величинам ПР, следует использовать с некоторой осторожностью?

## 2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Определение железа в растворе, содержащем хлорид железа (III).

*Цель работы:*

1. Научиться проводить осаждение, фильтрование, промывание, взвешивание на демпферных весах.
2. Научиться проводить расчёты по гравиметрическому методу.

### Порядок выполнения лабораторной работы

Цель выполнения операции	Последовательность выполнения операций	Примечания и формулы для расчёта
1	2	3
<b><i>Первое занятие</i></b>		
Подготовка раствора	1. Получите анализируемый раствор (задачу вашего номера). Добавьте в стакан 2 – 3 капли азотной кислоты для подавления гидролиза, нагрейте	Раствор не должен кипеть, чтобы из-за разбрызгивания не было потерь
Осаждение Fe(OH) <sub>3</sub>	2. К горячему раствору по каплям прибавьте 10 %-й раствор гидроксида аммония до слабого, но ясного запаха аммиака. Содержимое стакана хорошо перемешайте стеклянной палочкой и для уменьшения адсорбции разбавьте 30 – 40 мл горячей дистиллированной воды	Осаждение проводится в вытяжном шкафу!  $\text{FeCl}_3 + 3\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NH}_4\text{Cl}$
Проверка полноты осаждения	3. Хорошо перемешайте содержимое стакана. Дайте осадку собраться на дне стакана. Когда жидкость над осадком просветлеет, добавьте 1 – 2 капли гидроксида аммония	Если в месте падения капль NH <sub>4</sub> OH не появляется муть, приступите к фильтрованию
Подготовка к фильтрованию	4. Возьмите воронку для фильтрования и беззольный фильтр. Заправьте фильтр. Поместите воронку в коническую колбу	
Фильтрование	5. Сливайте на фильтр жидкость с осадка, стараясь не взмутить осадок. Чтобы жидкость стекала без разбрызгивания, пользуйтесь палочкой. Палочка не касается жидкости на фильтре. Она должна находиться либо над фильтром, либо храниться в стакане. Класть палочку на стол нельзя, так как при этом будут потеряны оставшиеся на ней частицы	

Продолжение таблицы



1	2	3
	осадка. Фильтрование продолжают до тех пор, пока ещё можно сливать жидкость с отстоявшегося осадка	
Промывание	6. Промывание проводите сначала декантацией горячим 2 %-ым раствором $\text{NH}_4\text{OH}$ . Промывание декантацией проведите 3 раза	
	7. После этого осадок количественно, т. е. нацело, переносят на фильтр. Промывание осадка продолжают на фильтре раствором из промывалки. Промывают стакан и палочку. Приставшие к стенкам частички осадка снимают, протирая стенки стакана и его дно кусочками фильтровальной бумаги и помощью стеклянной палочки с резиновым наконечником. Другим кусочком обтирают саму палочку и помещают оба кусочка на фильтр. Струю жидкости из промывалки осторожно направляют вдоль окружности фильтра, стараясь постепенно смыть осадок в самую нижнюю часть фильтра	 <p>Потеря даже одной капли суспензии может испортить анализ</p>
Проба на полноту промывания	8. Подставляйте под воронку чистую пробирку и, собрав 1 – 2 мл стекающей с фильтра жидкости, добавьте 2 капли раствора $\text{AgNO}_3$ (или $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ ). Промывание осадка на фильтре продолжайте до полного удаления ионов $\text{Cl}^-$ , до отсутствия белой мути при добавлении реактива к фильтрату	Наличие в осадке хлорид-ионов занижает результат анализа
Перевод осадка в тигель	9. Получите тигель и запишите в тетрадь его номер. Чтобы без потерь перенести фильтр с осадком в тигель, осторожно отделяют его от воронки, загибая края фильтра внутрь так, чтобы осадок оказался со всех сторон окруженным бумагой. Затем фильтр вытягивают из воронки, взяв за внешнюю поверхность в той его части, где он состоит из трех слоев бумаги, и помещают в тигель. Тигель с осадком сдают для высушивания и прокаливания	Прокаливание: $2 \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$
	10. Вылейте фильтрат, вымойте сдайте посуду, приведите в порядок рабочее место	

Окончание таблицы

<b>Второе занятие</b>		
Ход работы	1. Получите тигель своего номера, находящийся в эксикаторе. Помните, что открывая эксикатор, крышку сдвигают горизонтально, в сторону, а не поднимают вверх	
Взвешивание	2. Получите разновес под личный документ. Определите массу тигля вместе с осадком на аналитических весах. Запишите в тетрадь массу тигля с осадком с точностью 4 знака после запятой	
	3. Высыпьте осадок из тигля на листок бумаги, упакуйте осадок как порошок в аптеке (на случай повторного взвешивания)	
	4. Взвесьте пустой тигель. Запишите в тетрадь массу тигля. Приведите в порядок рабочее место у весов, сдайте разновес	
Вычисление массы железа	5. Вычислите массу осадка ( $m_{ГФ}$ ). Запишите в тетрадь формулу для расчета массы определяемого соединения в общем виде. Подставьте в эту формулу необходимые величины, произведите вычисления	$m_{ГФ} =$ $m_{\text{тигля с осадком}} - m_{\text{тигля}}$
	6. Проверьте результат расчета у преподавателя. Если результат признан хорошим, переходите к выполнению задания. Если результат неудовлетворителен, внимательно проверьте вычисления. Ошибка в расчете отсутствует – повторите определение массы осадка	
	7. Напишите уравнения реакций, происходящих при определении массы железа гравиметрическим методом. Напишите формулу для фактора пересчета и вычислите его величину	
	8. Приведите в порядок рабочее место	

## ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Рассчитать  $pH$  начала осаждения и  $pH$  полного осаждения  $Bi(OH)_3$ , если раствор содержит 0,17 моль/л ионов  $Bi(III)$ .  $PR Bi(OH)_3 = 4,3 \cdot 10^{-31}$ .

Ответ: 4,1 и 5,9.

2. Вычислить  $pH$  начала осаждения и  $pH$  полного осаждения  $Cr(OH)_2$ , если раствор содержит 0,151 моль/л ионов  $Cr^{2+}$ .  $PR Cr(OH)_2 = 1,6 \cdot 10^{-20}$ .

Ответ: 4,5 и 7,1.

3. Минерал, содержащий  $Cu_2O$ , перевели в раствор, осадили ионы меди хинальдиновой кислотой. Масса высушенного  $Cu(C_{10}H_6NO_2)_2 \cdot H_2O$  составила 0,2036 г. Рассчитать массу  $Cu_2O$ , переведенную в раствор.

Ответ: 0,0342 г.

4. Руду, содержащую серебро, растворили, осадили ионы серебра в виде  $Ag_2S$ , вес которого после высушивания равен 0,1327 г. Сколько граммов  $Ag_2S$  было растворено?

Ответ: 0,1178 г.

5. Из навески 0,3000 г минерала, содержащего марганец, выделили осадок  $MnCO_3$ , после прокаливания которого получили 0,2103 г пирофосфата марганца  $Mn_2P_2O_7$ . Вычислить массовую долю марганца и карбоната марганца в минерале.

Ответ: 27,14 и 56,78 %.

6. Рассчитать массовую долю железа и  $Fe_3O_4$  в магнитном железняке, если из 1 г технического железняка получено 0,2994 г  $Fe_2O_3$ .

Ответ: 41,88 и 57,88 %.

7. Железный колчедан содержит 2,1 %  $\text{Co}_3\text{S}_4$ . Какую навеску минерала следует брать для анализа, чтобы получить 0,1 г прокаленного осадка  $\text{Co}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ?

Ответ: 3,3 г.

8. Ванадий определяют, осаждая из раствора  $\text{Pb}_2\text{V}_2\text{O}_7$ . Сколько граммов титаномагнетита нужно взять для анализа, если эта руда содержит 2,5 % ванадия и нужно получить 0,15 г прокаленного осадка  $\text{Pb}_2\text{V}_2\text{O}_7$ ?

Ответ: 0,97≈1 г.

г концентрата, содержащего 18,5 % никелина  $\text{NiAs}$ , перевели в раствор. Какой объем раствора диметилглиоксима (реактива Чугаева) концентрацией 0,104 моль/л нужно взять для осаждения никеля в виде  $\text{Ni}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_2\text{O}_2)_2$ ?

Ответ: 8 мл.

Навеску руды, содержащей 0,107 г  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ , перевели в раствор. Вычислить, сколько миллилитров 0,08 м раствора тионалида необходимо затратить для осаждения висмута как  $\text{Bi}(\text{C}_{12}\text{H}_{10}\text{NOS})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

Ответ: 16 мл.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ГРАВИМЕТРИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ ПО ВАРИАНТАМ

### Вариант 1

1. Произведение растворимости  $\text{Co}(\text{OH})_2$  равно  $2 \cdot 10^{-16}$ . Вычислите  $pH$  начала осаждения гидроксида кобальта из децимолярного раствора  $\text{CoCl}_2$  и  $pH$  полного осаждения.
2. Вычислите растворимость  $\text{Co}(\text{OH})_2$  в воде (в г/л) и рассчитайте потерю массы этого осадка при промывании его в 200 мл воды. Допустимы ли такие потери?
3. Какую навеску железного купороса  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  следует взять для анализа на содержание железа, если оно определяется в виде оксида железа (III), масса весовой формы 0,2 г?
4. Вычислите массовую долю серебра в сплаве, если из навески сплава массой 0,3578 г после соответствующей обработки получили 0,2675 г  $\text{AgCl}$ .

### Вариант 2

1. Произведение растворимости  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  равно  $1,6 \cdot 10^{-19}$ . Вычислите  $pH$  начала осаждения гидроксида меди из децимолярного раствора  $\text{CuCl}_2$  и  $pH$  полного осаждения.
2. Вычислите растворимость  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  в воде (в г/л) и рассчитайте потерю массы этого осадка при промывании его в 200 мл воды. Допустимы ли такие потери?
3. Вычислите массу технического хлорида бария, содержащего около 98 % дигидрата хлорида бария, которую следует взять для получения 0,5 г сульфата бария.
4. Каково содержание  $\text{CaO}$  в известняке, если из навески 0,4000 г получено 0,4340 г  $\text{CaSO}_4$ ?

### Вариант 3

1. Произведение растворимости  $\text{Be}(\text{OH})_2$  равно  $5 \cdot 10^{-16}$ . Вычислите  $pH$  начала осаждения гидроксида из сантимольного раствора хлорида бериллия и  $pH$  полного осаждения.
2. Какой объем 0,25 М раствора щавелевой кислоты требуется для осаждения кальция из 0,3269 г кристаллогидрата нитрата кальция  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ?
3. Какую навеску стали, содержащей около 5 % никеля, следует взять для определения никеля в виде кристаллического диметилглиоксимата? Молярная масса диметилглиоксима  $\text{C}_4\text{H}_6(\text{NOH})_2$  ( $M = 116,1$  г/моль), масса весовой формы 0,2 г.
4. Для определения диоксида кремния в природном силикате была взята навеска силиката 0,5050 г. Масса тигля с прокаленным диоксидом кремния была 8,7360 г, а после обработки плавиковой кислотой и прокаливания она составила 8,4350 г. Рассчитайте содержание диоксида кремния в силикате.

### Вариант 4

1. Произведение растворимости  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  равно  $4 \cdot 10^{-38}$ . Вычислить  $pH$  начала осаждения гидроксида из сантимольного раствора  $\text{FeCl}_3$  и  $pH$  полного осаждения.
2. Вычислите растворимость  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  в воде (в г/л) и рассчитайте потерю массы этого осадка при промывании его в 200 мл воды. Допустимы ли такие потери?
3. Какую навеску цемента, содержащего 28 % оксида магния, которую следует взять для определения магния в виде оксихинолята магния  $\text{Mg}(\text{C}_9\text{H}_6\text{ON})_2$ , если гравиметрической формы формы 0,2 г?
4. Рассчитайте содержание железа в руде, если из навески руды 0,7020 г получено 0,4344 г  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

### Вариант 5

1. Произведение растворимости  $\text{Al}(\text{OH})_3$  равно  $5 \cdot 10^{-33}$ . Вычислите  $pH$  начала осаждения гидроксида из сантимольярного раствора  $\text{AlCl}_3$  и  $pH$  полного осаждения.
2. Вычислите растворимость  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  в воде (в г/л) и рассчитайте потерю массы этого осадка при промывании его в 100 мл воды. Допустимы ли такие потери?
3. Вычислите массу вещества, содержащего 60 % железа, которую необходимо взять для анализа, чтобы масса прокаленного осадка оксида железа (III) была равна 0,1800 г.
4. Вычислите массовую долю хлорида натрия в техническом образце сульфата натрия, если из навески образца массой 0,4500 г было получено 0,0196 г хлорида серебра.

### Вариант 6

1. Произведение растворимости  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  равно  $5 \cdot 10^{-12}$ . Вычислите  $pH$  начала осаждения гидроксида из раствора хлорида магния с концентрацией 0,02 моль/л и  $pH$  полного осаждения.
2. Какой объем соляной кислоты ( $\rho = 1,17 \text{ г/см}^3$ ) потребуется для осаждения свинца в виде  $\text{PbCl}_2$  из 2,0 г сплава, содержащего 25 % Pb, при использовании полуторного избытка осадителя?
3. Какую навеску мрамора  $\text{CaCO}_3$  надо взять для определения кальция в виде оксалата кальция? Масса гравиметрической формы 0,25 г.
4. Для определения лития навеску силикатной породы массой 0,9500 г обработали смесью фтороводородной и хлороводородной кислот. После извлечения хлорида лития безводным ацетоном раствор выпарили, остаток прокалили и превратили в сульфат лития, масса которого составила 0,3401 г. Вычислите массовую долю лития в силикатной породе.

### Вариант 7

1. Произведение растворимости  $\text{Co}(\text{OH})_3$  равно  $4 \cdot 10^{-45}$ . Вычислите  $pH$  начала осаждения гидроксида из раствора кобальта с концентрацией 0,03 моль/л и  $pH$  полного осаждения.
2. Сколько граммов  $\text{BaSO}_4$  ( $PP=1 \cdot 10^{-10}$ ) остается в 200 мл раствора при осаждении  $\text{BaCl}_2$  эквивалентным количеством  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ? Будет ли осаждение практически полным?
3. Рассчитайте массу пирита, содержащего 32 % серы, которую необходимо взять для анализа, чтобы получить примерно 0,35 г сульфата бария.
4. Из навески латуни, содержащей медь, цинк и свинец ( $m=0,5$  г), получили гравиметрические осадки  $\text{PbSO}_4$ ,  $m=0,0023$  г и  $\text{Zn}(\text{NH}_4)\text{PO}_4$ ,  $m=0,4108$  г. Определите процентный состав латуни.

### Вариант 8

1. Произведение растворимости  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  равно  $2 \cdot 10^{-14}$ . Вычислите  $pH$  начала осаждения гидроксида кадмия из децимолярного раствора  $\text{Cd}^{2+}$  и  $pH$  полного осаждения.
2. Сколько мл 1,2 %-го раствора диметилглиоксима  $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2$  ( $\rho=1$  г/мл) требуется для осаждения  $\text{Ni}^{2+}$  из раствора, содержащего 150 мг  $\text{NiCl}_2$ ?
3. Какой должна быть навеска чугуна с массовой долей серы 2 %, если при гравиметрическом определении серы получают сульфат бария массой 0,5 г?
4. Вычислите массовую долю меди в образце руды, если из 0,4320 г пробы получено 0,1985 г  $\text{Cu}(\text{SCN})_2$ .

### Вариант 9

1. Произведение растворимости  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  равно  $1 \cdot 10^{-16}$ . Вычислите  $pH$  начала осаждения гидроксида из децимолярного раствора  $\text{CrCl}_3$  и  $pH$  полного осаждения.



2. Вычислить объем раствора  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  с массовой долей 4 % ( $\rho=1$  г/мл) для осаждения магния в виде  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$  из раствора, полученного из 0,5228 г кристаллогидрата  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .
3. Какую навеску соли, содержащей по массе 85 %  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  надо взять, чтобы получить в качестве гравиметрической формы не более 0,15 г  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ?
4. Рассчитать массовую долю карбоната магния в известняке, если из навески 0,9866 г в результате анализа получено 0,4105 г  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ .

### Вариант 10

1. Произведение растворимости  $\text{Be}(\text{OH})_2$  равно  $5 \cdot 10^{-16}$ . Вычислите  $pH$  начала осаждения гидроксида из сантимольного раствора хлорида бериллия и  $pH$  полного осаждения.
2. Пробу 0,5625 г с 10,0 %  $\text{BaO}$  растворили в кислоте. Сколько граммов диэтилсульфата  $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{SO}_4$ , учитывая 30 %-й избыток, нужно взять для осаждения  $\text{BaSO}_4$ ?
3. Рассчитайте массу навески оксида фосфора (V) для определения фосфора в виде  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3$ , если масса гравиметрической формы 0,1 г.
4. Вычислите массовую долю  $\text{FeSO}_4$  в образце технического железного купороса, если из навески массой 0,9200 г в результате анализа получили 0,2545 г  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

### Вариант 11

1. Произведение растворимости  $\text{Bi}(\text{OH})_3$  равно  $3 \cdot 10^{-36}$ . Вычислите  $pH$  начала осаждения гидроксида висмута из сантимольного раствора  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$  и  $pH$  полного осаждения.
2. Вычислить объем раствора нитрата серебра с массовой долей 2 % для осаждения брома из 100 см<sup>3</sup> раствора  $\text{KBr}$  с концентрацией 0,01 М.
3. Рассчитайте массу навески оксида молибдена (VI) для определения молибдена в виде  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3$ , если масса гравиметрической формы 0,1 г.

4. Из навески оксида меди массой 0,1200 г получили осадок оксихинолината меди  $\text{Cu}(\text{C}_9\text{H}_6\text{ON})_2$  массой 0,5901 г. Вычислить формулу оксида меди.

### Вариант 12

1. Произведение растворимости  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  равно  $2,3 \cdot 10^{-13}$ . Вычислить  $pH$  начала осаждения гидроксида из раствора сульфата марганца 0,02 моль/л и  $pH$  полного осаждения.
2. Вычислите объем раствора нитрата серебра с массовой долей 3,4 % для осаждения хлорида из 200 см<sup>3</sup> раствора  $\text{NaCl}$  с молярной концентрацией 0,01 М.
3. Какую навеску купороса  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  нужно взять для определения в нём меди в виде  $\text{CuSCN}$ , если максимальный вес гравиметрической формы 0,1 г?
4. Вычислить массовую долю  $\text{FeO}$  в образце технического железного купороса, если из навески массой 0,9200 г в результате анализа получили 0,2545 г  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

### Вариант 13

1. Произведение растворимости  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  равно  $1,6 \cdot 10^{-14}$ . Вычислите  $pH$  начала осаждения гидроксида из раствора соли никеля с концентрацией 0,001 М и  $pH$  полного осаждения.
2. Сколько граммов раствора аммиака с массовой долей 4 % требуется для осаждения железа из навески 0,6076 г железоаммонийных квасцов  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ?
3. Какую навеску свинцовых белил  $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$  нужно взять для определения в них свинца в виде сульфата, если максимальный вес гравиметрической формы 0,1 г?
4. Из навески криолита массой 0,5430 г получили 0,0971 г оксида алюминия. Вычислите массовую долю гексафтороалюмината натрия ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) в криолите.

### Вариант 14

1. Произведение растворимости  $Pb(OH)_2$  равно  $2 \cdot 10^{-14}$ . Вычислите  $pH$  начала осаждения гидроксида из раствора нитрата свинца с концентрацией  $0,05$  моль/л и  $pH$  полного осаждения.
2. Сколько граммов раствора с массовой долей аммиака  $2\%$  требуется для осаждения алюминия из навески  $0,9556$  г алюмокалиевых квасцов  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ?
3. Вычислите фактор пересчета (гравиметрический фактор) для определения массы  $KMnO_4$  по массе гравиметрической формы  $Mn_2P_2O_7$ .
4. Вычислите массовую долю кобальта в сплаве, если из навески образца массой  $0,2520$  г после осаждения кобальта  $\alpha$ -нитрозо- $\beta$ -нафтолом получили прокаленный осадок  $Co_3O_4$  массой  $0,1214$  г.

### Вариант 15

1. Произведение растворимости  $PbI_2$  равно  $8,7 \cdot 10^{-9}$ . Рассчитайте потери этого осадка (в граммах) при промывании его в  $200$  мл воды.
2. Сколько миллилитров  $0,25$  М раствора  $(NH_4)_2C_2O_4$  потребуется для осаждения ионов кальция из раствора, полученного при растворении в соляной кислоте мела  $CaCO_3$  массой  $0,7$  г?
3. Из  $25,0$  мл раствора медь выделена в виде осадка сульфида меди (I), масса которого после высушивания составила  $0,1543$  г. Рассчитайте молярную концентрацию меди в растворе.
4. Определите формулу кристаллогидрата хлорида магния, если из навески его  $0,4$  г получили  $0,2191$  г  $Mg_2P_2O_7$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Васильев В. П.* Аналитическая химия. В 2 ч. Ч. 1. Гравиметрический и титриметрический методы анализа. М.: Высш. шк., 1989. 320 с.

*Пилипенко А. Т., Пятницкий И. В.* Аналитическая химия: в двух книгах: кн. 1. М.: Химия, 1990. 480 с.

*Алексеев В. Н.* Количественный анализ. М.: Химия, 1972. 504 с.

*Толстоусов В. Н., Эфрос С. М.* Задачник по количественному анализу. Л.: Химия, 1986.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. ОСНОВЫ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА .....	4
1.1. Требования к осадкам .....	4
1.2. Выбор оптимальных условий осаждения .....	6
1.3. Отделение осадка от раствора.....	7
1.4. Получение гравиметрической формы и определение ее массы .....	9
1.5. Расчёты в гравиметрическом анализе .....	9
<i>КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ</i> .....	13
2. Лабораторная работа.....	14
ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ.....	17
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ГРАВИМЕТРИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ ПО ВАРИАНТАМ.....	19
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	26

Учебное издание

Тамара Алахвердовна Асадова  
Наталья Анатольевна Зайцева

## ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

*Учебно-методическое пособие*  
для выполнения лабораторных и контрольных работ  
курса «Аналитическая химия»  
для учащихся среднего *профессионального*  
*образования* специальности  
20.02.01 – «Рациональное использование  
природохозяйственных комплексов»

Редактор изд-ва *В.В. Баклаева*

Подписано в печать *05.05.2022 г.*  
Бумага офсетная. Формат 60 x 84 1/16.  
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе  
Печ. л. 1,8. Уч.-изд. л. 1,55 Тираж 20 экз. Заказ №

Издательство УГГУ  
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30  
Уральский государственный горный университет



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

**Н. А. Зайцева, Т. А. Асадова**

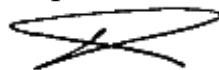
## **КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ**

***Учебно-методическое пособие  
для выполнения лабораторных работ  
курса «Аналитическая химия»  
для учащихся среднего профессионального  
образования***

**Екатеринбург  
2021**

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

ОДОБРЕНО  
Методической комиссией  
горно-механического факультета  
«17» сентября 2021 г.  
Председатель комиссии



\_\_\_ П. А. Осипов

Н. А. Зайцева, Т. А. Асадова

## КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ

*Учебно-методическое пособие  
для выполнения лабораторных работ  
курса «Аналитическая химия»  
для учащихся среднего профессионального  
образования*



Рецензент: Т. И. Красненко, д-р хим. наук, профессор, ведущий науч. сотрудник  
лаборатории оксидных систем ИХТТ УрО РАН, г. Екатеринбург

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры химии  
16 сентября 2021 г. (протокол № 1) и рекомендовано для издания в УГГУ

**Зайцева Н. А., Асадова Т. А.**

- 317 **КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ:** учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных работ курса «Аналитическая химия» для учащихся *среднего профессионального образования* / Н. А. Зайцева, Т. А. Асадова. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2021. – 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.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов всех специальностей.

© Зайцева Н. А., Асадова Т. А., 2021  
© Уральский государственный  
горный университет, 2021

## 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	$\text{Ag}^+$ , $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{Hg}_2^{2+}$	2М HCl	Хлориды нерастворимы в воде и разбавленных кислотах
III	$\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Sr}^{2+}$ , $\text{Ba}^{2+}$	2М $\text{H}_2\text{SO}_4$	Сульфаты нерастворимы в воде, кислотах и щелочах
IV	$\text{Al}^{3+}$ , $\text{Cr}^{3+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ , * $\text{As}^{3+}$ , * $\text{As}^{5+}$ , $\text{Sn}^{2+}$ , $\text{Sn}^{4+}$	4М NaOH (избыток)	Гидроксиды амфотерны, растворимы в избытке щелочи
V	$\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Mn}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Bi}^{3+}$ , $\text{Sb}^{3+}$ , $\text{Sb}^{5+}$	2М NaOH (25 % $\text{NH}_4\text{OH}$ )	Гидроксиды нерастворимы в избытке щелочи и аммиаке
VI	$\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ , $\text{Hg}^{2+}$ , $\text{Cd}^{2+}$	25% $\text{NH}_4\text{OH}$ (избыток)	Гидроксиды растворимы в избытке аммиака с образованием аммиакатов

\*  $\text{As}^{3+}$  и  $\text{As}^{5+}$  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  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Fe}^{2+}$ .

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 $\text{Fe}^{3+}$ и $\text{Fe}^{2+}$**

В две пробирки налейте по 1 мл растворов  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{FeSO}_4$ , 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 $\text{Fe}^{3+}$ и $\text{Fe}^{2+}$**

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 $\text{Fe}^{3+}$ и $\text{Fe}^{2+}$**

а) В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$ , добавьте по 2 мл раствора серной кислоты. В обе пробирки прилейте раствор перманганата калия, в какой из них наблюдается обесцвечивание  $\text{KMnO}_4$ ? Запишите уравнение реакции, учитывая, что в кислой среде перманганат-ионы восстанавливаются до ионов  $\text{Mn}^{2+}$ , уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

б) В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$ , 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  $\text{Cr}^{3+}$ , уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

#### **Опыт 4. Действие восстановителей на катионы $\text{Fe}^{3+}$ и $\text{Fe}^{2+}$**

В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$ , 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  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{FeSO}_4$ , добавьте по 1 мл раствора роданида аммония  $\text{NH}_4\text{SCN}$  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  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{FeSO}_4$  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  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{FeSO}_4$  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  $\text{Fe}^{2+}$ , и с помощью какой обнаруживается ион  $\text{Fe}^{3+}$ .

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что произойдет с зеленоватым осадком  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  при добавлении к нему раствора перекиси водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$ ? Запишите уравнение реакции, уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

2. Выпадет ли осадок при смешивании равных объемов растворов  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{NaOH}$ , если  $\text{P.P.} (\text{Fe} (\text{OH})_3) = 3,8 \cdot 10^{-38}$ , а концентрации растворов 0,001 моль/л? Выпадет ли осадок при смешивании равных объемов растворов  $\text{FeSO}_4$  и  $\text{NaOH}$ , если  $\text{P.P.} (\text{Fe} (\text{OH})_2) = 4,8 \cdot 10^{-16}$ , 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  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{FeSO}_4$ , определите тип гидролиза и кислотность среды раствора. Какую окраску приобретёт лакмус в этих растворах?



## Лабораторная работа № 2

### КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ и $\text{Cu}^{2+}$

**Цель работы:** познакомиться с качественными реакциями на ионы  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Cu}^{2+}$ , 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 мм<sup>3</sup>. 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 $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ и $\text{Cu}^{2+}$**

В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Cu}^{2+}$ , 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 $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ и $\text{Cu}^{2+}$**

В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Cu}^{2+}$ , 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 6, а медь удерживает только 4 лиганда.

Разрушаются ли полученные аммиакаты раствором кислоты?

## **Опыт 3. Реакции с желтой кровяной солью**

В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Cu}^{2+}$ , 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.

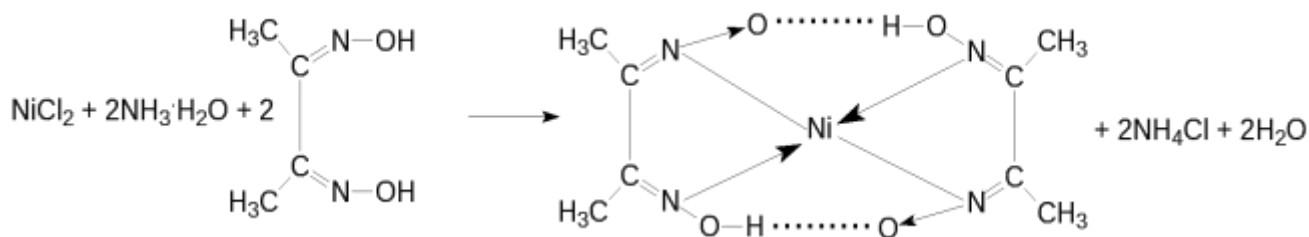
### *Капельные реакции на фильтровальной бумаге*

## **Опыт 4. Реакция катионов $\text{Ni}^{2+}$ 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 $\text{Co}^{2+}$ с роданидом аммония

Поместите на сухую фильтровальную бумагу несколько капель раствора хлорида кобальта (II), добавьте кристаллы сухой соли  $\text{NH}_4\text{SCN}$ , 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 $\text{Co}^{2+}$ 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  $\text{Ni}^{2+}$  с помощью диметилглиоксима при реакции на капельной пластинке предел обнаружения  $\text{Ni}^{2+}$  – 0,16 мкг; в пробирке можно обнаружить 1,4 мкг  $\text{Ni}^{2+}$  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  $\text{Ni}^{2+}$  понижается до 0,002 мкг. Определите минимальную молярную концентрацию ионов  $\text{Ni}^{2+}$ , 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  $\text{Cu}^{2+}$  раствор тиоцианата железа (III) обесцвечивается мгновенно. Предел обнаружения меди – 0,02 мкг в 1 мл. Определите минимальную молярную концентрацию ионов  $\text{Cu}^{2+}$ , 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 гексагидроскохромата натрия.

### **Опыт 2. Действие раствора аммиака на ионы $Al^{3+}$ , $Cr^{3+}$ , $Zn^{2+}$**

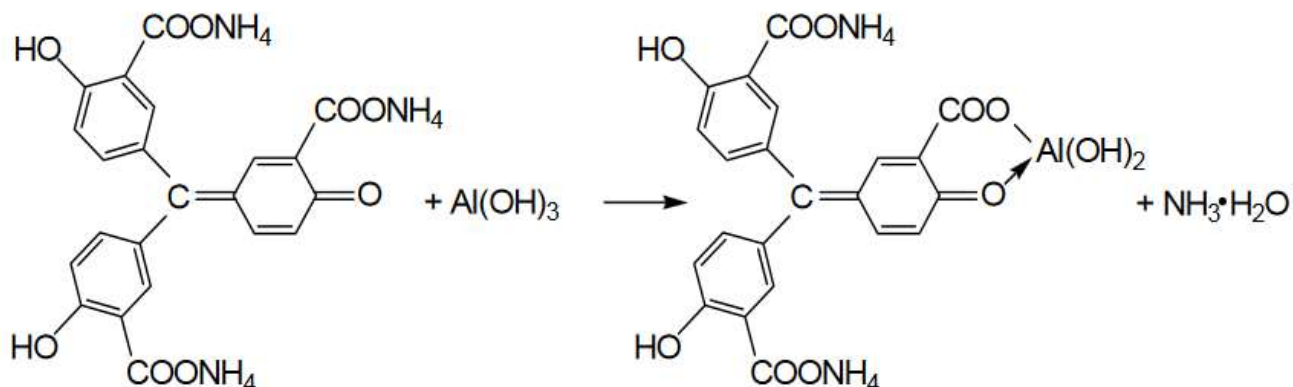
В три пробирки налейте по 1 мл растворов хлоридов алюминия, хрома и цинка, добавьте по 1 мл разбавленного раствора аммиака в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций образования соответствующих гидроксидов.

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 %-го 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  $K_2Zn_3[Fe(CN)_6]_2$ . Составьте уравнение этой реакции ионного обмена.

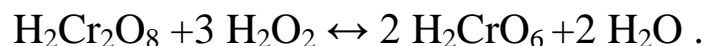
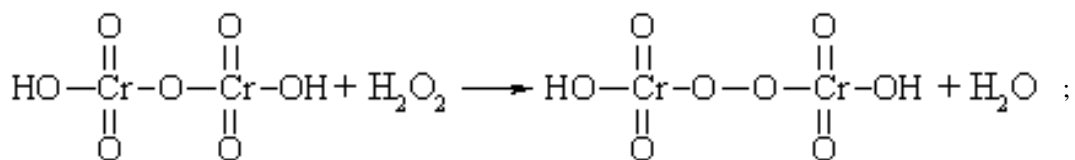
#### Опыт 5. Восстановительные свойства ионов хрома (III)

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 желтый цвет (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  $\text{H}_2\text{O}_2$ , ~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  $\text{H}_2\text{CrO}_6$ . 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 $\text{Ag}^+$ , $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{Hg}^{2+}$ 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 %-ым 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  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}^{2+}$  и  $\text{Pb}^{2+}$ , 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  $\text{AgI}$  (жёлтый),  $\text{HgI}_2$  (оранжевый),  $\text{PbI}_2$  (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 $\text{Ag}^+$ , $\text{Hg}^{2+}$ , $\text{Pb}^{2+}$

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  $\text{Hg}^{2+}$  (оранжевая зона в центре) и  $\text{Pb}^{2+}$  (ярко-желтая зона по периферии). Бледно-желтая окраска  $\text{AgJ}$  либо видна плохо (из-за маскировки оранжевым  $\text{HgJ}_2$  и ярко-желтым  $\text{PbJ}_2$ ), 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  $\text{NaOH}$ . При этом йодид свинца растворится в  $\text{NaOH}$  с образованием бесцветного плюмбита натрия  $\text{Na}_2\text{PbO}_2$ , 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 $\text{Ag}^+$ , $\text{Hg}^{2+}$ , $\text{Pb}^{2+}$

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  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  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  $\text{AgNO}_3$  и  $\text{KI}$ , если концентрации обоих растворов 0,001 моль/л, а произведение растворимости йодида серебра 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 тетраидомеркурата 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)

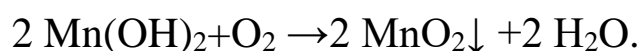
Испытуемый раствор	Добавленный реагент	Наблюдение	Предполагаемый состав	Вывод
Опыт № 1 «Открытие окрашенных ионов»				
№ 13	отсутствует	Раствор розовый	Ионы $\text{Co}^{2+}$	
№ 13	NaOH	Выпал синий осадок, при добавлении избытка щёлочи стал розовым	$\text{CoOHCl}$ $\text{Co(OH)}_2$	В пробирке был $\text{CoCl}_2$
Опыт № 2 «Действие щелочей»				
№ 14				

## Опыт 1. Открытие окрашенных ионов

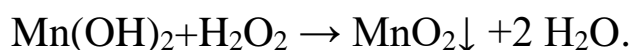
Опишите внешний вид растворов, сделайте предположения, какие растворы могут быть в каждой из пробирок, занесите их в таблицу. Наиболее вероятные предположения (для окрашенных растворов) проверьте с помощью соответствующих качественных реакций, взяв для анализа небольшую порцию испытуемого раствора. Составьте 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  $\text{Na}_2\text{PbO}_2$ , а светло-бежевый гидроксид марганца  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  постепенно окисляется кислородом воздуха, что выглядит как потемнение раствора на границе с воздухом:

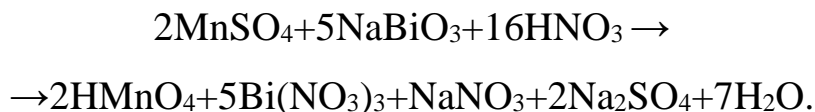


Эту реакцию можно сделать более наглядной, ускорив процесс окисления с помощью перекиси водорода:



Сделайте предположения о том, какие катионы находятся в пробирках. Проверьте предположения с помощью качественных реакций, для ионов  $\text{Mn}^{2+}$  кроме реакции с  $\text{H}_2\text{O}_2$  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., Эршно 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 $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ И $\text{Cu}^{2+}$ .....	10
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ.....	14
Лабораторная работа № 3. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ $\text{Al}^{3+}$ , $\text{Cr}^{3+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ .....	15
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ.....	18
Лабораторная работа № 4. РАЗДЕЛЕНИЕ И ОБНАРУЖЕНИЕ КАТИОНОВ $\text{Ag}^+$ , $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{Hg}^{2+}$ 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

Учебное издание

Наталья Анатольевна Зайцева  
Тамара Александровна Асадова

## КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ

*Учебно-методическое пособие*  
для выполнения лабораторных работ  
курса «Аналитическая химия»  
для учащихся *среднего профессионального*  
*образования* специальности  
20.02.01 – «Рациональное использование  
природохозяйственных комплексов»

Электронное издание  
Текст (визуализированный): непосредственный

Редактор изд-ва *В. В. Баклаева*

Подписано к использованию *21.09.2021 г.*  
Объем данных 0,8 Мб  
Держатель документа: научная библиотека УГГУ

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30  
ФГБОУ ВО  
«Уральский государственный горный университет»

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу \_\_\_\_\_ С.А.Упоров

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по выполнению практических работ

по дисциплине «Прикладная геодезия и экологическое картографирование»

Направления подготовки

**20.02.01**

программа подготовки специалистов среднего звена

базовая подготовка

на базе среднего общего образования

год набора: 2023

Автор: Назаров И.В.

Одобрена на заседании кафедры

Геодезии и кадастров

(название кафедры)

Зав. Кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

Акулова Е.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 09.09.2022

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией  
Инженерно-экономического факультета

(название факультета)

Председатель \_\_\_\_\_

(подпись)

Мочалова Л. А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 13.09.2022

(Дата)

Екатеринбург

2022

## 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  $\varphi$  и долгота  $\lambda$  ). Например, координаты северо-западного угла рамки (рис. 1.1.).

$$\varphi = 54^{\circ}20' , \lambda = 14^{\circ}15'$$

Параллельно линиям географической раски 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<sup>сек</sup>. С помощью минутной рамки определяют географические координаты точек на карте: широта  $\varphi$  и долгота  $\lambda$  .

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, выходные 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 ( $\ell$  см). С помощью численного масштаба карты (I:M) определяется расстояние на местности (D) в метрах

$$D = \ell \cdot M,$$

где  $\ell$  - 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 масштада, 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 $\varphi$ $\lambda$

Географические координаты определяются по минутной рамке. Для определения широты  $\varphi$  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 ( $\varphi$ ) точки будет  $\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi$ ,  $\varphi_0$  - широта южной стороны рамки, долгота -  $\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda$ ,  $\lambda_0$  - долгота западной стороны рамки.



Для определения долготы через точку проводят меридиан и по северной или южной стороне минутной рамки отсчитывают долготу ( $\lambda$ ).

Пример: определить  $\varphi$  и  $\lambda$  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  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  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.

$$Y_i = 3453 \text{ км}.$$

$$\Delta X = 684 \text{ м} = 0,684 \text{ км}, \quad \Delta Y = 460 \text{ м} = 0,460 \text{ км}$$

$$X_D = 6022 \text{ км} + 0,684 \text{ км} = 6022684 \text{ м}$$

$$Y_D = 3453 \text{ км} + 0,460 \text{ км} = 3453460 \text{ м}.$$

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  $\alpha$ , 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.

$$\text{Пример: } \alpha_{1-2} = 238^{\circ} .$$

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  $\gamma$  - сближение меридианов,

$\delta$  - склонение магнитной стрелки.

При вычислении  $A$  и  $A_m$  по формулам учитываются знаки  $\delta$  и  $\gamma$ .  
 Азимут истинный  $A = 238^0 + (-0^0 35\prime) = 237^0 25\prime$ .  
 Азимут магнитный  $A_m = 238^0 - (0^0 45\prime - (-0^0 35\prime)) = 236^0 40\prime$ .  
 Контроль вычисления  $A$  и  $A_m$  выполняют с помощью графика взаимного расположения меридианов (рис. 1.2).

#### Схема взаимного расположения меридианов

Из схемы видно, что  $A_m = \alpha - (-0^0 35\prime + 0^0 45\prime)$ .

Для определения магнитного азимута на текущий год необходимо учесть годовое изменение склонения магнитной стрелки  $\Delta\alpha = +2'$

$$2\prime \cdot 34 \text{ года} = 68\prime = 1^0 08\prime; \quad \delta = 0^0 45\prime + 1^0 08\prime = 1^0 53\prime.$$

$$\text{На 1993 год } A_m = 238^0 - (0^0 35\prime + 1^0 53\prime) = 238^0 - 2^0 28\prime = 235^0 32\prime.$$

#### 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. Точка 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:  $h' = \frac{h \cdot b}{a}$ ,

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 1 и 2 ) находят как разность отметок этих точек

$$h_{1-2} = H_2 - H_1 ,$$

$$H_1 = 187,5\text{ м} , H_2 = 191,2\text{ м} ,$$

$$h_{1-2} = 191,2\text{ м} - 187,5 = +3,7\text{ м} .$$

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  $\nu^0$  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

$$X_D = 6022584 \text{ м} \quad X_N = 6022264 \text{ м}$$

$$X_D = 453460 \text{ м} \quad Y_N = 451788 \text{ м}$$

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  $\nu^{\circ}$

$$\nu^{\circ}_{\max} = 7^{\circ} \quad \nu^{\circ}_{\min} = 7^{\circ},5$$

11. Проектирование линии с крутизной ската не более  $2^{\circ}$

### 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:



$$S = C \cdot \Delta n_{cp}. \Delta n = n_2 - n_1$$

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 $\Delta n$	Отсчеты по планиметру		Разность отсчетов $\Delta n$	
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  $30^\circ$  до  $150^\circ$ .

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:  $\ell$  - 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 Y-35-38-A-B-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  $\Delta m$  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:  $\Delta d$  - 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 (полудиagonали) 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		
I	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 $^{\circ}$	Гориз. пролож.	Высоты H, 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 горизонталы 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 горизонталы и отметками 154 и 153 м).

Рис. 3.3. Проведение горизонталей: а) графическим  
интерполированием, б) с помощью палетки

Горизонталы 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  $h_{\text{изм.}}$ , 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:

$$f_h = \sum h_{\text{изм.}} - (H_6 - H_0),$$

доп.  $f_h = 50 \text{ мм} \sqrt{L_{\text{км}}}$ , где:  $f_h$  - полученная невязка нивелирного хода,  $\sqrt{\sum h_{\text{изм.}}}$  - 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. ).

$$f_h = + 6016 - (133,446 - 127,410) = 6016 - 6036 = - 20 \text{ мм};$$

$$\text{доп. } f_h = 50 \text{ мм} \sqrt{0,6_{\text{км}}} = 40 \text{ мм} .$$

Если полученная невязка меньше допустимой, то ее распределяют с обратным знаком на все измеренные превышения, для чего находим поправки  $\delta_h$  к превышениям ( $h_{\text{изм.}}$ ).

$$\delta_h = -\frac{f_h}{n}, \text{ где } n - \text{ число превышений.}$$

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
	<i>h<sub>изм.</sub></i>	<i>h<sub>испр.</sub></i>	
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
$\Sigma h$	+ 6016	+ 6036	$H_6 - H_0 = +6036$

### Поперечный профиль

Номер точек	Превышения $h_{испр.}$	Отметка $H_m$
ПК 5		132,843
	+0810	
Л + 5		133,653
	- 1588	
Л + 10		131,255
	- 1342	
П + 10		131,501

В примере:  $H_{Л+5} = 132 \cdot 843 + 0,810 = 133,653m$

$$H_{Л+10} = 132 \cdot 843 - 1,588 = 131,255m$$

$$H_{Л+10} = 132 \cdot 843 - 1,342 = 131,501m$$

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:

$$i = \frac{h}{D} = \frac{H_{\text{кон.}} - H_{\text{нач.}}}{D},$$

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  $45^\circ$ . 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  $90^{\circ}$ , 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. Второй полуприем 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:

$$1 \text{ полуприем КЛ } \beta_{л} = 95^{\circ}30' - 48^{\circ}25' = 47^{\circ}05' \quad \textcircled{9}$$

$$2 \text{ полуприем КП } \beta_{п} = 275^{\circ}30' - 228^{\circ}26' = 47^{\circ}04' \quad \textcircled{10}$$

Допустимое расхождение угла КЛ – КП не должно превышать  $2''$ . За окончательное значение угла принимается его средняя величина

$$\beta_{ср} = (\beta_{л} + \beta_{п}) : 2 = 47^{\circ}04'.5 \quad \textcircled{11}$$

Вертикальные углы вычисляют по формуле  $\nu = КЛ - МО$

$МО = (КЛ + КП - 180^{\circ}) : 2$ , где КЛ и КП отсчеты по вертикальному кругу теодолита, МО – место нуля вертикального круга.

$$МО = (16^{\circ}32'' + 163^{\circ}27'' - 180^{\circ}) : 2 = -0''.5 \quad \textcircled{12}$$

$$\nu = 16^{\circ}32' - (-0''.5) = 16^{\circ}32'.5 \quad \textcircled{14}$$

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    4	Измеренный угол 0    4	Средний угол 0    4
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)	- 04,5 (12)	(14)	(16) 17,6	
		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 пузырька 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

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому  
комплексу  
С.А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

по дисциплине «Прикладная геодезия и экологическое картографирование»  
для студентов очного обучения

Направление подготовки  
**20.02.01** *безопасность природных комплексов*

программа подготовки специалистов среднего звена  
базовая подготовка

на базе среднего общего образования  
год набора: 2023

Автор: Назаров И.В.

Одобрена на заседании кафедры

Геодезии и кадастров

(название кафедры)

Зав. Кафедрой

Акулова Е.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 09.09.2022

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией  
Инженерно-экономического факультета

(название факультета)

Председатель

Мочалова Л. А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 13.09.2022

(Дата)

Екатеринбург

2022

## Содержание

	Стр.
<b>1. Общие положения .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Требования к уровню освоения образовательной программы.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Внутренние факторы, способствующие активизации самостоятельной работы</b>	<b>5</b>
<b>4. Виды самостоятельной работы .....</b>	<b>6</b>
<b>5. Организация СРС.....</b>	<b>7</b>
<b>6. Деятельность студентов по формированию и развитию навыков учебной самостоятельной работы.....</b>	<b>18</b>
<b>7. Требования к учебно-методическому обеспечению самостоятельной работы студентов.....</b>	<b>24</b>
<b>8. Самостоятельная работа студента - необходимое звено становления исследователя и специалиста.....</b>	<b>28</b>
<b>Список используемой литературы.....</b>	<b>29</b>

## 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 «Прикладная геодезия и экологическое картографирование»**

**Цель дисциплины:** формирование у студента четкого представления о средствах и методах геодезических работ при топографо-геодезических изысканиях; приобретение навыков определения пространственно-геометрического положения объектов, выполнения необходимых геодезических измерений, обработки и интерпретации их результатов.

**Место дисциплины в структуре ПССЗ:** Дисциплина «Прикладная геодезия и экологическое картографирование» является дисциплиной профессионального цикла учебного плана по специальности 20.02.01 Экологическая безопасность природных комплексов.

### **Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины:**

*общие*

-

к различным контекстам (ОК-01);

-

информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности (ОК-02);

-

об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях (ОК-07);

### **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 насколько осознанно 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.

## **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.

## **8. 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 контроллинга 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 05.03.06 Экология и природопользование
2. Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы./ ГОУ ВПО «Московский государственный гуманитарный университет им. М.А. Шолохова». 2010г

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

**Новикова Н.А.**

**Методические указания**

**Для выполнения лабораторных работ по дисциплине  
«Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов СПО**

**Екатеринбург**

## ВВЕДЕНИЕ

В курсе «Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия» студенты дневного обучения факультета СПО выполняют лабораторные работы в объеме 10 часов.

Лабораторные работы выполняются по техническим измерениям.

1. Измерение размеров деталей штанге инструментами – 2 часа.
2. Измерение размеров детали микрометрическими инструментами- 2 часа.
3. Измерение размеров деталей при помощи концевых мер длины и рычажно-зубчатыми приборами – 2 часа.
4. Контроль зубчатых колес - 4 часа.

Студенты заочного обучения выполняют вместо первых трех работ одну комплексную работу (контроль размеров поршня) - 4 часа; контроль зубчатых колес. - 2 часа.

Все отчеты выполняются на стандартных бланках, мягким графическим карандашом. На каждую работу выдается готовый отпечатанный бланк, поэтому в данной методической разработке форма отчетов не приводится.

## Лабораторная работа № 1

### ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТАМИ

**Цель:** Ознакомиться с конструкциями нониуса штангенинструментов и получить навык измерения штангенинструментами.

Для выполнения работы студенту выдается: штангенциркуль модели ШЦ-П, штангенрейсмус, штангенглубомер, деталь для измерения, ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75), РДМУ98-77, чертеж детали.

**Задание 1.** Ознакомиться с конструкцией штангенциркуля, штангенглубомера и штангенрейсмуса; паспортные данные приборов занести в табл.1.1 отчета.

**Задание 2.** Измерить размеры заданной детали. Наружные размеры  $d_1$  и  $d_2$  измерять в трех сечениях (1, 2, 3, см. рис.1) и в двух взаимно перпендикулярных направлениях (1-1 и 2-2).

Диаметры отверстий  $D_1$  и  $D_2$  измерять по два раза (в направлении 1-1 и 2-2) с одного торца и аналогично с другого торца детали.

Длину детали и длину уступов измеряют по четыре раза через  $90^\circ$ . Длину детали измеряют с помощью штангенрейсмуса, установив деталь и рейсмус на поверочную плиту, размеры уступов измерять штангенглубомером.

Результаты измерений детали занести в таблицу 1.2 отчета.

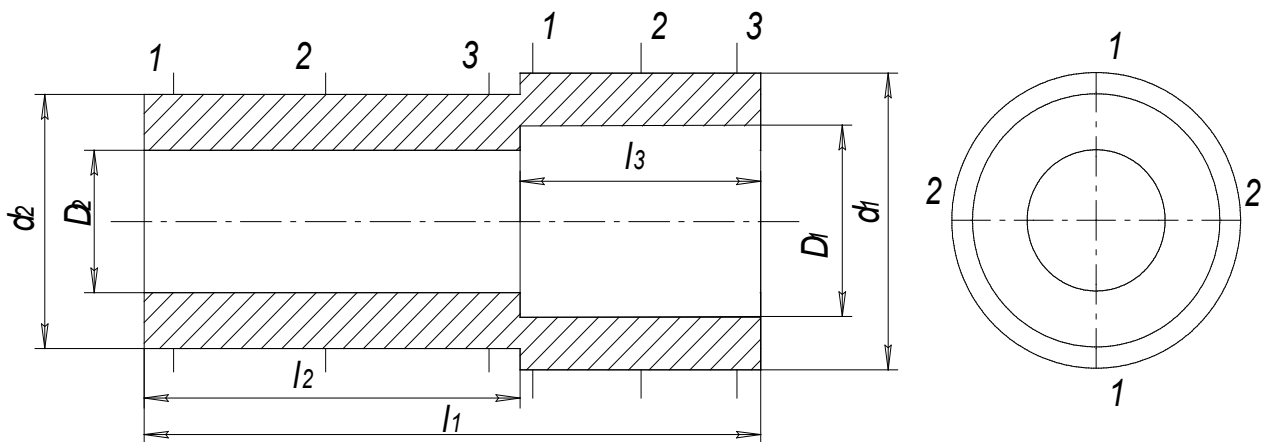


Рис. 1. Схема измерения

**Задание 3.** Дать заключение о годности детали по каждому размеру, для чего:

а) по чертежу детали выписать условные обозначения полей допусков для каждого размера;

б) в таблицах по ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75) для каждого поля допуска выписать числовые отклонения и определить предельно допустимые размеры;

в) выполнить анализ годности по каждому размеру. Если измеренные размеры окажутся меньше наименьшего допустимого, то находят разницу



между наименьшим допустимым размером и наименьшим размером, полученным при измерении и в отчете указывают «Размер занижен на ... мм».

Если измеренные размеры окажутся больше допустимого размера, то вычисляется разница между наибольшим измеренным и наибольшим допустимым размером и в отчете указать «Размер завыщен на... мм»

При защите лаб. работы № 1 студент должен знать:

1. Как устроен нониус.
2. Как установить заданный размер на штангенциркуле.
3. Показать, как производились измерения наружных и внутренних поверхностей.
4. Уметь анализировать погрешности формы размеров деталей, полученных при измерении.

Таблица 1

**Номинальные размеры деталей**

Номер детали	$d_1$	$d_2$	$D_1$	$D_2$	$l_1$		$L_3$
1	50a11	40js12	40c11	26B11	74h12	42Js12	26Js12
2	40b12	35a11	28B12	25C11	90h11	56H12	32H12
3	38d11	32b12	28Js12	20B12	74h12	35Js12	26H12
4	44b11	40h12	35B12	28A11	80h12	50H12	24Js12
5	50c11	40b12	40A11	25B12	75h14	42H14	29Js14
6	68b12	50b11	56A11	42B12	85h14	45H14	30Js14
7	45a11	38b11	35C11	28B12	80h14	50H14	25Js14
8	42d11	34a11	32B12	25Js12	96h12	50H12	35H14
9	62d11	55b11	50H12	42B12	100h11	60H12	35Js14
10	38b12	32c11	36B11	22A11	72h14	35H14	26H14
11	38d11	32c11	28B11	20A11	70h14	30H14	26H14
12	38b12	32b12	16H12	12H12	80h14	35H14	35H14
13	40h12	30b12	26A11	20H12	58h14	38H14	14H14
14	60d11	50c11	46H12	35H11	80h12	40H12	32H14
15							
16	60b12	54b11	50H12	42H12	82h12	50H12	22H12
17	48d11	40c11	36H12	30H12	100h14	50H14	40H14
18	48b12	38a11	36B12	30A11	100h12	50h12	48h12
19	44b12	40d11	36B12	26B12	100h14	50H14	34Js12
20	48a11	45b11	40B12	36A11	75h14	43H14	20H14
21	50c11	36d11	38H12	25A11	75h12	32H14	30H14
22	40d11	36h12	35H11	26B12	100h14	58H12	38H12

23	50a11	38d11	35A11	32B12	70h14	34H12	35H14
24	48b12	42c11	40B12	32A11	72h12	42H14	22H14
25	48d11	42h12	40D11	32B12	72h12	42H12	22H14
26	48a11	38b12	36H12	28A11	64h14	32H14	30H14
27	46b12	38h11	34H12	26H11	80h14	55H14	20H14
28	42c11	38a11	32B12	26A11	88h12	46H14	35H14
29	45b12	38d11	35H12	28H12	80h12	40H14	36H14
30	42d11	38h12	35H11	28B12	90h12	48H12	36H14
31	48a11	40d11	34A11	28D11	85h14	45H14	30H14
32	48d11	40a11	36B12	28C11	75h14	50H14	25H14
33	46b11	38d11	35D11	30B12	74h14	36H14	30H14
34	45b12	40d11	36B12	30D11	60h12	25H12	26H14
35	32c11	26b12	24A11	20D11	75h12	36H14	40H14

## Лабораторная работа № 2

### ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ МИКРОМЕТРИЧЕСКИМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

**Цель:** Ознакомится с конструкцией микрометрических измерительных приборов и приобрести навык измерения гладким микрометром и микрометрическим нутромером.

Для выполнения работы выдаются: гладкий микрометр нужного предела измерения, микрометрический нутромер, РДМУ 98-77, ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75), чертеж деталей, подлежащих контролю.

**Задание 1.** Ознакомится с конструкцией гладкого микрометра, настроить прибор на нуль, занести паспортные данные прибора в табл. 2.1 отчета.

**Задание 2.** Измерить наружную цилиндрическую поверхность заданной детали, и результат измерений занести в табл. 2.2 отчета.

Измеряется одна цилиндрическая поверхность шесть раз: в трех сечениях (1, 2, 3) и в двух направлениях взаимно перпендикулярных (1-1 и 2-2) согласно схеме, указанной на рис 2, а.

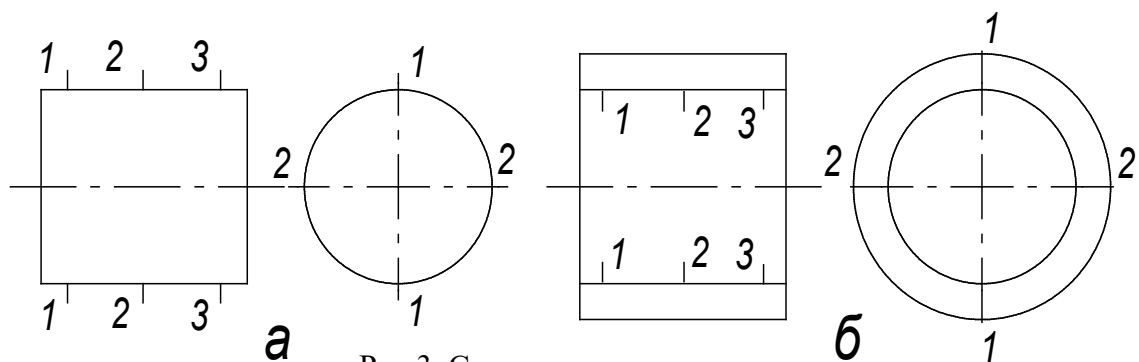


Рис.3. Схема измерения

**Задание 3.** Ознакомиться с устройством микрометрического нутромера, настроить прибор на нуль, занести паспортные данные в табл. 2 отчета.

**Задание 4.** Измерить микрометрическим нутромером одно отверстие у заданной детали, результаты измерения занести в табл. 2.3 отчета. Отверстие измерять в трех сечениях (1, 2, 3) и двух взаимно перпендикулярных направлениях (1-1 и 2-2) см. рис. 2, б. При измерении микрометрическим нутромером отверстия в графу "Отчет по микровинту" записывать только то, что прочтете на приборе, не прибавляя размера вставок и начального размера прибора.

**Задание 5.** Дать заключение о годности размеров, подвергающихся контролю, для чего:

а) согласно чертежа детали вписывают в таблицу отчета поля допусков на контролируемые размеры и в таблицах ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75) найти числовые предельные отклонения для каждого размера;

б) определить предельные размеры для поверхностей, подвергавшихся контролю;

в) дать заключение о годности по размеру, аналогично тому, как предусмотрено в лабораторной работе № 1.

г) определить действительные погрешности формы у поверхностей деталей, подвергшихся контролю.

При контроле размеров детали микрометрическими инструментами можно измерить только частные погрешности.

В поперечном сечении может иметь место овальность, а в продольном сечении- конусообразность, бочкообразность или седлообразность.

Для определения овальности необходимо сравнить размеры по отдельным сечениям (1, 2, 3) и где будет большая полуразность размеров, ту погрешность записывать в отчет.

Для определения погрешностей формы в продольном сечении необходимо сравнивать размеры, полученные в одном направлении (1-1 или 2-2). Если окажется, что размеры от сечения 1 к сечению 3 постепенно увеличиваются или уменьшаются, то в этом случае имеет место конусообразность, числовая величина которой получается как полуразность крайних размеров.

Если размеры в крайних сечениях будут меньше чем в среднем сечении, то имеем бочкообразность и в отчет записывать большую полуразность. Если размеры в крайних сечениях окажутся меньше размера в среднем сечении, то в данном случае имеем седлообразность, в отчете записывать большую полуразность. Принять обозначения: овальности знаком -  $\Delta_{ов}$ , конусообразность -  $\Delta_{к}$ , бочкообразность -  $\Delta_{б}$  и седлообразность -  $\Delta_{с}$ . Деталь считается годной по погрешностям формы, если погрешности не превышают половины допуска на размер детали.

При защите лаб. работы № 2 студент должен знать:

1. Как устроено отсчетное устройство микрометра или микрометрического устройства.

2. Уметь настраивать микрометрические инструменты на нуль.

3. Правильно снимать размер по шкале микрометрических приборов.

4. Уметь определять погрешности формы цилиндрических деталей.

На рис. 4 представлен чертеж измеряемого поршня, а в таблицах 2 и 3 приведены номинальные и ремонтные размеры поршней.

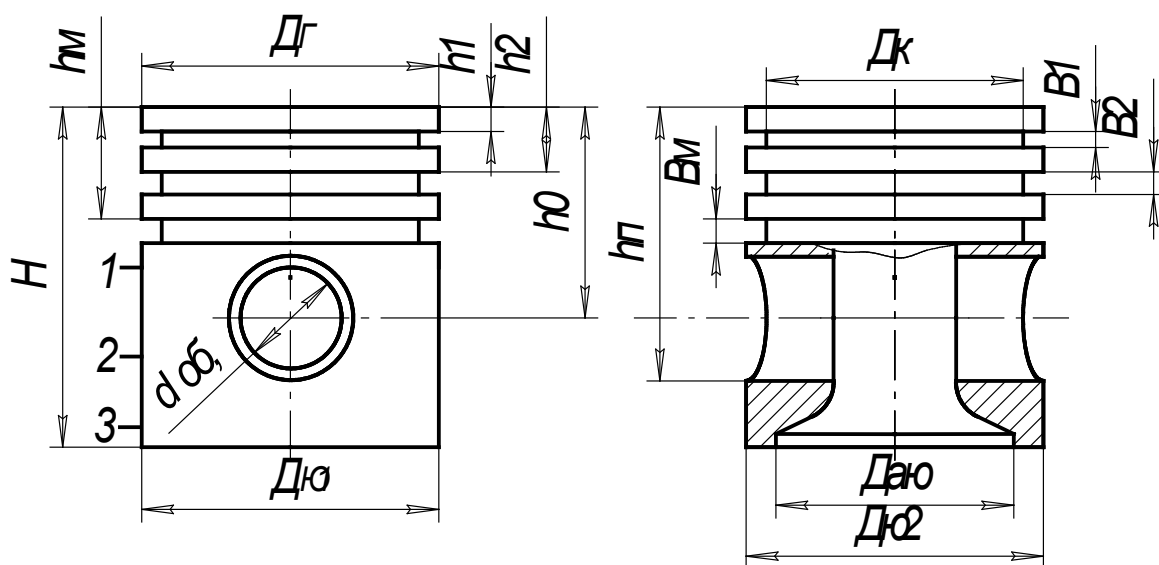


Рис.4. Чертеж поршня

Таблица 2

## Номинальные и ремонтные размеры

Размер	Номинальный размер	Номинал ремонтного размера			Допуск формы или расположения
		1	2	3	
Дг	99,3h9	99,88	100,30	100,80	Овальн. 0,05 Конусн. 0,03
Дю1	100js8	100,50	101,00	101,50	Овальн. 0,12
Дю2	99,75js9	100,25	100,75	101,25	Конусн. 0,01
Дою	93,8H8	94,30	94,80	95,30	Овальн. 0,5 $T_{дою}$
Дк	89,0h11	89,50	90,00	90,50	Овальн. 0,5 $T_{дк}$
Доб	28N5				Овальн. 0,002 Конусн. 0,001
В1	2,0D9				Непараллельн. стенки 0,1
В2	2,0D9				
В3	2,0D9				
Вм	5,0D9				
Н	110h14				Непарал.: $T_n$
h1	11js12				Непарал.: $T_h$
h2	19js12				
h3	25js12				
hm	31,5js12				
ho	52,5js10				Непараллельность 0,035/100
hp	76,5js10				
dp	28h5				Овальность 0,5 $T_{dp}$

Поршень ЗИЛ-130

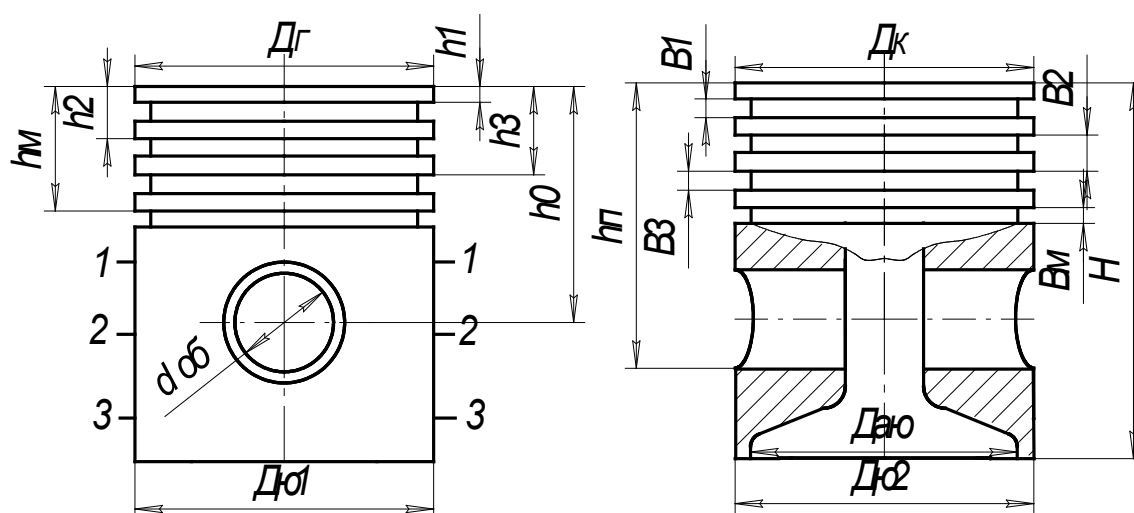


Рис.5. Чертеж поршня

Таблица 3

Размер	Номинальный размер	Номинал ремонтного размера			Допуск формы или расположения
		1	2	3	
Дг	101d9	101,4	101,9	102,4	Овальн. 0,05 Конусн. 0,10
Дю1	101,5js8	102,0	102,5	103,0	Овальн. 0,08 Конусн. 0,03
Дю2	101,3js9	101,85	102,35	102,85	
Дою	94,5H8	94,5	94,5	94,5	Овальн. 0,5 Тдою
Дк	92h11	92,5	93,0	93,5	Овальн. 0,5 Тдк
доб	28N5				Овальн. 0,003 Конусн. 0,002
В1	3,0D9				Непараллельн. стенок 0,05
В2	3,0D9				
В3	3,0D9				
Вм	4,8D9				
Н	106h14				Непарал.: Тн
Н1	6,0js12				Непарал.: Тн
Н2	12,0js12				
Н3	18,0js12				
hm	24,0js12				
ho	56js10				Непараллельность 0,05/100
hп	70js10				
dp	28h5				Овальность 0,5 Тdp
Поршень ЗИЛ-130					

### Лабораторная работа № 3

#### ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ПОМОЩИ КОНЦЕВЫХ МЕР ДЛИНЫ И РЫЧАЖНО-ЗУБЧАТЫХ ПРИБОРОВ

**Цель:** Ознакомиться с конструкцией концевых мер длины. Научиться измерять детали при помощи концевых мер длины и принадлежностей к ним.

Ознакомиться с конструкцией рычажной скобы, рычажного микрометра, индикатора часового типа, пружинной головкой, индикаторным нутромером и освоить технику измерения при помощи этих приборов.

Для выполнения работы студенту выдаются: набор концевых мер длины №1, принадлежности к концевым мерам, рычажный микрометр, рычажная скоба, пружинная головка со стойкой, нутромер индикаторный, ГОСТ 25347-82, РДМУ-98-77.

**Задание 1.** Освоить технику измерения размеров деталей при помощи концевых мер длины и принадлежностей к ним.

Задание 2. Ознакомиться с конструкцией измерительных головок, рычажного микрометра, рычажной скобы, настроить нужный прибор на нуль, занести паспортные данные в таблицу 3.3 отчета.

Задание 3. Измерить наружный диаметр заданной детали измерительной головкой, или рычажной скобой, или рычажным микрометром (выполнить шесть замеров в трех сечениях и двух взаимно перпендикулярных направлениях, согласно рис.3, а). Результаты измерений занести в таблицу 3.4 отчета.

Задание 4. Ознакомление с устройством индикаторного нутромера, настроить нутромер на нуль и занести паспортные данные в таблицу 3.3 отчета.

Задание 5. Измерить индикаторным нутромером размеры отверстия в трех сечениях и двух взаимно перпендикулярных направлениях. Результаты измерений занести в табл. 3.5 отчета.

Задание 6. Дать заключение о годности по размеру и форме, аналогично, как это предусмотрено для лабораторных работ № 1 и № 2. Допуски формы принимать равными половине допуска на размер детали.

При защите лаб. работы № 3 студент должен уметь:

1. Настраивать на нуль рычажную скобу, рычажный микрометр, измерительные головки на универсальной стойке, индикаторный нутромер.
2. Правильно снимать отсчет по каждому из перечисленных приборов.
3. Определять погрешности формы по результатам измерений.

## Лабораторная работа № 4

### КОНТРОЛЬ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Цель: Ознакомиться с системой допусков и посадок цилиндрических зубчатых передач и методикой контроля параметров зубчатого колеса.

Для работы студенту выдается: цилиндрическое зубчатое некоррелированное колесо, штангенциркуль с ценой 0,05 мм, тангенциальный зубомер, штангензубомер, нормалемер, ГОСТ 1643-81 (СТ СЭВ 641-77), ГОСТ 25346-82 (СТ СЭВ 145-75).

Задание 1. Определить основные параметры некоррелированного зубчатого колеса и результаты занести в табл. 7.1 отчета.

- 1.1. Определить число зубьев зубчатого колеса, подлежащее контролю.
- 2.2. Измерить штангенциркулем наружный диаметр зубчатого венца  $d_{ac}$  и диаметр впадин  $d_{fc}$ .

*Примечание:* При измерении зубчатого колеса с нечетным количеством зубьев необходимо полученную величину диаметра впадин разделить на поправочный коэффициент  $\sin \varphi$ , значение которого приведены в табл. 7.

Таблица 7

	$\sin \varphi$	$z$	$\sin \varphi$	$z$	$\sin \varphi$	$z$	$\sin \varphi$
11	0,98980	25	0,99800	39	0,99920	53	0,99956
13	0,99250	27	0,99825	41	0,99926	55	0,99958
15	0,99450	29	0,99850	43	0,99930	57	0,99962
17	0,99570	31	0,99870	45	0,99940	59	0,99966
19	0,99650	33	0,99890	47	0,99946	61	0,99967
21	0,99720	35	0,99904	49	0,99952	63	0,99968
23	0,99780	37	0,99908	51	0,99957	65	0,99969

1.3. Определить модуль зубчатого колеса по формуле, мм

$$m = \frac{d_{ac}}{z + 2} . \quad (11)$$

Полученную величину модуля округлить до стандартного из ряда: 2,0; 2,25; 2,5; 2,75; 3,0; 3,25; 3,5; 3,75; 4,0; 4,25; 4,75; 5,0; 5,25; 6,0; 7,0; 8,0.

1.4. Определить установленную высоту постоянной хорды  $h_c$  в следующей последовательности.

1.4.1. Определить номинальный наружный диаметр  $d_a$  по зависимости

$$d_a = z \cdot m + 2 \cdot m . \quad (12)$$

1.4.2. Определить действительную погрешность измерительной базы

$$k = \frac{d_a - d_{ac}}{2} . \quad (13)$$

1.4.3. Определить номинальную высоту до постоянной хорды. Для некоррегированного зубчатого колеса с углом зацепления  $\alpha = 20\%$  определяют по зависимости

$$\bar{h}_c = 0,7476 \cdot m . \quad (14)$$

1.4.4. Определить установочную высоту постоянной хорды с учетом погрешности базы

$$\bar{h}_{c'} = \bar{h}_c + k . \quad (15)$$

1.5. Определить номинальный размер постоянной хорды. Для зубчатого колеса с углами зацепления  $\alpha = 20\%$  размер постоянной хорды определяют по формуле

$$\bar{S}_c = 1,387 \cdot m . \quad (16)$$

1.6. Определить номинальный размер длины общей нормали. Для некоррегированного зубчатого колеса выполненного с исходным контуром по ГОСТ 13755-81, длину общей нормали можно определить по зависимости, мм

$$W = m [1,476(z_w - 0,5) + 0,014z]$$



(17)

где  $z_w$  - число зубьев в охвате мерителя, которое можно определить по зависимости

$$z_w = 0,111 \cdot z + 0,5 . \quad (18)$$

Полученную величину  $Z_w$  округлить до целого числа по правилам округления.

1.7. Определить величину смещения исходного контура  $E_{нч}$  для чего:

1.7.1. Определить номинальный диаметр окружности впадин по зависимости, мм

$$d_f = z \cdot m - 2,5 \cdot m . \quad (19)$$

1.7.2. Определить действительную величину смещения исходного контура по зависимости, мм

$$E_{нч} = \frac{d_{f2} - d_f}{2} . \quad (20)$$

1.8. По заданию преподавателя принять степень точности для заданного зубчатого колеса.

1.9. По ГОСТ 1643-81 (СТ СЭВ 641-77) найти допуски для параметров характеризующих норму кинематической точности ( $F_q$  и  $F_{vw}$ ), для нормы плавности ( $f_{pt}$ ,  $f_{pb}$ ), для нормы контакта ( $F_\beta$ ).

1.10. Из таблицы 14 ГОСТ 1643-81 выписать для всех видов бокового зазора показатель  $E_{нс}$  (наименьшее дополнительное смещение исходного контура).

Для зубчатых колес наружного зацепления показатель  $E_{нс}$  (верхнее отклонение) записать в мм со знаком минус.

1.11. Из табл. 15 ГОСТ 1643-81 выписать допуск на дополнительное смещение исходного контура для всех видов бокового зазора. Допуск  $T_H$  находить по допуску на радиальное биение зубчатого венца  $F_q$  и записать в мм.

1.12. По величине наименьшего дополнительного смещения ( $E_{нс}$ ) и допуску на смещение исходного контура определить наибольшее смещение исходного контура  $E_{ни}$  по зависимости в мм.

$$E_{нс} = E_{HS} - T_H , \quad (21)$$

где  $E_{нс}$  - верхнее отклонение дополнительного смещения исходного контура с учетом знака;

$T_H$  - допуск на смещение исходного контура.

1.13. Установить вид бокового зазора для заданного зубчатого колеса из условия

$$E_{HS} \geq E_{нч} \geq E_{ни} .$$

Если условие (22) будет обнаружено для нескольких видов бокового зазора, то следует принять тот боковой зазор, у которого среднее отклонение  $E_{нт}$  будет ближе к  $E_{нч}$ .

**Задание 2.** Определить исполнительные размеры параметров зубчатого колеса, влияющих на норму бокового зазора.

2.1. Выписать допустимые смещения исходного контура ( $E_{нс}$ ,  $T_H$  и  $E_{ни}$ ) для выбранного сопряжения, согласно ГОСТ 1643-81.

2.2. Определить допустимые смещения исходного контура с учетом погрешности измерительной базы для чего:

2.2.1. По табл. 8 пособия определить квалитет для наружного диаметра зубчатого колеса, а по ГОСТ 25346-82 (СТ СЭВ 145-75) определить величину допуска  $T_a$  для заданного номинального диаметра и квалитета и записать в табл. Отчета в мм.

2.2.2. По табл. 8 пособия определить допуск радиального биения диаметра выступов  $F_a$  и торцевого биения  $F_T$  и занеси в таблицу отчета, мм.

2.2.3. Определить допустимое наименьшее смещение исходного контура с учетом погрешности базы по зависимости

$$E'_{HS} = |E_{HS}| + 0,35 \cdot F_a \quad (23)$$

2.2.4. Определить допуск на смещение исходного контура с учетом погрешности базы по зависимости

$$T_{H'} = T_H - 0,5 \cdot T_a - 0,7 \cdot F_a \quad (24)$$

Таблица 8

Допуски параметров заготовки зубчатых колес

Параметры	Степень точности зубчатого колеса							
	5	6	7	8	9	10	11	12
	Квалитеты по ГОСТ 25346-82							
Отверстие зубчатого колеса $T_D$	5	6	7	7	8	8	8	8
Опорные шейки вала $T_d$	5	5	6	6	7	7	8	8
Допуски диаметра наружного цилиндра $T_a$ по квалитету	7	8	8	8	9	9	11	11
Допуски радиального биения зубчатого венца $F_a$ и торцевого биения $F_T$	0,016d+10		0,025d+15		0,04d+25			

*Примечание:* Для определения допуска радиального биения наружного диаметра  $F_a$  и допуска торцевого биения  $F_T$  подставляем размер делительного диаметра d в мм, а результат получается в

микрометрах, например, для зубчатого колеса 7-й степени точности с делительным диаметром  $d=100\text{мм}$  допуск  $F_a = F_T = 0,025 \cdot 100 + 15 = 17\text{мкм} = 0,017\text{мм}$

2.2.5. Определить наибольшее допустимое смещение исходного контура с учетом погрешности установочной базы по зависимости

$$E'_{Hi} = E'_{HS} - T'_H \quad (25)$$

2.3. Определить предельно допустимые размеры длины общей нормали для принятого вида бокового зазора.

2.3.1. В табл. 16 и 17 (ГОСТ 1643-81) выписать параметры  $E_{wms1}$  и  $E_{wms2}$  и подсчитать верхнее отклонение длины общей нормали. Для зубчатых колес наружного зацепления верхнее отклонение длины общей нормали  $E_{wms}$  записать со знаком минус.

2.3.2. В табл. 18 (ГОСТ 1643-81) выписать допуск на среднюю длину общей нормали. Допуск находят по виду допуска на боковой зазор и допуску реального биения зубчатого венца.

2.3.3. Определить нижнее отклонение на среднюю длину общей нормали  $E_{wmi}$  по зависимости:

$$E_{wmi} = E_{wms} - T_{wm} \quad (26)$$

2.3.4. Определить предельные размеры средней длины общей нормали по зависимости, мм

$$W_{\max} = W + E_{wms} \quad (27)$$

$$W_{\min} = W + E_{wmi} \quad (28)$$

где  $W$  – номинальная длина общей нормали, полученная по формуле 17 в мм.

$E_{wms}, E_{wmi}$  - предельные отклонения общей длины общей нормали, мм. Для наружного зацепления со знаком минус.

2.4. Определить предельно допустимые размеры постоянной хорды для принятого вида бокового зазора.

2.4.1. В табл. 20 ГОСТ 1643-81 выписать верхние отклонения постоянной хорды  $E_{cs}$ , а в табл. 21 – допуск на постоянную хорду  $T_c$

2.4.2. Определить наибольшее уменьшение постоянной хорды по зависимости

$$E_{ci} = E_{cs} - T_c \quad (29)$$

2.4.5. Определить предельно допустимые размеры толщины зуба по постоянной хорде по зависимости

$$\bar{S}_{c\max} = \bar{S}_c + E_{cs} \quad (30)$$

$$\bar{S}_{c\min} = \bar{S}_c + E_{ci} \quad (31)$$

**Задание 3.** Измерить параметры зубчатого колеса, влияющие на норму бокового зазора и дать заключение.

3.1. Измерить длину общей нормали зубомерным инструментом.

3.1.1. По номинальной длине общей нормали выбрать микрометрический зубомер, настроить его на ноль, по установочной мере, если микрометр с пределом измерения более 25 мм.

3.1.2. Измерить длину общей нормали не менее 10 раз, охватывая при измерении число зубьев равное  $Z_w$ .

3.1.3. Подсчитать среднюю длину нормали, для чего сложить все результаты измерений и разделить сумму на количество измерений ( $W_m$ ).

По средней длине общей нормали дать заключение о годности колеса по норме бокового зазора, для чего необходимо сравнить размер  $W_m$  с предельно допустимыми размерами длины нормали, полученными по формулам 27 и 28. Если результат измерений окажется меньше  $W_{\min}$ , то в заключении следует записать: «По норме бокового зазора по параметру  $W_m$  для сопряжения ... зуб изношен (или занижен для нового колеса) на ... мм». Если обнаружено условие  $W_{\min} \leq W_m \leq W_{\max}$ , то в заключении следует сделать аналогичную запись, указать «Колеса находится в пределах допуска».

Если окажется, что  $W_m > W_{\max}$ , то в отчете следует сделать аналогично первому случаю запись и указать «Зуб завышен на ... мм».

3.1.4. Определить колебания длины общей нормали  $F_{vwr}$  как разность между наибольшим и наименьшим размерами длины общей нормали, полученных при измерении зубчатого колеса. В отчете выполнить заключение по норме кинематической точности из условия, если  $F_{vwr} \geq F_{vw}$ , то следует сделать запись: «По норме кинематической точности, по параметру  $F_{vwr}$  зубчатое колесо выполнено грубее ... степени», если  $F_{vwr} \leq F_{vw}$ , то колесо считать соответствующим заданной степени точности.

3.2. Измерить смещение исходного контура тангенциальным зубомером и дать заключение о годности по норме бокового зазора.

3.2.1. Ознакомится с конструкцией тангенциального зубомера, подобрать установочный ролик в соответствии с модулем зубчатого колеса и настроить прибор на ноль. Для настройки прибора на ноль необходимо измерительные наконечники прибора установить так, чтобы губки измерительных наконечников касались установочного ролика своей серединой и в этом положении зафиксировать измерительные наконечники. Установочный ролик уложить на призму, в гнездо прибора установить индикатор часового типа так, чтобы стрелка прибора сделала один оборот, а малая стрелка была бы на единице, в этом положении зафиксировать индикатор и шкалу установить на ноль.

3.2.2. Измерить три зуба под углом  $120^\circ$ , если при измерении большая стрелка прибора перейдет за ноль, а малая стрелка перейдет за единицу, то такие отклонения записывать со знаком минус, например  $-0,15$  мм.

3.2.3. Дать заключение о годности зубчатого колеса. Подсчитать средний размер смещения исходного контура и сравнить  $E_{nt}$  с предельно

допустимыми смещениями исходного контура с учетом погрешности измерительной базы. Если  $E'_{ns} \geq E_{nm} \geq E'_{ni}$ , то в отчете записать: «По норме бокового зазора по параметру  $E_{nc}$  для сопряжения ... зуб находится в пределах допуска». Если  $E_{nm} \leq E_{ns}$ , то в отчете делается аналогичная запись и в результате указывается: «Зуб изношен на ... мм». Если  $E_{nm} > E_{ns}$ , то в отчете следует в заключении записать: «Зуб завышен на ... мм».

3.3. Измерить толщину зуба по постоянной хорде штангензубомером.

Штангензубомером измерить также три зуба через  $120^\circ$ , которые измерялись тангенциальным зубомером.

3.3.1. На высотной линейке штангензубомера установить высоту постоянной хорды с учетом погрешности измерительной базы, т. е.  $h'_c$ .

3.3.2. Установить высотную линейку на вершину зуба, измерительные губки довести до соприкосновения с боковыми поверхностями зуба и при помощи винта доводки выбрать зазор.

3.3.3. Определить средний размер толщины зуба по постоянной хорде  $S_{cm}$  и сравнить его с предельно допустимыми размерами постоянной хорды. Если  $\bar{S}_{cm} < \bar{S}_{c\min}$ , то в заключении следует записать: «По норме бокового зазора по параметру  $\bar{S}_{cm}$  для сопряжения ... зуб изношен (занижен) на ... мм».

При  $\bar{S}_{cm} > \bar{S}_{c\max}$ , записать: «Зуб завышен на ... мм».

Если  $\bar{S}_{c\max} \geq \bar{S}_{cm} \geq \bar{S}_{c\min}$ , то в отчете записать «Зуб находится в пределах допуска».

4. Оформить рабочий чертеж зубчатого колеса. Образец приведен на рис. 11. Рабочий чертеж зубчатого колеса оформляется в соответствии с ГОСТ 2.403-75 (СТ СЭВ 859-68).

Чертеж зубчатого колеса должен содержать изображение зубчатого колеса и таблицу параметров.

На изображении зубчатого колеса нанести размер посадочного отверстия с допуском, согласно табл. 8 настоящего пособия; диаметр выступов с допуском как для основного вала; ширину венца и ступицы с допуском, шероховатость рабочих поверхностей зубьев, наружного диаметра, торцевых поверхностей ступицы и посадочного отверстия. Шероховатость поверхностей зубчатого колеса наносить согласно табл. 9 пособия; допуск торцевого биения ступицы и радиального биения наружного диаметра.

Таблица 9

**Шероховатость поверхностей зубчатого колеса**

Наименование поверхности	Степень точности колеса					
	5	6	7	8	9	10
	шероховатость $R_a$ , мкм					
Рабочих поверхностей	0,63	0,63	1,25	3,2	6,3	6,3

зубьев						
Посадочных поверхностей отв./вал	$\frac{0,4}{0,2}$	$\frac{0,8}{0,4}$	$\frac{0,8}{0,4}$	$\frac{0,8}{0,4}$	$\frac{1,6}{0,8}$	$\frac{1,6}{0,8}$
Торцевые поверхности ступиц	1,6	1,6	1,6	3,2	3,2	3,2
Диаметр ступиц	3,2	3,2	3,2	6,3	56,3	12,5

Допуск на наружный диаметр колеса назначать в зависимости и от того, что используется для контроля нормы бокового зазора у зубчатого колеса. Если наружный диаметр используется в качестве измерительной базы (контроль смещения исходного контура тангенциальным зубомером, постоянной хорды штангензубомером, окружного шага шагомером и т. д.), то в этом случае допуск на наружный диаметр и радиальное биение зубчатого венца назначать по табл. 8 настоящего пособия. Если наружный диаметр не используется в качестве измерительной базы (контроль длины нормали; контроль смещения исходного контура по роликам или межцентромером), то в этом случае допуск на наружный диаметр назначают не более  $0,1m$  для зубчатых колес 5 - 8 степени, или  $0,2m$  для зубчатых колес 9 - 12 степеней точности.

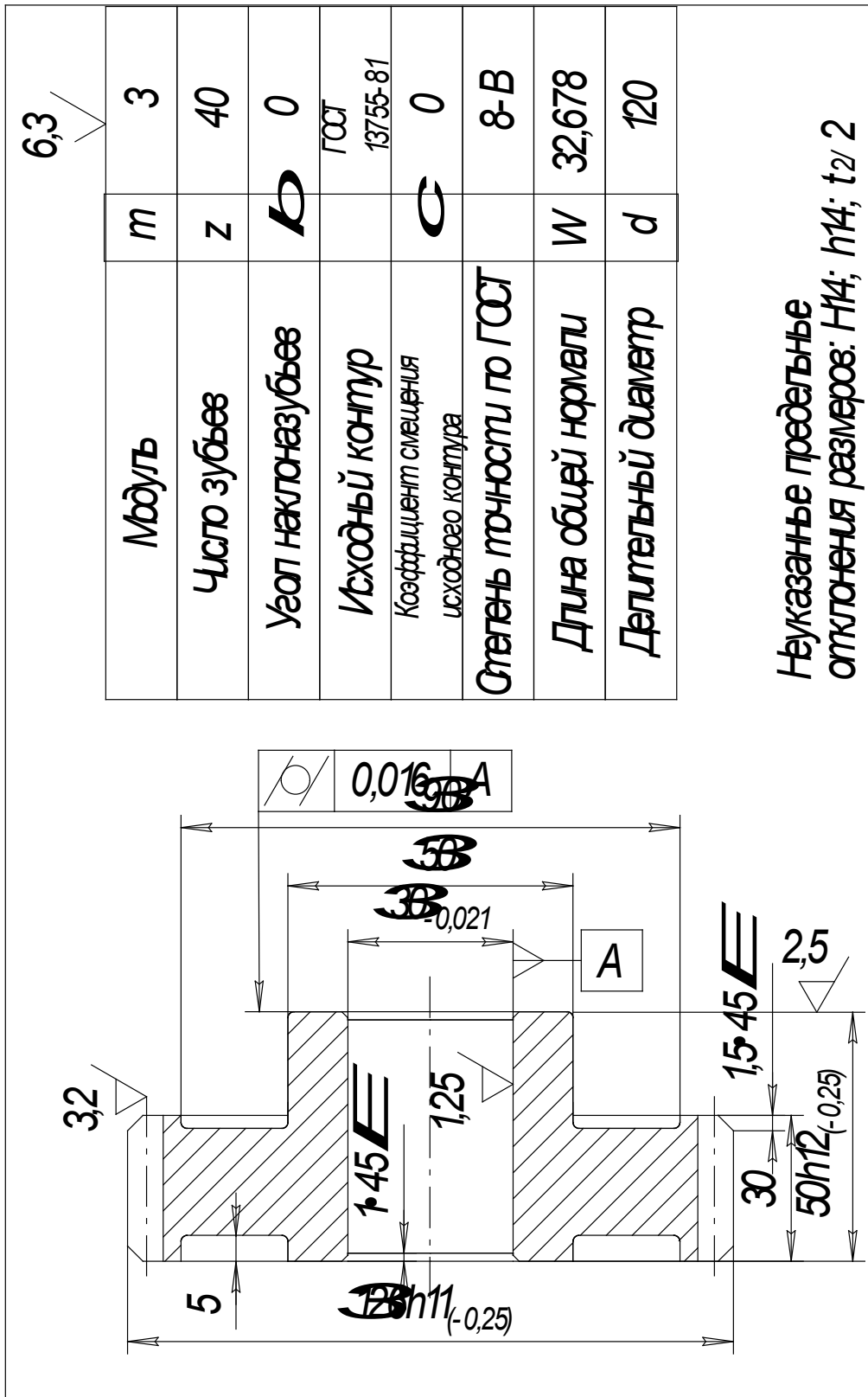


Рисунок 8

Полученную величину допуска  $T_a$  округлять до стандартных по ГОСТ 25346-82 (СТ СЭВ 145-75) в меньшую сторону. Отклонение на наружный диаметр назначать как для основного вала:  $h7$ ;  $h8$ ;  $h9$ ;  $h10$ ;  $h11$ ;  $h12$ ;  $h13$ .

Допуск радиального биения назначать для диаметра, не используемого в качестве измерительной базы, не грубее  $0,1m$ .

Торцевое биение ступицы принимать по табл. 8. Допуск цилиндричности посадочного отверстия принимать не более  $\frac{1}{3}T_D$  (допуска на размер отверстия). Допуск на ширину зубчатого венца для зубчатых колес 5 - 7 степеней принимать по  $h11$ , а для степеней точности 8 -12 - по  $h12$ .

Таблица параметров должна располагаться в правом верхнем углу чертежа и состоять из трех частей.

В первой части таблицы поместить основные данные, необходимые для изготовления зубчатого колеса: модуль  $m$ ; число зубьев  $z$ ; угол наклона зуба  $\beta$ ; для косозубого колеса – направление зуба; исходный контур (по ГОСТ 13755-81), коэффициент смещения исходного контура  $\chi$  (для некоррегированных зубчатых колес  $\chi = 0$ ); степень точности и вид бокового зазора.

Во второй части таблицы привести параметр, необходимый для контроля нормы бокового зазора, один из следующих: длина общей нормали с предельными отклонениями ( $W_{-E_{wmi}}^{-E_{wms}}$ ); наибольшее ( $E_{HI}$ ) и наименьшее ( $E_{HS}$ ) смещение исходного контура; толщина зуба по постоянной хорде ( $\bar{S}_{c-Eci}^{-Ecs}$ ) и установочная высота постоянной хорды  $\bar{h}_c$ ; размер по ролика с предельными отклонениями ( $M_{-Emi}^{-Ems}$ ).

В третьей части таблицы заносят справочные данные: делительный диаметр ( $d$ ), шаг винтовой линии ( $P$ ) и другие параметры, необходимые для контроля зубчатого колеса или настройки станка.

#### Литература к лаб. работе № 4

Ю.В.Димов *Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник для вузов.* 3-е изд.-СПб.: Питер, 2010 -464 с.

Берков В. И. *Технические измерения: Альбом.* М.: Высшая школа, 1977. С. 152 - 159; 168 – 169.

Для защиты лаб. работы № 4 студент должен знать:

1. Как обозначаются степени и боковой зазор зубчатых колес?
2. Уметь определять исполнительные размеры длин общей нормали, постоянной хорды, предельные размеры смещения исходного контура.



3. Знать как назначается допуск на наружный диаметр.
4. Уметь измерять длину общей нормали, постоянную хорду, смещение исходного контура.
5. Учитывать погрешности измерительной базы, если в качестве измерительной базы используется нерабочая поверхность зубчатого колеса.
6. Уметь оформлять рабочий чертеж зубчатого колеса.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	.....
Лабораторная работа №1.....	.....
Лабораторная работа №2.....	.....
Лабораторная работа №3.....	.....
Лабораторная работа №4.....	.....



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



Проректор по учебно-методическому комплексу  
С.А. Удоров

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

### СТАНДАРТИЗАЦИЯ МЕТРОЛОГИЯ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

Специальность

**20.02.04 Пожарная безопасность**

программа подготовки специалистов среднего звена

Автор: Новикова Н.А., стр. преподаватель

Одобрена на заседании кафедры  
Эксплуатации горного оборудования

(название кафедры)

Зав.кафедрой

(подпись)

Симисинов Д.И.

(Фамилия И.О.)

Протокол №1 от 12.09.2022

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией

Горно-механического факультета

(название факультета)

Председатель

(подпись)

Осипов П.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 13.09.2022

(Дата)

Екатеринбург

## Средства измерения и контроля

### Классификация средств измерения и контроля

Средства измерения и контроля, применяемые в машиностроении, классифицируются по различным признакам: по типу и виду контролируемых физических величин; назначению — универсальные и специальные; числу проверяемых параметров при одной установке объекта измерения — одномерные и многомерные; степени механизации и автоматизации процесса измерений — ручного действия, механизированные, полуавтоматические, автоматические.

Классификация средств измерения и контроля по типу контролируемых физических величин представлена на рис.1, а по виду контролируемых физических величин — на рис. 2.

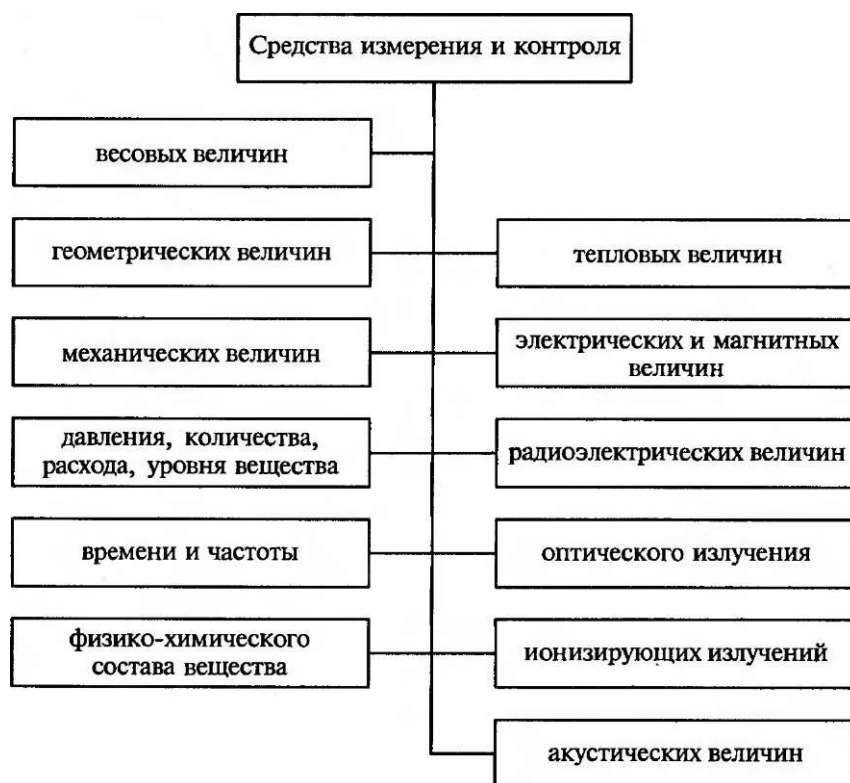


Рис. 1 Классификация средств измерения и контроля по типу физических величин



Рис. 2. Классификация средств измерения и контроля по виду измеряемых

Универсальные измерительные инструменты и приборы нашли широкое применение в условиях единичного и мелкосерийного производства, а также для определения численных величин и отклонений, отклонений от правильной геометрической формы и взаимного расположения поверхностей (при отсутствии специальных приспособлений), при наладке станков, при особо ответственных измерениях во всех видах производств, включая массовое и крупносерийное.

Все средства измерения и контроля, применяемые для измерения линейных величин, можно разделить на контрольно-измерительные инструменты и измерительные приборы.

К первой группе относят:

- инструменты для контроля плоскостности и прямолинейности;
- плоскопараллельные концевые меры длины (плитки);
- штриховые инструменты, воспроизводящие любое кратное или дробное значение единицы измерения в пределах шкалы (штанген инструменты, угломеры с нониусом);
- микрометрические инструменты, основанные на действии винтовой пары (микрометры, микрометрические нутромеры и глубиномеры).

К группе измерительных приборов (вторая группа) относят:

- рычажно-механические (индикаторы, индикаторные нутромеры, рычажные скобы, миниметры);

- оптико-механические (оптиметры, инструментальные микроскопы, проекторы, интерферометры);
- электрические (профилометры и др.). Указанные выше измерительные средства являются точным, дорогостоящим инструментом, поэтому при пользовании им и хранении необходимо соблюдать правила, изложенные в соответствующих инструкциях.

## Штангенинструменты

Штангенинструменты являются распространенными в машиностроении видами измерительного инструмента. Их применяют для измерения наружных и внутренних диаметров, длин, толщин, глубин и т. д.

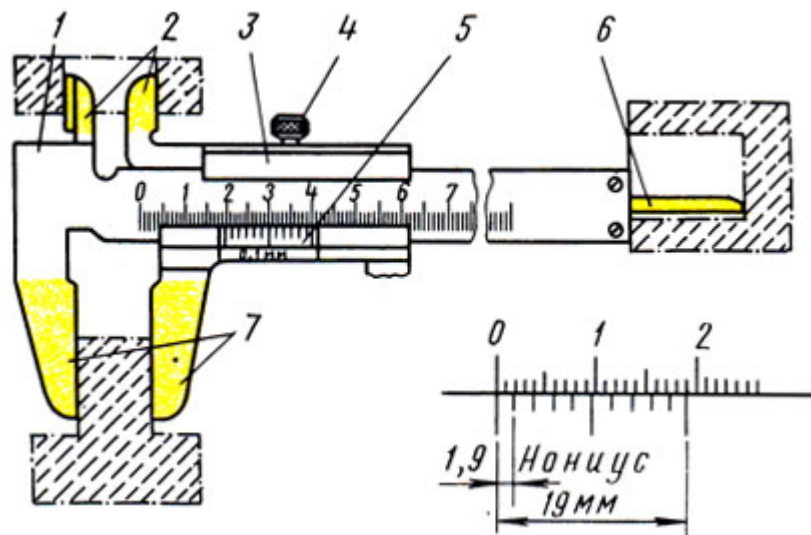


Рис. 3. Штангенциркуль ШЦ-I: 1 - штанга, 2,7 - губки, 3 - подвижная рамка, 4 - зажим, 5 - шкала нониуса, 6 - линейка глубиномера

Штангенциркули применяют трех типов: ШЦ-I, ШЦ-II и ШЦ-III. Штангенциркули изготовляют с пределами измерений 0-125 мм (ШЦ-I); 0-160 (ШЦ-II); 0 - 400 (ШЦ-III) и с величиной отсчета 0,1 мм (ШЦ-I); 0,05 (ШЦ-II и ШЦ-III).

Штангенциркуль ШЦ-I (рис. 3) применяют для измерения наружных, внутренних размеров и глубин с величиной отсчета по нониусу 0,1 мм. Штангенциркуль имеет штангу 1, на которой нанесена шкала с основными миллиметровыми делениями. На одном конце этой штанги имеются измерительные губки 2 и 7, а на другом конце линейка 6 для измерения глубин. По штанге перемещается подвижная рамка 3 с губками.

Рамку в процессе измерения закрепляют на штанге зажимом 4. Нижние губки 7 служат для измерения наружных размеров, а верхние 2 - для внутренних размеров. На скошенной грани рамки 3 нанесена шкала 5 с дробными делениями, называемая нониусом. Нониус предназначен для определения дробной величины цены деления штанги, т. е. для определения доли миллиметра. Шкала нониуса длиной 19 мм разделена на 10 равных частей; следовательно, каждое деление нониуса равно  $19 : 10 = 1,9$  мм, т. е. оно короче расстояния между каждыми двумя делениями, нанесенными на шкалу штанги, на  $0,1$  мм ( $2,0 - 1,9 = 0,1$ ). При сомкнутых губках начальное деление нониуса совпадает с нулевым штрихом шкалы штангенциркуля, а последний - 10-й штрих нониуса - с 19-м штрихом шкалы.

При измерении губки 7 должны прилегать друг к другу без просветов. Перед измерением при сомкнутых губках нулевые штрихи нониуса и штанги должны совпадать. При отсутствии просвета между губками для наружных измерений или при небольшом просвете (до  $0,012$  мм) должны совпадать нулевые штрихи нониуса и штанги. При измерении деталь берут в левую руку, которая должна находиться за губками и захватывать деталь недалеко от губок (рис. 4, а). Правая рука должна поддерживать штангу, при этом большим пальцем этой руки перемещают рамку до соприкосновения с проверяемой поверхностью, не допуская перекоса губок и добиваясь нормального измерительного усилия.

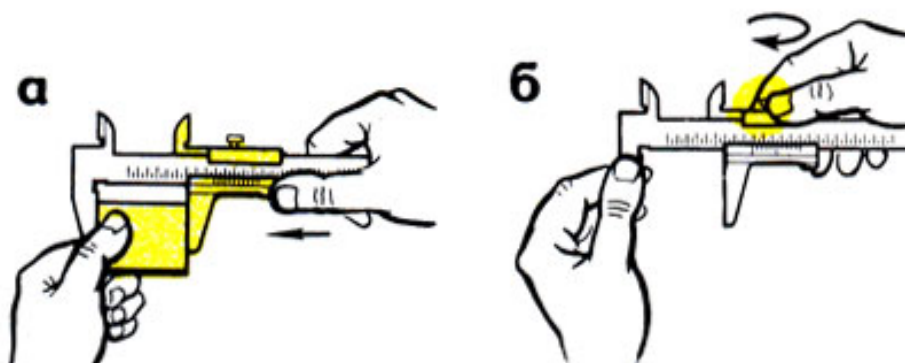


Рис. 4. Приемы измерения: а - установка инструмента на деталь, б - закрепление рамки

Рамку закрепляют зажимом большим и указательным пальцами правой руки, поддерживая штангу остальными пальцами этой руки; левая рука при этом должна поддерживать нижнюю губку штанги



(рис. 4, б). При чтении показаний штангенциркуль держат прямо перед глазами (рис. 5, а). Целое число миллиметров отсчитывают по шкале штанги слева направо нулевым штрихом нониуса. Дробная величина (количество десятых долей миллиметра) определяется умножением величины отсчета (0,1 мм) на порядковый номер штриха нониуса, не считая нулевого, совпадающего со штрихом штанги. Примеры отсчета показаны на рис. 5 б.

Штангенциркуль ШЦ-II (рис. 6, а) с величиной отсчета по нониусу 0,05 мм предназначен для наружных и внутренних измерений и разметки. Это инструмент высокой точности. Верхние губки штангенциркуля заострены и используются для разметочных работ.

Для точной установки подвижной рамки относительно штанги штангенциркуль снабжен микрометрической подачей (винт и гайка).

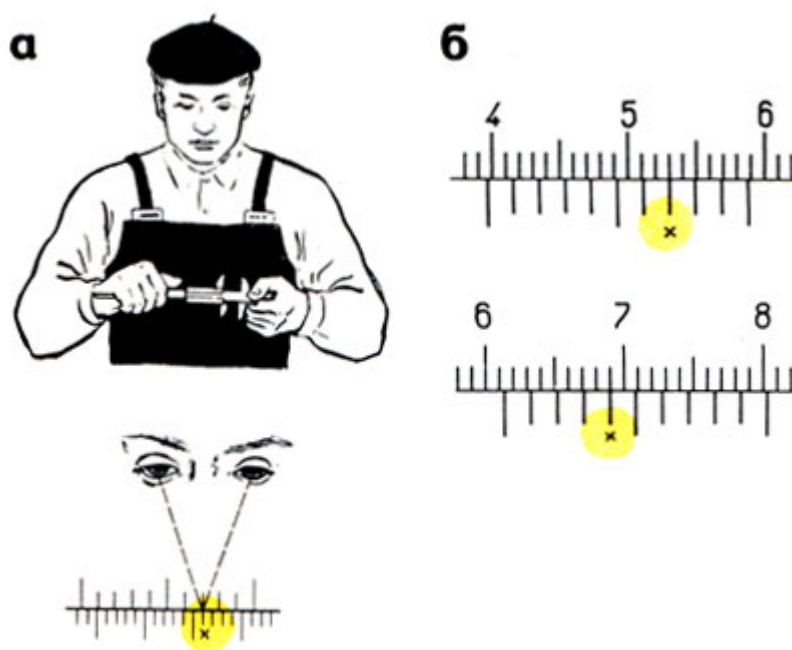


Рис. 5. Чтение показаний штангенциркуля: а - положение глаз, б - примеры отсчета размера:  $39 + 0,1 \times 7 = 39,7$ ;  $61 + 0,1 \times 4 = 61,4$

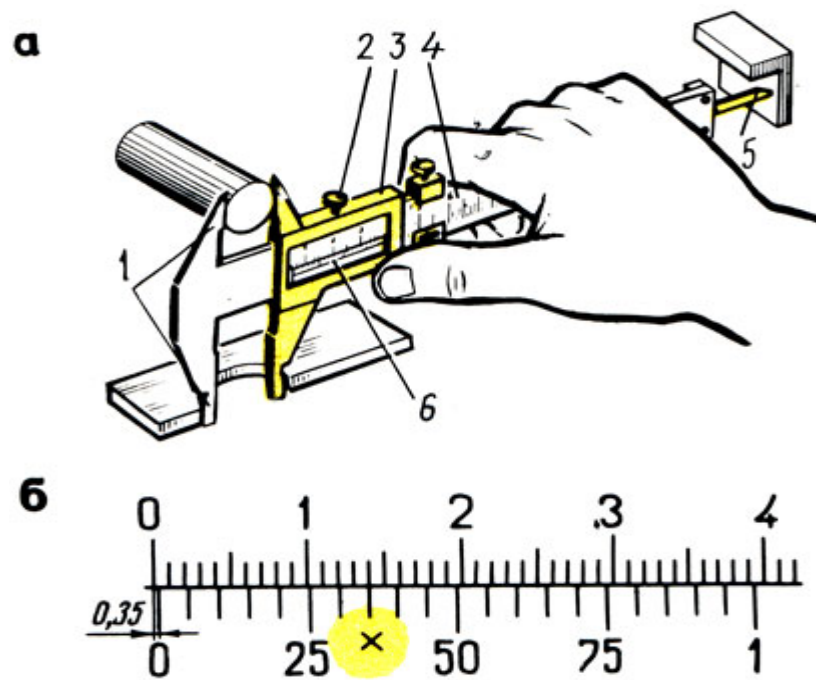


Рис. 6. Штангенциркуль ШЦ-11: а - устройство, б - пример отсчета, 1 - губки, 2 - зажимы, 3 - рамка, 4 - штанга ( $0,05 \times 7 = 0,35$ ); 5 - глубиномер, 6 - шкала нониуса

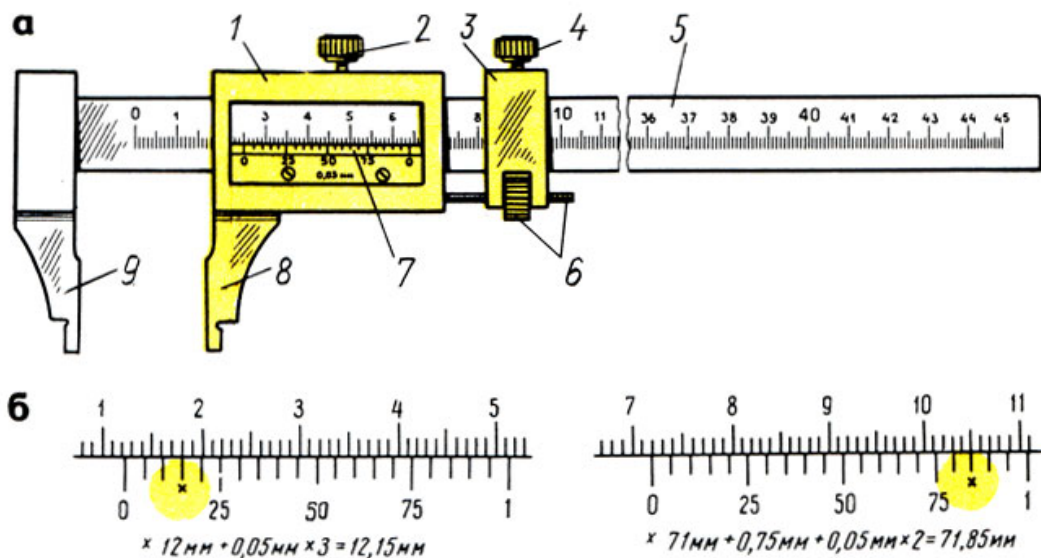


Рис. 7. Штангенциркуль ШЦ-III: а - устройство, б - примеры отсчета; 1 - подвижная рамка, 2 - зажим рамки, 3 - рамка микрометрической подачи, 4 - зажим рамки микрометрической подачи, 5 - штанга с делениями, 6 - микрометрическая подача, 7 - нониус, 8 - подвижная губка, 9 - неподвижная губка

Деления на штанге 4 нанесены через один миллиметр. Шкала нониуса 6 длиной 39 мм разделена на 20 равных частей. Следовательно, каждое деление нониуса равно 1,95 мм ( $39 : 20 =$

1,95), т. е. короче расстояния между каждыми двумя делениями, нанесенными на шкале штанги, на 0,05 мм ( $2 - 1,95 = 0,05$ ).

Перед измерением необходимо убедиться в совпадении нулевого штриха нониуса с нулевым штрихом штанги.

Для грубых измерений рамку 3 перемещают по штанге до плотного прилегания губок 7 к поверхности измеряемой детали и после закрепления зажимом 2 производят отсчёт. Для точной установки штангенциркуля и точных измерений пользуются микрометрической подачей.

На рис. 6, б показан пример определения доли миллиметра нониуса штангенциркуля с величиной отсчета 0,05 мм. Дробная величина 0,35 мм получена в результате умножения величины отсчета (0,05 мм) на порядковый номер штриха нониуса, т. е. седьмого (крестиком указан 7-й штрих нониуса), совпадающего со штрихом штанги, не считая нулевого деления:  $0,05 \text{ мм} \times 7 = 0,35 \text{ мм}$ . Для ускорения отсчета используют цифры нониуса 25, 50 и т.

д., обозначающие сотые доли миллиметра.

Штангенциркуль ШЦ-Ш (рис. 7, а) с величиной отсчета по нониусу 0,05 мм предназначен для наружных и внутренних измерений. Этот штангенциркуль применяется реже.

Штангенциркуль ШЦ-Ш состоит из подвижной рамки 7, зажима 2 этой рамки, рамки микрометрической подачи 3, зажима рамки микрометрической подачи 4, штанги 5 с миллиметровыми делениями, гайки и винта микрометрической подачи 6, нониуса 7, подвижной измерительной губки 9 и неподвижной измерительной губки 9. Измерение и порядок отсчета выполняют так же, как и по штангенциркулю ШЦ-II (рис. 7, б).

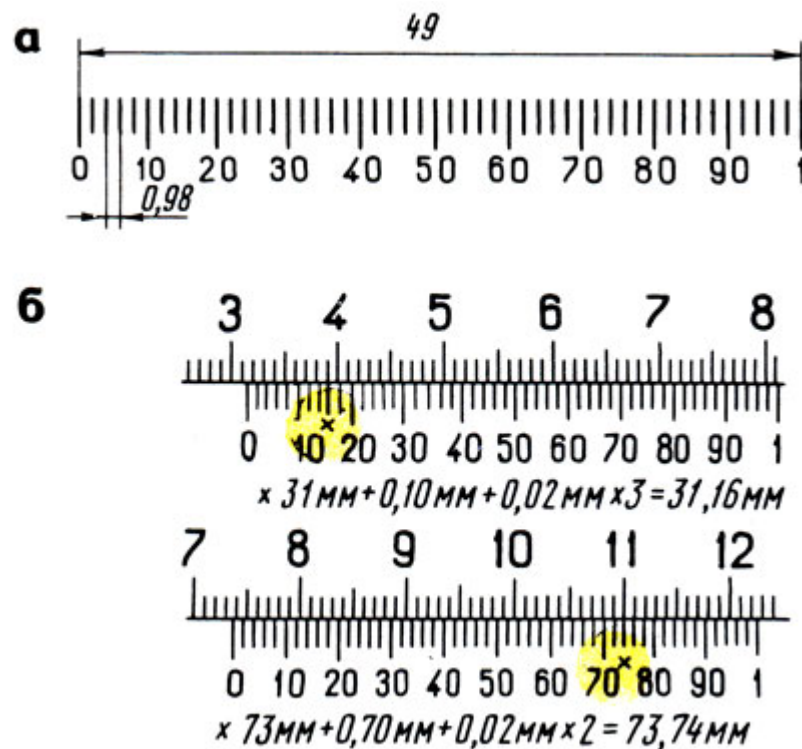


Рис. 8. Нониус штангенциркуля с величиной отсчета 0,02 мм (а), примеры отсчета (б)

Штангенциркули с величиной отсчета по нониусу 0,02 мм промышленностью не выпускаются, но на производстве еще их используют.

Нониус в этом штангенциркуле имеет длину 49 мм (рис. 8, а), разделен на 50 частей. Одно деление нониуса составляет:  $49 : 50 = 0,98$  мм, что на 0,02 мм меньше миллиметра. Устройство нониуса этого штангенциркуля показано на рис. 10, а, а примеры отсчета - на рис. 8, б. При измерении штангенциркулями внутренних размеров к показаниям штангенциркуля добавляется толщина губок, указанная на них.

Штангенглубиномер служит для измерения высот, глубины глухих отверстий, канавок, пазов, выступов. Штангенглубиномеры изготовляют с пределами измерений 0 - 250 (величина отсчета по нониусу 0,05 мм) и 0 - 500 мм (величина отсчета по нониусу 0,1 мм).

Штангенглубиномер (рис. 9, а) состоит из основания 9 с рамкой 8 и нониусом 1, зажима рамки 2, штанги 5 с миллиметровыми делениями, микрометрической подачи (винт 6 и гайка 7) и зажима 3. Измерительными поверхностями штангенглубиномера служит плоское основание 9 и торец 10 штанги.

Перед измерением штангенглубиномером проверяют нулевое положение инструмента. При соприкосновении измерительных поверхностей основания и штанги с плитой (рис. 9, в) или лекальной линейкой (рис. 9, б) нулевые штрихи нониуса и штанги должны совпадать.

При измерении основание 9 (рис.9, а) ставят на измеряемую поверхность (рис. 9,г) детали, от которой начинается измерение, и прижимают основание левой рукой к измеряемой поверхности, а правой рукой штангу 5 передвигают от упора в другую поверхность, до которой измеряют расстояние. В этом положении рамку 4 микрометрической подачи стопорят зажимом 3. Затем вращают гайку 7, после чего рамку 8 стопорят зажимом 2.

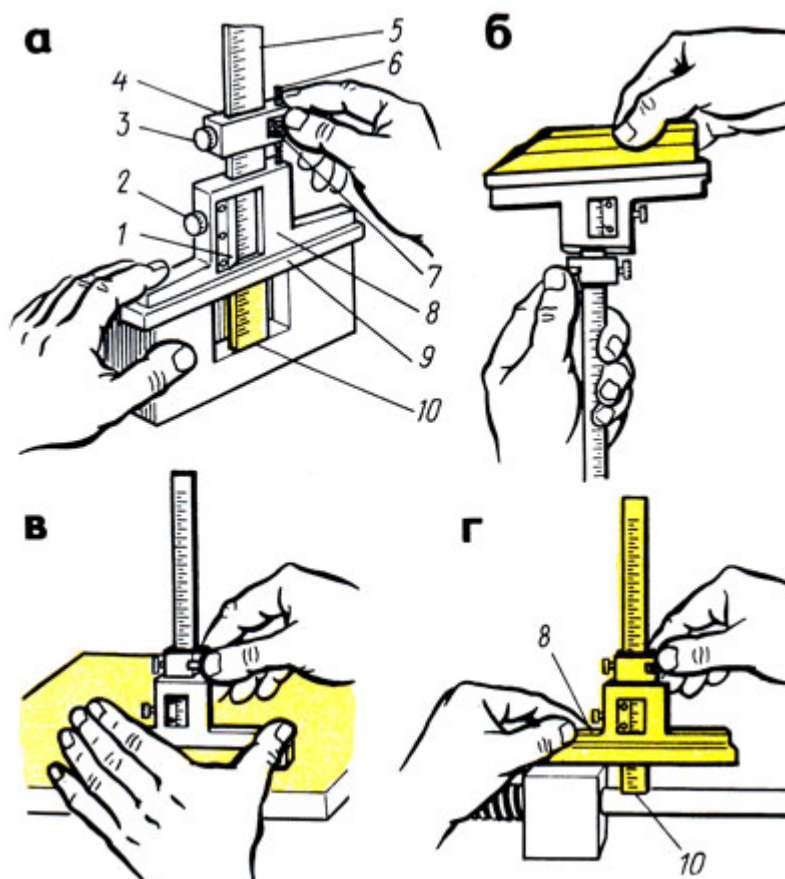


Рис. 9. Штангенглубиномер: а - устройство, б - проверка нулевого положения лекальной линейкой, в - проверка нулевого положения на плите, г - прием измерения; 1 - нониус, 2, 3 - зажимы, 4 - рамка микрометрической подачи, 5 - штанга, 6 - винт микроподачи, 7 - гайка, 8 - рамка, 9 - основание, 10 - торец штанги

Результат измерения отсчитывается так же, как и по штангенциркулю, - по основной шкале (целые миллиметры) и по нониусу 7 (дробные доли миллиметра).

В некоторых случаях для измерения труднодоступных мест применяют штанги с изогнутым концом.

Штангенрейсмасы предназначены для измерения высот от плоских поверхностей и точной разметки.

Штангенрейсмас (рис. 10, а, б) состоит из основания 9 в котором жестко закреплена штанга 8 со шкалой; рамки 7 с нониусом 5 и стопорным винтом 6; устройства для микрометрической подачи 4, включающего движок, винт, гайку и стопорный винт; сменных ножек 7 для разметки с острием и для измерения высоты, с двумя измерительными поверхностями (нижней плоской и верхней в виде острых ребер шириной не более 0,2 мм); стопорного винта 2 для закрепления ножки 1 и державки 3 на выступе рамки 7 для игл различной длины.

Для проверки нулевого отсчета перед использованием штангенрейсмас устанавливают на поверочную плиту и рамку опускают вниз до соприкосновения измерительной поверхности ножки с плитой (рис. 11, а), при этом нулевой штрих шкалы нониуса должен совпадать с нулевым штрихом шкалы. Если штангенрейсмас имеет нижние пределы измерения выше 40 мм, то проверка производится установкой под ножку плоскопараллельных плиток (рис. 11, б). При отсутствии зазора между ножкой и плитой (или концевой мерой, равной нижнему пределу) нулевые штрихи нониуса и штанги должны совпасть.

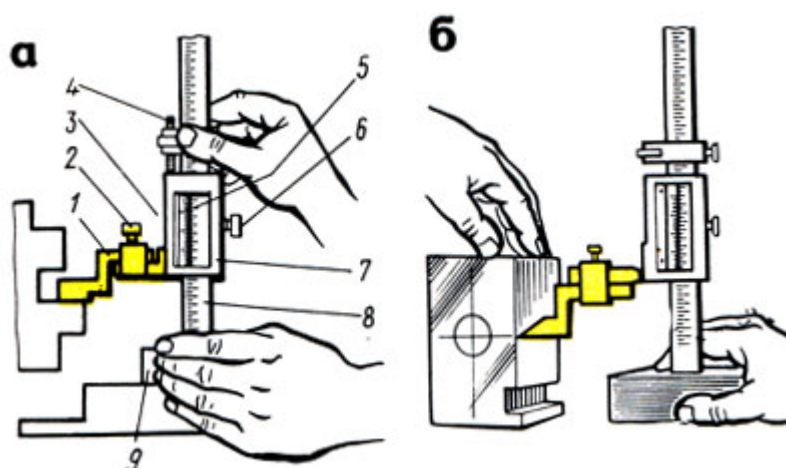


Рис. 10. Штангенрейсмас: а - прием измерения, б - прием разметки; 1 - сменные ножки для измерения, 2, 6 - стопорные винты, 3 - державка, 4 - микроподача, 5 - нониус, 7 - рамка, 8 - штанга, 9 - основание



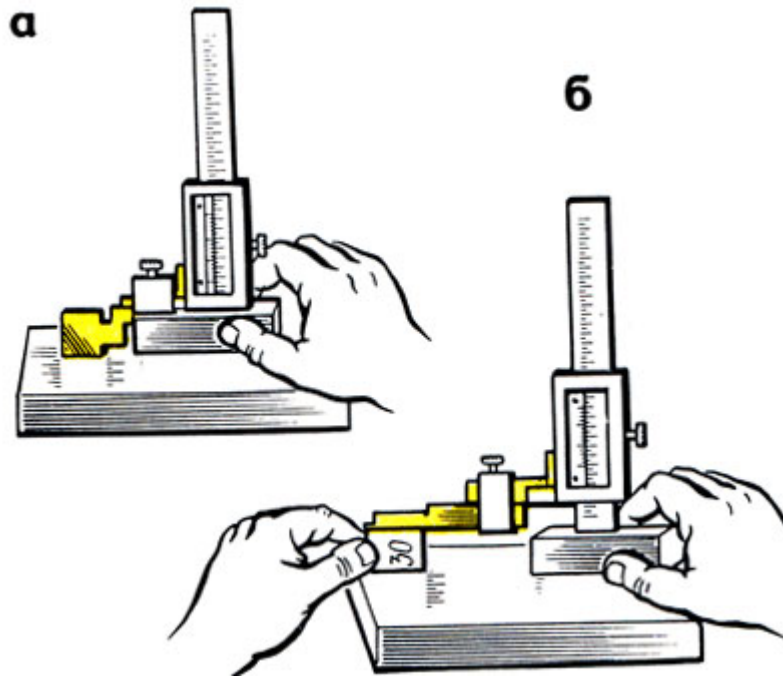


Рис. 11. Проверка нулевого положения штангенрейсмаса: а - на плите, б - при помощи плоскопараллельных концевых мер длины (плиток)

При измерении (см. рис. 10, а) левой рукой прижимают основание к плите и подводят ножку к проверяемой поверхности, затем правой рукой при помощи микрометрической подачи 4 доводят измерительную ножку до соприкосновения нижней части ножки с проверяемой поверхностью. При разметке (см. рис. 10, б) правой рукой устанавливают требуемый размер (высоту), слегка прижимают левой рукой основание к плите, перемещая штангенрейсмас относительно размечаемой детали. Острием ножки наносят риски.

Показания штангенрейсмаса читают так же, как и штангенциркуля. При измерении высоты верхней измерительной плоскостью необходимо к полученному размеру прибавить высоту ножек.

## Микрометрические инструменты

Микрометр - прибор для измерения линейных размеров контактным способом. Изготавливают следующие типы микрометров:

МК - микрометры гладкие для измерения наружных размеров;

МЛ - микрометры листовые с циферблатом для измерения толщины листов и лент;

МТ - микрометры трубные для измерения толщины стенок труб;

МЗ - микрометры зубомерные для измерения зубчатых колес.

Микрометры типа МК выпускают с пределами: 0-5; 0-10; 0-15; 0-25; 25-50 50-75; 75-100; 100-125; 125-150; 150-175; 175-200; 200-225; 225-250 250-275; 275-300; 300-400; 400-500 500 - 600 мм.

Микрометры с верхним пределом измерений 50 мм и более снабжают установочными мерами (цилиндрические стержни, имеющие точную форму).

Микрометр (рис. 12, а) имеет скобу 1 с пяткой 2 на одном конце, втулку-стебель 5 на другом, внутрь которой ввернут микрометрический винт 3. Торцы пятки и микрометрического винта являются измерительными поверхностями. На наружной поверхности стебля проведена продольная линия, ниже которой нанесены миллиметровые деления, а выше ее - полумиллиметровые деления. Винт 3 жестко связан с барабаном 6, на конической части барабана нанесена шкала (нониус) с 50 делениями.

На головке микрометрического винта имеется устройство (трещотка) 7, обеспечивающее постоянное измерительное усилие. Трещотка соединена с винтом так, что при увеличении измерительного усилия свыше 900 гс она не вращает винт, а проворачивается. Для фиксирования полученного размера детали служит стопор 4. Шаг микрометрического винта 3 равен 0,5 мм (рис. 12, б). Так как на скосе барабан 6 по окружности разделен на 50 равных частей (рис. 12, в), то при повороте на одно деление барабана микрометрический винт 3, соединенный с барабаном 6, перемещается вдоль оси на  $1/50$  шага, т. е.  $0,5 \text{ мм} : 50 = 0,01 \text{ мм}$ .

Перед измерением проверяют нулевое положение микрометра. При проверке микрометра с пределами измерения 0 - 25 мм протирают замшей измерительные плоскости пятки и микромет-



рического винта, затем медленно сводят их до соприкосновения. Для этого медленно вращают трещотку 7, пока она не начнет проворачиваться, издавая характерный треск. Медленное вращение трещотки необходимо потому, что скорость вращения винта влияет на величину измерительного усилия.

При проверке микрометров с пределами измерения 25 - 50, 50 - 75 мм и т. д. между измерительными плоскостями микрометрического винта и пятки помещают либо установочную меру 8, либо мерительную плитку, соответствующую нижнему пределу измерения, т. е. 25, 50, 75 и т. д. Измерительные плоскости сближаются так же, как и у микрометров с пределом измерения 0 - 25 мм.

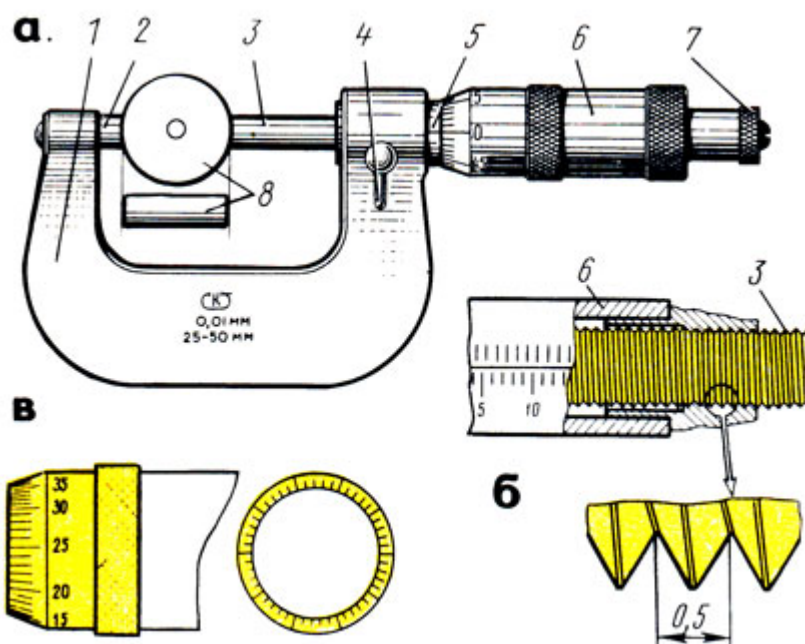


Рис. 12. Микрометр: а - устройство, б - микрометрический винт, в - барабан; 1 - скоба, 2 - пятка, 3 - винт, 4 - стопор, 5 - стемель, 6 - барабан, 7 - трещотка, 8 - установочные меры

Если при проверке окажется, что нулевое деление барабана 6 не совпадет с продольным штрихом на стемеле 5, еще раз выполняют установку на нуль в таком порядке: закрепляют микровинт стопором; разъединяют барабан с микровинтом; устанавливают барабан и закрепляют его; проверяют нулевое положение.

Перекося измерительных поверхностей микрометрического винта при зажатии стопором не должен превышать у микрометров с

пределами измерения до 100 мм - 1 мкм, а для микрометров с пределами измерения более 100 мм - 2 мкм.

Перед измерением проверяемую деталь закрепляют в тисках или в приспособлении, протирают измерительные поверхности и устанавливают микрометр на размер несколько больше проверяемого, затем микрометр (рис. 13, а, в) берут левой рукой за скобу 1, а измеряемую деталь 3 помещают между пяткой 2 и торцом микрометрического винта 4. Плавно вращая трещотку, прижимают торцом микрометрического винта 4 деталь 3 к пятке 2 до тех пор, пока трещотка 5 не начнет провертываться и пощелкивать. Установка микрометра на нуль показана на рис. 15, б.

При измерении диаметра цилиндрической детали линия измерения должна быть перпендикулярна образующей и проходить через центр (рис. 13, в).

При чтении показаний микрометра целые миллиметры отсчитывают по краю скоса барабана по нижней шкале, полу миллиметры - по числу делений верхней шкалы стебля. Сотые доли миллиметра определяют на конической части барабана по порядковому номеру (не считая нулевого) штриха барабана, совпадающего с продольным штрихом стебля.

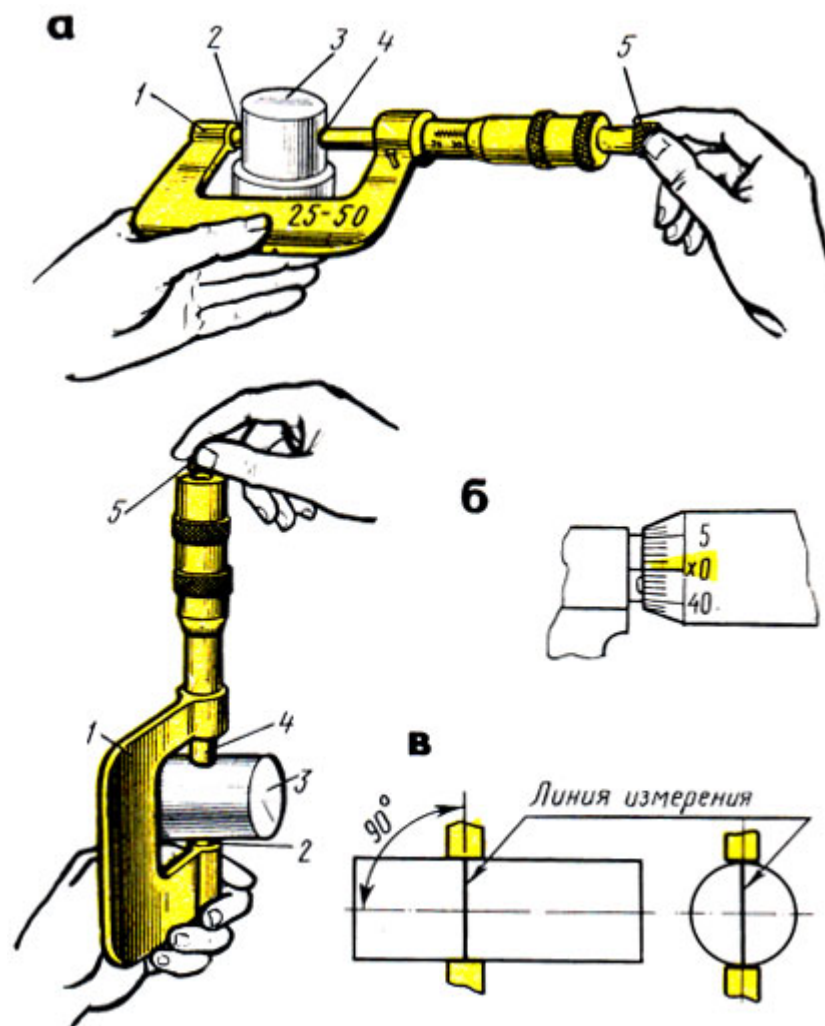


Рис. 13. Приемы использования микрометра: а - измерение деталей в вертикальном и горизонтальном положениях, б - установка микрометра на нуль, в - установка микрометра на деталь

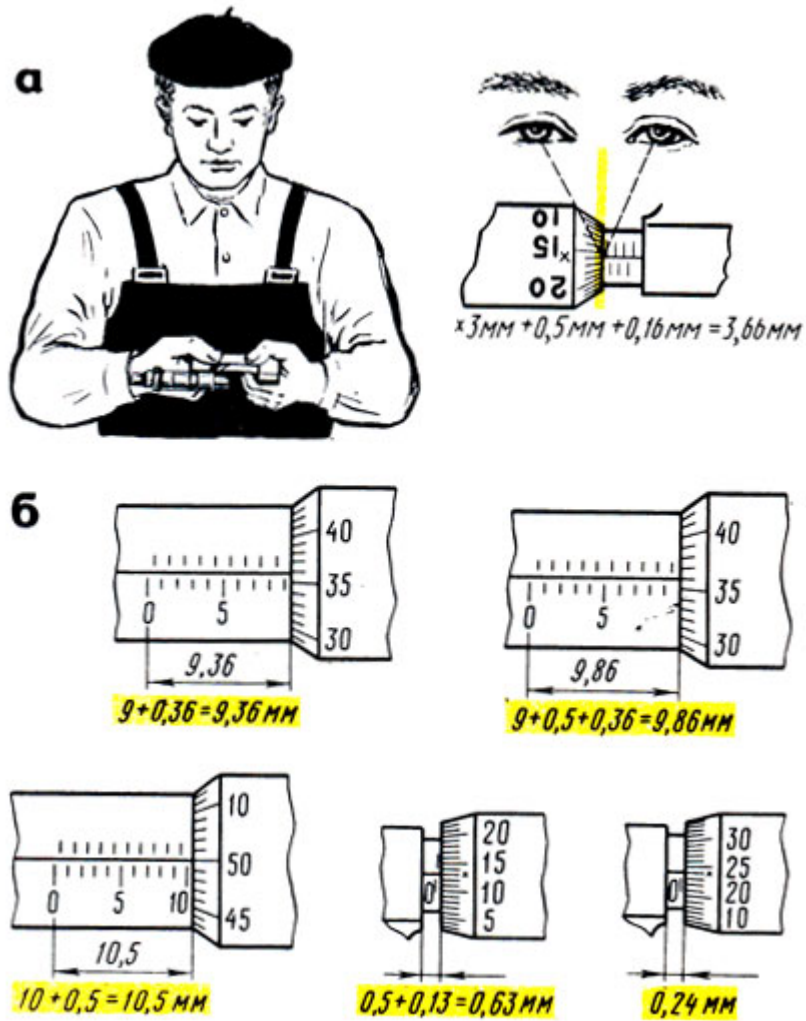


Рис. 14. Чтение показаний микрометра: а - положение глаз, б - примеры отсчета

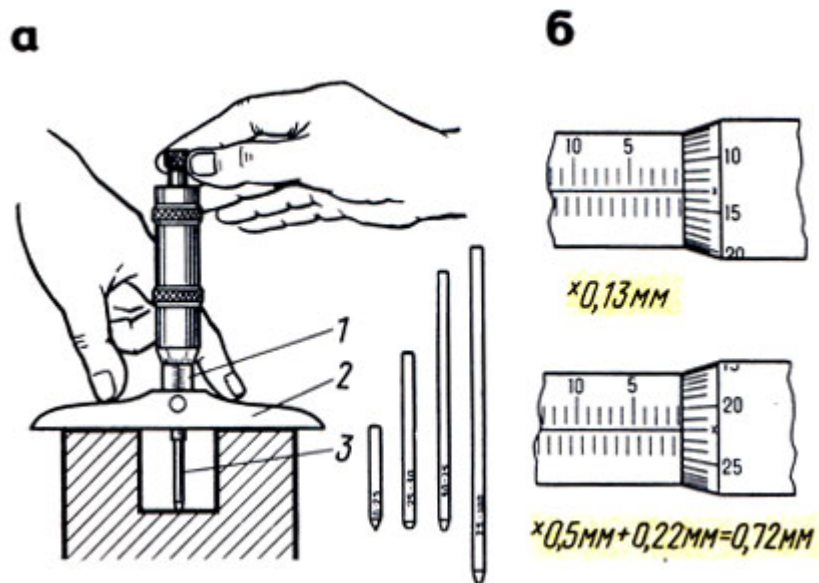


Рис. 15. Микрометрический глубиномер: а - устройство, б - примеры отсчета; 1 - стержень, 2 - основание, 3 - сменные стержни

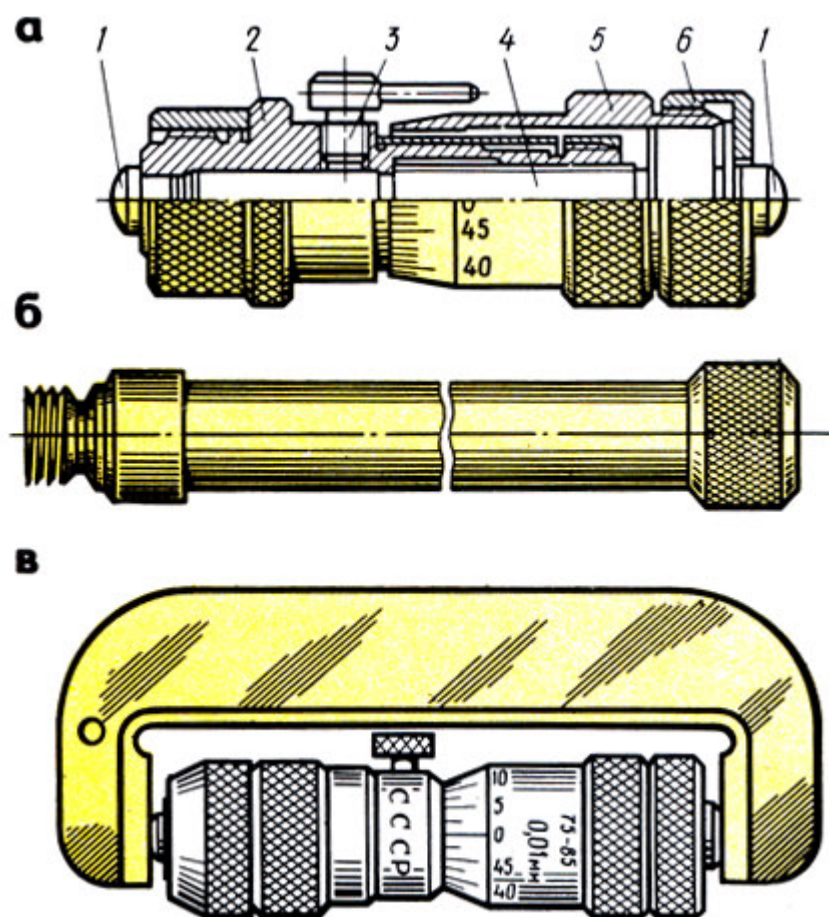


Рис. 16. Микрометрический нутромер (штихмасс): а - устройство, б - удлинительный стержень, в - проверка нулевого положения; 1 - измерительные поверхности, 2 - стембель, 3 - стопор, 4 - микрометрический винт, 5 - барабан, 6 - гайка

При чтении показаний микрометр держат прямо перед глазами (рис. 14, а). Примеры отсчета показаны на рис. 14, б.

Микрометрический глубиномер с точностью измерения 0,01 мм (рис. 15, а) применяют для измерения глубины пазов, отверстий и высоты уступов до 100 мм. Глубиномеры изготавливают со сменными измерительными стержнями для измерений в пределах 0 - 25; 25 - 50; 50 - 75 и 75 - 100 мм. Изменение пределов измерения достигается присоединением сменных стержней. Шаг резьбы микрометрического винта 1 (стембель) - 0,5 мм. Изменение пределов измерений достигается присоединением сменных измерительных стержней 3.

Перед измерением проверяют нулевое положение глубиномера. При измерении левой рукой прижимают основание 2 глубиномера к верхней поверхности детали, а правой при помощи трещотки в конце хода доводят измерительный стержень до соприкосновения с другой

поверхностью детали. Затем стопорят микрометрический винт и читают размер.

При чтении показаний надо иметь в виду, что при ввинчивании микрометрического винта глубиномера показания не уменьшаются, как у микрометра, а увеличиваются. Поэтому цифры на шкале стебля и барабана указаны в обратном порядке: на стебле цифры увеличиваются справа налево, а на барабане - по часовой стрелке (рис. 15, б).

Микрометрический нутромер (штихмасс) с ценой деления 0,01 мм (рис. 16, а) предназначен для измерения внутренних размеров от 50 до 10 000 мм. Микрометрические нутромеры изготавливают с пределами измерений: 50-75; 75-175; 75-600; 150 - 1250; 800-2500; 1250-4000; 2500-6000; 4000-10 000 мм. Нутромеры с пределами измерений 1250 - 4000 мм и более поставляют с двумя головками: микрометрической и микрометрической с индикатором.

Шаг резьбы микрометрической винтовой пары нутромера равен 0,5 мм. Микрометрический нутромер имеет стебель 2 (рис. 16, а), в отверстие которого вставлен микрометрический винт 4. Концы стебля и микрометрический винт имеют сферические измерительные поверхности 1.

На винт насажен барабан 5 с установочной гайкой 6. В установленном положении микровинт закрепляют стопором 3.

Для измерения отверстий размером более 63 мм используют удлинительные стержни (рис. 16, б) с размерами: 25; 50; 100; 150; 200 и 600 мм. Без удлинителей можно измерять размеры от 50 до 63 мм. Перед навинчиванием удлинителя со стебля свинчивают гайку 6, после присоединения удлинителя ее навинчивают на резьбовой конец последнего стержня.

Перед измерением микрометрическую головку устанавливают по установочной мере (скобе) на исходный размер, проверяют нулевое положение, затем выбирают наименьшее количество соответствующих удлинителей.

Измерение нутромером отверстий производят по двум взаимно перпендикулярным диаметрам.левой рукой прижимают измерительный наконечник к одной поверхности, а правой рукой вращают барабан до легкого соприкосновения с другой



поверхностью (рис. 17,а,б). Отыскав наибольший размер, стопорят микровинт и читают размер.

Правильное положение микрометрического нутромера находят покачиванием головки нутромера при легком контактировании измерительных поверхностей с деталью.

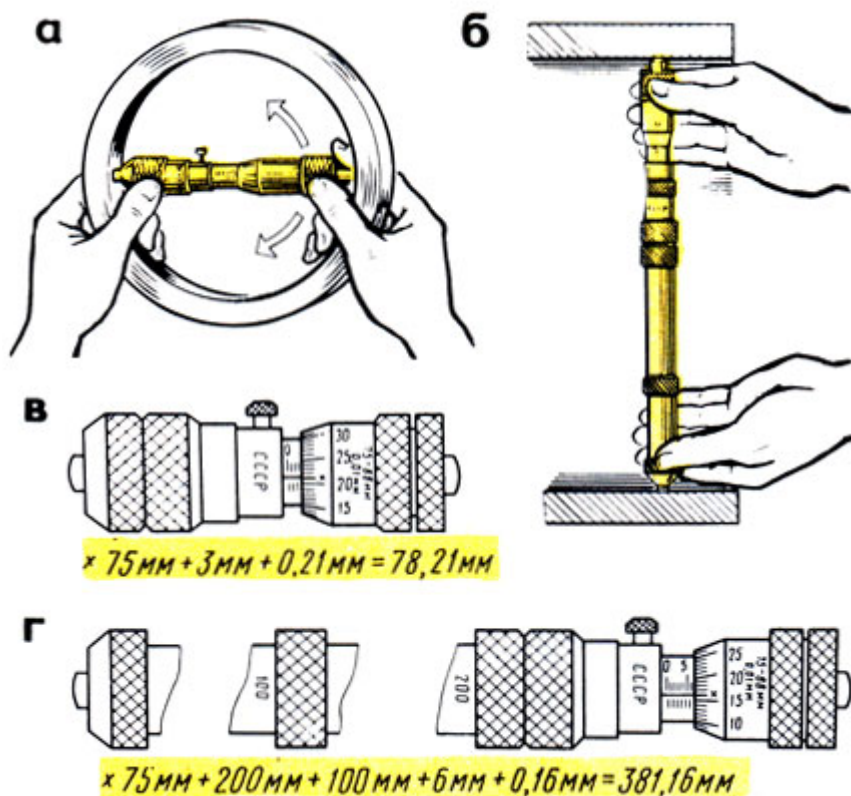


Рис. 17. Приемы измерения: а - цилиндрических отверстий, без применения и с применением удлинителей, б - параллельности деталей, в, г - примеры отсчета

Для отсчета показаний на стебле нутромера имеется шкала длиной 13 мм с полу миллиметровыми и миллиметровыми делениями. Вторая шкала нанесена на конической части барабана, она имеет 50 делений по окружности. По этой шкале и отсчитывают сотые доли миллиметра.

Показания микрометрического нутромера читают так: к предельному размеру микрометрической головки (75 мм) прибавляют показания на стебле (в данном случае 3 мм), а затем показания на скосе барабана (0,21 мм). Следовательно, показание будет  $75\text{ мм} + 3\text{ мм} + 0,21\text{ мм} = 78,21\text{ мм}$  (рис. 17, в).

При чтении показаний с удлинителями к показанию микрометрической головки прибавляют длину удлинителей,

например: к микрометрической головке присоединены удлинители 200 и 100 мм. Показание (рис. 17,г) будет:

$$75 \text{ мм} + 200 \text{ мм} + 100 \text{ мм} + 6 \text{ мм} + 0,16 \text{ мм} = 381,16 \text{ мм.}$$

## Рычажно-механические приборы

Принцип действия рычажно-механических приборов (инструментов) основан на использовании специального передаточного механизма, который преобразует незначительные перемещения измерительного стержня в увеличенные и удобные для отсчета перемещения стрелки по шкале.

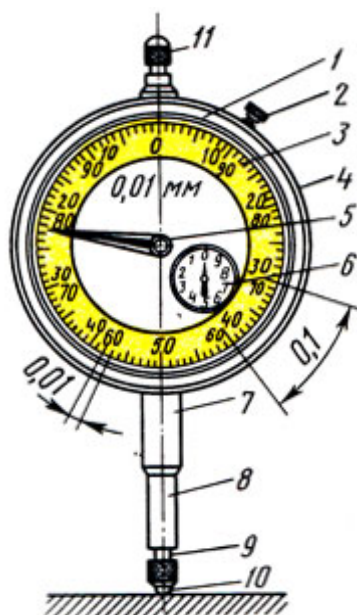


Рис. 18. Индикатор часового типа: 1 - корпус, 2 - стопор, 3 - циферблат, 4 - ободок, 5 - стрелка, 6 - указатель, 7 - гильза, 8 - измерительный стержень, 9 - наконечник, 10 - рабочий конец, 11 - головка



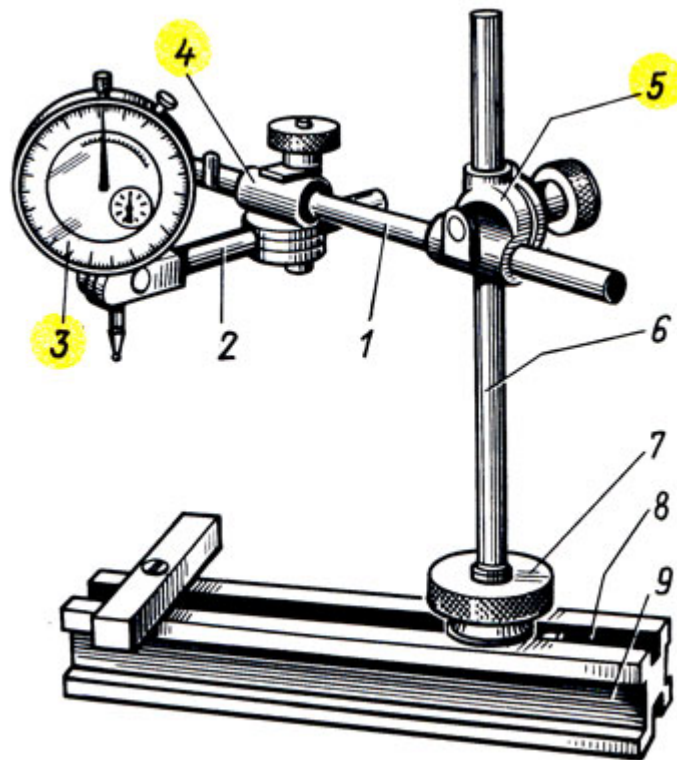


Рис. 19. Универсальная индикаторная стойка: 1,2 - стержни, 3 - индикатор, 4,5 - муфты, 6 - вертикальный стержень, 7 - гайка, 8 - паз, 9 - призма

Индикаторы предназначены для относительного, или сравнительного, измерения и проверки отклонений от формы, размеров, а также взаимного расположения поверхностей детали. Этими инструментами проверяют горизонтальность и вертикальность положения поверхностей отдельных деталей (столов, станков и т. п.), а также овальность, конусность валов, цилиндров и др. Кроме того, индикаторами проверяют биение зубчатых колес, шкивов, шпинделей и других вращающихся деталей (рис. 18).

Индикаторы бывают часового и рычажного типов; шире применяют индикаторы часового типа, которые в сочетании с нутромерами, глубиномерами и другими инструментами используются для измерения внутренних и наружных размеров, параллельности, плоскостности и т. д.

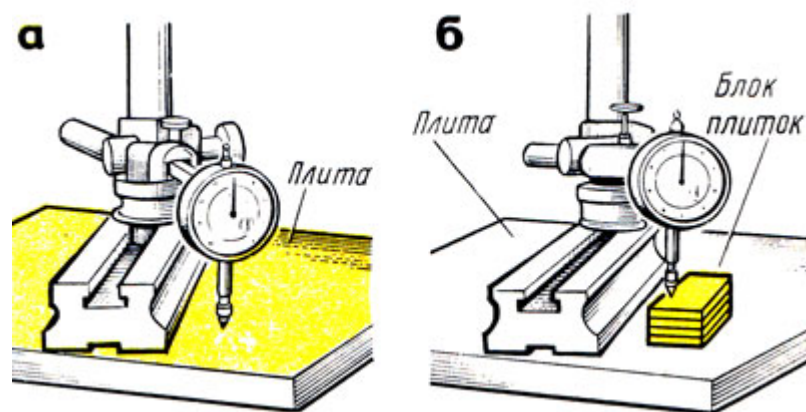


Рис. 20. Установка индикатора в начальное положение: а - соприкосновением с поверхностью стола (плиты), б - с поверхностью установочной меры

Конструкцию индикатора часового типа с зубчатой передачей с ценой деления 0,01 мм изготавливают двух типов: ИЧ - с перемещением измерительного стержня параллельно шкале; ИТ - торцовые с перемещением измерительного стержня перпендикулярно шкале.

Индикаторы типа ИЧ изготавливают следующих типоразмеров: с пределами измерений 0 - 2, 0 - 5 и 0 - 10 мм.

Индикаторы типа ИТ изготавливают с пределами измерений 0 - 2 мм.

Широко применяемый индикатор ИЧ (часового) типа (рис. 18) имеет металлический корпус 1 в форме часов, в котором заключен механизм прибора. Через корпус индикатора проходит измерительный стержень В с выступающим наружу наконечником 9, всегда находящимся под воздействием пружины. Если нажать на стержень снизу вверх, он переместится в осевом направлении и при этом повернет стрелку 5, которая передвинется по циферблату, имеющему шкалу в 100 делений, каждое из которых соответствует перемещению стержня на 1/100 мм. При перемещении стержня на 1 мм стрелка 5 сделает по циферблату полный оборот. Для отсчета целых оборотов служит стрелка указателя 6.

При измерениях индикатор должен быть закреплен жестко относительно исходной измеряемой поверхности.

На рис. 19 изображена универсальная стойка для крепления индикатора. Индикатор 3 при помощи стержней 1 и 2, муфт 4 и 5 закрепляется на вертикальном стержне 6, укрепленном в пазу 8

призмы 9 гайкой 7 с накаткой. При помощи муфт индикатор может быть установлен в любом положении и под разными углами.

При абсолютном (рис. 20, а) или относительном (рис. 20, б) измерении показание индикатора приводят в некоторое начальное положение. При измерении относительным методом закрепленный на стойке индикатор настраивают по блоку плоскопараллельных концевых мер. Для этого измерительный наконечник 9 (см. рис.18) со съемным шариком 10 (он имеет форму проверяемой поверхности) приводят в соприкосновение с поверхностью стола - плиты (см. рис. 20, а) или установочной меры (см. рис. 20, б). Индикатор подводят так, чтобы стрелка его сделала один-два оборота. Таким образом, стержню индикатора дается натяг, чтобы в процессе измерения индикатор мог показать как отрицательные, так и положительные отклонения от начального положения установочной меры. Стрелка при этом устанавливается против какого-либо деления шкалы. Дальнейшие отсчеты ведут от этого показания стрелки, как от начального. Для облегчения отсчетов индикатор устанавливают на нуль поворотом циферблата 3 (см. рис. 18) за рифленый ободок 4 или поворотом головки 11 (при неподвижном циферблате). Установку ободка относительно стрелки фиксируют стопором 2.

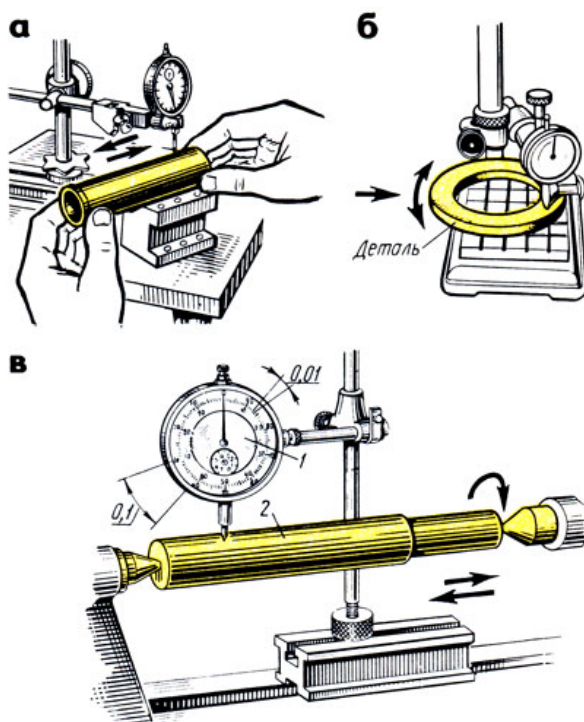


Рис. 21. Приемы проверки индикатором: а, б - перемещением деталей, в - в центрах; 1 - индикатор, 2 - деталь

Для измерения отклонения от заданного размера к детали подводят наконечник индикатора до соприкосновения с измеряемой поверхностью и замечают начальное показание стрелки 5 и указателя 6 на циферблате. Затем перемещают индикатор относительно измеряемой поверхности или измеряемую поверхность относительно индикатора (рис. 21,а,б).

Отклонение стрелки 5 (см. рис. 18) от начального положения покажет величину отклонения в сотых долях миллиметра, а отклонение стрелки указателя 6 - в целых миллиметрах. Для более точной проверки деталь 2 устанавливают в центрах (рис. 21,в) или других приспособлениях.

Индикаторные нутромеры предназначены для внутренних измерений деталей.

Индикаторный нутромер (рис. 22,а) имеет корпус 4, в который вставлена направляющая втулка 2. С одной стороны втулки помещен неподвижный измерительный стержень 7, а с другой - подвижный измерительный стержень 3.

В процессе измерения стержень 3 перемещается и его движение через толкатель 5 передается установленному в трубку 7 вертикальному штоку 6, к которому прижимается наконечник 8 индикатора 9. Прибор снабжается комплектом сменных неподвижных стержней 10.

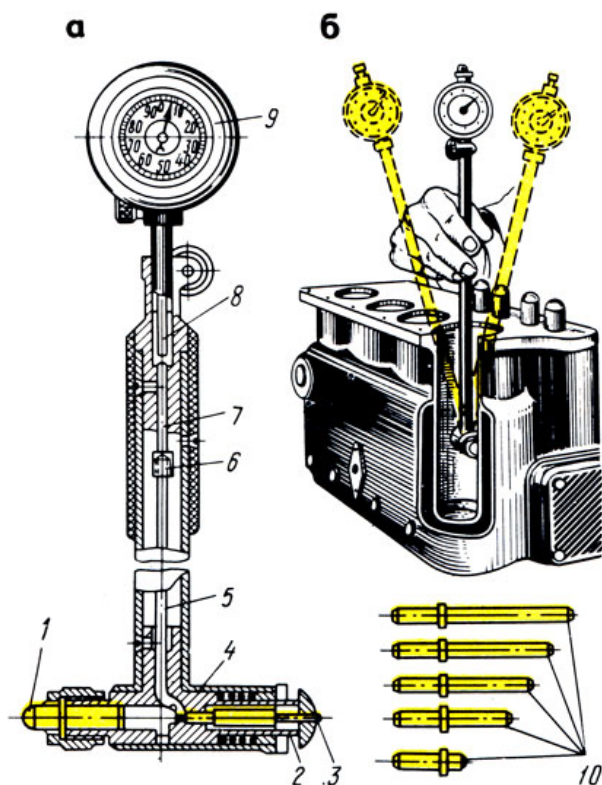


Рис. 22. Индикаторный нутромер: а - устройстве, б - прием измерения; 1,3 - измерительные стержни, 2 - направляющая втулка, 4 - корпус, 5 - толкатель, 6 - шток, 7 - трубка, 8 - наконечник, 9 - индикатор, 10 - сменные стержни

При измерении в зависимости от размера проверяемой детали нутромер ориентировочно настраивают по микрометру, блоку плоскопараллельных концевых мер или установочному кольцу, устанавливая показание на нуль.

Настроенный нутромер правой рукой берут за трубку, вводят в измеряемое отверстие и небольшим покачиванием (рис. 22,б) определяют отклонение от размера, на который был установлен индикаторный нутромер. Допустим, что нутромер был настроен на размер 68 мм (рис. 23,а). Положительные отклонения (0,06), полученные при прямом ходе, отнимают (рис. 23,а), а отрицательные (0,17) - прибавляют (рис. 23,б).

Индикаторные глубиномеры с ценой деления 0,01 мм (рис. 24,а) предназначены для измерения глубины пазов, отверстий, высоты уступов и т. д. Они снабжены набором измерительных стержней.

Измерительные стержни выбирают в зависимости от проверяемого размера и устанавливают в глубиномере. Затем устанавливают индикаторный глубиномер на нуль вращением ободка до совпадения большой стрелки с нулевым штрихом



циферблата. При измерении левой рукой слегка нажимают основание 1 (рис. 24,б) глубиномера, а правой рукой опускают измерительный стержень 4 и после его прикосновения ко дну проверяемой детали определяют отклонение. Отсчет производят так же, как у индикаторных нутромеров: положительное отклонение, полученное при прямом ходе, отнимают от размера, по которому была произведена установка глубиномера, а отрицательное - прибавляют.

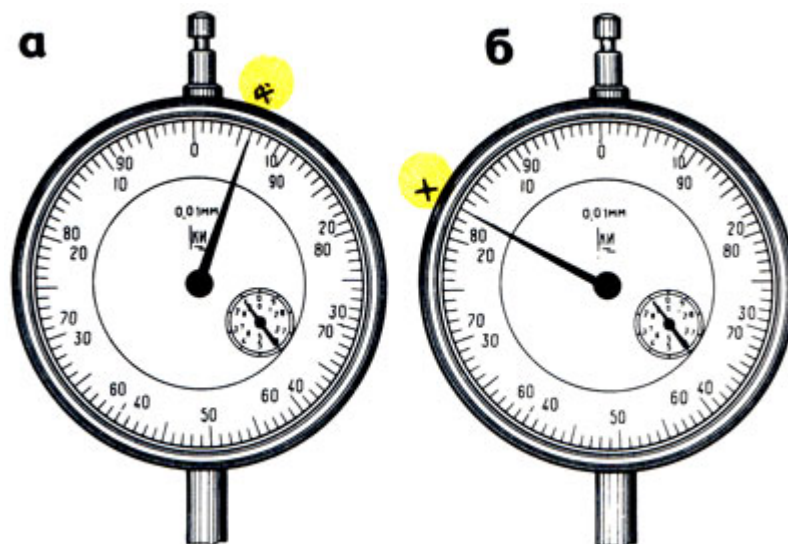


Рис. 23. Примеры отсчета на индикаторном нутромере: а - положительное отклонение, б - отрицательное отклонение

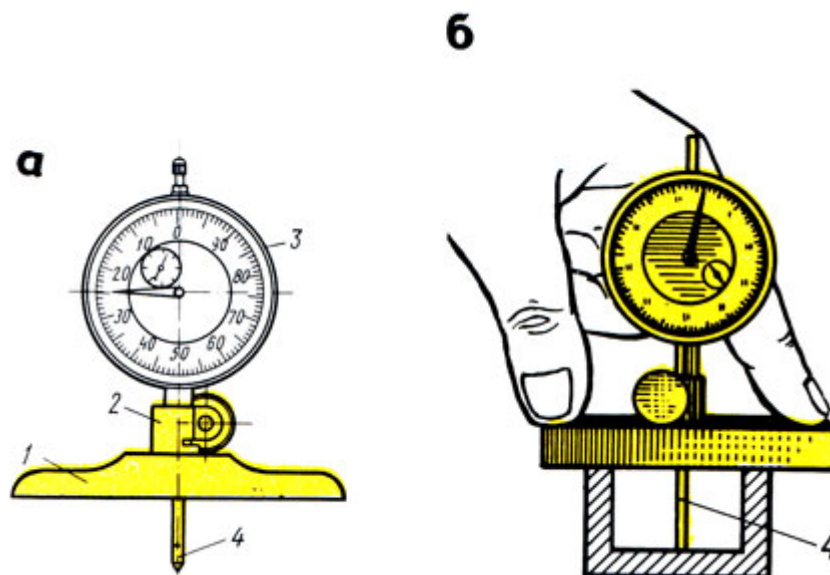


Рис. 24. Индикаторный глубиномер: а - устройство, б - прием проверки; 1 - основание, 2 - державка, 3 - индикатор, 4 - измерительный стержень

## . Инструменты для измерения углов

Для измерения наружных и внутренних углов в слесарном деле применяют угольники, угломеры и угломерные плитки.

Угольники поверочные изготавливают следующих типов: УЛ - лекальные плитки (рис. 25,а), УЛП - лекальные плоские (рис. 25,б), УЛШ - лекальные с широким основанием (рис. 394,а), УЛЦ - лекальные цилиндрические (рис. 25,г), УП - слесарные плоские (рис. 25,д), УШ - слесарные с широким основанием (рис. 25,е).

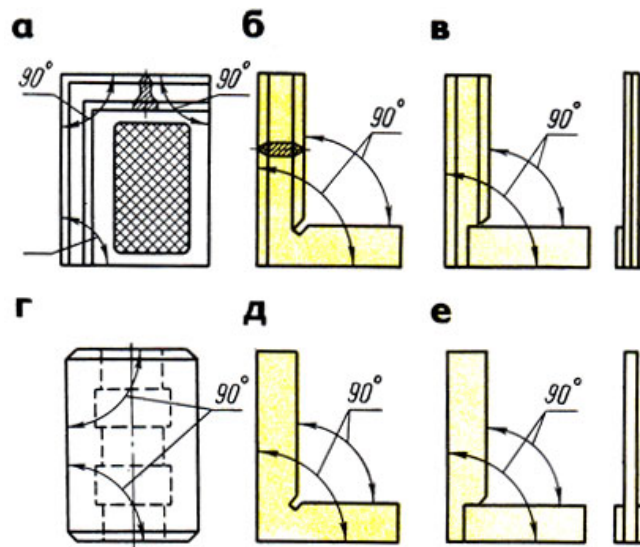


Рис. 25. Угольники: а - УЛ - лекальные плитки, б - УЛП - лекальные плоские, в - УЛШ - лекальные с широким основанием, г - УЛЦ - лекальные цилиндрические, д - УП - слесарные плоские, е - УШ - слесарные с широким основанием

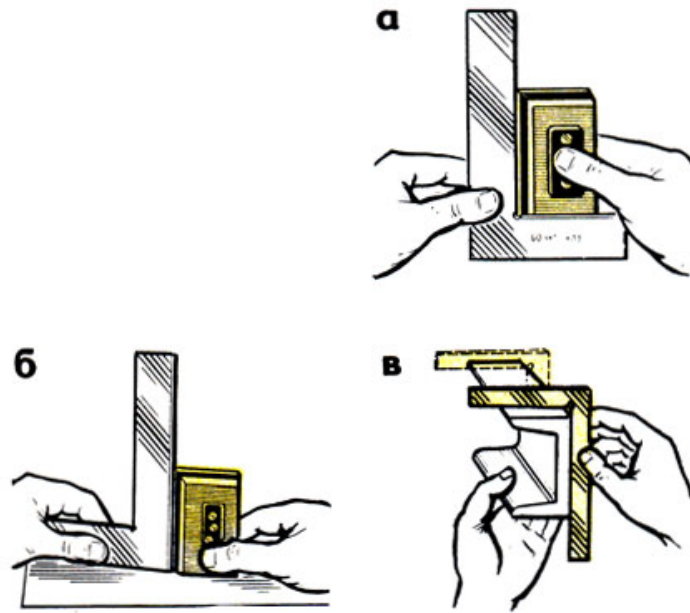


Рис. 26. Проверка углов: а - внутренней части угольника, б - наружной части, в - проверка в нескольких местах

Угольники с широким основанием (аншлажные) отличаются тем, что короткое их основание толще длинной полки. Таким угольником удобно определять отклонения в углах проверяемого изделия способом световой щели (на просвет) при установке изделия на поверочной плите.

Угольники цилиндрические применяют для этой же цели!

Для проверки прямых углов угольник накладывают на проверяемую деталь внутренней частью (рис. 26,а), а для проверки внутреннего угла - наружной частью (рис. 26,б). Наложив и слегка прижимая угольник, совмещают другую сторону угольника с проверяемой стороной детали и по просвету (иногда щупом) судят о точности прямого угла. Измерение производится в нескольких местах (рис. 26, в).



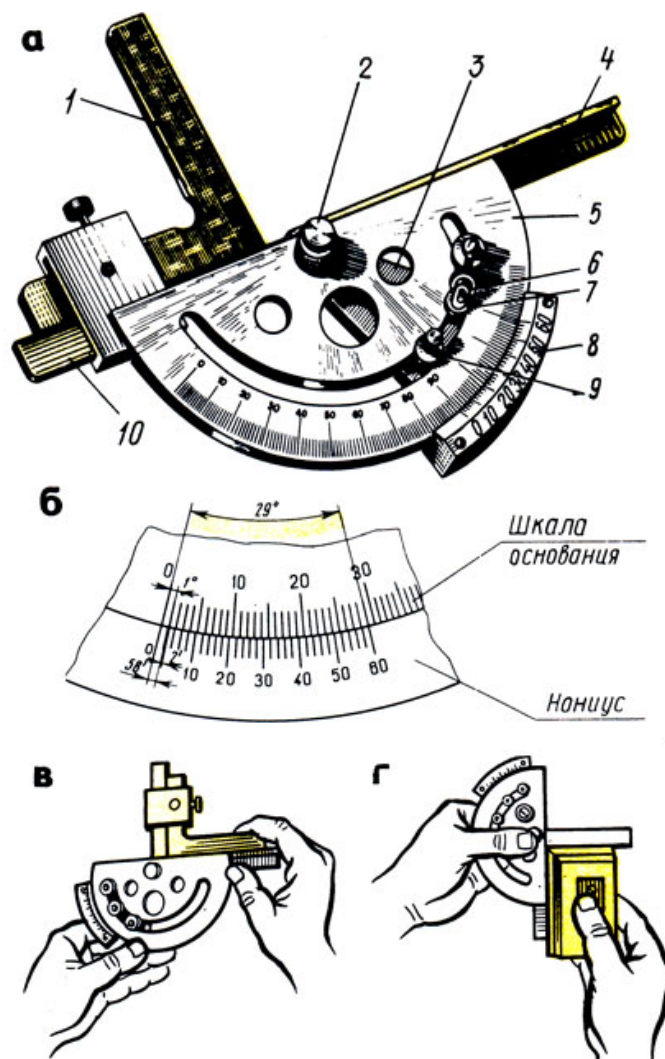


Рис. 27. Угломер УМ и его проверка : а - общий вид, б - устройство нониуса; проверка нулевого положения угломера; в - соединением измерительных поверхностей, г - лекальным угольником; 1 - угольник, 2 - ось, 3 - сектор, 4 - линейка съемная, 5 - основание (полудиск) с градуированной шкалой, 6 - микрометрическая подача, 7 - гайка, 8 - нониус, 9 - стопор, 10 - линейка подвижная

Угломеры предназначены для измерения углов. Изготавливают следующих типов:

УН - для измерения наружных углов от 0 до 180° и внутренних углов от 40 до 180°, УМ - для измерения наружных углов от 0 до 180°.

Угломер типа УМ (рис. 27,а) с величиной отсчета по шкале нониуса 2' (2 угловых минуты) предназначен для измерения наружных углов от 0 до 180°. Угломер имеет полукруглое основание (полудиск) 5 со шкалой угловых градусов, соединенное со съемной

линейкой 4 и подвижной линейкой 10, вращающейся на оси 2 вместе с сектором 3. Точность установки подвижной линейки 10 осуществляется при помощи микрометрической подачи 6 вращением гайки 7 и фиксированием стопором 9.

На секторе 3 закреплен лимб нониуса В, на лимбе сектора - шкала угловых минут. Угол между крайними штрихами шкалы нониуса, равный  $29^\circ$ , разделен на 30 частей (рис. 27,б). Угол между соседними штрихами нониуса  $60 \times 29:30 = 58$ , т. е. на  $2'$  меньше  $1^\circ$ .

Перед применением угломер протирают и проверяют нулевое положение: нулевые штрихи основания и нониуса должны совпадать.

При совпадении штрихов нониуса и основания между измерительными поверхностями угломера не должно быть просвета. Это проверяется соединением измерительных поверхностей (рис. 27,в) или при помощи лекального угольника (рис. 27,г).

При измерении угломер накладывают на проверяемую деталь так, чтобы линейки 4 и 10 были совмещены со сторонами измеряемого угла. Прижимая слегка правой рукой деталь к измерительной поверхности линейки основания, перемещают деталь постепенно, уменьшая просвет до полного соприкосновения. После этого (если нет просвета) фиксируют положение стопором и читают показание. Целое число градусов отсчитывают по шкале основания слева направо нулевым штрихом нониуса.

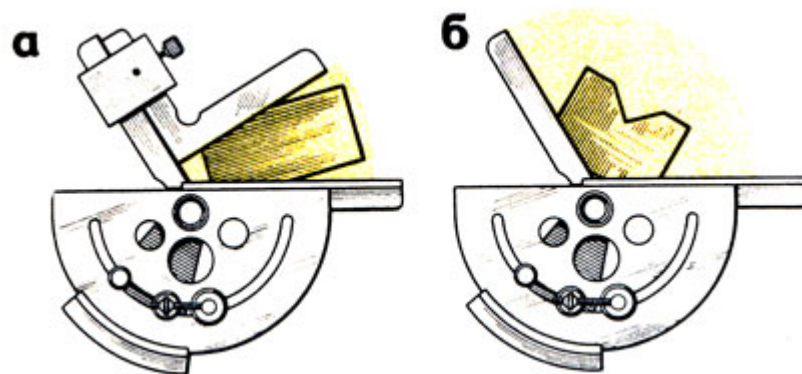


Рис. 28. Измерение углов: а - от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ , б - от  $90^\circ$  до  $180^\circ$

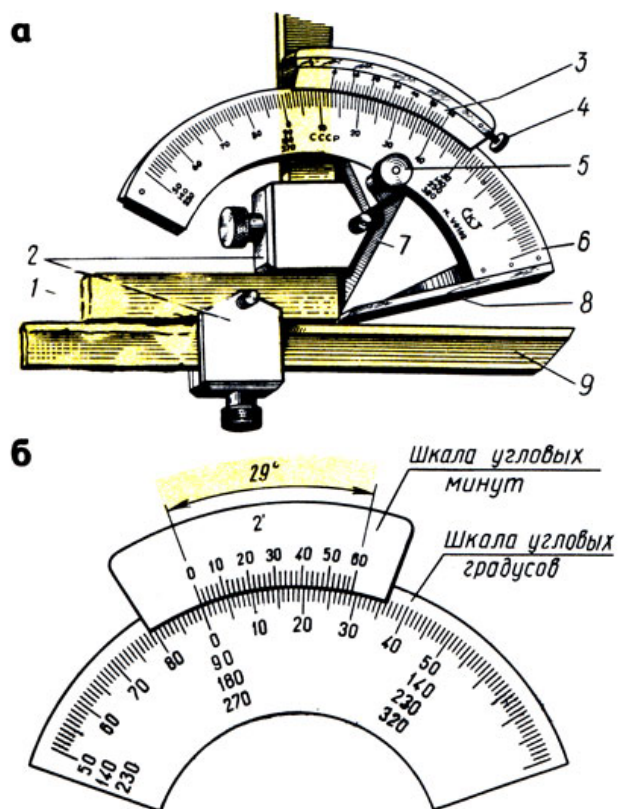


Рис. 29. Угломер УН: а - общий вид, б - устройство шкалы нониуса; 1 - угольник, 2 - державки, 3 - нониус, 4 - винт нониуса, 5 - стопор, 6 - основание, 7 - сектор, 8 - линейка основания, 9 - линейка съемная

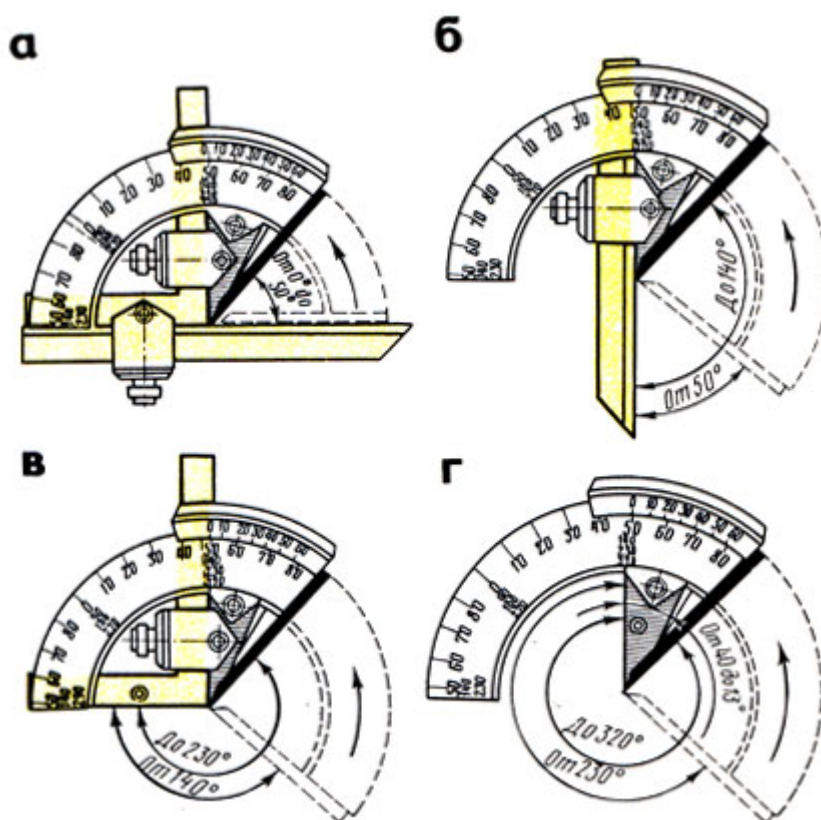


Рис. 30. Установка угломера для измерения углов: а - от 0 до 50°, б - от 50 до 140°, в - от 140 до 230°, г - от 230 до 320°

После этого находят штрих нониуса, совпадающий со штрихом шкалы основания, и ближайшую к нему слева цифру нониуса. К этой цифре прибавляют результат умножения величины отсчета на порядковый номер совпадающего штриха нониуса, считая его от найденной цифры нониуса. При чтении угломер держат прямо перед глазами. Например, нулевой штрих нониуса прошел 34-е деление шкалы основания, но не дошел до 35-го, при этом со штрихом основной шкалы совпадает 20-й (не считая нулевого) штрих шкалы нониуса. Следовательно, измеряемый угол составляет  $34 + 20 \times 2 = 34^\circ 40'$ .

Для измерения углов от  $0$  до  $90^\circ$  угломер соединяют с угольником (рис. 28,а), а для измерения углов от  $90$  до  $180^\circ$  угломер применяют без угольника (рис. 28,б) и к его показаниям прибавляют  $90^\circ$ .

Угломер типа УН с величиной отсчета по нониусу 2 или 5' (угловых минут, рис. 29,в,б) конструкции Семенова, выпускаемый заводом "Калибр", является наиболее удобным для измерения наружных углов от  $0$  до  $180^\circ$  и внутренних углов от  $40$  до  $180^\circ$ . Угломер имеет полукруглое основание 6, на котором закреплена линейка 8 основания. Сектор 7 с нониусом 3 перемещается по основанию 6 и после установки закрепляется стопором 5. Микрометрическая подача нониуса осуществляется вращением микрометрического винта 4. К сектору 7 при помощи державок 2 крепится угольник 1, а к нему присоединяется съемная линейка 9.

У угломера типа УН, так же как и угломера УМ, угол между крайними штрихами нониуса равен  $29^\circ$  и разделен на 30 частей, но он в отличие от угломера УМ построен на дуге большего радиуса, следовательно, расстояние между штрихами больше, что облегчает чтение показаний (рис. 29,б). На дуге нанесена основная шкала для отсчета целых градусов, которая построена несколько иначе, чем у угломера УМ. Слева направо на шкале нанесены сначала деления от  $50$  до  $90^\circ$ , затем от  $0$  до  $50^\circ$ . Ниже расположены цифры, позволяющие по этой шкале производить отсчеты от  $140$  до  $230^\circ$ , а еще ниже - от  $230$  до  $320^\circ$ .

Если на угломере установлены угольник и линейка (рис. 30,а), то можно измерять углы от  $0$  до  $50^\circ$ . Если убрать угольник и на его месте закрепить линейку, можно измерять углы от  $50$  до  $140^\circ$

(рис. 30,б), если убрать линейку и оставить только угольник (рис. 30,в), можно измерять углы от 140 до 230°. При отсутствии линейки и угольника (рис. 30,г) можно измерять углы от 230 до 320°.

Точность отсчета, полученного при измерении угловых величин или при установке заданного угла, проверяют по градусной шкале и нониусу. По шкале градусов, размещенной на дуге основания, определяют, на каком целом делении (или между ними) остановилось нулевое деление нониуса, которое соответствует числу целых градусов угловой величины. По шкале нониуса определяют, какое из его делений совпало с делением шкалы градусов, по цифрам нониуса определяют число минут.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Макиенко Н.И., Общий курс слесарного дела: Учебник. – 2-е изд., доп. – М.: Высш.шк., 1984. – 176 с., ил. – (Профтехобразование).
2. Слесарное дело: иллюстрированное учеб.пособие / сост. Б.С. Покровский, В.А. Скакун. – 5-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 30 плакатов.

## СОДЕРЖАНИЕ

Средства измерений и контроля.....	3
Штангенинструменты.....	5
Микрометрические инструменты.....	14
Рычажно-механические приборы.....	22
Инструменты для измерения углов.....	29
Литература.....	36

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу  
С.А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
ОП.07 ГИДРОЛОГИЯ**

Специальность

**20.02.01 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИРОДНЫХ  
КОМПЛЕКСОВ**

*Направленность: Экологическая безопасность природно-техногенных комплексов*

программа подготовки специалистов среднего звена

базовая подготовка

на базе среднего общего образования

год набора: 2023

Автор: Якупов Д. Р., к.г.-м.н.

Одобрена на заседании кафедры  
Природообустройства и  
водопользования

*(название кафедры)*

Зав.кафедрой

*(подпись)*

Гревцев Н.В.

*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 1 от 08.09.2022

*(Дата)*

Екатеринбург



## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Расчет нормы стока реки	4
1.1. Введение в теорию расчета	4
1.2. Примеры расчета нормы стока	9
1.2.1. При достаточном периоде наблюдений	9
1.2.2. При недостаточном периоде наблюдений	11
1.3. Задания для самостоятельной работы	15
2. Определение расходов воды расчетной обеспеченности (вероятности превышения)	27
2.1. Введение в теорию расчета	27
2.2. Определение параметров кривой обеспеченности годового стока	33
2.3. Примеры расчетов обеспеченных расходов	36
2.4. Задания для самостоятельной работы	44
Список литературы	47
Приложения	48

# 1. РАСЧЕТ НОРМЫ СТОКА РЕКИ

## 1.1. Введение в теорию расчета

Под нормой стока понимается среднее значение стока за многолетний период такой продолжительности, при увеличении которой полученное значение практически не меняется.

Норма стока может быть вычислена путем осреднения годовых значений (норма годового стока), ежегодных величин стока за весеннее половодье или меженный период (норма меженного или весеннего стока) или как среднее из ежегодных экстремальных величин (норма максимального и минимального стока).

Норма стока может быть выражена различными характеристиками: расходом воды  $Q$ , модулем стока  $M$ , слоем стока  $h$ , объемом стока  $W$ .

В гидрологических расчетах чаще всего используется расход воды. С помощью расхода воды могут быть определены все остальные характеристики стока (таблица 1.1.). Обозначения, принятые в таблице 1.1:  $F$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;  $t$  – продолжительность половодья, сек.

Таблица 1.1

### Соотношение между расходами воды и другими характеристиками стока

Характеристика	Ед. изм.	Примечание
Модуль стока, $\bar{M} = 1000 \bar{Q} / F$	л/с. км <sup>2</sup> .	производятся до вычисления 0,01; 0,1; 1,0.
Слой стока, $\bar{h} = \bar{Q}t / (1000 * F)$	мм	Вычисления производятся до двух-трех значащих цифр.

1.1.1. При достаточном периоде гидрометрических наблюдений. Расчеты нормы стока как статистической характеристики затруднений не вызывает:

$$\bar{Q} = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_N}{N} = \sum_{i=1}^N Q_i / N \quad (1.1)$$

где :  $Q_1, Q_2, \dots, Q_N$  - расход воды за рассматриваемый период, например, среднегодовой или минимальный суточный расход воды;

$N$  - продолжительность многолетнего периода, используемого для расчета.

Теоретическая величина  $N$  должна соответствовать генеральной совокупности данных, однако на практике продолжительность наблюдений на большинстве гидрологических створов меньше 20-30 лет. Поэтому норма стока будет отличаться от истинной на некоторую величину. Точность расчетов нормы стока определяется средним квадратическим отклонением:

$$\sigma_Q = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_0)^2 / (n-1)}. \quad (1.2)$$

где :  $Q_0$  - среднемноголетнее значение расхода воды за  $n$  лет.

В практике расчетов часто используется относительная средняя квадратическая погрешность, показывающая изменчивость стока во времени и являющаяся, по сути, коэффициентом вариации.

$$C_v = \frac{\sigma_0}{Q_0} \quad (1.3)$$

Допустимая средняя квадратическая погрешность нормы стока зависит от рассматриваемой характеристики стока и меняется в пределах 5-10%.

1.1.2. При недостаточном периоде гидрометрических наблюдений Статический ряд значений стока будет считаться недостаточным для расчета нормы стока, если он не является репрезентативным, т.е. не включает полных циклов изменения гидрологической величины, а среднеквадратическая погрешность среднего значения ряда превышает допустимое значение.

Удлинение ряда наблюдений осуществляют путем приведения ряда к многолетнему периоду по реке – аналогу, имеющему пункты с наиболее длительным периодом гидрологических наблюдений за стоком, обычно не менее 50 лет.

При подборе рек-аналогов учитывается следующее:

- расчетная река и река-аналог должны находиться в максимальной географической близости;
- климатические условия формирования стока должны быть одинаковыми;
- колебания годового стока должны быть синхронными;
- рельеф водосборов, почво - грунты и гидрологические условия не должны иметь существенных отличий;
- площади водосборов не должны отличаться более чем в 10 раз для равнинных рек, в горах различие в средней высоте водосбора должно быть в пределах 300 м;
- продолжительность совместных лет наблюдений за стоком на расчетной реке и реке-аналоге должна быть не менее 10 лет.

Критерием правильности выбора пункта-аналога является тесная связь за годы одновременных наблюдений, характеризуемая коэффициентом корреляции,  $r \geq 0,7$  и отношением коэффициента регрессии к среднеквадратической погрешности коэффициента регрессии  $k/\sigma_k \geq 2$ .

Приведение данных к длительному периоду может осуществляться графическим, аналитическим или графоаналитическим способами.

#### 1.1.2.1. Графический способ.

Применяется при прямолинейной связи. Норма стока определяется непосредственно по графику.

#### 1.1.2.2. Аналитический способ.

При одном аналоге используется уравнение регрессии с двумя переменными

$$Q = kQ_a + Q' \quad (1.4)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (Q_i - Q_{cp})^2}{n-1}} ; \quad (1.5)$$

$$Q' = Q_{cp} - kQ_{a,cp} ; \quad (1.6)$$

$$k = r\sigma / \sigma_a ; \quad (1.7)$$

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum (Q_{ai} - Q_{a,cp})^2}{n-1}} ; \quad (1.8)$$

$$r = \frac{\sum (Q_i - Q_{cp})(Q_{ai} - Q_{a,cp})}{\sqrt{\sum (Q_i - Q_{cp})^2 \sum (Q_{ai} - Q_{a,cp})^2}} = \frac{\sum (Q_i - Q_{cp})(Q_{ai} - Q_{a,cp})}{(n-1)\sigma\sigma_a} \quad (1.9)$$

где :  $Q_{cp}$  и  $Q_{a,cp}$  - средние значения стока в расчетном пункте и пункте-аналоге за совместный период наблюдений;

$k$  - коэффициент регрессии;

$r$  - коэффициент парной корреляции;

$\sigma$ ,  $\sigma_a$  - средние квадратические отклонения однолетних средних от средних, за период совместных наблюдений в расчетном пункте и пункте – аналоге;

$Q'$  - свободный член, учитывающий различие в стоке рассматриваемых пунктов за совместный период.

Условие приемлемости реки-аналога:

$R \geq 0,7$ ;  $k/\sigma_k \geq 2$  при :

$$\sigma_k = \sigma / \sigma_a \left[ (1 - r^2) / \sqrt{n-1} \right] ; \quad (1.10)$$

Для нормы стока уравнение линейной регрессии

$$\bar{Q} = Q_{cp} + r(\sigma / \sigma_a)(\bar{Q} - Q_{a,cp}) \quad (1.11)$$

Графо - аналитический метод приведения базируется на использовании трех опорных ординат кривой распределения, соответствующих обеспеченности 5; 50; 95 %, устанавливаемых по графику связи стока расчетного пункта и пункта-аналога.

1.1.3. При отсутствии гидрологических данных.

В практике чаще всего приходится рассчитывать сток для неизученных рек. Определить норму стока можно несколькими способами, например:

- путем прямолинейной интерполяции с использованием опорных пунктов;

- по картам изолиний годового стока и др.

Первый способ целесообразно использовать, если расчетный створ находится между двумя пунктами наблюдений на исследуемой реке, либо используют 2-3 и более пунктов на соседних реках, между которыми находится расчетный створ.

Определение нормы стока по карте осуществляется в зависимости от густоты изолиний, пересекающих водосбор расчетной реки, значение стока определяется как средневзвешенное

$$M = ( M_1 f_1 + M_2 f_2 + \dots + M_i f_i ) / F, \quad (1.11)$$

где:  $M_i$  - среднее значение модуля стока между соседними изолиниями;  
 $f_i$  - площадь между этими изолиниями.

В настоящее время построена карта нормы годового стока рек СССР в масштабе 1:10000000 и составлены региональные карты годового стока, опубликованные в справочниках по водным ресурсам.

## 1.2. Примеры расчета нормы стока.

### 1.2.1. При достаточном периоде наблюдений.

Задача: рассчитать норму годового стока р. Сосьва в створе д. Денежкино.

Сосьва - река Северного Урала, берущая начало в горах и впадающая в р. Тавду. Верхний участок реки относится к типу горных рек, в устье река имеет равнинный характер.

Створ р. Сосьва - д. Денежкино - расположен на расстоянии 477 км от устья, площадь водосбора 4390 км<sup>2</sup>. Гидрологический пост открыт в 1932 г. и действует по настоящее время. Данные наблюдений сведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2

### Наблюденные среднегодовые расходы воды р. Сосьва – д. Денежкино

№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с
1		22,1	16	1951	28,6	31	1966	35,4
2	1935	45,0	17	1952	25,1	32	1967	30,2
3	1936	21,2	18	1953	30,5	33	1968	30,1
4	1937	40,4	19	1954	24,7	34	1969	64,1
5	1938	18,3	20	1955	41,5	35	1970	50,2
6	1939	29,6	21	1956	50,9	36	1971	46,4
7	1941	30,5	22	1957	57,0	37	1972	37,0
8	1942	38,0	23	1958	35,4	38	1973	31,5
9	1943	49,6	24	1959	27,0	39	1974	40,9
10	1944	38,0	25	1960	33,4	40	1975	24,1
11	1945	32,8	26	1961	40,5	41	1976	28,3
12	1947	39,9	27	1962	35,7	42	1977	22,4
13	1948	57,0	28	1963	35,9	43	1978	52,5
14	1949	25,0	29	1964	30,2	44	1979	56,7
15	1950	96,1	30	1965	43,1			

Из таблицы следует, что  $N = 44$  года.

$$\sum_{i=1}^N Q_i = 1672,6 \text{ м}^3 / \text{с}; \quad (1.12)$$

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i}{N} = \frac{1672,6}{44} = 38,0 \text{ м}^3 / \text{с}; \quad (1.13)$$

$$\sigma_Q = \sqrt{\sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q})^2 / (n-1)} = 14,2 \text{ м}^3 / \text{с}; \quad (1.14)$$

Для расчета характеристик ряда наблюдений можно воспользоваться программируемыми микрокалькуляторами типа МК-61 или микро-ЭВМ программа “Гидрология” для Электроники ДЗ-28.

1.2.2. При недостаточном периоде наблюдений.

Задача: рассчитать норму годового стока р. Каква в створе д.Полутовка.

Бассейн р. Каква расположен в северной части Среднего Урала на восточном склоне. Длина реки 170 км, площадь водосбора 1970 км<sup>2</sup>.

Створ реки Каква – д. Полутовка – расположен на расстоянии 43 км от устья, площадь водосбора 1500 км<sup>2</sup>. Наблюдения велись с 1955 года по 1970 год, Данные гидрологических измерений приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3.

**Наблюденные значения среднегодовых расходов воды  
р. Каквы – д. Полутовка**

№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с
1	1956	11,4	6	1961	13,2
2	1957	18,3	7	1962	11,7
3	1958	11,6	8	1963	11,7
4	1959	9,01	9	1968	9,98
5	1960	11,0	10	1969	20,5

Из таблицы 1.3 следует, что  $n = 10$  лет.

$$Q_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} = \frac{133,3}{10} = 13,3 \text{ м}^3 / \text{с}; \quad (1.16)$$

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{129}{10-1}} = \sqrt{14,35} = 3,8 \text{ м}^3 / \text{с}; \quad (1.17)$$

$$C_V = \frac{3,8}{13,3} = 0,28. \quad (1.18)$$

Средняя квадратическая ошибка составляет  $3,8/13,3 * 100 = 8,5$  %, что значительно больше допустимого. Следовательно, ряд наблюдений недостаточен для расчета нормы стока, необходим подбор аналога.

В данном случае в качестве аналога выберем р.Сосьву – д.Денежкино по следующим соображениям:

- период наблюдений достаточен;
- климатические условия формирования стока аналогичны;
- реки расположены географически близко;
- рельеф водосборов близок, обе реки в верховьях имеют горный характер;
- площади водосборов отличаются в 3 раза;
- в течение 10 лет имеются совместные наблюдения.

Определяем корреляционную связь расходов исследуемой реки и реки-аналога (таблица 1.4.) .

Таблица 1.4

**Определение корреляционной связи среднегодовых расходов воды в створах р.Сосьва – д.Денежкино и р.Каква – д.Полутовка**

№№ п/п	Годы	Среднегодовой расход, м <sup>3</sup> /с		$Q_a - Q_{cp}$	$Q - Q_{cp}$	$(Q_a - Q_{a,cp})^2$	$(Q - Q_{cp})^2$	$(Q - Q_{cp}) * (Q_a - Q_{a,cp})$
		Сосьва- Денежкино $Q_a$	Каква- Полутов- 8А, Q					
1	1956	50,9	16,4	9,9	3,1	98,0	9,4	30,3
2	1957	57,0	18,3	16,0	5,0	256,0	24,6	79,4
3	1958	35,4	11,6	-5,6	-1,7	31,4	3,0	9,7
4	1959	27,0	9,01	14,0	-4,3	196,0	18,7	60,6
5	1960	33,4	11,0	-7,6	-2,3	57,8	5,5	17,8
6	1961	40,5	13,2	-0,5	-0,1	0,3	0,0	0,1
7	1962	35,7	11,7	-5,3	-1,6	28,1	2,7	8,7
8	1963	35,9	11,7	-5,1	-1,6	26,0	2,7	8,4
9	1968	30,1	9,98	10,9	-3,4	118,8	11,3	36,6
10	1969	64,1	20,5	23,1	7,2	533,6	51,3	165,4
Сумма		410	133,4	0	0	1345,9	129,2	416,9
Среднее		41	13,3					

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_{cp})^2}{m-1}} = \sqrt{\frac{129,3}{10-1}} = 3,79; \quad (1.19)$$

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{ai} - Q_{a,cp})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1346,0}{10-1}} = 12,2; \quad (1.20)$$

$$r = \frac{\sum (Q_i - Q_{cp}) (Q_{ai} - Q_{a,cp})}{\sqrt{\sum (Q_i - Q_{cp})^2 \sum (Q_{ai} - Q_{a,cp})^2}} = \frac{416,9}{\sqrt{1346,0 * 129,3}} = 0,999; \quad (1.21)$$

$$k = r * \sigma / \sigma_a = \frac{0,999 * 3,79}{12,2} = 0,31 \quad (1.22)$$

$$\sigma_k = \frac{\sigma(1-r^2)}{\sigma_a \sqrt{n-1}} = \frac{3,79(1-0,999^2)}{12,2\sqrt{10-1}} = 0,0002; \quad (1.23)$$

$$k/\sigma_k = \frac{0,31}{0,0002} = 1497,6 \quad (1.24)$$

Уравнение регрессии  $Q = 0,31 Q_a + 1,82$ .

Корреляционная связь достаточно тесная, можно рассчитывать норму стока:

$$\bar{Q} = Q_{cp} + r(\sigma/\sigma_a)(\bar{Q}_a - Q_{acc}) = 13,3 + 0,999 \frac{3,79}{12,2} 38,0 - 41,0 = 12,4 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (1.25)$$

По уравнению регрессии можно достроить ряд наблюдений по створу р.Каква – д.Полутовка.

### 1.3. Задания для самостоятельной работы

Задания составлены в вариантах. Номер варианта задания устанавливается преподавателем. Наиболее полные данные гидрологических наблюдений приведены в таблице 1.5. Характеристика створов приведена на рисунке 1.1.

#### 1.3.1. Рассчитать норму годового стока.

Имеющиеся наблюдения приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5

### Данные гидрометрических наблюдений за стоком в створе р.Каменка – д.Каменка

№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с
1	1971	10,9	5	1975	3,75	9	1979	6,21
2	1972	2,48	6	1976	14	10	1980	14,2
3	1973	6,55	7	1977	12,2	11	1981	11,5
4	1974	4,2	8	1978	16,1	12	1982	9,1

1.3.2. Рассчитать норму годового стока в створе р.Березовой – п.Березовка.

Имеющиеся наблюдения приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6

### Данные гидрометрических наблюдений за стоком в створе р. Березовой – п.Березовка

№№,	Годы	Q,	№№,	Годы	Q,	№№,	Годы	Q,
-----	------	----	-----	------	----	-----	------	----



п/п		м <sup>3</sup> /с	п/п		м <sup>3</sup> /с	п/п		м <sup>3</sup> /с
1	1968	3,62	6	1973	6,08	11	1978	5,00
2	1969	8,40	7	1974	3,19	12	1979	3,87
3	1970	13,4	8	1975	6,37	13	1980	8,44
4	1971	8,07	9	1976	5,45	14	1981	4,28
5	1972	1,02	10	1977	6,98	15	1982	1,95

1.3.3. Рассчитать норму годового стока р.Ольховки – п.Зеленый Бор. Имеющиеся наблюдения приведены в таблице 1.7.

Таблица 1.7

**Данные гидрометрических наблюдений  
за стоком в створе р.Ольховки – п.Зеленый Бор**

№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с
1	1932	1,12	6	1937	5,16	11	1943	4,59
2	1933	1,81	7	1939	2,01	12	1944	2,77
3	1934	6,54	8	1940	4,25	13	1945	1,68
4	1935	6,4	9	1941	6,66	14	1946	1,21
5	1936	7,11	10	1942	7,14	15	1949	3,42

1.3.4. Рассчитать норму слоя стока за половодье в створе р.Ельничная – совхоз.

Данные приведены в таблице 1.8.

Таблица 1.8.

**Данные определения слоя стока р.Ельничная – совхоз**

№№, п/п	Годы	Слой стока, мм	№№, п/п	Годы	Слой стока, мм	№№, п/п	Годы	Слой стока, мм
1	1956	10,9	5	1960	17,5	8	1963	16,1
2	1957	24,8	6	1961	34,0	9	1968	42,2
3	1958	15,5	7	1962	28,2	10	1969	34,2
4	1959	42,8						

1.3.5. Рассчитать норму слоя стока за половодье в створе р.Березовая – п.Березовка.

Имеющиеся данные приведены в таблице 1.9.

Таблица 1.9.

**Данные определения слоя стока р.Березовая – п.Березовка**

№№, п/п	Годы	Слой стока, мм	№№, п/п	Годы	Слой стока, мм	№№, п/п	Годы	Слой стока, мм
------------	------	----------------------	------------	------	----------------------	------------	------	----------------------

		мм			мм			мм
1	1958	115	5	1962	576	9	1966	30
2	1959	580	6	1963	144	10	1967	682
3	1960	180	7	1964	516	11	1968	84
4	1961	609	8	1965	136	12	1969	566

1.3.6. Рассчитать норму слоя стока за половодье в створе р.Ольховка – п.Зеленый Бор.

Имеющиеся данные приведены в таблице 1.10.

Таблица 1.10

**Данные определения слоя стока р.Ольховка – п.Зеленый Бор**

№№, п/п	Годы	Слой стока, мм	№№, п/п	Годы	Слой стока, мм	№№, п/п	Годы	Слой стока, мм
1	1951	124	5	1955	112	9	1959	113
2	1952	116	6	1956	18	10	1960	20
3	1953	35	7	1957	29	11	1961	77
4	1954	81	8	1958	31			

1.3.7. Рассчитать норму слоя стока за половодье в створе р.Каменка – д.Каменка.

Имеющиеся данные приведены в таблице 1.11.

Таблица 1.11

**Данные определения слоя стока р. Каменка – д. Каменка**

№№, п/п	Годы	Слой стока, мм	№№, п/п	Годы	Слой стока, мм	№№, п/п	Годы	Слой стока, мм
1	1948	946	6	1953	778	11	1958	478
2	1949	854	7	1954	569	12	1959	1313
3	1950	1260	8	1955	1234	13	1960	352
4	1951	1415	9	1956	651	14	1961	1043
5	1952	1111	10	1957	987			

1.3.8. Рассчитать норму модуля стока в створе р.Черная– ж/д мост. Известные данные о модуле стока приведены в таблице 1.12.

Таблица 1.12

**Результаты гидрометрических измерений модуля  
стока в створе р.Черная– ж/д мост**

№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км <sup>2</sup>	№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км <sup>2</sup>	№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км <sup>2</sup>
1	1961	14,1	6	1966	6,6	11	1971	7,3
2	1962	11,4	7	1967	19,1	12	1972	8,1
3	1963	9,8	8	1968	4,7	13	1973	9,4
4	1964	18,7	9	1969	15,6	14	1974	5,7
5	1965	7,5	10	1970	21,3			

1.3.9. Рассчитать норму модуля стока в створе р.Березовой - с.Александровское.

Известные данные о модуле стока приведены в таблице 1.13.

Таблица 1.13

**Результаты гидрометрических измерений модуля  
стока в створе р.Березовой - с. Александровское**

№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км <sup>2</sup>	№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км <sup>2</sup>	№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км <sup>2</sup>
1	1933	18,0	5	1937	22,2	9	1941	12,0
2	1934	25,1	6	1938	16,7	10	1942	34,2
3	1935	23,8	7	1939	9,1	11	1943	28,3
4	1936	25,6	8	1940	13,4	12	1944	12,8

1.3.10. Рассчитать норму годового стока р.Белой в створе с.Покровское.

Имеющиеся наблюдения приведены в таблице 1.14.

Таблица 1.14

**Данные гидрометрических наблюдений за стоком  
в створе р.Белая – с.Покровское**

№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с
1	1952	250,8	6	1957	157,0	11	1972	161,2
2	1953	135,1	7	1958	87,7	12	1973	198,0
3	1954	184,5	8	1959	263,3	13	1974	115,9
4	1955	261,3	9	1970	417,1	14	1975	177,7
5	1956	70,9	10	1971	268,4			

1.3.11. Рассчитать норму модуля стока в створе р. Белая - с.Покровское.  
Известные данные о модуле стока приведены в таблице 1.15.

Таблица 1.15

**Результаты гидрометрических измерений модуля стока в створе р. Белая - с. Покровское**

№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км <sup>2</sup>	№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км <sup>2</sup>	№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км <sup>2</sup>
1	1934	58,6	5	1938	50,6	9	1942	64,7
2	1935	54,1	6	1939	28,0	10	1943	80,6
3	1936	67,8	7	1940	44,4	11	1944	45,3
4	1937	48,7	8	1941	71,2			

1.3.12. Рассчитать норму годового стока р.Черной – ж/д моста.  
Имеющиеся наблюдения приведены в таблице 1.16.

Таблица 1.16

**Результаты гидрометрических наблюдений за стоком в створе р.Черной – ж/д моста**

№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с
1	1948	4,12	5	1952	18,5	9	1956	4,27
2	1949	6,45	6	1953	7,33	10	1957	11,4
3	1950	14,1	7	1954	8,14	11	1958	6,66
4	1951	15,2	8	1955	17,6	12	1959	10,8

1.3.13. Рассчитать норму годового стока р.Березовая в створе с.Александровское.

Известные данные о стоке приведены в таблице 1.17.

Таблица 1.17

**Результаты гидрометрических наблюдений за стоком в створе р. Березовая -с. Александровское**

№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с
1	1961	16,8	5	1965	10,1	9	1969	20,6
2	1962	14,5	6	1966	5,84	10	1970	28,5
3	1963	12,3	7	1967	24,6			
4	1964	18,7	8	1968	5,12			

1.3.14. Рассчитать норму годового стока р.Вогулка в створе д.Новой.  
Известные данные о стоке приведены в таблице 1.18.

Таблица 1.18

**Данные гидрометрических наблюдений за стоком  
в створе р.Вогулки-д.Новая**

№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с
1	1937	5,17	5	1942	3,89	9	1946	1,61
2	1938	2,88	6	1943	5,61	10	1947	1,14
3	1939	1,56	7	1944	2,11	11	1948	1,96
4	1940	4,00	8	1945	1,74			

1.3.15. Рассчитать норму годового стока в створе р.Ельничной – совхоз.  
Имеющиеся данные о годовом стоке приведены в таблице 1.19.

Таблица 1.19

**Данные гидрометрических наблюдений за стоком  
в створе р. Ельничная – совхоз**

№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с
1	1969	3,15	5	1973	1,64	9	1977	2,58
2	1970	4,01	6	1974	0,97	10	1978	2,91
3	1971	2,72	7	1975	0,84	11	1979	2,09
4	1972	1,18	8	1976	2,23	12	1980	4,76

1.3.16. Рассчитать норму годового стока в створе рч.Говорливый –  
автомобильный мост.  
Имеющиеся данные о годовом стоке приведены в таблице 1.20.

Таблица 1.20

**Данные гидрометрических наблюдений за стоком  
в створе рч. Говорливый – автомобильный мост**

№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с
1	1970	1,61	4	1973	0,35	7	1976	0,58
2	1971	0,76	5	1974	0,19	8	1977	0,88
3	1972	0,29	6	1975	0,18	9	1978	1,02

1.3.17. Рассчитать норму годового стока в створе р. Каменка – д. Каменка.  
Известные данные о годовом стоке приведены в таблице 1.21.

Таблица 1.21

**Данные гидрометрических наблюдений за стоком  
в створе р. Каменка – д. Каменка**

№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с
1	1955	16,8	5	1959	18,0	9	1963	10,6
2	1956	5,16	6	1960	4,87	10	1964	12,9
3	1957	13,3	7	1961	15,5			
4	1958	7,61	8	1962	13,2			

1.3.18. Рассчитать норму слоя стока за половодье в створе р. Вогулка – д. Новая.

Известные данные приведены в таблице 1.22.

Таблица 1.22

**Данные определения слоя стока  
за половодье в створе р. Вогулка – д. Новая**

№№, п/п	Годы	Слой стока, мм	№№, п/п	Годы	Слой стока, мм	№№, п/п	Годы	Слой Стока, мм
1	1962	634	5	1966	96	9	1970	1177
2	1963	256	6	1967	891	10	1971	545
3	1964	889	7	1968	118	11	1972	120
4	1965	214	8	1969	748			

1.3.19. Рассчитать норму модуля стока в створе рч. Говорливый – Автомобильный мост.

Известные данные приведены в таблице 1.23.

Таблица 1.23

**Результаты измерений модуля стока  
в створе рч. Говорливый – Автомобильный мост**

№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км <sup>2</sup>	№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км <sup>2</sup>	№№, п/п	Годы	Модуль стока, л/с*км <sup>2</sup>
1	1962	1,12	4	1965	0,71	7	1968	0,48
2	1963	0,45	5	1966	0,62	8	1969	1,2
3	1964	0,98	6	1967	1,3	9	1970	1,9

1.3.20. Рассчитать норму годового стока р. Березовой в створе п. Березовка.

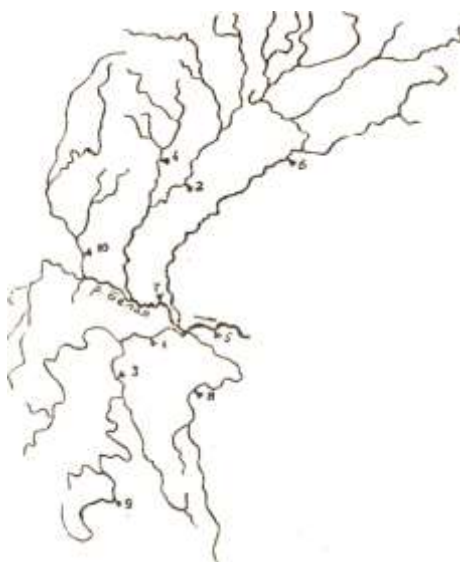
Известные данные о годовом стоке приведены в таблице 1.24.

Таблица 1.24

**Данные гидрологических наблюдений за стоком  
в створе р. Каменка – д. Каменка**

№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	№№, п/п	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с
1	1947	1,34	5	1951	8,86	9	1955	9,15
2	1948	2,77	6	1952	8,90	10	1956	3,04
3	1949	4,99	7	1953	4,13	11	1957	8,19
4	1950	10,2	8	1954	5,91	12	1958	3,89

**Схема гидрологических постов в бассейне р. Белой**



**Наименование постов и площади водосбора**

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| 1. р. Каменка – д. Каменка             | F = 1090 км <sup>2</sup> |
| 2. р. Березовая – п. Березовка         | F = 530 км <sup>2</sup>  |
| 3. р. Ольховка – д. Зеленый Бор        | F = 670 км <sup>2</sup>  |
| 4. р. Ельничная – совхоз               | F = 250 км <sup>2</sup>  |
| 5. р. Белая – с. Покровское            | F = 7390 км <sup>2</sup> |
| 6. р. Черная – ж/д мост                | F = 1140 км <sup>2</sup> |
| 7. р. Березовая – п. Александровское   | F = 1950 км <sup>2</sup> |
| 8. р. Вогулка – д. Новая               | F = 340 км <sup>2</sup>  |
| 9. рч. Говорливый – автомобильный мост | F = 160 км <sup>2</sup>  |
| 10. р. Широкая – д. Яр                 | F = 620 км <sup>2</sup>  |

**Результаты гидрологических наблюдений  
за стоком в створе р. Широкая – д. Яр**

№№	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	M, л/с*км <sup>2</sup>	h <sub>тал</sub> ,мм	№№	Годы	Q, м <sup>3</sup> /с	M, л/с*км <sup>2</sup>	h <sub>тал</sub> ,мм
1	1932	4,85	6,91	348	26	1958	4,11	5,93	214
2	1933	6,92	9,98	1178	27	1959	8,30	11,9	909
3	1934	12,1	17,3	958	28	1960	2,05	2,94	150
4	1935	10,0	14,3	218	29	1961	8,42	12,0	718
5	1936	11,2	16,0	193	30	1962	6,71	9,67	659
6	1937	8,48	12,1	572	31	1963	5,19	7,45	288
7	1938	6,19	9,15	121	32	1964	8,48	12,1	937
8	1939	1,99	2,82	132	33	1965	4,74	6,86	223
9	1940	3,32	4,76	818	34	1966	3,60	5,12	104
10	1942	7,91	11,3	302	35	1967	10,1	14,5	976
11	1943	8,48	12,1	165	36	1968	2,51	3,63	126
12	1944	4,75	6,84	303	37	1969	9,08	13,0	776
13	1945	3,74	5,31	934	38	1970	13,8	19,7	1245
14	1946	2,61	3,75	166	39	1971	6,59	9,41	576
15	1947	1,51	2,26	185	40	1972	3,93	5,64	124
16	1948	3,08	4,42	465	41	1973	4,67	6,76	531
17	1949	5,30	7,61	302	42	1974	2,81	4,00	167
18	1950	9,77	14,0	858	43	1975	2,33	3,32	164
19	1951	8,94	12,8	749	44	1976	7,04	10,1	547
20	1952	9,84	14,1	902	45	1977	8,83	12,6	992
21	1953	4,06	5,88	205	46	1978	8,55	12,2	742
22	1954	6,04	8,65	428	47	1979	5,46	7,84	233
23	1955	9,71	13,9	850	48	1980	12,1	17,3	862
24	1956	2,78	4,07	165	49	1981	4,70	6,76	247
25	1957	7,91	11,4	211	50	1982	3,21	4,65	152



## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ ВОДЫ РАСЧЕТНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ (ВЕРОЯТНОСТИ ПРЕВЫШЕНИЯ)

### 2.1. Введение в теорию расчета

Основной задачей расчетов стока является вычисление его характеристик за период эксплуатации гидротехнических сооружений в руслах и на водосборах рек.

Наличие нерегулируемых колебаний стока, не подчиняющимся каким-либо закономерностям, позволяет использовать методы теории вероятности. Основными приемами расчета являются кривые обеспеченности. Кривая обеспеченности показывает повторяемость гидрологической характеристики выше заданного значения. Расчетная обеспеченность зависит от характера объекта, регламентируется с учетом капитальности сооружения и требований безопасности (таблица 2.1., 2.2).

Таблица 2.1

#### Расчетная обеспеченность в зависимости от класса капитальности гидротехнических сооружений

Класс капитальности	Обеспеченность расчетных максимальных расходов, %	
	при нормальных условиях эксплуатации	при чрезвычайных условиях эксплуатации
1	0,1	0,01
2	1	0,1
3	2	0,5
4	5	1
5	10	3

Основой построения кривой обеспеченности служит ряд эмпирических данных. По ним строится эмпирическая кривая обеспеченности, к которой подбирается аналитическая кривая, наилучшим образом соответствующая расположению эмпирических точек. Аналитическая кривая описывается уравнением, позволяющим рассчитывать сток в зонах обеспеченности, по которым отсутствуют данные.

**Расчетная обеспеченности для гидротехнических сооружений на малых водотоках**

Сооружения	Обеспеченность расчетных максимальных расходов, %	
	при нормальных условиях эксплуатации	при чрезвычайных условиях эксплуатации
Сельские гидроэлектростанции	5	1
Плотины прудов и водохранилищ	5 – 10	1 – 3
Отверстия мостов на железных дорогах и автомагистралях 1 категории	1	-
Отверстия мостов на железных дорогах и автомагистралях 2 категории	2	-

Эмпирические кривые обеспеченности строятся путем:

- ранжирования эмпирических данных;
- определения обеспеченности  $P(\%)$  каждого ранжированного значения по формуле эмпирической обеспеченности:

$$P = \frac{m - 0,3}{n - 0,4} * 100 ,$$

(2.1)

где:  $m$  – порядковый номер члена ряда;

$n$  – количество наблюдений;

нанесение полученных значений на график  $Q = f(P, \%)$  или  $K = Q/Q_{cp} = f(P, \%)$ .

Аналитическая кривая обеспеченности характеризуется следующими параметрами: среднее арифметическое ряда  $Q_0$ , коэффициент вариации или изменчивости  $C_v$  и коэффициент асимметрии  $C_s$ .

Так как характер распределения стока во времени различен, то различны и типы кривых распределения, применяющихся в гидрологии.

Наиболее часто используются биномиальная кривая обеспеченности и трехпараметрическое гамма-распределение (кривая обеспеченности Крицкого-Менкеля).

Найти аналитическую кривую можно графическим и аналитическим способами.

2.1.1. Подбор теоретической кривой обеспеченности графическим способом.

Чтобы осуществить графическую экстраполяцию кривой обеспеченности за пределы наблюдений и графически определить коэффициенты  $C_v$  и  $C_s$  пользуются клетчатками вероятности.

Сущность построения клетчаток вероятностей заключается в преобразовании шкалы случайной гидрологической переменной – шкалы ординат и шкалы обеспеченности шкалы абсцисс так, чтобы кривая распределения вероятностей преобразовалась в прямую линию. Например, на рисунке 2.1 представлена схема трансформации шкалы ординат (модульных коэффициентов  $K=Q/Q_0$ ) для случая  $K=I$ ,  $C_v=I$ ,  $C_s=2C_v$ .

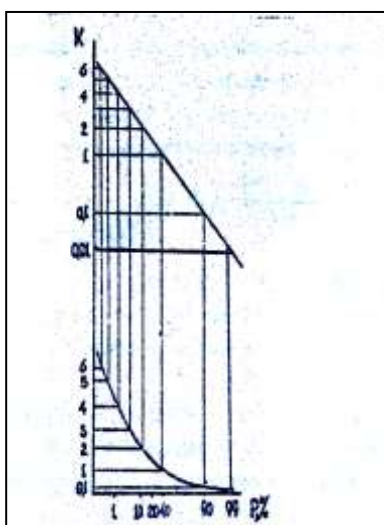


Схема построения клетчатки вероятности биномиального закона распределения

На практике пользуются набором клетчаток вероятностей, подбирая ту, которая преобразует в прямую линию эмпирическую кривую обеспеченности.

2.1.2. Построение теоретической кривой обеспеченности аналитическим методом.

Чтобы построить теоретическую кривую обеспеченности аналитическим методом необходимо определить среднеарифметическое значение эмпирического ряда, коэффициенты  $C_v$  и  $C_s$ , которые будут характеризовать теоретическую кривую. Затем, пользуясь таблицами интеграла кривой обеспеченности (приложение 4), построить теоретическую кривую.

Коэффициент вариации  $C_v$  вычисляют методом момента или методом наибольшего правдоподобия. Метод моментов применим при  $C_v < 0,5$ , метод наибольшего правдоподобия дает лучшие результаты при  $C_v > 0,5$ .

Определение  $C_v$  методом моментов производится по формуле:

$$C_v = \sigma_Q / \bar{Q} = \sqrt{\sum_{i=1}^n ((Q_i / \bar{Q}) - 1)^2 / (n-1)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2 / (n-1)} \quad (2.2)$$

где: n – период наблюдений;

остальные обозначения те же, что и в разделе 1.

Среднеквадратическая погрешность коэффициента  $C_v$  определяется по формуле:

$$\sigma_{C_v} = C_v \sqrt{(1 + C_v^2) / 2n} \quad (2.3.)$$

Метод наибольшего правдоподобия основан на использовании статистик  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$ . Они связаны друг с другом и их соотношение меняется от изменения  $C_v$  и соотношения  $C_s/C_v$ :

$$\lambda_2 = \sum_{i=1}^n \lg K_i / (n-1) \quad (2.4)$$

$$\lambda_3 = \sum_{i=1}^n K_i \lg K_i / (n-1) \quad (2.5)$$

$$\lambda_1 = \sum_{i=1}^n Q_i / n. \quad (2.6)$$

Разработаны монограммы для определения  $C_v$  и  $C_s$  на основании статистик;

$\lambda_2$  и  $\lambda_3$  /1/. Рассчитать  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$  можно с помощью ПМК.

Среднеквадратическая ошибка коэффициента  $C_v$

$$\sigma_{C_v} = C_v \sqrt{3(3n(3 + C_v^2))} \quad (2.5)$$

Коэффициент асимметрий  $C_s$  определяется путем подбора, исходя из условия наилучшего соответствия аналитической и эмпирической кривых обеспеченности.

## 2.2. Определение параметров кривой обеспеченности кривой оттока

### 2.2.1. При наличии данных наблюдений

Определяется среднемноголетнее значение гидрологической величины (норма). Рассчитываются коэффициенты  $C_v$  и  $C_s$ .

Значение  $C_v$  меняется в больших пределах от 0,1 до 1,2. Наименьшее значение в зоне тундры и тайги севера Европейской территории СССР и в Сибири, в среднем 0,15-0,25, наибольшее значение  $C_v$  в пустынно-степных районах Казахстана – до 1,2. В горных районах обычно  $C_v = 0,2+0,4$ .

Количественными критериями для оценки достаточности имеющегося ряда наблюдений за годовым стоком являются  $\sigma_Q \leq 5+10\%$ ;  $\sigma_{C_v} \leq 10+15\%$ .

Значение  $C_s$  определяется по отношению с  $C_v$ .

### 2.2.2. При недостаточности периода наблюдений

Применяется метод аналогий. При этом могут быть использованы следующие способы приведения коэффициента  $C_V$ :

расчет  $C_V$  по удлинненному ряду;

использование для расчета  $C_V$  аналитических зависимостей;

графо-аналитический способ.

По первому способу восстанавливается на период наблюдений на реке-аналоге ряд по уравнению регрессии и определяется  $C_V$  и  $C_S$  по 2.2.1.

При аналитическом способе расчета используется формула приведения

$$C_{V_N}^p = \frac{\sigma_n^p}{Q_o^p \sqrt{1 - r^2 (1 - \sigma_n^{a^2} / \sigma_N^{a^2})}}$$

где  $Q_o^p$  - среднее многолетнее значение расхода воды исследуемой реки за длительный период; N лет;

$\sigma_n^p, \sigma_n^a$  - соответственно для исследуемой реки и реки-аналога среднеквадратические отклонения за совместный период n лет;

$\sigma_N^a$  - среднеквадратическое отклонение расхода реки-аналога за весь период наблюдений, N лет;

$r$  - коэффициент корреляции рядов наблюдения.

Графо-аналитический способ используется, если совместные наблюдения на изучаемой реке и реке-аналоге охватывают 70-80 % от всего ряда и коэффициент корреляции  $\geq 0,8$ .

$$C_V = b C_{V_N}^a \bar{Q}_a^N / Q_o^h \quad (2.7.)$$

где  $b$  – tg угла наклона прямой графика связи одновременных наблюдений;

$\bar{Q}_a$  - норма стока реки-аналога;

$Q_o$  - среднемноголетний расход воды в расчетном створе.

### 2.2.3. При отсутствии данных о стоке

Коэффициент изменчивости (вариации) годового стока для неизученных рек

$$C_V = 0,78 - 0,29 \lg M_0 - 0,063 \lg (F + 1) - 0,08 \lg (f_{03} + 1), \text{ может}$$

определяться:

по карте изолиний;

по формуле М.Э.Шевелева

$$(2.8)$$

где  $M_0$  – среднемноголетний модуль стока;  
 $F$  – площадь водосбора;  
 $f_{03}$  – озерность.  
 по формуле К.П.Воскресенского

$$C_V = A / (M^{0.4} (F + 1000)^{0.1}), \quad (2.9)$$

где  $A$  – параметр, определяемый по рекам-аналогам обратным путем;  
 $M$  – среднемноголетний модуль стока, определяемый по карте.

Коэффициент асимметрии для неизученных рек устанавливается по соотношению с  $C_V$  по рекам-аналогам. При отсутствии аналогов можно принимать следующие соотношения:

для зоны избыточного и переменного увлажнения (от арктической до лесостепной и степной)  $C_S = 2 C_V$ ;

для зоны недостаточного увлажнения (для сухостепной и пустынной)  $C_S = (1,5 + 1,8) C_V$

для эпизодически пересыхающих рек  $C_S = 1,5 C_V$ ;

в районах с интенсивными ливневыми осадками соотношение коэффициентов до 2,5.

### 2.3. Примеры расчетов обеспеченных расходов

#### 2.3.1. При длительном периоде наблюдений

Задача. Определить годовой сток 10 % обеспеченности реки Сосьва в створе д.Денежкино.

Имеющиеся данные по годовому стоку в створе р. Сосьва – д.Денежкино приведены в табл. 1.2. Получено, что  $C_V = 0,366$ ,  $\sigma_Q = 14,2$ .

$$\sigma_{C_V} = C_V \sqrt{(1 + C_V^2) / 2n} = 0,37 \sqrt{(1 + 0,37^2) / 244} = 0,042 \text{ или } 11,4 \%$$

Определим репрезентативность (достаточность) ряда.

Таким образом  $\sigma_{C_V} = 11,4 \%$  в пределах 10+15 %, ряд достаточен.

Определим обеспеченность имеющихся расходов. Результаты расчетов сведем в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Расчет обеспеченных расходов воды

№№ п/п	Q, м3/с	$\kappa = -\frac{Q}{\sigma}$	P, %	№№ п/п	Q, м3/с	$\kappa = -\frac{Q}{\sigma}$	P, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	96,1	2,53	1,57	23	35,4	0,93	51,1
2	64,1	1,69	3,83	24	35,4	0,93	53,4
3	57,0	1,50	6,08	25	33,4	0,88	55,6

4	57,0	1,50	8,33	26	32,8	0,86	57,9
5	56,2	1,48	10,6	27	31,5	0,83	60,1
6	52,5	1,38	12,8	28	30,5	0,80	62,4
7	50,9	1,34	15,1	29	30,5	0,80	64,6
8	50,2	1,32	17,3	30	30,2	0,79	66,9
9	49,6	1,30	19,6	31	30,2	0,79	69,1
10	46,4	1,22	21,8	32	30,1	0,79	71,4
11	45,0	1,18	24,1	33	29,6	0,78	73,6
12	43,1	1,13	26,4	34	28,6	0,75	75,9
13	41,5	1,09	28,6	35	28,3	0,74	78,1
14	40,9	1,08	30,8	36	27,0	0,71	80,4
15	40,5	1,06	33,1	37	25,1	0,66	82,6
16	40,4	1,06	35,4	38	25,0	0,66	84,9
17	39,9	1,05	37,6	39	24,7	0,65	87,2
18	38,0	1,00	39,9	40	24,1	0,63	89,4
19	38,0	1,00	42,1	41	22,4	0,59	91,7
20	37,0	0,97	44,4	42	22,1	0,58	93,9
21	35,9	0,94	46,6	43	21,2	0,56	96,2
22	35,7	0,94	48,9	44	18,3	0,48	98,4

Вид кривой обеспеченности представлен на рис. 2.2.

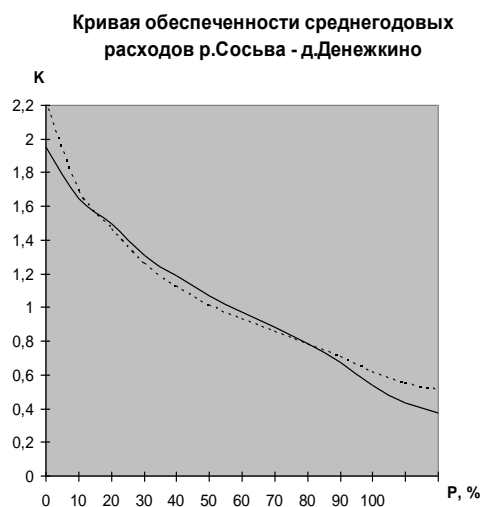


Рис.2.2

I – теоретическая кривая при  $C_s = C_v$  ; 2 – теоретическая кривая при  $C_s = 4 C_v$   
; · - экспериментальные точки

Коэффициент вариации методом моментов определен в 1.2.1, как

$$C_v = \sqrt{\sum (K_i - 1)^2 / (n - 1)} = \sqrt{5,7665 / 43} = 0,37.$$

Определение  $C_V$  методом наибольшего правдоподобия возможно с  $C_V > 0,4$ .

Коэффициент  $C_S$  определим методом подбора, построив теоретические кривые с различным соотношением  $C_S / C_V$ .

Для построения кривых обеспеченности воспользуемся таблицами ординат кривых трехпараметрического гамма-распределения (Приложение 4). Так как в таблицах не даны значения ординаты при  $C_V = 0,37$ , определим их интерполяцией  $K_{0,3} + \frac{K_{0,4} - K_{0,3}}{2}$ . Полученные значения сведем в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Ординаты кривой обеспеченности с  $C_V=0,37$  и различным коэффициентом асимметрии

P, %	Коэффициент асимметрии				
	$C_V$	$1,5C_V$	$2C_V$	$3C_V$	$4C_V$
1	1,95	2,00	2,06	2,15	2,22
5	1,65	1,66	1,68	1,69	1,69
10	1,50	1,50	1,50	1,48	1,47
20	1,31	1,30	1,29	1,27	1,26
30	1,19	1,17	1,18	1,13	1,12
40	1,07	1,07	1,04	1,03	1,01
50	0,976	0,964	0,927	0,939	0,93
60	0,882	0,873	0,866	0,857	0,853
70	0,784	0,780	0,779	0,777	0,779
80	0,676	0,679	0,683	0,693	0,703
90	0,537	0,552	0,564	0,591	0,612
95	0,434	0,458	0,483	0,517	0,547
97	0,374	0,404	0,430	0,474	0,510

Построенные кривые обеспеченности (рис. 2.2) при условии, что  $C_S = C_V$  (кривая 1) и  $C_S = 4 C_V$  (кривая 2), наложенные на экспериментальные точки, показывают, что натурные данные с наибольшей теснотой связи аппроксимируется кривой 2. Отсюда следует, что годовой сток р.Сосьва – д.Денежкино описывается кривой обеспеченности с параметрами:  $\bar{Q} = 38,0 \text{ м}^3 / \text{с}$ ,  $C_V = 0,37$ ,  $C_S = 1,48$ . Тогда единичная ордината 10 % обеспеченности из таблиц

Крицкого-Менкэля  $K = 1,47$ , а среднегодовой расход воды 10 % обеспеченности  $Q_{10\%} = 1,47 * 38,0 = 55,9 \text{ м}^3 / \text{с}$ .

### 2.3.2. При недостаточном периоде наблюдений

Задача. Определить среднегодовой расход воды 95 % обеспеченности в створе р.Каква – д.Полутовка. Имеющиеся данные по годовому стоку приведены в 1.2.2.

Определим репрезентативность имеющегося ряда, для которого определено, что  $C_V = 0,28$ ,  $\sigma_a = 3,79 \text{ м}^3 / \text{с}$ ,  $\bar{Q} = 12,4 \text{ м}^3 / \text{с}$ ,  $n = 10$

$$\sigma_{C_V} = C_V \sqrt{(1 + C_V^2) / 2n} = 0,28 \sqrt{(1 + 0,28^2) / 2 * 10} = 0,071$$

или 25,4 %. Но так как 25,4 % > 10+15 %, ряд является недостаточным. Построим кривую обеспеченности методом аналогии разными способами. Из 1.2.2 известно, что аналогом створа р.Каква – д.Полутовка может быть створ р.Сосьва – д.Денежкино.



Расчет  $C_V$  по удлинённому ряду предполагает восстановление ряда по уравнению регрессии

$Q = 0,31Q_a + 1,82$  и далее как в 2.3.1. При этом  $C_S = C_S^a$ . Удлинённый ряд (ранжированный) представлен в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Расчет обеспеченных расходов воды в створе р.Каква – д.Полутовка

№№ п/п	Q, м <sup>3</sup> /с	$K = Q / \bar{Q}$	P, %	№№ п/п	Q, м <sup>3</sup> /с	$K = Q / \bar{Q}$	P, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	31,6	2,37	1,57	23	11,77	0,88	51,1
2	20,5	1,54	3,83	24	11,7	0,88	53,4
3	19,5	1,46	6,08	25	11,6	0,87	55,6
4	19,3	1,45	8,33	26	11,5	0,86	57,9
5	18,3	1,37	10,6	27	11,3	0,85	60,1
6	18,0	1,35	12,8	28	11,3	0,85	62,4
7	17,4	1,31	15,1	29	11,2	0,84	64,6
8	17,2	1,29	17,3	30	11,2	0,84	66,9
9	16,4	1,23	19,6	31	11,0	0,83	69,1
10	16,2	1,22	21,8	32	11,0	0,83	71,4
11	15,8	1,19	24,1	33	10,7	0,81	73,6
12	15,2	1,14	26,4	34	10,6	0,79	75,9
13	14,7	1,11	28,6	35	9,98	0,75	78,1
14	14,5	1,09	30,8	36	9,60	0,72	80,4
15	14,3	1,07	33,1	37	9,57	0,72	82,6
16	14,2	1,06	35,4	38	9,48	0,71	84,9
17	13,6	1,02	37,6	39	9,29	0,69	87,2
18	13,6	1,02	39,9	40	9,01	0,68	89,4
19	13,4	1,00	42,1	41	8,76	0,65	91,7
20	13,2	0,99	44,4	42	8,67	0,65	93,9
21	12,8	0,96	46,6	43	8,39	0,63	96,2
22	12,0	0,90	48,9	44	7,49	0,56	98,4

Коэффициент вариации методом моментов определим по формуле

$$C_V = \sqrt{\sum (K_i - 1)^2 / (n - 1)} = \sqrt{4,74 / 43} = 0,333. \quad (2.2)$$

Использование аналитических зависимостей для расчета коэффициента вариации дает следующие значение. Из 1.2.3 известно, что  $n = 10$  лет, а  $N = 44$  года. Если обозначить значения переменных исследуемой реки индексом "р", а реки-аналога индексом "а", то из 1.2.3:

$\bar{Q}_n^p = 13,2 \text{ м}^3/\text{с}; \bar{Q}_N^p = 12,6 \text{ м}^3/\text{с}; \bar{Q}_N^a = 41,0 \text{ м}^3/\text{с}; \sigma_{Q_n^p} = 12,2 \text{ м}^3/\text{с}; \sigma_{Q_N^p} = 14,2 \text{ м}^3/\text{с}$ , коэффициент корреляции связи расходов реки и реки-аналога

$r = 0,9993$ . Тогда

$$C_{V_N}^p = 3,79 / (12,6 \sqrt{1 - 0,9993^2 (1 - 12,2^2 / 14,2^2)}) = 0,35.$$

Так как коэффициент корреляции годовых расходов расходов в расчетном створе и створе аналоге близок к 1, то есть связь расходов имеет линейный характер, можно использовать графоаналитический способ определения  $C_V$ . График связи расходов приведен на рис. 2.3. Из графика  $b = 3,12$ ,  $a = C_V = b C_{V_N}^a Q^a / Q_0 = 3,12 \cdot 0,37 \cdot 38,0 / 13,3 = 0,33$ .

Таким образом, коэффициенты вариации, определенные разными способами, незначительно отличаются друг от друга. Среднее значение  $C_V = 0,34$ .

Связь теоретической кривой обеспеченности с характеристиками  $C_V = 0,34$  и  $C_3 = 4C_V$  рассчитанных по уравнению регрессии данных о стоке исследуемой реки приведена на рис. 2.4. Отсюда среднегодовой расход воды года 95% обеспеченности р.Каквы в створе д.Полутовка равен  $Q_{95\%} = 0,574 \cdot 12,6 = 7,23, \text{ м}^3/\text{с}$ .

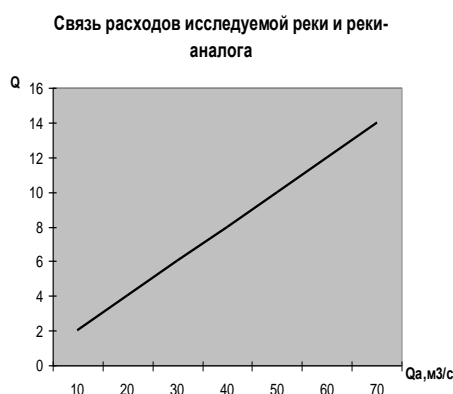


Рис.2.3.

Для расчета обеспеченных расходов по удлиненному ряду можно воспользоваться программой "Обеспеченность", реализованной на микроЭВМ "Электроника ДЗ-28"

### 2.3.3. При отсутствии наблюдений

Задача. Определить среднегодовой расход воды 50 % обеспеченности в створе р.Полуночная – д.Павлово. Площадь водосбора 125 км<sup>2</sup>, среднемноголетний модуль стока 2,2 л/с\*км<sup>2</sup>. Озер в бассейне реки нет.

Определим  $C_V$  по формуле М.Э.Шевелева

$$C_V = 0,78 - 0,29 \lg M_0 - 0,063 \lg(F+1) - 0,08 \lg(f_{03}+1) =$$

$$= 0,78 - 0,29 \lg 2,2 - 0,063 \lg(125+1) - 0,08 \lg(0+1) = 0,55 ;$$

$$C_S = C_V.$$

Из таблиц Крицкого-Менкеля (приложение 4) найдем единичную ординату, соответствующую 50 % обеспеченности.

$$K_{50\%} = 0,918 - \frac{0,918 - 0,886}{10} * 5 = 0,902.$$

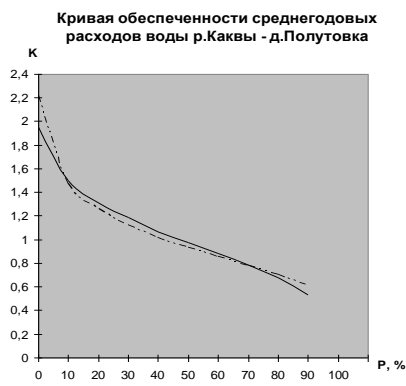


Рис.2.4

1-эмпирическая кривая; 2-теоретическая кривая

Среднегодовой расход реки в створе равен

$$Q_0 = \frac{F * M_0}{1000} = \frac{125 * 2.2}{1000} = 0.275 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Тогда, среднегодовой расход воды 50% обеспеченности равен

$$Q_{50\%} = Q_0 K_{50\%} = 0.275 * 0.905 = 0.248 \text{ м}^3/\text{с}$$

#### 2.4. Задания для самостоятельной работы

Решение варианта, определенного преподавателем, предполагает использование одного из описанных способов построения кривой обеспеченности по аргументированному выбору студента. Отчет по работе должен содержать описание принятого метода расчета, кривую обеспеченности гидрологической характеристики с экспериментальными и теоретическими точками и определение гидрологической характеристики заданных обеспеченностей.

Характеристика створов приведена на рис.1.1. Исходные данные для расчетов приведены в разделе 1.3 Задания по вариантам приведены в табл.2.6. Обозначения те же, что и в разделе 1.

Таблица 2.6.

Варианты заданий для самостоятельной работы.

Номер варианта	Исходная Гидрологическая характеристика	Номер раздела с исходными данными	% обеспеченности
1	Расход воды	1.3.1	1, 50, 95
2	"-	1.3.2	5, 75, 95
3	"-	1.3.3	10, 50, 95
4	"-	1.3.8	5, 75, 90
5	"-	1.3.9	10, 75, 90
6	"-	1.3.10	1, 20, 75
7	"-	1.3.11	10, 50, 90
8	"-	1.3.12	5, 50, 95
9	"-	1.3.13	1, 20, 80
10	"-	1.3.14	5, 50, 75
11	"-	1.3.15	0,1, 20, 90
12	"-	1.3.16	1, 20, 95

13	-"	1.3.17	5, 50, 99
14	-"	1.3.19	5, 40, 95
15	-"	1.3.20	10, 30, 80
16	-"	1.3.1	1, 20, 75
17	-"	1.3.3	10, 60, 95
18	-"	1.3.8	80, 95, 99
19	-"	1.3.11	1, 20, 50
20	-"	1.3.16	20, 60, 80
21	Слой стока	1.3.4	1, 5, 10
22	-"	1.3.5	0,1, 1, 5
23	-"	1.3.6	1, 5, 10
24	-"	1.3.7	0,1, 1, 5
25	-"	1.3.18	0,1 5, 10
26	-"	1.3.4	5, 10, 25
27	-"	1.3.5	1, 10, 25
28	-"	1.3.6	3, 5, 10
29	-"	1.3.5	1, 10, 25
30	-"	1.3.6	3, 5, 10
31	Модуль стока	1.3.7	0,1, 5, 1
32	-"	1.3.18	0,1, 5, 10
33	-"	1.3.8	1, 3, 10
34	-"	1.3.9	3, 10, 25
35	-"	1.3.11	0,1, 1, 5
36	-"	1.3.19	1, 5, 10
37	-"	1.3.8	5, 10, 20
38	-"	1.3.9	5, 20, 25
39	-"	1.3.11	1, 5, 90
40	-"	1.3.19	5, 10, 70
41	-"	1.3.8	5, 10, 75
42	-"	1.3.9	1, 5, 95

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик /Госстрой СССР. – М. :Стройиздат, 1985. – 36 с.
2. Руководство по определению расчетных гидрологических характеристик /ГГИ. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 111 с.
3. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. 385 с.
4. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. – М.: Наука, 1981. – 255 с.
5. Вахрамеев И.И., Бабенина Т.П., Часс С.И. Гидротехника в торфяной и горнорудной промышленности. Учебное пособие для вузов.
6. Указания по определению расчетных гидрологических характеристик (СНиП 435-72) /Госстрой СССР. – Л.:Гидрометеиздат, 1972. – 19 с.

Ординаты кривых трехпараметрического гамма-распределения

1.  $C_s = C_v$

P, %	Коэффициент изменчивости $C_v$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	1,32	1,67	2,03	2,40	2,77	3,13	3,48	3,82	4,13	4,42
1	1,24	1,49	1,76	2,03	2,30	2,59	2,88	3,16	3,46	3,75
5	1,17	1,34	1,52	1,70	1,90	2,10	2,30	2,53	2,76	3,02
10	1,13	1,26	1,40	1,54	1,68	1,83	2,00	2,16	2,35	2,55
20	1,08	1,17	1,25	1,34	1,42	1,51	1,60	1,70	1,80	1,90
30	1,05	1,10	1,15	1,20	1,24	1,29	1,33	1,37	1,39	1,40
40	1,02	1,04	1,06	1,08	1,09	1,10	1,10	1,08	1,05	0,995
50	0,998	0,993	0,985	0,972	0,954	0,928	0,891	0,836	0,76	0,665
60	0,973	0,943	0,909	0,870	0,824	0,768	0,698	0,613	0,51	0,406
70	0,946	0,890	0,830	0,764	0,692	0,609	0,515	0,413	0,309	0,22
80	0,915	0,829	0,740	0,648	0,549	0,445	0,338	0,237	0,151	0,09
95	0,838	0,683	0,533	0,392	0,263	0,157	0,081	0,036	0,013	0,00
99	0,775	0,568	0,383	0,229	0,115	0,047	0,015	0,004	0,001	0,00

2.  $C_s = 2C_v$

P, %	Коэффициент изменчивости $C_v$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	1,34	1,73	2,19	2,70	3,27	3,87	4,56	5,30	6,08	6,81
1	1,25	1,52	1,82	2,16	2,51	2,89	3,29	3,71	4,15	4,60
5	1,17	1,36	1,54	1,74	1,94	2,15	2,36	2,57	2,78	3,00
10	1,13	1,26	1,40	1,54	1,67	1,80	1,94	2,06	2,19	2,30
20	1,08	1,16	1,24	1,31	1,38	1,44	1,50	1,54	1,58	1,61
30	1,05	1,09	1,13	1,16	1,19	1,21	1,22	1,22	1,22	1,20
40	1,02	1,04	1,05	1,05	1,04	1,03	1,01	0,984	0,995	0,916
50	0,997	0,986	0,97	0,948	0,918	0,886	0,846	0,800	0,748	0,693
60	0,972	0,938	0,898	0,852	0,803	0,748	0,692	0,632	0,568	0,511
70	0,945	0,886	0,823	0,760	0,691	0,622	0,552	0,488	0,424	0,357
80	0,915	0,830	0,745	0,656	0,574	0,496	0,419	0,352	0,280	0,223
90	0,874	0,754	0,640	0,532	0,436	0,352	0,272	0,208	0,154	0,105
95	0,842	0,696	0,565	0,448	0,342	0,256	0,181	0,120	0,082	0,051
99	0,782	0,594	0,436	0,304	0,206	0,130	0,076	0,040	0,019	0,010

3.  $C_s = 3C_v$

P, %	Коэффициент изменчивости $C_v$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	1,36	1,81	2,35	3,01	3,74	4,56	5,44	6,38	7,37	8,41
1	1,25	1,55	1,90	2,26	2,66	3,07	3,50	3,96	4,41	4,87
5	1,17	1,36	1,55	1,75	1,95	2,14	2,34	2,52	2,70	2,88
10	1,13	1,26	1,40	1,52	1,65	1,76	1,87	1,97	2,06	2,15
20	1,08	1,16	1,23	1,29	1,34	1,38	1,42	1,45	1,47	1,49
30	1,07	1,12	1,17	1,21	1,24	1,26	1,28	1,28	1,29	1,29
40	1,02	1,03	1,03	1,01	1,01	1,00	0,972	0,946	0,915	0,883

50	0,997	0,981	0,959	0,930	0,898	0,862	0,823	0,783	0,741	0,699
60	0,972	0,933	0,890	0,843	0,794	0,745	0,695	0,646	0,597	0,549
70	0,945	0,884	0,882	0,758	0,696	0,636	0,578	0,523	0,471	0,422
80	0,915	0,830	0,748	0,669	0,596	0,528	0,465	0,407	0,354	0,306
90	0,876	0,761	0,656	0,563	0,479	0,406	0,341	0,284	0,235	0,193
95	0,844	0,708	0,588	0,487	0,400	0,326	0,263	0,210	0,166	0,129
99	0,786	0,618	0,484	0,369	0,283	0,213	0,158	0,116	0,083	0,058

4.  $C_s = 4C_v$

P, %	Коэффициент изменчивости $C_v$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,1	1,38	1,88	2,53	3,29	4,15	5,07	6,05	7,08	8,15	9,26
1	1,25	1,58	1,94	2,34	2,75	3,17	3,59	4,03	4,47	4,91
5	1,17	1,36	1,56	1,75	1,94	2,12	2,29	2,46	2,62	2,78
10	1,13	1,26	1,39	1,51	1,62	1,72	1,81	1,90	1,98	2,05
20	1,08	1,15	1,22	1,27	1,31	1,34	1,37	1,40	1,41	1,42
30	1,05	1,08	1,11	1,12	1,13	1,13	1,13	1,12	1,11	1,10
40	1,02	1,02	1,02	1,01	0,996	0,976	0,954	0,929	0,902	0,873
50	0,997	0,976	0,95	0,920	0,888	0,853	0,818	0,781	0,744	0,707
60	0,972	0,929	0,885	0,839	0,793	0,747	0,702	0,658	0,614	0,572
70	0,945	0,883	0,821	0,761	0,704	0,649	0,597	0,548	0,505	0,457
80	0,915	0,832	0,754	0,681	0,614	0,553	0,496	0,443	0,395	0,351
90	0,877	0,767	0,671	0,586	0,511	0,444	0,384	0,331	0,284	0,243
95	0,846	0,719	0,611	0,519	0,440	0,372	0,312	0,261	0,217	0,180
99	0,790	0,638	0,516	0,417	0,336	0,269	0,214	0,168	0,132	0,102

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
ОП.09 ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Специальность

**20.02.01 Экологическая безопасность природных комплексов**

**Направленность:**

**Экологическая безопасность природно-техногенных комплексов  
программа подготовки специалистов среднего звена**

формы обучения: очная  
на базе среднего общего образования

год набора: 2023

Одобрена на заседании кафедры

Природообустройства и водопользования

*(название кафедры)*

Зав.кафедрой

*(подпись)*

Гревцев Н.В.

*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 1 от 08.09.2022

*(Дата)*

Рассмотрена методической комиссией Инженерно-экономического факультета

*(название факультета)*

Председатель

*(подпись)*

Мочалова Л.А.

*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 1 от 13.09.2022

*(Дата)*

Екатеринбург



# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ОП.09 ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа студентов является одной из важнейших составляющих образовательного процесса. Независимо от полученной профессии и характера работы любой начинающий специалист должен обладать фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности своего профиля, опытом творческой и исследовательской деятельности по решению новых проблем, опытом социально-оценочной деятельности.

Основным принципом организации самостоятельной работы студентов является комплексный подход, направленный на формирование навыков репродуктивной и творческой деятельности студента в аудитории, при внеаудиторных контактах с преподавателем на консультациях и домашней подготовке.

**Самостоятельная работа** – это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Предназначение самостоятельной работы:

- для усвоения материала дисциплины,
- для формирования навыков самостоятельной работы в учебной, научной, профессиональной деятельности,
- для приобретения способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения и т. д.

Самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к познавательной деятельности;
- овладению приемами процесса познания;
- развитию познавательных способностей.

**Основная цель самостоятельной работы** студентов состоит в овладении фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами самостоятельной работы студентов являются:

- развитие способности работать самостоятельно, формирование самостоятельности мышления и принятия решений.
- развитие активности и познавательных способностей студентов, развитие исследовательских умений
- стимулирование самообразования и самовоспитания
- развитие способности планировать и распределять свое время. Кроме того, самостоятельная работа неразрывно связана с формированием компетенций в процессе изучения дисциплины:
  - выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам (ОК 01);
  - проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе общечеловеческих ценностей, в том числе, с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения (ОК 06).

## 2 ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ОБОСНОВАНИЕ ЗАТРАТ ВРЕМЕНИ НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

### 2.1 Обоснование затрат времени на самостоятельную работу обучающихся

Суммарный объем часов на СРО составляет 12 час.

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Единица измерения	Норма времени, час	Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.	Принятая трудоемкость СРО, час.
1	Повторение материала лекций	1 час	0,1-4,0	$0,5 \times 4 = 2$	2
3	Ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля)	1 тема	0,3-0,5	$0,5 \times 10$	3
5	Подготовка доклада	1 доклад	2,0	$2,0 \times 1 = 2$	2
6	Подготовка к дискуссии, круглому столу	1 занятие	1,0-4,0	$1,0 \times 1 = 1$	1
8	Подготовка к зачету	1 тест по теме	0,1-0,5	$0,4 \times 10 = 4$	4
	Итого:				12

Форма контроля самостоятельной работы студентов – проверка на практическом занятии, тест, доклад с презентацией, зачет

#### ***Подготовка к практическим занятиям, устному опросу, письменному тестированию***

В процессе подготовки к практическим занятиям, устному опросу, контрольной работе, письменному тестированию студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет студентам проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

#### ***2.2. Подготовка к устному опросу***

Подготовку к устному опросу по разделу дисциплины нужно начать с ознакомления с содержанием раздела. Тщательное продумывание и изучение вопросов раздела основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованную к данной теме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

#### ***Перечень разделов (тем) дисциплины для подготовки к опросу***

##### **Тема 6**

1. Что такое труд и какова его роль в обществе?
2. Дайте понятие и соотношение технической и общественной организации труда.
3. В чем различие самостоятельного и несамостоятельного

(наемного) труда?

4. Какие общественные отношения составляют предмет трудового права?
5. В чем отличие предмета трудового права от сферы действия трудового права?
6. Чем отличаются трудовые отношения от отношений, непосредственно связанных с трудовыми?
7. В чем заключаются особенности метода трудового права?
8. Какие структурные элементы входят в систему трудового права?
9. Как соотносятся система трудового права и система трудового законодательства?
10. Понятие, значение и система принципов правового регулирования труда.
11. Основные принципы российского трудового права.
12. Понятие источников (формы) трудового права. Соотношение трудового права и трудового законодательства.
13. Классификация источников трудового права.
14. Локальные нормативные правовые акты: понятие, виды, способы разработки и принятия.
15. Принципы действия законодательства о труде по юридической силе, во времени и по кругу лиц.

Оценка за ответ при опросе определяется простым суммированием баллов:

<i>Критерии оценки ответа на вопрос</i>	<i>Количество баллов</i>
Правильность ответа	1
Всесторонность и глубина ответа (полнота)	1
Наличие выводов	1
Соблюдение норм литературной речи	1
Владение профессиональной лексикой	1
Итого	<b>5</b>

5 баллов (90-100%) - оценка «отлично»

4 балла (70-89%) - оценка «хорошо»

3 балла (50-69%) - оценка «удовлетворительно»

0-2 балла (0-49%) - оценка «неудовлетворительно»

### **2.3. Подготовка доклада с презентацией**

#### **Методические рекомендации:**

##### **1. Подготовка презентации.**

Презентация, это демонстрация возможности студента и его способности организации в наглядной форме основных положений доклада в соответствии с современными требованиями и с использованием современных информационных технологий. Презентация выполняется в программе PowerPoint.

Подготовка презентации предполагает следующие пошаговые действия:

1. Подготовка доклада.
2. Разработка структуры презентации
3. Создание презентации в Power Point
4. Репетиция доклада с использованием презентации

Презентация должна полностью соответствовать тексту доклада. В первую очередь необходимо составить сам текст доклада, во вторую очередь - создать презентацию.

Очередность слайдов должна четко соответствовать структуре в доклада. Не планируйте в процессе доклада возвращаться к предыдущим слайдам или перелистывать их вперед, это усложнит процесс и может сбить ход ваших рассуждений.

Не пытайтесь отразить в презентации весь текст доклада! Слайды должны демонстрировать лишь основные положения доклада. Слайды не должны быть перегружены графической и текстовой информацией, различными эффектами анимации.

Презентация должна состоять из 10-20 слайдов.

### ***Дизайн слайдов.***

Оформление слайдов не должно отвлекать внимание от защищаемого – это всего лишь вспомогательный материал.

Дизайн должен быть единый. Текст должен быть четко виден на фоне и легко мог быть прочитан. Лучшее сочетание: белый фон, черный текст. Рекомендуется использовать один вид шрифта, простой печатный черного или темно-синего цвета, вместо экзотических и витиеватых шрифтов. Лучше использовать одну цветовую гамму во всей презентации, а не различные стили для каждого слайда.

Особое внимание к деталям.

Каждый элемент должен быть тщательно подготовлен: все рисунки и фотографии очищены от лишних надписей.

#### ***Текстовые объекты.***

Оптимальное число строк на слайде—от 6 до 11. Перегруженность и мелкий шрифт тяжелы для восприятия.

Пункты перечней должны быть выполнены короткими фразами, оптимально — одна строка, максимум—две. Шрифт для заголовков 24 -34 пункта; для информационного текста 18-22 пункта; для надписей – обозначений в рисунках на объектах не ниже 12 пункта.

Рекомендуется цветом или жирным шрифтом выделять те их ключевые фрагменты, на которых Вы останавливаетесь при обсуждении.

В презентации желательны чертежи, рисунки, схемы и другой графический материал, иллюстрирующий основные положения доклада.

#### ***Оформление таблиц и рисунков.***

Таблицы и рисунки должны иметь названия и порядковую нумерацию. Нумерация таблиц и рисунков должна быть сквозной в презентации.

Порядковый номер таблицы и название таблицы проставляются выше таблицы. Порядковый номер рисунка и его название проставляются под рисунком.

### ***Структура выступления***

Вступление должно содержать: название, сообщение основной идеи, современную оценку предмета изложения, краткое перечисление рассматриваемых вопросов, живую интересную форму изложения, акцентирование внимания на важных моментах, оригинальность подхода.

Основная часть, в которой выступающий должен глубоко раскрыть суть затронутой темы, обычно строится по принципу отчета. Задача основной части – представить достаточно данных для того, чтобы слушатели 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 – ясное, четкое обобщение и краткие выводы.

### **Примерная тематика докладов с презентацией:**

1. Предмет и метод российского трудового права.
2. Основные принципы трудового права.
3. Источники трудового права.
4. Система правоотношений в трудовом праве.
5. Трудовое правоотношение: субъекты и содержание.

6. Основания возникновения трудовых правоотношений.
7. Социальное партнерство в сфере труда.
8. Представители работников и работодателей.
9. Участие работников в управлении организацией.
10. Значение коллективно-договорного регулирования социально-трудовых отношений.
11. Коллективный договор в Российской Федерации: понятие, стороны, порядок заключения и действия.
12. Понятие и виды соглашений, их значение и сфера действия.
13. Право на объединение в профессиональные союзы, их защитная функция, права и гарантии деятельности.
14. Понятие занятости и содействие в обеспечении занятости и трудоустройства, правовой статус безработного.
15. Значение и общая характеристика трудового договора: понятие, стороны, содержание, порядок заключения.
16. Срочный трудовой договор и сфера его применения.
17. Переводы по трудовому праву и изменение определенных условий трудового договора.
18. Основания прекращения трудового договора и их классификация.
19. Порядок расторжения трудового договора по инициативе работодателя.
20. Защита персональных данных работников.
21. Право на отдых работников и его гарантии.
22. Право работников на ежегодный оплачиваемый отпуск и порядок его использования.
23. Правовое регулирование рабочего времени: понятие, виды и работа за пределами нормальной продолжительности.
24. Режим и учет рабочего времени.
25. Понятие и методы правового регулирования заработной платы.
26. Право работников на оплату труда и основные государственные гарантии по оплате труда работников.
27. Тарифная система заработной платы и ее элементы.
28. Системы заработной платы и формы материального стимулирования труда.
29. Нормирование труда.
30. Гарантии и компенсации.
31. Гарантийные и компенсационные выплаты.
32. Дисциплина труда и правовое регулирование внутреннего трудового распорядка. Основные обязанности работников и работодателя.
33. Дисциплинарная ответственность работников и ее виды. Порядок привлечения к дисциплинарной ответственности.
34. Материальная ответственность сторон трудового договора.
35. Материальная ответственность работодателя перед работником.
36. Материальная ответственность работника: пределы материальной ответственности, полная материальная ответственность.
37. Определение размера и порядок возмещения ущерба, причиненного имуществу работодателя.
38. Право работника на охрану труда и его гарантии.
39. Особенности регулирования труда женщин и лиц с семейными обязанностями.
40. Особенности регулирования труда работников в возрасте до восемнадцати лет.
41. Особенности регулирования труда руководителя организации в соответствии с новым трудовым законодательством.
42. Особенности регулирования труда работников, работающих у работодателей — физических лиц.
43. Особенности регулирования труда лиц, работающих по совместительству.

44. Особенности регулирования труда отдельных категорий работников (по выбору студентов).
45. Защита трудовых прав работников и ее способы: государственный надзор и контроль за соблюдением трудового законодательства, профсоюзный контроль и самозащита работниками трудовых прав.
46. Трудовые споры: понятие, виды и причины их возникновения. Общая характеристика порядка рассмотрения индивидуальных трудовых споров в Комиссии по трудовым спорам.
47. Особенности судебного порядка рассмотрения индивидуальных трудовых споров.
48. Коллективные трудовые споры и порядок их разрешения.

<i>Критерии оценивания доклада</i>	<i>Количество баллов</i>
правильность представления материала	0-1
всесторонность и глубина ответа (полнота)	0-1
наличие выводов	0-1
эстетическое оформление презентации	0-1
умение отвечать на вопросы	0-1
<b>Итого</b>	<b>0-5</b>

4,5-5 баллов (90-100%) - оценка «отлично»

3,5-4,0 балла (70-80%) - оценка «хорошо»

2,5-3,0 балла (50-60%) - оценка «удовлетворительно»

0-2,0 балла (0-40%) - оценка «неудовлетворительно»

#### **2.4. Подготовка к зачету**

*Зачет по дисциплине* проводится в письменной форме по билетам. Билет включает 2 теоретических вопроса.

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения профессионального модуля).

Проведение предварительных консультаций.

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Оформление необходимой документации.

Зачет – форма контроля промежуточной аттестации, в результате которого обучающийся получает оценку «зачтено», «не зачтено».

Зачет проводится по расписанию.

Цель зачета – завершить курс изучения дисциплины, проверить сложившуюся у обучающегося систему знаний, понятий, отметить степень полученных знаний, определить сформированность компетенций.

Для того чтобы быть уверенным в зачете, необходимо ответы на наиболее трудные, с точки зрения обучающегося, вопросы подготовить заранее и тезисно записать. Запись включает дополнительные ресурсы памяти.

К зачету необходимо начинать готовиться с первой лекции, практического (семинарского) занятия, так как материал, набираемый памятью постепенно, неоднократно подвергавшийся обсуждению, образует качественные знания, формирует необходимые компетенции.

При подготовке к зачёту следует пользоваться конспектами лекций, учебниками, законодательством, интернет-ресурсами.

### Теоретические вопросы для подготовки к зачету

1. Понятие права.
2. Роль права в жизни общества.
3. Способы и методы правового регулирования общественных отношений.
4. Понятие нормы права.
5. Логическая структура юридической нормы.
6. Источники права.
7. Система права. Отрасли российского права.
8. Понятие и классификация юридических фактов.
9. Понятие правоотношения.
10. Субъекты правоотношений. Понятие правоспособности и дееспособности субъектов.
11. Объекты правоотношений.
12. Содержание правоотношений.
13. Понятие и предмет трудового права. Сфера действия норм трудового права.
14. Метод трудового права и его особенности.
15. Цели, задачи и функции трудового права.
16. Понятие и принципы трудового права.
17. Принципы запрещения дискриминации и принудительного труда (понятие и содержание).
18. Источники трудового права России, их специфика и классификация. Действие актов законодательства о труде по юридической силе и во времени.
19. Локальные нормативные акты: понятие, виды, порядок их разработки и принятия.
20. Работник как субъект трудового права. Правосубъектность работника. Понятие и значение трудоспособности.
21. Основные трудовые права и обязанности работника.
22. Работодатель как субъект трудового права. Виды работодателей. Правосубъектность работодателя.
23. Основные трудовые права и обязанности работодателя.
24. Профсоюз как субъект трудового права. Права профсоюзов (классификация). Полномочия профсоюза по защите прав и законных интересов работников.
25. Трудовое правоотношение: понятие, содержание, особенности.
26. Общая характеристика оснований возникновения, изменения и прекращения трудового правоотношения.
27. Понятие и классификация трудовых договоров.
28. Содержание (условия) трудового договора.
29. Понятие и виды трудовой функции работника, ее значение как одного из обязательных условий трудового договора.
30. Порядок заключения трудового договора. Аннулирование трудового договора. Оформление приема на работу.
31. Документы, предоставляемые работниками при заключении трудового договора. Трудовая книжка и правила ее ведения.
32. Правовое регулирование трудового договора, заключенного на определенный срок.
33. Понятие, порядок установления и юридические последствия испытания при приеме на работу.
34. Изменение трудового договора в связи с изменением организационных или модификацией технологических условий труда. Отстранение от работы.
35. Понятие, виды и правовые нормативы рабочего времени. Сокращенное и неполное рабочее время.
36. Понятие режима рабочего времени и его виды. Учет рабочего времени.

37. Понятие и виды времени отдыха. Правовое регулирование работы в выходные и нерабочие праздничные дни.
38. Понятие, правовые признаки и виды отпусков, их продолжительность.
39. Оплачиваемые социальные (целевые) отпуска. Отпуск без сохранения заработной платы.
40. Коллективный трудовой спор (понятие, стороны, содержание).
41. Порядок разрешения коллективных трудовых споров в примирительной комиссии, с участием посредника и в трудовом арбитраже.
42. Способы защиты трудовых прав (виды, общая характеристика).
43. Совместительство и совмещение. Особенности трудового договора при работе по совместительству
44. Понятие и виды дисциплинарной ответственности
45. Материальная ответственность за трудовые правонарушения

### 3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

#### 3.1 Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Ахметьянова, З. А. Основы права : учебник / З.А. Ахметьянова, О.В. Воронцова, Н.Р. Вотчель [и др.] ; под ред. И.А. Тарханова, А.Ю. Епихина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Альфа-М : ИНФРА-М, 2020. - 400 с. - ISBN 978-5-98281-343-5. - Текст : электронный.	Эл. ресурс
2	Волков, А. М. Правовое обеспечение профессиональной деятельности : учебник для среднего профессионального образования / А. М. Волков, Е. А. Лютягина ; под общей редакцией А. М. Волкова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019.— 235 с. — (Профессиональное образование).	Эл. ресурс
3	Гуреева, М. А. Правовое обеспечение профессиональной деятельности : учебник / М.А.Гуреева. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. — 239 с. — (Среднее профессиональное образование).	25

#### 3.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Малько, А.В. Правоведение : учебник для среднего профессионального образования / А.В. Малько, В.В. Субочев. — М. : Норма : ИНФРА-М, 2019. — 304 с. — (Ab ovo). - ISBN 978-5-91768-919-7. - Текст : электронный.	Эл. ресурс
2	Матвеев, Р.Ф. Правовое обеспечение профессиональной деятельности : краткий курс / Р.Ф. Матвеев. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. - 128 с. -(Профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-063-4. - Текст : электронный.	Эл. ресурс
3	Трудовое право: практикум / отв. ред. Г.Г Пашкова, Л.А. Евстигнеева. – Томск : Издательский дом Томского государственного университета, 2020. – 180 с.	Эл. ресурс

#### 3.3 Справочно-библиографические и периодические издания

Современное право электронное издание

<https://dlib.eastview.com/browse/publication/79187>

Трудовые споры. Журнал

#### 3.4 Нормативные правовые акты

1. Конституция Российской Федерации.
2. Декларация Международной организации труда «Об основополагающих принципах и правах в сфере труда».
3. Трудовой кодекс РФ.
4. Гражданский кодекс РФ.



5. Кодекс РФ об административных правонарушениях
6. Федеральный закон РФ от 8 декабря 1995 г. № 10-ФЗ «О профессиональных союзах, их правах и гарантиях деятельности».
7. Федеральный закон РФ от 27 мая 1998 г. № 76-ФЗ «О статусе военнослужащих».
8. Федеральный закон РФ от 27 июля 2004 г. № 79-ФЗ «О государственной гражданской службе Российской Федерации».
9. Федеральный закон РФ от 2 мая 2006 г. № 59-ФЗ «О порядке рассмотрения обращений граждан Российской Федерации».
10. Закон РФ от 19 апреля 1991 г. № 1032-1 «О занятости населения в Российской Федерации».

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
МДК.02.03 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА И  
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АУДИТ**

Специальность

**20.02.01 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

**Направленность: Экологическая безопасность природно-техногенных комплексов**

программа подготовки специалистов среднего звена

базовая подготовка

на базе основного общего образования

год набора: 2023

Автор: Лебедева Т.А., к.т.н., доцент

Одобрена на заседании кафедры

Природообустройства и

водопользования

*(название кафедры)*

Зав.кафедрой

*(подпись)*

Гревцев Н.В.

*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 1 от 08.09.2022

*(Дата)*

Екатеринбург

## Практическая работа № 1

Тема: «Расчёт выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при хранении нефти в резервуарах»

Цель работы: произвести инвентаризацию выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при хранении нефти в резервуарах.

Задание: рассчитать величину максимального и годового выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при хранении нефти в резервуарах.

Порядок выполнения.

Эксплуатация резервуара с нефтью сопровождается процессами:

- 1) вытеснения её паров;
- 2) входом в резервуар наружного воздуха

при повышении или понижении уровня нефти в резервуаре.

Эти процессы называют «дыханием» резервуара.

Различают:

1) процесс «большого дыхания», который наблюдается во время наполнения или опорожнения резервуара;

2) процесс «малого дыхания», который происходит в результате суточных колебаний температуры нефти, вызывающих изменение её объёма в силу теплового расширения.

Величина выбросов паров нефти из резервуара рассчитывается по формулам:

**максимальный выброс (M, г/с)**

$$M = 1,63 \cdot 10^{-5} \cdot P_{38} \cdot \mu \cdot K_t^{\max} \cdot K_p^{\max} \cdot K_B \cdot V_r$$

**годовой выброс (G, т/год)**

$$G = \frac{0,294 \cdot P_{38} \cdot \mu \cdot (K_t^{\max} \cdot K_B + K_t^{\min}) \cdot K_p^{\text{cp}} \cdot K_{06} \cdot B}{10^7 \cdot \rho_H}$$

где:  $P_{38}$  - давление насыщенных паров нефти при температуре 38°C, мм.рт. ст.;

$\mu$  - молекулярная масса паров нефти, г/моль;

Параметры  $P_{38}$  и  $\mu$  для каждой марки нефти могут быть определены по температуре её кипения (Таблица 1).

$K_t^{\min}$ ,  $K_t^{\max}$  - опытные коэффициенты (рассчитываются по Таблице 2);

$K_p^{\text{cp}}$ ,  $K_p^{\max}$  - опытные коэффициенты, учитывающие особенности эксплуатации резервуара (рассчитываются по Таблице 3).

$K_b$  - опытный коэффициент (принимается по Таблице 4).

$V_{\text{ч}}^{\max}$  - максимальный объём паровоздушной смеси, вытесняемой из резервуара во время его закачки («большое дыхание»), равный скорости перекачивания нефти, м<sup>3</sup>/час;

$\rho_n$  - плотность нефти, т/м<sup>3</sup>;

$B$  - количество нефти, закачиваемое в резервуар в течение года, т/год;

$n_{\text{об}}$  - коэффициент оборачиваемости, значение которого принимается по Таблице 5 в зависимости от кратности оборачиваемости резервуара  $n_{\text{об}}$ :

$$n_{\text{об}} = \frac{B}{\rho_n \cdot V_p}$$

$V_p$  – объём резервуара.

Как и для всякой жидкости, плотность нефти зависит от температуры. В диапазоне температур, характерных для эксплуатируемых резервуаров, это изменение невелико, для данной задачи плотность нефти будем считать постоянной величиной, равной 875 кг/м<sup>3</sup>.

Таким образом, максимальный выброс паров нефти наблюдается во время «большого дыхания» резервуара. Эта величина зависит как от максимальной температуры нефти в резервуаре, так и от производительности насоса.

Исходные данные, необходимые для выполнения расчётного задания, приведены по вариантам.

Отчёт о выполнении расчётного задания должен содержать:

- 1) исходные данные своего варианта;
- 2) ход вычислений;

3) результаты расчётов по итоговой таблице 6.

Эксплуатация резервуара с нефтью сопровождается процессами:

1) вытеснения её паров;

2) входом в резервуар наружного воздуха

при повышении или понижении уровня нефти в резервуаре.

Эти процессы называют «дыханием» резервуара.

Различают:

1) процесс **«большого дыхания»**, который наблюдается во время наполнения или опорожнения резервуара;

2) процесс **«малого дыхания»**, который происходит в результате суточных колебаний температуры нефти, вызывающих изменение её объёма в силу теплового расширения.

Величина выбросов паров нефти из резервуара рассчитывается по формулам:

**максимальный выброс (M, г/с)**

$$M = 1,63 \cdot 10^{-5} \cdot P_{38} \cdot \mu \cdot K_t^{\max} \cdot K_p^{\max} \cdot K_v \cdot V_r$$

**годовой выброс (G, т/год)**

$$G = \frac{0,294 \cdot P_{38} \cdot \mu \cdot (K_t^{\max} \cdot K_v + K_t^{\min}) \cdot K_p^{\text{cp}} \cdot K_{\text{об}} \cdot V}{10^7 \cdot \rho_n}$$

где:  $P_{38}$  - давление насыщенных паров нефти при температуре 38°C, мм.рт. ст.;

$\mu$  - молекулярная масса паров нефти, г/моль;

*Параметры  $P_{38}$  и  $\mu$  для каждой марки нефти могут быть определены по температуре её кипения (Таблица 1).*

$K_t^{\min}$ ,  $K_t^{\max}$  - опытные коэффициенты (*рассчитываются по Таблице 2*);

$K_p^{\text{cp}}$ ,  $K_p^{\max}$  - опытные коэффициенты, учитывающие особенности эксплуатации резервуара (*рассчитываются по Таблице 3*).

$K_v$  - опытный коэффициент (*принимается по Таблице 4*).

$V_{\text{ч}}^{\text{max}}$  - максимальный объём паровоздушной смеси, вытесняемой из резервуара во время его закачки («большое дыхание»), равный скорости перекачивания нефти, м<sup>3</sup>/час;

$\rho_{\text{н}}$  - плотность нефти, т/м<sup>3</sup>;

$B$  - количество нефти, закачиваемое в резервуар в течение года, т/год;

$K_{\text{об}}$  - коэффициент обрачиваемости, значение которого принимается по Таблице 5 в зависимости от кратности обрачиваемости резервуара  $n_{\text{об}}$ :

$$n_{\text{об}} = \frac{B}{\rho_{\text{н}} \cdot V_{\text{р}}}$$

$V_{\text{р}}$  – объём резервуара.

Как и для всякой жидкости, плотность нефти зависит от температуры. В диапазоне температур, характерных для эксплуатируемых резервуаров, это изменение невелико, для данной задачи плотность нефти будем считать постоянной величиной, равной 875 кг/м<sup>3</sup>.

Таким образом, максимальный выброс паров нефти наблюдается во время «большого дыхания» резервуара. Эта величина зависит как от максимальной температуры нефти в резервуаре, так и от производительности насоса.

Отчёт о выполнении расчётного задания должен содержать:

- 1) исходные данные своего варианта;
- 2) ход вычислений;
- 3) результаты расчётов по итоговой таблице 6.

Таблица 1

**Значения давления насыщенных паров  $P_{38}$ , мм.рт.ст., и молярной массы  $\mu$ , г/моль, нефти в зависимости от температуры начала кипения  $t_{\text{нк}}$ , °С**

$t_{\text{нк}}$ , °С	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
$P_{38}$ , мм.рт.ст.	489	472	457	441	427	411	397	384	370	350
$\mu$ , г/моль	75,6	76,2	76,8	77,4	78,0	78,6	79,2	79,8	80,4	81,0

Таблица 2

Значения коэффициентов  $K_t$  от температуры нефти в резервуаре

$t_n, ^\circ\text{C}$	$K_t$	$t_n, ^\circ\text{C}$	$K_t$	$t_n, ^\circ\text{C}$	$K_t$	$t_n, ^\circ\text{C}$	$K_t$	$t_n, ^\circ\text{C}$	$K_t$
Нефти и бензины									
-30	0,09	-14	0,173	+2	0,31	18	0,54	34	0,82
-29	0,093	-13	0,18	+3	0,33	19	0,56	35	0,83
-28	0,096	-12	0,185	+4	0,34	20	0,57	36	0,85
-27	0,10	-11	0,193	+5	0,35	21	0,58	37	0,87
-26	0,105	-10	0,2	+6	0,36	22	0,60	38	0,88
-25	0,11	-9	0,21	+7	0,375	23	0,62	39	0,90
-24	0,115	-8	0,215	+8	0,39	24	0,64	40	0,91
-23	0,12	-7	0,225	+9	0,40	25	0,66	41	0,93
-22	0,125	-6	0,235	10	0,42	26	0,68	42	0,94
-21	0,13	-5	0,24	11	0,43	27	0,69	43	0,96
-20	0,135	-4	0,25	12	0,445	28	0,71	44	0,98
-19	0,14	-3	0,26	13	0,46	29	0,73	45	1,00
-18	0,145	-2	0,27	14	0,47	30	0,74	46	1,02
-17	0,153	-1	0,28	15	0,49	31	0,76	47	1,04
-16	0,16	0	0,29	16	0,50	32	0,78	48	1,06
-15	0,165	+1	0,3	17	0,52	33	0,80	49	1,08
								50	1,10

Таблица 3

**Значения опытных коэффициентов  $K_p^{\max}$  и  $K_p^{\text{ср}}$   
в зависимости от типа резервуара**

Категория	Конструкция резервуаров	$K_p^{\max}$ или $K_p^{\text{ср}}$	Объём резервуара, $V_p, \text{м}^3$			
			100 и менее	200-400	700-1000	2000 и более
<i>Средства сокращения выбросов отсутствуют</i>						
А	Наземный вертикальный	$K_p^{\max}$	0,90	0,87	0,83	0,80
		$K_p^{\text{ср}}$	0,63	0,61	0,58	0,56
	Заглубленный	$K_p^{\max}$	0,80	0,77	0,73	0,70
		$K_p^{\text{ср}}$	0,56	0,54	0,51	0,50
	Наземный горизонтальный	$K_p^{\max}$	1,00	0,97	0,93	0,90
		$K_p^{\text{ср}}$	0,70	0,68	0,65	0,63
Б	Наземный вертикальный	$K_p^{\max}$	0,95	0,92	0,88	0,85
		$K_p^{\text{ср}}$	0,67	0,64	0,62	0,60
	Заглубленный	$K_p^{\max}$	0,85	0,82	0,78	0,75
		$K_p^{\text{ср}}$	0,60	0,57	0,55	0,53
	Наземный горизонтальный	$K_p^{\max}$	1,00	0,98	0,96	0,95
		$K_p^{\text{ср}}$	0,70	0,69	0,67	0,67
В	Наземный вертикальный	$K_p^{\max}$	1,00	0,97	0,93	0,90
		$K_p^{\text{ср}}$	0,70	0,68	0,650	0,63
	Заглубленный	$K_p^{\max}$	0,90	0,87	0,83	0,80
		$K_p^{\text{ср}}$	0,63	0,61	0,58	0,56
	Наземный горизонтальный	$K_p^{\max}$	1,00	1,00	1,00	1,00
		$K_p^{\text{ср}}$	0,70	0,70	0,70	0,70
<i>Средства сокращения выбросов - понтон</i>						
А, Б, В	Наземный вертикальный	$K_p^{\max}$	0,20	0,19	0,17	0,16
		$K_p^{\text{ср}}$	0,14	0,13	0,12	0,11
<i>Средства сокращения выбросов - плавающая крыша</i>						
А, Б	Наземный вертикальный	$K_p^{\max}$	0,13	0,13	0,12	0,11
		$K_p^{\text{ср}}$	0,094	0,087	0,080	0,074



Таблица 4

### Значения коэффициентов $K_B$

$P_t$ , мм. рт. ст.	$K_B$	$P_t$ , мм. рт. ст.	$K_B$	$P_t$ , мм. рт. ст.	$K_B$
540 и менее	1,00	620	1,33	700	1,81
550	1,03	630	1,38	710	1,89
560	1,07	640	1,44	720	1,97
570	1,11	650	1,49	730	2,05
580	1,15	660	1,55	740	2,14
590	1,19	670	1,61	750	2,23
600	1,24	680	1,68	759	2,32
610	1,28	690	1,74		

Таблица 5

### Значения опытных коэффициентов $K_{об}$ в зависимости от кратности оборачиваемости резервуара

$n$	100 и более	80	60	40	30	20 и менее
$K_{об}$	1,35	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50

Таблица 6

### Результаты инвентаризации выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при хранении нефти в резервуаре

Наименование загрязняющего вещества	Величина выброса	
	максимального, г/с	годового, т/год

## ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

### Расчёт выбросов паров нефти

№ варианта	Сведения о нефти		Сведения о резервуаре					Скорость перекачивания $V_{\text{ч}}$ , м <sup>3</sup> /ч	Количество нефти, закачиваемое в резервуар, т/год
			Температура в резервуаре, °С		Тип резервуара	Объем, м <sup>3</sup>	Средства сокращения выбросов		
	группа	температура начала кипения, °С	минимальная	максимальная					
1.	В	52	-27	44	Наземный горизонтальный	88	-	16	560
2.	В	53	-16	14	Заглубленный	120	-	31	1 300
3.	А	55	-18	44	Наземный вертикальный	3400	Плавающая крыша	45	27 500
4.	А	51	-28	14	Наземный вертикальный	1900	-	25	7 700
5.	В	53	-16	37	Наземный горизонтальный	120	-	15	1 040
6.	В	56	-15	10	Заглубленный	65	-	17	1 100
7.	А	51	-33	30	Наземный вертикальный	300	Понтон	28	4 600
8.	В	54	-10	11	Заглубленный	54	-	22	770
9.	А	57	-21	40	Наземный вертикальный	1200	Плавающая крыша	45	8 800
10.	А	53	-24	16	Наземный вертикальный	550	-	28	1 750

11.	В	58	-16	41	Наземный горизонтальный	90	-	21	1 900
12.	В	53	-8	17	Заглубленный	28	-	10	830
13.	А	59	-23	40	Наземный вертикальный	1500	Понтон	28	17 050
14.	В	51	-14	17	Заглубленный	110	-	26	1 200
15.	А	52	-17	27	Наземный вертикальный	1300	Плава- ющая крыша	40	15 600
16.	А	60	-4	48	Наземный вертикальный	3000	-	33	10 020
17.	В	53	-28	30	Наземный горизонтальный	95	-	21	1 760
18.	В	52	-4	13	Заглубленный	80	-	20	590
19.	А	54	-17	28	Наземный вертикальный	640	Понтон	35	13 200
20.	В	54	-9	14	Заглубленный	39	-	16	980
21.	А	51	-16	24	Наземный вертикальный	150	Плава- ющая крыша	22	2 300
22.	А	58	-24	22	Наземный вертикальный	2010	-	33	20 000
23.	В	52	-20	31	Наземный горизонтальный	115	-	25	880
24.	В	57	-20	31	Заглубленный	83	-	19	1 430

## Пример расчёта выбросов паров нефти

Пусть исходные данные для расчёта имеют следующий вид:

№ варианта	Сведения о нефти		Сведения о резервуаре					Скорость перекачивания $V_{\text{ч}}$ , м <sup>3</sup> /ч	Количество нефти, закачиваемое в резервуар, т/год
			Температура в резервуаре, °С		Тип резервуара	Объем, м <sup>3</sup>	Средства сокращения выбросов		
	группа	температура начала кипения, °С	минимальная	максимальная					
1.	А	52	-23	26	Наземный вертикальный	2100	Понтон	34	18 00

1. По таблице 1:  $t_{\text{нк}} = 52^{\circ}\text{C}$ , значит:

$$P_{38} = 472 \text{ мм. рт. ст. и } \mu = 76,2 \text{ г/моль.}$$

2. 1 мм. рт. ст. = 13,6 кгс/м<sup>2</sup>.

3. По таблице 2:

$$T_{\text{max.p.}} = 26^{\circ}\text{C}, \text{ значит: } K_t^{\text{max}} = 0,68;$$

$$T_{\text{min.p.}} = -23^{\circ}\text{C}, \text{ значит: } K_t^{\text{min}} = 0,12.$$

4. По таблице 3: нефть категории (группы) А,

конструкция резервуара – наземный вертикальный,  
объём – 2000 и более м<sup>3</sup>.

Значит,  $K_p^{\text{max}} = 0,8$ ;  $K_p^{\text{cp}} = 0,56$ .

5. По таблице 4:  $P_{38} = 472 \text{ мм. рт. ст.}, \text{ т.е. } < 540$ , значит,  $K_b = 1,00$ .

6.  $V_p = 34 \text{ м}^3/\text{час}$  (по условию).

$$1 \text{ час} - 3600 \text{ сек.}, \text{ значит, } V_{\text{ч}} = \frac{34}{3600} (\text{м}^3/\text{сек.})$$

$$7. \rho_{\text{н}} = 875 \text{ кг/м}^3.$$

$$8. B = 18900 \text{ т/год} = 18900 \cdot 1000 \text{ кг/год (по условию).}$$

$$9. n_{\text{об}} = \frac{B}{\rho_{\text{н}} \cdot V_{\text{р}}} = \frac{18900 \cdot 1000}{875 \cdot 2100} = 10,3.$$

По таблице 5: т.к.  $n = 20$  и меньше, значит,  $K_{\text{об}} = 2,5$ .

10. Рассчитаем максимальный выброс паров нефти:

$$\begin{aligned} M &= 1,63 \cdot 10^{-5} \cdot P_{38} \cdot \mu \cdot K_{\text{т}}^{\text{max}} \cdot K_{\text{р}}^{\text{max}} \cdot K_{\text{в}} \cdot V_{\text{г}} = \\ &= \frac{1,63 \cdot 10^{-5} \cdot 472 \cdot 13,6 \cdot 76,2 \cdot 0,68 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 34}{3600} = \frac{147}{3600} = \mathbf{0,04} \frac{\text{г}}{\text{с}}. \end{aligned}$$

11. Годовой выброс паров нефти:

$$\begin{aligned} G &= \frac{0,294 \cdot P_{38} \cdot \mu \cdot (K_{\text{т}}^{\text{max}} \cdot K_{\text{в}} + K_{\text{т}}^{\text{min}}) \cdot K_{\text{р}}^{\text{ср}} \cdot K_{\text{об}} \cdot B}{10^7 \cdot \rho_{\text{н}}} = \\ &= \frac{0,294 \cdot 472 \cdot 13,6 \cdot 76,2 \cdot (0,68 \cdot 1 + 0,12) \cdot 0,56 \cdot 2,5 \cdot 18900}{10^7 \cdot 875} = \\ &= \mathbf{0,348} \frac{\text{т}}{\text{год}} = \mathbf{348} \frac{\text{кг}}{\text{год}}. \end{aligned}$$

**Результат инвентаризации выбросов в атмосферу  
загрязняющих веществ при хранении нефти в резервуаре**

Наименование загрязняющего вещества	Величина выброса	
	максимального, г/с	годового, т/год
Пары нефти	0,04 г/с	0,348 т/год

## Практическая работа № 2

Тема: «Расчёт выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при буровых работах (добыча угля)».

Цель работы: произвести инвентаризацию выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при буровых работах одного или нескольких буровых станков.

Задание: рассчитать выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при буровых работах одного или нескольких буровых станков в зависимости от их типа.

Порядок выполнения.

Расчёты будут выполняться с использованием Отраслевой методики расчёта количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу вредных веществ предприятиями по добыче угля.

Проведём расчёт выброса пыли в атмосферу при буровых работах. Известно, что бурение скважин сопровождается выделением пыли, причём мощность пыления зависит от нескольких факторов (типа бурового станка, прочности породы, её влажности и т.д.).

Валовое выделение пыли, т/год, рассчитывается по формуле (1):

$$M_{\text{вп}} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n q_{ij} \cdot Q_{ij} \cdot T_{ij} \cdot K \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

где  $m$  – количество типов буровых станков, работающих в карьере;

$i$  – номер типа буровых станков;

$j$  – порядковый номер станка  $i$ -того типа;

$n$  – количество станков  $i$ -того типа;

$Q_{ij}$  – объёмная производительность бурения  $j$ -го бурового станка  $i$ -го типа, м<sup>3</sup>/ч (для станков СБШ значения  $Q_{ij}$  приведены в таблице 1);

$K$  – коэффициент, учитывающий влажность выбуриваемого материала (при определении валовых выбросов учитывается среднее значение влажности материала за год, см. таблицу 2);

$q_{ij}$  – удельный выброс пыли с 1 м<sup>3</sup> выбуренной породы станком  $j$ -м станком  $i$ -го типа в зависимости от крепости пород, кг/м<sup>3</sup>, приведен в таблице 3;

$T_{ij}$  – «чистое» время работы  $j$ -го бурового станка  $i$ -го типа в год, ч/год.

Величину массового выделения пыли, г/с, можно рассчитать по формуле (2):

$$M_{\text{мп}} = \frac{\sum_{i=1}^{m_1} \sum_{j=1}^{n_1} q_{ij} \cdot Q_{ij} \cdot K}{3,6} \quad (2)$$

где  $m_1$  – количество типов одновременно работающих станков;

$n_1$  – количество одновременно работающих станков  $i$ -того типа.

Таблица 1

### Средняя объемная производительность $Q_{ij}$ буровых станков типа СБШ

Тип станка	Средняя объемная производительность, м <sup>3</sup> /ч, при крепости породы по шкале М. М. Протождьяконова					
	крепость породы					
	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14
СБШ-200	1,41	1,21	0,98	0,83	0,63	0,44
СБШ-250	2,02	1,80	1,50	1,29	0,98	0,70
СБШ-320	3,61	3,16	2,65	2,29	1,78	1,24

Таблица 2

### Коэффициент, учитывающий влажность материала

При переработке материала с влажностью более 20% выбросы пыли в атмосферу отсутствуют

Влажность материала, %	До 0,5	0,6-1,0	1,1-3,0	3,1-5,0	5,1-7,0	7,1-8,0	8,1-9,0	9,1-10	10,1-11	11-20
Коэффициент $K$	2,0	1,5	1,3	1,2	1,0	0,7	0,3	0,2	0,1	0,01

Удельный выброс пыли при работе буровых станков  $q_{ij}$ , кг/м<sup>3</sup>

Тип станка	Средства подавления или улавливания пыли	Крепость пород угольных месторождений по шкале М. М. Протоdjяконова					
		2-4	4-6	6-8	8-10	4-6	6-8
СБШ-200	ВВП	0,6	0,9	1,4	2,4	0,9	1,9
	УСП	0,8	1,3	2,0	3,4	1,3	2,6
	БСП	20,0	32,0	49,5	84,5	32,3	64,6
СБШ-250	ВВП	0,5	0,7	1,1	1,9	0,8	1,5
	УСП	0,6	0,9	1,3	2,4	1,0	1,9
	БСП	18,0	23,5	35,5	61,0	24,1	48,3
СБШ-320	ВВП	0,6	0,9	1,4	2,4	0,9	1,9
	УСП	0,7	1,2	1,8	3,1	1,2	2,3
	БСП	15,0	29,0	44,5	77,5	29,3	58,5

*Примечание.* ВВП — водовоздушное пылеподавление, УСП — сухое пылеподавление, БСП — без средств пылеподавления (недопустимый или аварийный режим работы бурового станка).

Надо отметить, что гигиенический регламент на содержание пыли в атмосферном воздухе зависит от содержания в ней диоксида кремния. По этому показателю неорганические пыли разбиты на три группы.

Остановимся на одном важном моменте. Говоря о загрязнении атмосферного воздуха объектами техносферы, надо ясно понимать различие между понятиями *выделения* и *выброса* в атмосферу загрязняющих веществ. Выделение загрязняющих веществ (при механической обработке это в основном пыль) происходит непосредственно в зоне резания или иной технологической операции. В дальнейшем при помощи аспирационных и вентиляционных систем часть из этих выделяющихся ЗВ улавливается и транспортируется либо на очистку в пылегазоулавливающую установку (ПГУ), либо непосредственно в атмосферу. В процессе перемещения по вентсистеме часть загрязняющих веществ оседает на её стенках, ещё большая их часть улавливается в ПГУ (если таковая имеется).



Величина оставшегося в пылегазовоздушном потоке и поступающего за секунду в атмосферный воздух ЗВ называется *массовым выбросом*. Таким образом, выброс ЗВ всегда меньше (или равен) величине его выделения, поскольку не всё количество выделяющихся загрязняющих веществ поступает в атмосферу. Это хорошо иллюстрирует таблица 3, в которой заметно резкое увеличение удельного выброса пыли в аварийной ситуации отказа пылеочистных установок.

Исходные данные, необходимые для выполнения расчётного задания, приведены по вариантам в отдельном файле.

Отчёт о выполнении расчётного задания должен содержать:

- а) исходные данные своего варианта;
- б) ход вычислений;
- в) результаты расчётов в форме итоговой таблицы 4.

Таблица 4

**Результаты инвентаризации выбросов в атмосферу пыли  
при буровых работах в угольной промышленности**

Наименование ЗВ	Величина выброса	
	массового, г/с	валового, т/год

## Пример расчёта

### Вариант 25

#### Инвентаризация выбросов в атмосферу загрязняющих веществ при буровых работах (добыча угля)

Рассчитаем выброс пыли в атмосферу при буровых работах.

Валовое выделение пыли, т/год, рассчитывается по формуле

$$M_{\text{ВП}} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n q_{ij} \cdot Q_{ij} \cdot T_{ij} \cdot K \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

Исходные данные для расчёта следующие.

Влажность – 8,1%.

Крепость – 5,9 балла.

Содержание SiO<sub>2</sub> в пыли – 62,1%.

#### **СБШ-200:**

– количество – 3 шт.;

–  $T_{1j} = 1970$  ч/год («чистое» время работы  $j$ -го бурового станка 1-го типа в год);

– тип давления – УСП.

#### **СБШ-250:**

– количество – 2 шт.;

–  $T_{2j} = 3610$  ч/год («чистое» время работы  $j$ -го бурового станка 2-го типа в год);

– тип давления – ВВП.

#### **СБШ-320:**

– количество – 7 шт.;

–  $T_{3j} = 3100$  ч/год («чистое» время работы  $j$ -го бурового станка 3-го типа в год);

– тип давления – УСП.

$m = 3$  (количество типов буровых станков, работающих в карьере);

$n_1 = 3, n_2 = 2, n_3 = 7$  (количество станков  $i$ -того типа);

$Q_{1ст} = 0,98; Q_{2ст} = 1,50; Q_{3ст} = 2,65$  (объемная производительность бурения  $j$ -го бурового станка  $i$ -го типа, м<sup>3</sup>/ч; для станков СБШ значения  $Q_{ij}$  взяты из **таблицы 1**);

$K = 0,3$  (коэффициент, учитывающий влажность выбуриваемого материала; определяется по **таблице 2** с учётом влажности);

$q_{1ст} = 1,3; q_{2ст} = 0,7; q_{3ст} = 1,2$  (удельный выброс пыли с 1 м<sup>3</sup> выбуренной породы станком  $j$ -м станком  $i$ -го типа в зависимости от крепости пород, кг/м<sup>3</sup>, определяется по таблице 4 с учётом крепости и типа бурового станка).

$$\begin{aligned} M_{вп} &= [3 (1,3 \cdot 0,98 \cdot 1970 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3}) + \\ &+ 2 (0,7 \cdot 1,50 \cdot 3610 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3}) + \\ &+ 7 (1,2 \cdot 2,65 \cdot 3100 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3})] = \\ &= 0,3 \cdot 10^{-3} (7529,34 + 7581 + 69006) = \\ &= 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 84116,34 = 25,23 \text{ т/год} \end{aligned}$$

Величину массового выделения пыли, г/с, можно рассчитать по формуле:

$$M_{мп} = \frac{\sum_{i=1}^{m_1} \sum_{j=1}^{n_1} q_{ij} \cdot Q_{ij} \cdot K}{3,6} \quad (2)$$

где  $m_1 = 3$  (количество типов одновременно работающих станков);

$n_1 = 3, n_2 = 2, n_3 = 7$  (количество одновременно работающих станков  $i$ -того типа).

$$M_{мп} = \frac{3 \cdot 1,3 \cdot 0,98 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,7 \cdot 1,5 \cdot 0,3 + 7 \cdot 1,2 \cdot 2,65 \cdot 0,3}{3,6} = 2,35 \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

Результаты расчетов представлены в таблице.

**Результаты инвентаризации выбросов в атмосферу пыли  
при буровых работах в угольной промышленности**

Наименование ЗВ	Величина выброса	
	массового, г/с	валового, т/год
Пыль	2,35	25,23

## Варианты индивидуальных заданий

№ варианта	Сведения о выбуриваемой породе			Сведения о парке буровых станков								
				СБШ-200			СБШ-250			СБШ-320		
	Крепость, баллы	Влажность, %	Содержание SiO <sub>2</sub> в пыли, %	Количество, шт.	Чистое время работы, ч/год	Тип пылеподавления	Количество, шт..	Чистое время работы, ч/год	Тип пылеподавления	Количество, шт.	Чистое время работы, ч/год	Тип пылеподавления
1	2,2	7,3	4,2	3	2450	УСП	0	—	—	7	3210	ВВП
2	4,1	5,4	59,4	6	1240	ВВП	3	3540	УСП	5	1810	УСП
3	7,5	5,5	63,1	0	—	—	2	1510	УСП	1	2210	ВВП
4	3,1	6,6	3,7	1	1270	УСП	4	2470	ВВП	2	2330	УСП
5	8,6	4,0	73,8	2	2400	ВВП	4	1250	ВВП	4	2000	УСП
6	4,7	4,8	58,4	7	3100	УСП	3	1400	УСП	5	1930	ВВП
7	5,4	3,7	60,1	3	1920	ВВП	4	2420	ВВП	2	1510	УСП
8	6,9	2,2	57,6	3	1870	ВВП	4	2170	УСП	4	2470	ВВП
9	2,4	5,1	3,9	5	2400	УСП	3	1900	УСП	0	—	—
10	9,1	1,4	78,9	4	1950	ВВП	7	3210	ВВП	1	1880	ВВП
11	6,4	5,1	62,4	2	2010	ВВП	5	1810	УСП	5	1950	ВВП
12	5,3	2,7	61,4	3	1870	ВВП	3	2220	ВВП	1	3100	УСП
13	7,7	4,0	68,3	4	1990	УСП	0	-	-	2	2330	УСП
14	7,3	9,1	60,4	5	2200	УСП	1	1900	ВВП	4	2000	УСП
15	3,0	7,7	4,9	7	2000	ВВП	6	1180	УСП	3	2110	ВВП
16	8,2	2,5	76,5	1	2120	ВВП	5	2970	ВВП	0	-	-
17	5,7	3,3	58,7	0	-	-	4	1770	ВВП	7	2220	УСП
18	8,6	3,1	77,2	2	2330	УСП	0	-	-	6	1240	ВВП
19	2,2	6,5	3,8	4	2000	УСП	5	1750	УСП	6	3250	ВВП
20	4,3	3,6	59,7	1	1880	ВВП	2	2330	УСП	0	-	-
21	5,6	6,2	60,4	5	1950	ВВП	5	2650	ВВП	5	2400	УСП
22	6,4	2,8	59,7	7	3100	УСП	4	2120	УСП	5	2400	УСП
23	8,7	3,4	74,5	2	3000	ВВП	5	3040	ВВП	0	-	-
24	3,4	4,8	4,4	0	-	-	6	1990	УСП	7	3100	УСП

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов, А. К. Экологическая экспертиза проектов : учебное пособие / А. К. Соколов. — Иваново : ИГЭУ, 2019. — 176 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/154588> (дата обращения: 29.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Василенко, Т. А. Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза инженерных проектов : учебное пособие / Т. А. Василенко, С. В. Свергузова. — 2-е изд., испр. и доп. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 264 с. — ISBN 978-5-9729-0260-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/124607> (дата обращения: 29.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Кравцова, М. В. Экологическая экспертиза : учебное пособие / М. В. Кравцова. — Тольятти : ТГУ, 2020. — 122 с. — ISBN 978-5-8259-1440-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157010> (дата обращения: 29.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Ефимова, Т. Н. Экологическая экспертиза : учебное пособие / Т. Н. Ефимова, К. А. Копылов. — Йошкар-Ола : ПГТУ, 2020. — 104 с. — ISBN 978-5-8158-2197-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/170669> (дата обращения: 29.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Лесовская, М. И. Экологическая экспертиза : учебное пособие / М. И. Лесовская. — Красноярск : КрасГАУ, 2020. — 96 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/225161> (дата обращения: 29.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Сытник, Н. А. Экологическое проектирование и экспертиза : учебник / Н. А. Сытник. — Керчь : КГМТУ, 2020. — 213 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/174789> (дата обращения: 29.09.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
МДК.04.01 ПРОБООТБОРЩИК**

Специальность

**20.02.01 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИРОДНЫХ  
КОМПЛЕКСОВ**

*Направленность: Экологическая безопасность природно-техногенных комплексов*

программа подготовки специалистов среднего звена

базовая подготовка

на базе среднего общего образования

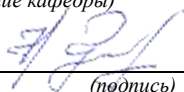
год набора: 2023

Автор: Якупов Д. Р., к.г.-м.н.

Одобрена на заседании кафедры  
Природообустройства и  
водопользования

*(название кафедры)*

Зав.кафедрой



*(подпись)*

Гревцев Н.В.

*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 1 от 08.09.2022

*(Дата)*

Екатеринбург

## ОГЛАВЛЕНИЕ

- 1. Лабораторная работа №1. Определение морфологического состава отхода производства и потребления гравиметрическим методом.**
  - 1.1. Назначение и область применения
  - 1.2. Средства измерения
  - 1.3. Требования к условиям измерений
  - 1.4. Метод измерений
    - 1.4.1. Порядок выполнения измерений
  - 1.5. Обработка результатов измерений
  - 1.6. Требования Безопасности и охраны труда
  
- 2. Лабораторное занятие №2. Определение метеорологических показателей при проведении природоохранных мероприятий. Методика наблюдений и обработки результатов.**
  - 2.1. Метеорологические станции
  - 2.2. Атмосферное давление
  - 2.3. Температура и влажность воздуха
    - 2.3.1. Психрометр Августа
    - 2.3.2. Аспирационный психрометр
    - 2.3.3. Гигрометр
    - 2.3.4. Минимальный и максимальный термометры
  - 2.4. Последовательность проведения наблюдений в психрометрической будке
  - 2.5. Ветер
  - 2.6. Атмосферные осадки
  - 2.7. Продолжительность солнечного сияния
  - 2.8. Облачность
  - 2.9. Солнечная радиация
  - 2.10. Порядок проведения работы и её оформление
  
- 3. Лабораторная работа №3. Отбора и подготовка пробы почвы для физико-химического анализа. Оформление сопроводительного талона. Определение рН водной вытяжки, влагосодержание пробы почвы.**
  3. Методы определения степени засоленности
    - 3.1. Приготовление водной вытяжки из грунтов



- 3.2. Определение степени засоленности кондуктометрическим методом
  - 3.2.1. Аппаратура и реактивы
  - 3.2.2. Проведение анализа
  - 3.2.3. Обработка результатов
  - 3.2.4. Определение константы кондуктометрической ячейки (датчика)
- 3.3. Колориметрическое определение рН
  - 3.3.1. Приготовление водной вытяжки из грунтов
  - 3.3.2. Проведение анализа
  - 3.3.3. Обработка результатов
- 3.4. Определение рН водной вытяжки потенциометрическим методом
  - 3.4.1. Аппаратура и реактивы
  - 3.4.2. Приготовление водной вытяжки
  - 3.4.3. Проведение анализа
- 3.5. Определение влагосодержание пробы почвы
  - 3.5.1. Средства измерения
  - 3.5.2. Требования к условиям измерений
  - 3.5.3. Порядок выполнения измерений
  - 3.5.4. Обработка результатов измерений

#### **4. Требования Безопасности и охраны труда**

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ОТХОДА ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ.

**Цель работы:** Ознакомиться с методикой отбора пробы отходов потребления и методикой определения морфологического состава отхода.

### 1.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Морфологический состав твёрдых отходов производства и потребления - это содержание в них отдельных компонентов, значительно отличающихся между собой по происхождению, химическому составу и свойствам (бумага, картон, пищевые отходы, дерево, металл, текстиль, кости, стекло, кожа и резина, камни, полимерные материалы, прочее (неклассифицируемые материалы) и отсев.

К отходам производства относят остатки сырья, материалов, веществ, полуфабрикатов, изделий и иных продуктов, образовавшихся в процессе производства продукции, выработки энергии или выполнения работ (услуг) и утративших полностью или частично исходные потребительские свойства; бракованная продукция; вмещающие и вскрышные породы, образующиеся при добыче полезных ископаемых; побочные и попутные продукты; улавливаемые при очистке отходящих технологических газов и сточных вод твердые вещества; сельскохозяйственные отходы.

К отходам потребления относят все образующиеся в результате потребления и/или эксплуатации готовой продукции виды отходов, включая твердые коммунальные (бытовые) отходы, медицинские и биологические отходы, упаковочные отходы, а также отходы, образующиеся при функционировании культурно-бытовых, учебных учреждений, организаций и предприятий торговли и общественного питания и других предприятий и организаций общественного назначения; остатки веществ, материалов, предметов, изделий, частично или полностью утратившие свои первоначальные потребительские свойства в результате физического или морального износа в процессах потребления и (или) эксплуатации, а также получившие несовместимые с их дальнейшим использованием повреждения в результате нештатных ситуаций.

Морфологический состав характеризует соотношение отдельных составляющих твердых отходов производства и потребления (однородных групп отходов), выраженное в процентах к общей массе.

## 1.2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ

- Весы лабораторные (II) класс точности
- Емкость для пробы
- Щипцы
- Пластиковый лоток для взвешивания компонентов анализируемого отхода

## 1.3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ИЗМЕРЕНИЙ

При выполнении измерений соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха ( $20 \pm 5$ )° С
- атмосферное давление (84-106) кПа
- относительная влажность не более 80 % при 25°С

## 1.4. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЙ

Метод измерения - гравиметрический, основанный на точном измерении массы каждой составной части отхода с дальнейшим определением процентного содержания в общей массе отхода.

**1.4.1 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ** Пробу твердых отходов, доставленную в лабораторию, взвешивают для определения общей массы ( $M_{\text{пробы}}$ ), и при необходимости распределяют на лотке ровным слоем и оставляют на воздухе при комнатной температуре до постоянной массы для достижения воздушно-сухого состояния ( $M_{\text{пробы}}^{\text{воз. сух}}$ )

Затем пробу разбирают щипцами в предварительно подготовленные емкости (или лотки) по составу (бумага, картон, текстиль, стекло, пластмасса, пищевые отходы, камни, кости, резина, кожа, древесина, металлический лом цветной и черный, уличный смет и прочие, не поддающиеся классификации). Отдельные составляющие компоненты взвешивают, определяя их процентное соотношение к общей массе отхода, взятого на анализ.

## 1.5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Содержание каждой составной части отхода  $X_{\text{комп}}$  % определяют в весовых процентах по отношению к общему весу отхода по формуле:

$$X_{\text{комп}} = M_{\text{комп}} / M_{\text{пробы}}^{\text{воз. сух}} * 100\%$$

где  $M_{\text{комп}}$  - масса отдельного компонента отхода, г;

$M_{\text{пробы}}^{\text{воз. сух}}$  - общая масса отхода, г.

## **1.6. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА**

1.6.1. К выполнению измерений и обработке их результатов допускают студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

1.6.2. Разбирать отходы необходимо исключительно в спецодежде (халате), перчатках и марлевых повязках. После окончания работы халаты, повязки, перчатки передать на обработку дезинфицирующими растворами.

1.6.3. После окончания проведения лабораторной работы необходимо прибрать рабочее место.

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ №2.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ. МЕТОДИКА НАБЛЮДЕНИЙ И ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ.

**Цель работы:** ознакомление с приборами и методикой метеорологических наблюдений при проведении природоохранных мероприятий.

#### 2.1. Метеорологические станции

Основными задачами метеорологической службы являются: проведение наблюдений, обработка полученных данных, накопление и обобщение данных о метеорологическом режиме, обеспечение предприятий сведениями о погоде, а также предупреждение об опасных для производства метеорологических явлениях.

Метеорологическая станция оборудуется на специальной площадке. Она должна быть расположена на ровной открытой поверхности вдали от крупных сооружений и водоёмов и удалена от небольших препятствий (отдельные дома, деревья и т. д.) на расстояние не менее 10-тикратной высоты этих препятствий; а от значительных (лес, большие группы построек и пр.) на расстояние 20-тикратной высоты.

Метеорологическая площадка делается квадратной формы (20 x 20 м), одна из её сторон обращена с севера на юг. Площадка засыпается песком толщиной не менее 10 см и ограждается металлической сеткой высотой около 150 см.

На метеорологической площадке устанавливаются (рис. 1.1):

- психрометрическая будка;
- будка для самописцев БС-1;
- флюгеры ФВЛ и ФВТ;
- осадкомер Третьякова 0-1;
- компенсационный испаритель системы Топольницкого Н.М.;
- снегомерные рейки, мерзлотомер;
- барометр ртутный (устанавливается в помещении метеостанции).

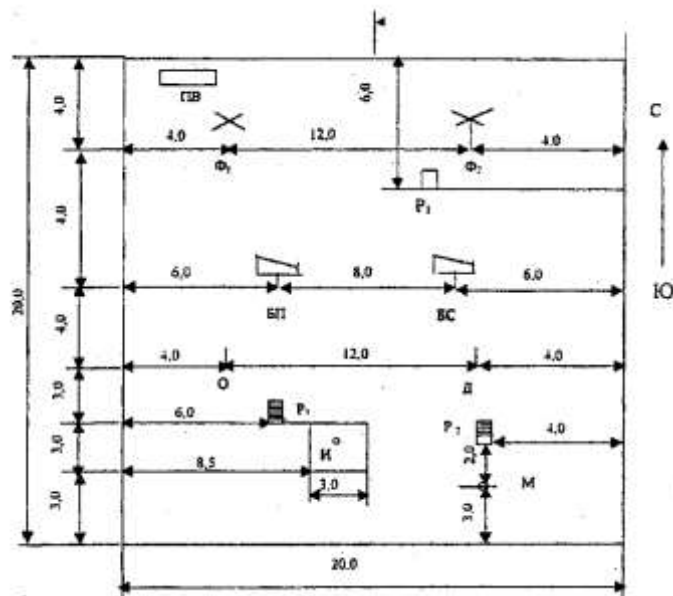


Рис1.1 Метеорологическая площадка:

Ф1 - флюгер с легкой доской; Ф2 - флюгер с тяжелой доской; БП - будка психрометрическая; БС - будка для самописцев; О - осадкомер Третьякова, И- испаритель Топольницкого; P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> - снегомерные рейки; мерзлотомер, ПВ - павильон для приборов.

В отдельных случаях организуется метеорологический пост. Метеорологический пост оборудуется на такой же площадке, что и метеостанция. На площадке устанавливаются:

- психрометрическая будка БП - 1;
- флюгеры ФВЛ и ФВТ;
- осадкомер Третьякова или дождемер Давитая;
- испаритель Топольницкого Н.М.

На производственных участках сельскохозяйственных и торфяных предприятий организуется пункт наблюдения за осадками. Пункт для наблюдения за осадками оборудуется осадкомером или дождемером Давитая. Осадкомер (или дождемер) устанавливается в непосредственной близости от полевого гаража.

## 2.2. Атмосферное давление

Атмосферное давление представляет собой гидростатическое давление столба атмосферы, обусловленное весом всех вышележащих слоев воздуха. На метеостанциях давление измеряется ртутным чашечным барометром и anerоидом. Непрерывная

регистрация атмосферного давления производится с помощью барографа. Наблюдения по барометру производятся в следующем порядке:

1. берем отсчет по термометру с точностью до 0,1 °;
2. после легкого постукивания по оправе барометра, устанавливают нулевую отметку по вершине мениска;

3. производится отсчет по шкале барометра и нониусу с точностью до 0,1 мб (мм).

В полученный отсчет вводятся следующие поправки:

- инструментальная поправка (+1,32 мбар);
- поправка для проведения показаний барометра к ускорению силы тяжести (поправка вычисляется по широте станции и высоте барометра над уровнем моря), (-0,02 мбар);
- поправка на приведение показаний барометра, К, 0 °С.

Первая и вторая поправки суммируются и являются постоянными для данной станции. Поправка на температуру принимается по специальным таблицам или вычисляется по формуле:

$$\Delta V_t = V_t \cdot t \cdot 0,000163.$$

Таблица 1.3

### Результаты замеров атмосферного давления

Термометр при барометре, °С	Отсчет	Общая поправка на барометр	Исправленная величина
Барометр, мб			

Единицей измерения давления в системе СИ является Паскаль (Па), шкала барометра и лента барографа отградуированы в миллибарах или в мм рт. ст.; (1 мм рт. ст. = 133 Па; 1 бар = 10<sup>5</sup> Па).

### 2.3. Температура и влажность воздуха

Температура является одной из основных термодинамических характеристик состояния воздуха. Она измеряется в градусах Цельсия, т. е., по 100-градусной шкале. Так как в приземном слое температура зависит, главным образом, от расстояния до подстилающей поверхности, принято измерять температуру воздуха на высоте 2 м от поверхности земли.

Температура воздуха измеряется сухим термометром психрометра, максимальным ртутным и минимальным спиртовым термометрами. Непрерывная запись изменения

температуры воздуха за сутки или неделю производится с помощью самописца - термографа.

Влажность воздуха измеряется психрометром и волосяным гигрометром; вычисления производятся по специальным таблицам или формулам.

Непрерывная запись измерений относительной влажности воздуха за сутки или неделю производится с помощью самописца - гигрографа.

Психрометр, волосной гигрометр, ртутный максимальный и спиртовой минимальный термометры устанавливаются в психрометрическую будку, которая защищает их от осадков и сильных порывов ветра, а также исключает влияние солнечной радиации на показания приборов. Самописцы устанавливаются в будку для самописцев. Принцип действия и устройство самописцев приведены в инструкции к ним.

### **2.3.1. Психрометр Августа**

Психрометр состоит из двух одинаковых термометров (сухого и смоченного), установленных вертикально в психрометрической будке. Резервуар правого (смоченного) термометра обертывается батистом, конец которого опущен в психрометрический стаканчик с дистиллированной водой. Психрометрический стаканчик должен быть всегда наполнен водой.

Для получения достоверных данных о влажности необходим тщательный уход за батистом на смоченном термометре. Батист должен быть всегда чистым, мягким и влажным, если он загрязнится, станет жестким и недостаточно смачивается, его необходимо сменить.

Осенью при температуре ниже  $0^{\circ}\text{C}$ , психрометрический стаканчик переносится из будки в помещение станции. При этом, на смоченном термометре батист обрезается на 2 - 3 мм ниже резервуара и туго затягивается ниткой под резервуаром. В таком виде батистовая повязка должна сохраняться в течение всего зимнего периода наблюдений.

За полчаса до начала наблюдений в зимний период в стаканчик с водой комнатной температуры погружается резервуар смоченного термометра и выдерживается до тех пор, пока температура термометра не станет выше  $0^{\circ}\text{C}$ . Если температура смоченного термометра была положительной, то за 10 мин до снятия показаний производится дополнительное смачивание батиста. После этого термометр устанавливается на свое место и в срок наблюдения берется отсчет.

### **2.3.2. Аспирационный психрометр**

Аспирационный психрометр можно использовать для определения влажности и температуры воздуха в помещении и на открытом воздухе. Психрометр состоит из двух одинаковых ртутных термометров, закрепленных в специальной оправе имеющей



заводной механизм с вентилятором, протягивающий воздух около резервуаров термометров. Благодаря протеканию потока воздуха вокруг резервуаров, сухой термометр будет показывать температуру потока воздуха, а показания смоченного термометра будут меньше, так как он будет охлаждаться вследствие испарения воды с поверхности батиста, облегчающего его резервуар. Влажность воздуха определяется по показаниям сухого и смоченного термометров по специальным психрометрическим таблицам или психрометрическому графику, а температура воздуха - по показаниям сухого термометра.

### **2.3.3. Гигрометр**

Гигрометр предназначен для определения относительной влажности воздуха при температуре его ниже минус 10°C. Принцип действия его основан на том, что при уменьшении относительной влажности воздуха волос укорачивается и стрелка перемещается в соответствующую сторону, при увеличении - волос удлиняется и стрелка перемещается в противоположную сторону.

### **2.3.4. Минимальный и максимальный термометры**

Для определения минимальной температуры воздуха за период времени установленными сроками наблюдений применяется спиртовой минимальный термометр, установленный в психрометрической будке горизонтально. В капилляре термометра в столбике спирта находится стеклянный штифт с головками на концах, по положению которого и определяется минимальная температура.

Для приведения минимального термометра в рабочее состояние следует поднять его резервуаром вверх, пока головка штифта не войдет в соприкосновение с поверхностью спирта в капилляре. При понижении температуры столбик спирта уменьшается и, благодаря поверхностному натяжению пленки, увлекает штифт, который перемещается по шкале в сторону понижения температуры. Когда же температура повышается, столбик спирта увеличивается, а штифт остается на месте. Конец штифта, находящийся ближе к поверхности столбика спирта, покажет самую низкую температуру.

Для определения максимальной температуры воздуха за период времени между сроками наблюдений применяется ртутный максимальный термометр. В дно резервуара впаян узкий стеклянный штифт, конец которого входит в капилляр, затрудняя свободное проникновение ртути. При повышении температуры ртуть вытесняется в капилляр; при понижении - она не опускается снова в резервуар, так как недостаточные силы внутреннего сцепления. Таким образом, деление, до которого поднялся столбик ртути, указывает на максимальную температуру. Для подготовки термометра к следующему наблюдению его надо встряхнуть, чтобы ртуть переместилась в резервуар. Термометр располагается в будке горизонтально, выше минимального термометра, резервуаром на

восток и с небольшим наклоном.

#### 2.4. Последовательность проведения наблюдений в психрометрической будке

Отсчитывают и записывают показания сухого и смоченного термометров, гигрометра, спиртового минимального термометра по концу столбика спирта ("спирт") и по концу штифта ("штифт"), максимального термометра.

Встряхивают максимальный термометр и отсчитывают его показания после встряхивания.

Подводят штифт минимального термометра к поверхности спирта в капилляре.

Повторно отсчитывают показания сухого термометра. Результаты измерений заносят в таблицу 1.4.

Таблица 1.4.

#### Результаты измерений температуры и относительной влажности воздуха

Число		Время (московское декретное данного пояса)		
9				
Наименование прибора		отсчет	поправка	исправленная величина
Сухой термометр			-0,2	
Смоченный термометр			-0,1	
Минимальный термометр	спирт		0,0	
	штифт		0,0	
Максимальный термометр	отсчет		-0,1	
	после встряхивания		+0,1	
Гигрометр				
Психрометр	смоченный		---	
	сухой		---	
Показания выписанные с психометрических таблиц				
Абсолютная влажность, мбар			---	
Относительная влажность, %			---	
Недостаток насыщения, мбар			---	

После записи результатов измерений к показаниям термометров вводятся поправки. Поправки суммируются с показаниями термометров и записываются в графу

"исправленная величина".

## 2.5. Ветер

Ветер представляет собой горизонтальное движение воздуха над земной поверхностью и характеризуется скоростью и направлением перемещения.

Под скоростью ветра понимают расстояние, на которое перемещаются частицы воздуха за единицу времени; скорость ветра измеряется в метрах в секунду (м / с).

Направление ветра, т. е., откуда перемещается воздух, определяется углом между географическим меридианом и направлением на точку горизонта откуда дует ветер. Направление измеряется в градусах от геометрического севера по ходу часовой стрелки (от 0 до 360 °) или в румбах. На метеорологических станциях направление ветра определяется по 16 румбам. Наблюдения за ветром включают измерение средней скорости ветра и его максимального значения (при порывах) за промежуток времени 2 мин., а также определение среднего направления ветра за то же время.

Скорость и направление ветра измеряют анеморумбометром (анеморум-бографами) или при помощи флюгеров. На метеорологических станциях торфяной промышленности устанавливают флюгер с легкой доской (ФВЛ).

Направление ветра определяется при помощи флюгарки с противовесом и горизонтально расположенного сектора с 8-ю штифтами. Один из данных штифтов обозначен буквой С (север).



Рис. 1.2. Сектор для определения скорости ветра

Скорость ветра определяется по положению доски - пластинки на вертикальном секторе с 8-ю штифтами (рис. 1.2), в соответствии с данными табл. 1.5.

### Определение скорости ветра

Положение легкой доски флюгера	Штифты													
	0	0-1	1	1-2	2	2-3	3	3-4	4	4-5	5	5-6	6	6-7
Скорость ветра, м/с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	17

Флюгер устанавливают на высоте 10 - 12 м и ориентируют таким образом, чтобы

направление штифта "С" совпадало с направлением на географический север, т. е. соответствовало направлению полуденной линии.

## **2.6. Атмосферные осадки**

Наблюдения за осадками включают определение вида осадков (жидкие, смешанные, твердые), их интенсивности, времени выпадения и количества.

Количество осадков определяется высотой слоя воды в мм, образовавшегося на горизонтальной поверхности при отсутствии стока, просачивания и испарения. С достаточной точностью можно принять, что 1 мм соответствует 1 кг воды на 1 м<sup>2</sup>.

Количество осадков измеряют при помощи осадкомера Третьякова или полевого дождемера Давитая.

Комплект осадкомера состоит из двух цилиндрических ведер с крышкой, тагана для установки ведер, ветровой защиты, двух измерительных стаканов и крепежных деталей.

Площадь приемной части ведра 200 см<sup>2</sup>. Измерительный стакан осадкомера имеет 100 делений с ценой каждого деления 2 см<sup>3</sup>. Такая цена деления соответствует 0,1 мм высоты слоя воды в ведре.

Осадкомер устанавливают на специальной подставке так, чтобы приемная поверхность прибора находилась на высоте 2 м от Земли и была строго горизонтальна.

Измерение количества осадков проводят в следующей последовательности. Накрывают крышкой ведро, находящееся в осадкомере, вынимают его из гнезда, на его место ставят другое (пустое) ведро. Количество жидких осадков измеряют сразу же после прихода в помещение. Для этого переливают воду из ведра в измерительный стакан до тех пор, пока из ведра не перестанет капать. Измерительный стакан ставят на горизонтальную поверхность так, чтобы уровни воды и глаз совпадали. Отсчет производят по нижнему краю мениска. К каждому измеренному количеству осадков прибавляют поправку на смачивание ведра. Для жидких осадков она равна 0,2 мм, если уровень воды в измерительном стакане на середине первого деления или выше; если уровень воды ниже середины первого деления, то вводится поправка 0,1 мм.

Например, после слива осадков в стакан, уровень воды находился на 40 делении. Следовательно, осадки составили  $40 \times 0,1 + 0,2 = 4,2$  мм.

При выпадении твердых осадков ведро переносят в теплое помещение, чтобы снег, град, крупа растаяли. Далее измерения идут в обычном порядке.

В ряде пунктов вместо осадкомеров устанавливают полевой дождемер Давитая, представляющий собой стеклянную цилиндрическую мензурку с делениями, отградуированными по величине осадков в мм. В этом случае измерения сводятся к

отсчету по нанесенной на стенке мензурки шкале.

Интенсивность осадков определяется по показаниям плювиографа. Плювиограф представляет собой металлический цилиндр для сбора осадков с приемной поверхностью  $500 \text{ см}^2$ . Из цилиндра вода попадает в поплавковую камеру. К поплавку присоединено перо самописца. На ленте регистрирующего устройства отмечается количество осадков и время их выпадения. Зная эти величины, можно вычислить интенсивность осадков.

### **2.7. Продолжительность солнечного сияния**

Продолжительность солнечного сияния определяется в часах за сутки (месяц, год). Для его определения применяется гелиограф универсальной модели. Принцип действия гелиографа основан на свойстве стеклянного шара собирать в фокусе падающие на него солнечные лучи и прожигать расположенную за шаром картонную ленту. По длине прожженной части ленты судят о продолжительности солнечного сияния.

### **2.8. Облачность**

Облачность - это степень покрытия небосвода облаками различных форм и ярусов. Облаком называется видимое скопление продуктов конденсации или сублимации водяного пара на некоторой высоте в свободной атмосфере. По составу облака делятся на водяные, ледяные, смешанные. Определение количества облаков ведется по одиннадцати балльной системе (0-10 баллов). При отсутствии облаков или наличии их менее половины балла принимается 0 баллов, при полном покрытии небосвода облаками - 10 баллов. Классификации форм облачности базируется на различиях внешнего вида, высоты основания и толщины слоя облаков. В зависимости от высоты нижней границы облака разделяются на три яруса; верхний выше 6 км, средний (2 - 6 км) и нижний (до 2 км). Во время наблюдений определяется общая облачность в баллах, а также количество облаков нижнего яруса. Наблюдения - визуальные.

### **2.9. Солнечная радиация**

Солнечная радиация - количество теплоты, поступающее на единицу земной поверхности в единицу времени. Измеряется она в  $\text{Вт} / \text{м}^2$ .

Для изучения солнечной радиации используются различные приборы. Большинство из них построено на принципе превращения лучистой энергии в тепловую, а тепловой - в термоток, который измеряется чувствительными гальванометрами.

Для измерения прямой солнечной радиации применяется пиргелиометры и актинометры, суммарной и рассеянной - пиранометры, эффективного излучения - пиргеометры, радиационного баланса - балансомеры.

## **2.10. Порядок проведения работы и её оформление**

В процессе проведения работы необходимо ознакомиться с конструкцией метеорологических приборов, принципом их действия, установкой на метеорологической площадке (по схеме или на макете).

Отсчёт по шкале барометра-анероида, введение поправок, запись результатов измерений. Отсчёт по ленте барографа.

Установка приборов в психрометрическую будку, отсчёты по психрометрическим, максимальному и минимальному термометрам, гигрометру; введение поправок, запись результатов измерений в таблицу 1.4.

Снятие показаний по аспирационному психрометру, установленному в крупногабаритной сушильной камере.

Определение по психрометрическим таблицам относительной, абсолютной влажности и недостатка насыщения воздуха по показаниям психрометров.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3.**  
**ОТБОРА И ПОДГОТОВКА ПРОБЫ ПОЧВЫ ДЛЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА. ОФОРМЛЕНИЕ СОПРОВОДИТЕЛЬНОГО ТАЛОНА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ pH ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ, ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ ПРОБЫ ПОЧВЫ.**

**Цель работы:** Ознакомиться с приборами применяемые для определения pH водной вытяжки, влагосодержание, потерю массы при прокаливании пробы почвы. Ознакомиться с методикой определения pH водной вытяжки, влагосодержание пробы почвы.

**3. Методы определения степени засоленности**

**3.1. Приготовление водной вытяжки из грунтов**

Пробу грунта, высушивают, растирают и просеивают через сито 1 мм. Навеску воздушно-сухого грунта взвешивают на лабораторных весах с точностью до 0.1 г до получения пробы массой 25-30 г. и помещают в коническую колбу затем заливают пятикратным количеством дистиллированной воды (в соотношении 1:5) с использованием мерного цилиндра. Для грунта с содержанием органического вещества более 50 % количество дистиллированной воды увеличивают до соотношения 1:10. Колбу закрывают резиновой пробкой и перемешивают в течение 10 - 15 мин, после чего суспензию фильтруют через сухой складчатый бумажный фильтр (как правило, двойной) в колбу-приемник. Фильтр помещают в воронку так, чтобы он лежал на 0,5 - 1 см ниже края воронки. Мутные фильтраты возвращают на фильтр до тех пор, пока они не станут прозрачными. По окончании фильтрования прозрачные фильтраты перемешивают и используют для анализа.

**3.2. Определение степени засоленности кондуктометрическим методом**

Настоящий метод распространяется на глинистые, песчаные, крупнообломочные (в части их заполнителя) и органоминеральные грунты и устанавливает кондуктометрический метод определения общей засоленности при хлоридном типе их засоления.

Сущность метода заключается в измерении удельной электрической проводимости водной вытяжки из грунтов с помощью кондуктометра. Метод дает относительное представление об общем количестве водорастворимых солей в водной вытяжке из грунтов.

### 3.2.1. Аппаратура и реактивы

Кондуктометр с диапазоном измерений от 0.01 до 20 мСм и погрешностью измерений не более 5%.

Термометр лабораторный с диапазоном измерений от 0 °С до 55 °С.

Весы лабораторные 2-го класса точности и 4-го класса точности.

Посуда мерная лабораторная не ниже 2-го класса точности (цилиндры, мензурки).

Секундомер

Шкаф сушильный с терморегулятором

Стеклянная посуда (стаканы, колбы конические, воронки, эксикаторы и др.).

Бумага фильтровальная

Калий хлористый по ГОСТ 4234

Вода дистиллированная по ГОСТ 6709

### 3.2.2. Проведение анализа

В фильтрат водной вытяжки, приготовленный погружают датчик кондуктометра и измеряют электрическую проводимость. После каждого измерения датчик тщательно промывают водой и промокают фильтровальной бумагой. Если прибор не имеет температурного компенсатора, измеряют температуру водной вытяжек, находящихся в аналогичных условиях. Результаты определений записывают в журнал.

### 3.2.3 Обработка результатов

Удельную электрическую проводимость анализируемой водной вытяжки  $X$ , мСм/см, вычисляют по формуле

$$X = a \cdot C \cdot K,$$

где  $a$  - измеренная электрическая проводимость вытяжки мСм;

$C$  - константа кондуктометрической ячейки (датчика), см<sup>-1</sup>;

$K$  - коэффициент температурной поправки.

### 3.2.4. Определение константы кондуктометрической ячейки (датчика)

Датчик кондуктометра погружают в раствор хлористого калия молярной концентрации с  $KCl = 0,01$  моль/дм<sup>3</sup> и измеряют электрическую проводимость.

Константу датчика  $C$ , см<sup>-1</sup> вычисляют по формуле

$$C = \frac{1,41}{a \cdot K}$$



где 1,41 — удельная электрическая проводимость раствора хлористого калия молярной концентрации  $c(\text{KCl}) = 0,01$  моль/дм<sup>3</sup> при температуре 25 °С. мСм/см;

$\alpha$  — измеренная электрическая проводимость раствора хлористого калия молярной концентрации  $c(\text{KCl}) = 0,01$  моль/дм<sup>3</sup>. мСм;

$K$  — коэффициент температурной поправки.

Если прибор имеет температурный компенсатор, коэффициент температурной поправки равен единице. При отсутствии температурного компенсатора измеряют температуру раствора хлористого калия с помощью лабораторного термометра и находят значение коэффициента по таблице Б.1.

**Таблица Б.1 Коэффициент температурной поправки  
при различных температурах раствора**

Температура раствора, °С	$K$
15	1,254
16	1,224
17	1,196
18	1,168
19	1,142
20	1,118
21	1,092
22	1,067
23	1,044
24	1,021
25	1,000
26	0,979
27	0,960
28	0,941
29	0,923
30	0,906

### 3.3. Колориметрическое определение рН

Колориметрический метод определения рН растворов основан на свойстве кислотно-основных индикаторов изменять свою окраску в зависимости от активности ионов водорода в определенном интервале рН.

Индикаторные бумаги представляют собой полоски хроматографической бумаги, пропитанные индивидуальными или смешанными кислотно-основными индикаторами («универсальные»). Определять рН при помощи индикаторной бумаги возможно только в растворах с не очень высокой концентрацией солей и в отсутствие сильных окислителей.

Индикаторная бумага выпускается в виде книжечек по 100 полосок; она очень чувствительна к свету, влажности и действию паров веществ кислотного или основного характера. При правильном хранении индикаторные бумаги не теряют химических свойств в течение 2-4 лет.

### 3.3.1. Приготовление водной вытяжки из грунтов

Для анализа используют фильтраты водных вытяжек, приготовленных по пункт 3.1

### 3.3.2. Проведение анализа

Для определения рН полоску реактивной бумаги на несколько секунд погружают в испытуемый раствор, либо наносят испытуемый раствор на бумагу стеклянной палочкой, либо прикладывают полоску бумаги к влажной пробе.

### 3.3.3. Обработка результатов

При изменении значения рН в широких пределах происходят заметные на глаз изменения окраски индикаторная бумага. В **таблице 1** и на **рисунке 1** приведены данные об отечественных индикаторных бумагах. Результаты определений записывают в журнал.

Таблица 9.

**Индикаторные бумаги**

Наименование бумаги	Интервал рН перехода окраски	Окраска индикатора	
		в кислой среде	в щелочной среде
Метилловая оранжевая	3,1 – 4,4	Красная	Жёлтая
Конго красная	3,0 – 5,2	Синяя	Красная
Лакmoidная синяя	4,0 – 6,4	»	»
Лакмусовая красная	6,0 – 8,0	Бледно-розовая	Синяя
Лакмусовая нейтральная	6,0 – 8,0	Красная	»
Лакмусовая синяя	6,0 – 8,0	»	»
Куркумовая	8,0 - 10,2	Жёлтая	Красно-коричневая
Фенолфталеиновая	8,0 – 9,6	Белая	Красная

Или

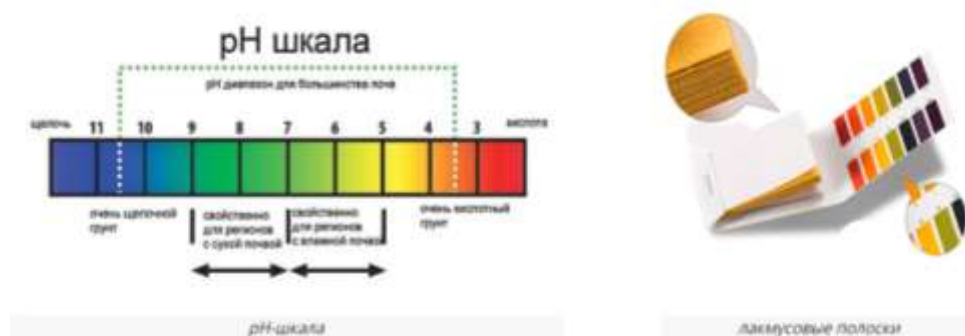


Рис. 1 Шкала изменения цвета лакмусовой бумаги по уровню кислотности водной суспензии

### **3.4. Определение pH водной вытяжки потенциометрическим методом**

Потенциометрия - электрохимический метод анализа, заключающийся в измерении электродного потенциала и нахождении зависимости между его величиной и концентрацией (точнее, активностью) потенциалопределяющего компонента в растворе. Потенциал всякого электрода можно измерить только по отношению к какому-либо постоянному потенциалу другого электрода.

#### **3.4.1. Аппаратура и реактивы**

pH-метр или иономер с погрешностью измерений не более 0.05 pH.

Электрод комбинированный.

Калий хлористый по ГОСТ 4568

#### **3.4.2. Приготовление водной вытяжки**

Для анализа используют фильтраты водных вытяжек, приготовленных по 3.1.

#### **3.4.3. Проведение анализа**

Комбинированный электрод следует закрепить в штативе и подключить к гнезду «ИЗМ.». Термодатчик закрепить в штативе и подключить к гнезду «ТД».

Для включения прибора нажать кнопку включения прибора и удерживать ее в течение 1-2 секунд. При включении на дисплее кратковременно высвечивается номер версии программного обеспечения прибора, например «v1.09», после чего прибор переходит в режим измерений в тех единицах, которые были установлены при предыдущем его выключении. После включения прибора автоматически устанавливается режим «ИЗМЕРЕНИЕ». Следует установить режим измерений «pH» кнопкой ВЫБОР. При этом в правой части дисплея высвечивается символ «pH». Промыть электроды и другие применяемые устройства (например, термодатчик или термометр) дистиллированной водой, осушить их фильтровальной бумагой и погрузить в анализируемый раствор. При использовании термодатчика глубина его погружения в анализируемый раствор должна быть не менее 30 мм. После установления стабильных показаний считать результат измерения с дисплея. Обычно время установления показаний не превышает 3 мин с момента погружения датчиков в анализируемую среду. Однако при измерении pH сильноокислых и сильнощелочных растворов, а также при температурах, близких к 0 °C время установления показаний может достигать 10 мин.

Значение рН снимают с точностью до 0.1 ед. рН. Результаты определений записывают в журнал.

При измерениях рН следует помнить, что характеристики электродной системы зависят от температуры анализируемой среды. Поэтому для учета этой зависимости (автоматической термокомпенсации) прибору необходима информация о температуре раствора. Наилучшим вариантом является автоматическое измерение температуры при помощи термодатчика (в том числе встроенного в электрод).

Обязательным является регистрация в журнале и протоколе, какой рН измерялся: рН фильтрата водной вытяжки или рН суспензии, так как результаты могут отличаться (как правило. рН суспензии выше рН водной вытяжки).

### **3.5. Определение влагосодержание пробы почвы**

Сущность метода заключается в определении потери влаги при высушивании почвы.

Предельное значение суммарной относительной погрешности метода при доверительной вероятности  $P = 0,95$  составляет, % от измеряемой величины:

7 — при влажности почвы до 10 %;

5 — при влажности почвы св. 10 %.

#### **3.5.1. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ**

Весы лабораторные 4-го класса точности

Шкаф сушильный с регулятором температуры от 80 до 105 °С с погрешностью регулирования до 2 °С.

Стаканчики весовые алюминиевые с крышками ВС-1.

Щипцы тигельные.

Эксикатор исполнения 2

Шпатель

#### **3.5.2. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ИЗМЕРЕНИЙ**

При выполнении измерений соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха  $(20 \pm 5)^\circ \text{C}$
- атмосферное давление (84-106) кПа
- относительная влажность не более 80 % при 25°С

### 3.5.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Аналитические почвенные пробы помещают в пронумерованные, высушенные и взвешенные стаканчики и закрывают их крышками. Стаканчики и почву в стаканчиках взвешивают с погрешностью не более 0,1 г. Стаканчики открывают и вместе с крышками помещают в нагретый сушильный шкаф.

Почву высушивают до постоянной массы при температуре:

(105 + 2) °С — все почвы, за исключением загипсованных;

(80 + 2) °С — загипсованные почвы.

Время высушивания до первого взвешивания:

незагипсованных почв: песчаных — 3 ч, других — 5 ч;

загипсованных почв — 8 ч.

Время последующего высушивания:

песчаных почв — 1 ч;

других почв, в том числе загипсованных, — 2 ч.

После каждого высушивания стаканчики с почвой закрывают крышками, охлаждают в эксикаторе с хлористым кальцием и взвешивают с погрешностью не более 0,1 г. Если взвешивание производят не позднее 30 мин после высушивания, можно охлаждать закрытые стаканчики на открытом воздухе без эксикатора. Высушивания и взвешивания прекращают, если разность между повторными взвешиваниями не превышает 0,2 г. Почвы с высоким содержанием органического вещества могут при повторных взвешиваниях иметь большую массу, чем при предыдущих, из-за окисления органического вещества при высушивании.

В таких случаях для расчетов следует брать наименьшую массу.

### 3.5.4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Массовое отношение влаги в почве  $W$  в процентах вычисляют по формуле

$$W = \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m} \cdot 100,$$

где  $m_1$  — масса влажной почвы со стаканчиком и крышкой, г;

$m_0$  — масса высушенной почвы со стаканчиком и крышкой, г;

$m$  — масса пустого стаканчика с крышкой, г.

За результат анализа принимают среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений. Вычисления проводят до второго десятичного знака с последующим округлением результата до первого десятичного знака.

Допускаемые относительные отклонения результатов параллельных определений от их среднего арифметического при доверительной вероятности  $P = 0,95$  составляют, % от измеряемой величины:

5 — при влажности почвы до 10 %;

3 — при влажности почвы св. 10 %.

#### **4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА**

4.1. К выполнению измерений и обработке их результатов допускают студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

4.2. Лабораторные работы необходимо выполнять исключительно в спецодежде (халате), перчатках и марлевых повязках. После окончания работы халаты, повязки, перчатки передать на обработку дезинфицирующими растворами.

4.3. После окончания проведения лабораторной работы необходимо прибрать рабочее место.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ РАБОТ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
МДК.04.01 ПРОБООТБОРЩИК**

Специальность  
**20.02.01 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИРОДНЫХ  
КОМПЛЕКСОВ**

*Направленность: Экологическая безопасность природно-техногенных комплексов*

программа подготовки специалистов среднего звена

базовая подготовка

на базе среднего общего образования

год набора: 2023

Автор: Якупов Д. Р., к.г.-м.н.

Одобрена на заседании кафедры  
Природообустройства и  
водопользования

*(название кафедры)*

Зав.кафедрой

  
*(подпись)*

Гревцев Н.В.

*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 1 от 08.09.2022

*(Дата)*

Екатеринбург

## ОГЛАВЛЕНИЕ

- 1. Практико-ориентированное задание №1.** Обзор профессиональной программ «Расчет класса опасности отходов для ОС» НПО Логус. Расчет класса опасности в программе «Расчет класса опасности отходов для ОС» НПО Логус. 4
- Практико-ориентированное задание №2.** Составление сводных характеристик климатических условий для заданного района. 4
- Практико-ориентированное задание №3** Расчет основных среднегодовых гидрологических характеристик стока реки. Построение профиля реки. 9
- Практико-ориентированное задание №4.** Ознакомление с принципами работы и методикой отбора пробоотборных устройств ПУ- 4Э, газоанализатор «Элан», меховой аспиратор АМ- 5Е. Техника безопасности при проведение отбора проб. 9
- Практико-ориентированное задание №5.** Отбор проб атмосферного воздуха на взвешенные вещества; NO<sub>x</sub>; CO; SO<sub>2</sub> газоанализатором «Элан» в контрольной точке. Оформление результатов измерения в отчет.
- Практико-ориентированное задание №6.** Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях"



**1. Практико-ориентированное задание №1.** Обзор профессиональной программ «Расчет класса опасности отходов для ОС» НПО Логус. Расчет класса опасности в программе «Расчет класса опасности отходов для ОС» НПО Логус.

**Цель работы:** Провести расчет класса опасности в программе «Расчет класса опасности отходов для ОС»

### *Правовое регулирование в области обращения с отходами*

Осуществляется **ФЗ-№89 «Об отходах производства и потребления»**, другими законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации.

В соответствии со ст. 14. «Требования к обращению с опасными отходами»:

Опасные отходы в зависимости от степени их вредного воздействия на окружающую природную среду и здоровье человека подразделяются на классы опасности в соответствии с критериями, установленными федеральными органами исполнительной власти в области обращения с отходами в соответствии со своей компетенцией.

Индивидуальные предприниматели и юридические лица, в процессе деятельности которых образуются опасные отходы, обязаны подтвердить отнесение данных отходов к конкретному классу опасности в порядке, установленном федеральными органами исполнительной власти в области обращения с отходами.

На опасные отходы должен быть составлен паспорт. Паспорт опасных отходов составляется на основании данных о составе и свойствах опасных отходов, оценки их опасности. Порядок паспортизации определяет Правительство Российской Федерации.

В соответствии с **Постановлением от 16 августа 2013 г. № 712 «О порядке проведения паспортизации отходов I – IV классов опасности»** введены Правила проведения паспортизации отходов I–IV классов опасности.

Правила проведения паспортизации отходов I – IV классов опасности

Настоящие Правила определяют порядок проведения паспортизации отходов I — IV классов опасности.

Отношения в области обращения с радиоактивными отходами, биологическими отходами, отходами лечебно-профилактических учреждений, выбросами вредных веществ в атмосферу и со сбросами вредных веществ в водные объекты регулируются соответствующим законодательством Российской Федерации.

Паспорт отходов I — IV классов опасности (далее — паспорт) составляется на основании данных о составе и свойствах этих отходов, а также оценки их опасности в зависимости от степени негативного воздействия на окружающую среду.

Паспорт составляется индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами, в процессе деятельности которых образуются отходы I — IV классов опасности (далее — индивидуальные предприниматели и юридические лица).

Определение данных о составе и свойствах отходов I — IV классов опасности, включаемых в паспорт, осуществляется с соблюдением установленных законодательством Российской Федерации об обеспечении единства измерений требований к измерениям и средствам измерений.

Индивидуальные предприниматели и юридические лица для составления паспорта подтверждают отнесение отходов к конкретному классу опасности в порядке, установленном Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

На отходы I — IV классов опасности, включенные в федеральный классификационный каталог отходов, индивидуальные предприниматели и юридические лица составляют и утверждают паспорт по форме, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 16 августа 2013 г. № 712.

Копия паспорта, заверенного индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами, а также копии документов, подтверждающих отнесение вида

отхода к конкретному классу опасности, направляются в территориальный орган Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по месту осуществления хозяйственной деятельности индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами способом, позволяющим определить факт и дату их получения, или вручаются ими под роспись.

Паспорт действует бессрочно.

Внесение изменений в паспорт не допускается.

На отходы, не включенные в федеральный классификационный каталог отходов, индивидуальные предприниматели и юридические лица обязаны подтвердить отнесение таких отходов к конкретному классу опасности в течение 90 дней со дня их образования в порядке, установленном Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации, для их включения в федеральный классификационный каталог отходов.

### ***Федеральный классификационный каталог отходов (ФККО) и база данных отходов (БДО)***

ФККО относится к государственному кадастру, по которому в регионах ведется отчетность. Пользуясь документом, предприятия рассчитывают затраты на утилизацию, транспортировку списанных веществ, определяют целесообразность новых технологий, учитывают предусмотренные законодательством нормы. Экологи на производствах обязаны регулярно подавать в кадастр сведения о количестве утильсырья и способах его обезвреживания.

Деятельность по переработке, хранению, перевозке, утилизации побочных продуктов 1-4 категорий токсичности должна осуществляться организацией, имеющей лицензию. Предприятие заключает с лицензированными фирмами договор, а для транспортировки разрабатывает паспорт на опасное вещество. Чтобы правильно оформить его, нужно воспользоваться справочными материалами из ФККО, определив, насколько токсичен утилизируемый продукт. Для 5-й категории такого требования нет, но чтобы правильно выбрать транспорт для вывоза, требуется рассчитывать плотность сырья.

Как организован российский классификатор отходов

ФККО – это справочник, разделяющий опасные продукты по категориям. Для классификации учитываются следующие основные признаки веществ:

- область получения;
- производственная технология, в которой они образуются;
- состав, свойства;
- вредное влияние на биосферу.

Вся информация представлена в кодированной форме.

Код ФККО – это последовательность цифр, каждая из которых соответствует уровню классификации.

Верхний уровень называется блоком и характеризует область возникновения фракции. Он делится на типы, подтипы, группы, которые описывают отрасль получения и процесс производства. Подгруппа разделяет сырье по составным элементам, химической структуре.

БДО — это аббревиатура базы данных, которая систематизирует сведения об утилизируемых продуктах, а также всех предприятиях-источниках образования и методах переработки. Как часть государственного кадастра, она помогает правительству следить за обращением с вредными выбросами на территории страны.

База данных представляет собой электронную таблицу, которая ведется службой природопользования и находится на ее официальном сайте. Если вещество есть в ФККО, база его тоже включает. Она содержит следующую информацию об утилизируемом сырье:

- числовой код;

- наименование;
- физическую форму;
- сферу получения;
- критерий воздействия на среду;
- основание — приказ о включении в ФККО.

Дополнительно из первой графы открываются вкладки: состав — с указанием процентного содержания компонентов, примечание и объекты размещения по регионам с информацией о ближайшем населенном пункте и эксплуатирующей организации.

Код ФККО – это последовательность цифр, каждая из которых соответствует уровню классификации.

Верхний уровень называется блоком и характеризует область возникновения фракции. Он делится на типы, подтипы, группы, которые описывают отрасль получения и процесс производства. Подгруппа разделяет сырье по составным элементам, химической структуре.

Информация об агрегатном состоянии продукта зашифрована в позиции. Последний уровень субпозиции — это разделение по вредному воздействию на природу.

Разделение и классификация утилизируемого сырья происходят на основе нескольких признаков. Различают основные группы, отличающиеся по:

- источнику: строительные, бытовые, промышленные, соответствующие блокам ФККО;
- составу: биологические, химические, минеральные, вторичные (металл, пластик, бумага), инертные (песок, кирпич);
- физической форме, в которой они находятся в природе;
- степени воздействия на среду: опасные и нетоксичные.

Пример: код 3 31 211 71 33 4 по ФККО означает резиновый клей, остающийся от производства автомобильных покрышек. Цифры по порядку определяют:

- 3 — блок обрабатывающей промышленности;
- 3 — изделия из пластмассы и резины;
- 1 — получение на резиновом производстве;
- 211 — характер утилизируемого материала при производстве покрышек, числа 241,272 для других групп соответствуют веществам, оставшимся после очистки оборудования;
- 71 — состав;
- 33 — физическая форма;
- 4 — уровень токсичности.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

**Установление значения относительного параметра опасности компонента отхода**

Для каждого первичного показателя опасности компонента отхода установлены 4 интервала его значений либо указаны иные 4 характеристики, которые отвечают четырем уровням опасности компонента отхода. Каждому уровню опасности компонента отхода соответствует определенный балл.

Таблица 1

№ п/п	Наименование первичных показателей опасности компонента отхода	Значения, интервалы и характеристики первичных показателей опасности компонента отхода			
		1	2	3	4
1.	ПДКп <sup>1)</sup> (ОДК), мг/кг	<1	1-10	10,1-100	>100
2.	Класс опасности в почве	1	2	3	-
3.	ПДКв (ОДУ, ОБУВ), мг/л	<0,01	0,01-0,1	0,11-1	>1
4.	Класс опасности в воде хозяйственно-питьевого использования	1	2	3	4
5.	ПДКр.х. (ОБУВ), мг/л	<0,001	0,001-0,01	0,011- 0,1	>0,1
6.	Класс опасности в воде рыбохозяйственного использования	1	2	3	4
7.	ПДКс.с. (ПДКм.р.,ОБУВ), мг/м <sup>3</sup>	<0,01	0,01-0,1	0,11-1	>1
8.	Класс опасности в атмосферном воздухе	1	2	3	4
9.	ПДКпп (МДУ,МДС), мг/кг	<0,01	0,01-1	1,1-10	>10
10.	Lg(S,мг/л/ПДКв,мг.л)	>5	5-2	1,9-1	<1
11.	Lg(Снас,мг/м <sup>3</sup> /ПДКр.з)	>5	5-2	1,9-1	<1
12.	Lg(Снас,мг/м <sup>3</sup> /ПДКс.с.или ПДКм.р.)	>7	7-3,9	3,8-1,6	<1,6
13.	Ig Кow(октанол/вода)	>4	4-2	1,9-0	<0
14.	LD <sub>50</sub> ,мг/кг	<15	15-150	151-5000	>5000
15.	LC <sub>50</sub> ,мг/м <sup>3</sup>	<500	500-5000	5001-50000	>50000
16.	LC <sub>50</sub> <sup>водн.</sup> , мг/л/96ч	<1	1-5	5,1-100	>100
17.	БД= БПК <sub>5</sub> / ХПК	<0,1	0,1-0,6	0,61-0,9	>0,91
18.	Персистентность (трансформация в окружающей природной среде)	Образование более токсичных продуктов, в т.ч. обладающих отдаленными эффектами или новыми свойствами	Образование продуктов с более выраженным влиянием других критериев опасности	Образование продуктов, токсичность которых близка к токсичности исходного вещества	Образование менее токсичных продуктов
19.	Биоаккумуляция (поведение в пищевой цепочке)	Выраженное накопление во всех звеньях	Накопление в нескольких звеньях	Накопление в одном из звеньев	Нет накопления
	<b>БАЛЛ (степень опасности компонента отхода для ОПС)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

Значения первичных показателей опасности отдельных компонентов отхода выбираются по справочным данным из научнотехнической официально изданной литературы. Перечень рекомендуемых источников приведен в Приложении 2; допустимо использование и другой официальной информации.

В случае отсутствия ПДК отдельного компонента отхода допустимо использование другой нормативной величины, указанной в скобках.

При нахождении ПДКп выбираются значения подвижной формы. Допустимо использование значений валового содержания при отсутствии

значений подвижной формы, или если имеется обоснование для подобного выбора.

При нахождении ПДКв (ОДУ, ОБУВ) используются значения ПДК для воды хозяйственно-питьевого назначения.

Растворимость компонента отхода (S) находится из справочников как растворимость в воде при температуре 20°С. При отсутствии данных для температуры 20°С допускается использование данных для «холодной воды».

Если  $S = \infty$ , то  $Lg S/ПДКв = \infty$ , балл = 1

Если  $S = 0$ , то  $Lg S/ПДКв = -\infty$ , балл = 4.

Значения  $S_{нас}$  определяются:

а) по таблицам термодинамических данных [32];

б) рассчитываются по уравнению:

$Lg S_{нас} = A - B/T + CT + DLgT$ ,

коэффициенты которого приведены в [33];

в) рассчитываются по формуле

$S_{нас} = M \cdot P \cdot 1000 / 18,3$ , мг/м<sup>3</sup>,

где: M – молекулярный вес вещества,

P – давление насыщенных паров при 20°С, мм рт. ст.

Если давление насыщенных паров установлено при других температурах, то расчет проводится по формуле:

$S_{нас} = 16 M \cdot P \cdot 1000 / T$  мг/м<sup>3</sup>,

где T – абсолютная температура в градусах К, при которой производилось определение давления насыщенных паров.

Ниже приведены результаты расчетов насыщающих концентраций в воздухе ( $S_{нас}$ ) для некоторых веществ и элементов при 25°С и нормальном давлении.

Наименование элементов	Символ	$S_{нас}$ , мг/м <sup>3</sup>
Свинец	Pb	$3,3 \times 10^{-22}$
Оксид свинца	PbO	$5,7 \times 10^{-35}$
Мышьяк	As	$1,5 \times 10^{-36}$
Мышьяк	As <sub>2</sub>	$4,7 \times 10^{-19}$
Мышьяк	As <sub>4</sub>	$3,2 \times 10^{-9}$
Марганец	Mn	$1,3 \times 10^{-33}$
Цинк	Zn	$2,5 \times 10^{-9}$
Медь	Cu	$3,0 \times 10^{-44}$
Хром	Cr	$4,5 \times 10^{-56}$
Ванадий	V	$5,5 \times 10^{-77}$

Оксид ванадия	VO	$3,4 \times 10^{-85}$
Никель	Ni	$1,8 \times 10^{-43}$
Кадмий	Cd	$3,5 \times 10^{-6}$
Сурьма	Sb <sub>1</sub>	$1,1 \times 10^{-32}$
Сурьма	Sb <sub>2</sub>	$1,2 \times 10^{-24}$
Стронций	Sr	$5,4 \times 10^{-17}$
Ртуть	Hg	270

При наличии в источниках информации нескольких значений для показателей LD<sub>50</sub> и LC<sub>50</sub> (например, для разных видов животных) выбирается величина, соответствующая максимальной опасности, т.е. наименьшее значение LD<sub>50</sub> или LC<sub>50</sub>.

При отсутствии необходимой величины допускается применение ближайшего по смыслу показателя (например: вместо LD<sub>50</sub> при пероральном поступлении можно взять аналогичные данные, полученные при внутривенном, внутривенном и т.п. введении ксенобиотика в организм).

Биологическая диссимилиация определяет устойчивость вещества к биодеградации и равна отношению БПК<sub>5</sub> к ХПК. Значения биологического и химического показателей кислорода (БПК<sub>5</sub> и ХПК) определяют экспериментальным путем.

Для видов отходов, размещаемых непосредственно на поверхности земли без соблюдения требований по обустройству объекта, исключающих попадание загрязнений в окружающую природную среду, (воздух, подземные и поверхностные воды, почва) необходимо определять и учитывать в расчетах рН.

Если рН = 3,5 – 5,0 или рН = 9,0 - 10,0 и если эти отходы по «Критериям ...» отнесены к 5 классу опасности, то они классифицируются как отходы 4 (четвертого) класса опасности для ОПС.

Если показатель рН = 2,5 - 3,5 или рН = 10,1 - 11,5 и если эти отходы по «Критериям...» отнесены к 4 или 5 классу опасности, то они классифицируются как отходы 3 (третьего) класса опасности для окружающей природной среды.

Если показатель рН имеет значение менее 2,5 или более 11,5 и если эти отходы по «Критериям ...» отнесены к 3, 4 или 5 классу опасности, то они классифицируются как отходы 2 (второго) класса опасности для окружающей природной среды.

По каждому показателю в соответствии с его значением выставляют балл от 1 до 4, соответствующий уровню опасности компонента отхода. Соответствующий балл выставляют также уровню информационного обеспечения системы показателей (таблица 2).

Таблица 2

ДИАПАЗОНЫ изменения показателя информационного обеспечения (n /N)	БАЛЛ
<0,5 (n < 6)	1
0,5 –0,7 (n = 6 – 8)	2
0,71 – 0,9 (n = 9 – 10)	3
>0,9 (n > 11)	4

Определяют значение относительного параметра опасности компонента отхода (X) путем деления суммы баллов по всем показателям на число этих показателей. Общее число показателей в системе равно количеству первичных показателей опасности компонента отхода плюс 1 (показатель информационного обеспечения).

#### ***Определение коэффициента степени экологической опасности компонента отхода***

Относительный параметр опасности компонента отхода для i-го компонента отхода (X<sub>i</sub>) связан с унифицированным относительным параметром экологической опасности (Z<sub>i</sub>) следующим соотношением:

$$Z_i = 4 X_i / 3 - 1/3$$

Зависимость между коэффициентом степени экологической опасности  $i$ -го компонента отхода ( $W_i$ ) с унифицированным относительным параметром экологической опасности ( $Z_i$ ) устанавливается следующей функцией:

$$\lg W_i = \begin{cases} 4 - 4 / Z_i ; & \text{Для } 1 \leq Z_i < 2 \\ Z_i ; & \text{Для } 2 \leq Z_i < 4 \\ 2 + 4 / (6 - Z_i) ; & \text{Для } 4 \leq Z_i \leq 5 \end{cases}$$

По найденному  $\lg W_i$  определяют  $W$

**Определение класса опасности отхода**

1.4.1. Показатели степени опасности отдельных компонентов отхода рассчитывают по формулам:

$$K_1 = C_1/W_1; K_2 = C_2/W_2 \dots\dots\dots K_n = C_n/W_n$$

где:

$W_1, W_2, \dots, W_n$  - коэффициент степени экологической опасности  $i$ -го компонента отхода (мг/кг).

$C_1, C_2, \dots, C_n$  - концентрация  $i$ -го компонента в отходе (мг/кг)

Если состав отхода качественно и количественно представлен в виде неорганических соединений (например, NiO - 5%, CuSO<sub>4</sub> - 5%), а значения первичных показателей определены по элементам (Ni, Cu), то концентрация ( $C$ ) каждого отдельного компонента пересчитывается на опасный элемент.

Показатель степени опасности отхода определяют как сумму показателей степени опасности отдельных компонентов отхода:

$$K = K_1 + K_2 + \dots + K_n;$$

где:  $K$  - показатель степени опасности отхода,

$K_1, K_2, \dots, K_n$  - показатели степени опасности отдельных компонентов отхода.

Следует обратить внимание на то, что обязательно должно быть соблюдено следующее условие:

$$C_1 + C_2 + \dots + C_n = 10^6 \text{ (мг/кг)}$$

Это условие полного учета всех компонентов, входящих в отход.

Класс опасности отхода определяется на основе значений показателя степени опасности отхода ( $K$ ) в соответствии с таблицей 3

Таблица 3

Класс опасности отхода	Степень опасности отхода для ОПС (K)
I	$10^6 \geq K > 10^4$
II	$10^4 \geq K > 10^3$
III	$10^3 \geq K > 10^2$
IV	$10^2 \geq K > 10$
V	$K \leq 10$

**Выполнение расчета класса профессиональной программ «Расчет класса опасности отходов для ОС» НПО Логус.**

1. Занести в программу наименование и код отхода

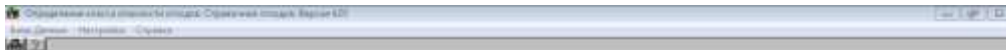


Стратегическая карта

Ид	Наименование отвода по расчетным материалам (для справок)	Наименование отвода в ПИБЕП	Ид отвода по ПИБЕП	Класс отвода	Вид отвода по классности	Внутреннее состояние	Ид
000007610	Наличие отработанных труб 100, 100, и	Наличие отработанных труб 100, 100, и	5410001010003	111	Приоритет	закрыт	текст
000007609	Отходы полимеров (пластмасса) и те	Отходы полимеров (пластмасса) и те	5710000010005	10	Приоритет	закрыт	текст
000007607	Отходы керамич. и стекл. изделий с	Отходы керамич. и стекл. изделий с	5710000010005	10	Приоритет	закрыт	текст
000007607	Аккумуляторы и прочие отработанные	Аккумуляторы и прочие отработанные	875000012000	11	Приоритет	готовое изделие, вторичное сырье	данные
000007602	Отходы электр. аппар. и аппар. ст. аппар.	Отходы электр. аппар. и аппар. ст. аппар.	948000000000	10	Приоритет	запасов сырья	данные
000007602	Фильтры масляные отработ. автомаш.	Фильтры масляные отработ. автомаш.	107000000000	111	Приоритет	готовое изделие, вторичное сырье	данные
000007605	Смесь, загустевшая ИЖ (по формул)	Смесь, загустевшая ИЖ (по формул)	107000000000	111	Приоритет	закрыт	текст
000007606	Смесь, загустевшая ИЖ (по формул)	Смесь, загустевшая ИЖ (по формул)	582000000000	111	Приоритет	закрыто	текст
000007607	Смесь отработанная эмальевая	Смесь отработанная эмальевая	1070000000000	0	Приоритет	готовое изделие, вторичное сырье	данные
000007620	Резь металл. изделия из нержавеющей	Резь металл. изделия из нержавеющей	353000000000	11	Приоритет	закрыт	текст
000007629	Наши, окалины и стружки ртутьсодержащ	Наши, окалины и стружки ртутьсодержащ	353000000000	11	Приоритет	закрыт	текст
000007630	Отработанные пробы и отходы	Отработанные пробы и отходы	953000001000	11	Приоритет	готовое изделие, вторичное сырье	данные
000007607	Фильтры масляные отработ. автомаш.	Фильтры масляные отработ. автомаш.	310000000000	0	Приоритет	закрыт	текст
000007602	Масл. смазки и стружки, содержащие ИЖ	Масл. смазки и стружки, содержащие ИЖ	554000000000	111	Приоритет	закрыт	текст
000007602	Растворители отработ. автомаш.	Растворители отработ. автомаш.	554000000000	11	Приоритет	закрыт	текст
000007606	Моторные отходы отработ. автомаш.	Моторные отходы отработ. автомаш.	547000000000	10	Приоритет	запасов сырья	данные
777777777	222222222222	отходы отработ. автомаш.	111000000000	11	Закрыт	закрыт	текст
777777777	Отходы аккумуляторов	Отходы аккумуляторов	821000001000	11	Приоритет	готовое изделие, вторичное сырье	данные



## 2. Заполнить пустые клетки в этой форме



Стратегическая карта

Ид	Наименование отвода по расчетным материалам (для справок)	Наименование отвода в ПИБЕП	Ид отвода по ПИБЕП	Класс отвода	Вид отвода по классности	Внутреннее состояние	Ид
000007616	Отходы металлопластиковых материалов						
000007617	Перез. использованные кож. изделия, не						
000007618	Фильтры масляные отработ. автомаш.						
000007610	Наличие отработанных труб 100, 100, и						
000007630	Отходы полимеров (пластмасса) и те						
000007627	Отходы керамич. и стекл. изделий с						
000007622	Аккумуляторы и прочие отработанные						
000007625	Отходы электр. аппар. и аппар. ст. аппар.						
000007624	Фильтры масляные отработ. автомаш.						
000007625	Смесь, загустевшая ИЖ (по формул)						
000007626	Смесь, загустевшая ИЖ (по формул)						
000007627	Смесь отработанная эмальевая						
000007620	Резь металл. изделия из нержавеющей						
000007629	Наши, окалины и стружки ртутьсодержащ						
000007630	Отработанные пробы и отходы						
000007607	Фильтры масляные отработ. автомаш.						
000007602	Масл. смазки и стружки, содержащие ИЖ						
000000000	Отходы аккумуляторов						

Стратегическая карта

Ид: 000000000

Наименование отвода в ПИБЕП: [Поиск]

Ид отвода по ПИБЕП: 0211000010000

Класс отвода: 11

Вид отвода по классности: Приоритет

Внутреннее состояние: готовое изделие, вторичное сырье

Дет. описание и паспорт отвода:

наименов...	Расчет класса	Расчет класса
	выполнить по	выполнить по
	"Классификац. ..."	Сайт(И) ПИБЕП.

Суммарный %: 0, 00

Наименование отвода по расчетным материалам (для справок):

Ид отвода по ПИБЕП:

Ид отвода по ПИБЕП: [Поиск]    Ид отвода по ПИБЕП: [Поиск]

Паспорт: 0, 0000 /сбд

Дет. описание:

Группы объектов отвода:

Исключенные объекты отвода:

- [Поиск]
- [Поиск]
- [Поиск]

Свойства отвода:

Паспорт: 0000000000000

Описание: [Поиск]

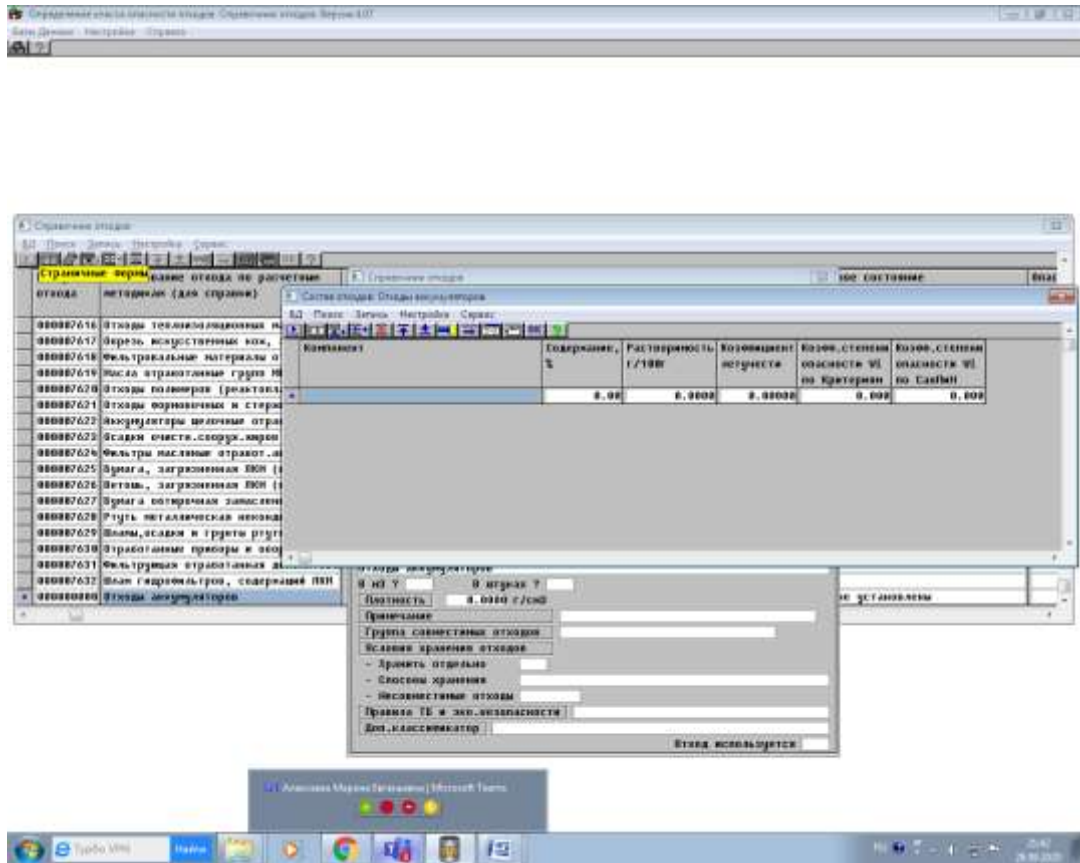
Ид классификации:

Ид отвода по классности:

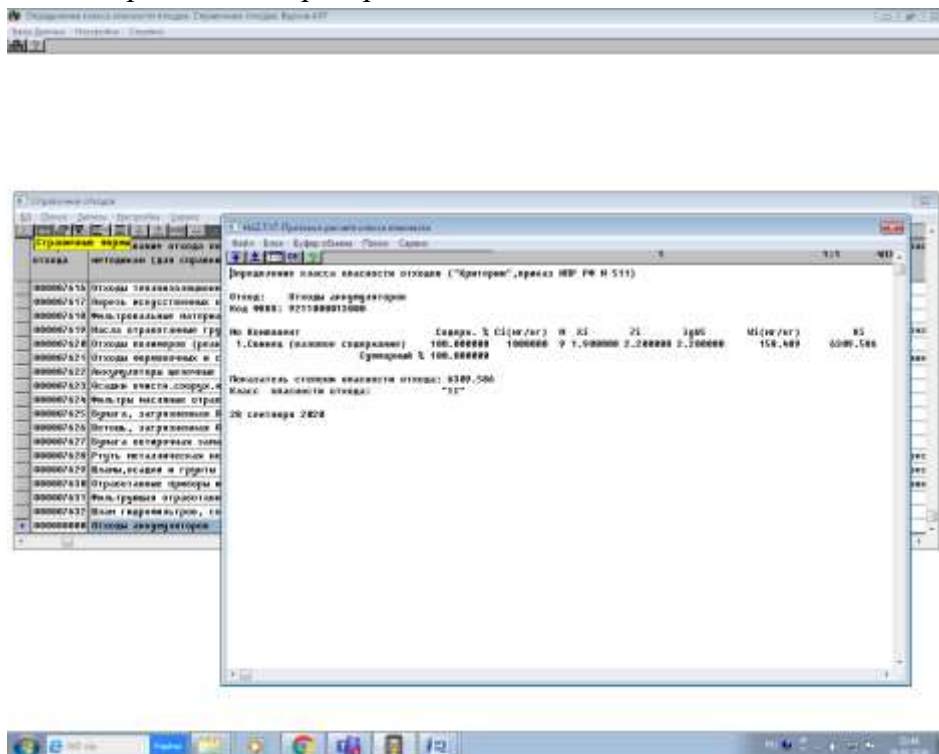




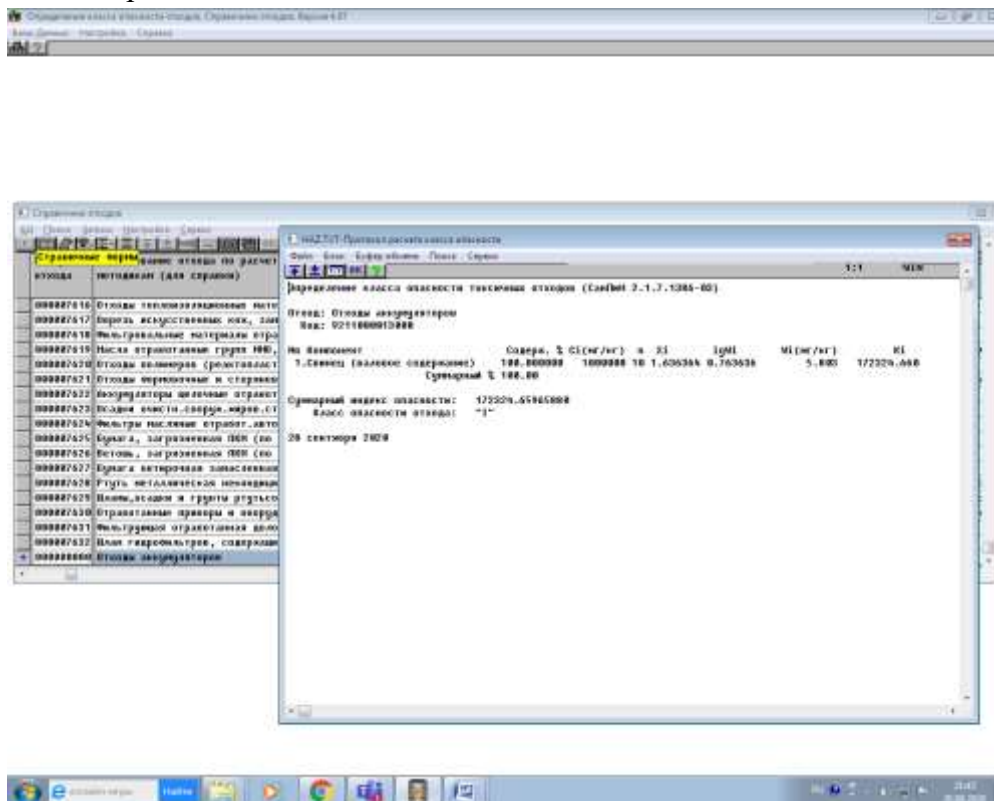
### 3. Внести исходные данные своего варианта



### 4. Сделать расчет по «Критериям.....»



5. Сделать расчет по «СанПиН»



6. Оформить скриншоты проведенного расчета в один файл. Прикрепить к заданию.

**Используемая литература:**

- Приказ Минприроды России от 04.12.2014 N 536 "Об утверждении Критериев отнесения отходов к I - V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду"

- СП 2.1.7.1386-03 Санитарные правила установления класса опасности токсических отходов производства и потребления

**Практико-ориентированное задание №2.** Составление сводных характеристик климатических условий для заданного района.

**Цель работы:** собрать и проанализировать метеорологическую и климатическую информацию для заданного района.

#### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

Пользуясь литературными данными необходимо составить сводную характеристику климатических условий согласно своему варианту.

Справочная литература:

1. Справочник по климату СССР “Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние” (Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области и Башкирская АССР). Выпуск 9, часть I, Гидрометеорологическое изд-во, 1966.

2. Справочник по климату СССР “Температура воздуха и почвы” (Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области и Башкирская АССР). Выпуск 9, часть II, Гидрометеорологическое изд-во, 1966.

3. Справочник по климату СССР “Ветер” (Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области и Башкирская АССР). Выпуск 9, часть III, Гидрометеорологическое изд-во, 1966.

4. Справочник по климату СССР “Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров” (Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области и Башкирская АССР). Выпуск 9, часть IV, Гидрометеорологическое изд-во, 1966.

5. Справочник по климату СССР “Облачность и атмосферные явления” (Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области и Башкирская АССР). Выпуск 9, часть V, Гидрометеорологическое изд-во, 1966.

#### ФОРМА ОТЧЕТНОСТИ.

### 2.1. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние

#### 2.1.1. Солнечная радиация и радиационный баланс

Данные по солнечной радиации и радиационному балансу приводятся на основе материалов актинометрических наблюдений метеорологических станций.

В комплекс актинометрических наблюдений входят измерения прямой и рассеянной радиации, приходящей к земной (деятельной) поверхности, отраженной радиации от земной поверхности и радиационного баланса земной поверхности. Деятельной поверхностью называют поверхность почвы, воды или растительности, непосредственно поглощающую солнечную и атмосферную радиацию и отдающую излучение в атмосферу.

Солнечная радиация, поступающая на деятельную поверхность в виде пучка параллельных лучей, исходящих непосредственно от диска солнца, называется *прямой солнечной радиацией*.

Часть солнечной радиации, поступающей на земную поверхность со всех точек небесного свода после рассеяния в атмосфере, называется *рассеянной радиацией*. На актинометрических станциях измеряется рассеянная радиация, поступающая на горизонтальную поверхность.

Общий приход солнечной радиации на горизонтальную поверхность, состоящий из прямой и рассеянной радиации, называется *суммарной радиацией*.

В каждый момент времени на земной поверхности осуществляется приход и расход лучистой энергии. Алгебраическая сумма приходных и расходных составляющих радиации называется *радиационным балансом*.

В зависимости от соотношения приход и расходных составляющих радиационного баланса бывает положительный (если поверхность земли поглощает больше радиации, чем отдает, поток направлен к земле) и отрицательный (если поверхность земли поглощает радиации меньше, чем отдает, поток направлен от земли).

Радиационный баланс деятельной поверхности является ведущим компонентом теплового баланса, он определяет величину и знак потоков тепла в воздух и почву, суточный ход испарения и конденсации.

Величина радиационного баланса может быть определена либо как сумма составляющих, каждая из которых измерена отдельно, либо непосредственно измерена прибором, как это принято при актинометрических наблюдениях.

Для измерения солнечной радиации используются приборы, приемной частью которых являются термоэлементы. Прямая радиация измеряется термоэлектрическим актинометром; рассеянная, отраженная и суммарная радиация термоэлектрическим альбедометром; радиационный баланс термоэлектрическим балансометром.

### Характеристика радиационного баланса

Солнечная радиация является главным источником тепловой энергии для всех природных процессов, развивающихся в атмосфере, гидросфере и в верхних слоях литосферы. Наряду с этим использование солнечной энергии имеет исключительное значение в хозяйственной деятельности человека.

Характеристика радиационного режима, в кратком изложении, имеет целью дать общее представление о закономерностях пространственного и временного распределения солнечной радиации и радиационного баланса.

Приход солнечной радиации определяется прежде всего астрономическим фактором - продолжительностью дня и высотой солнца.

Солнечная радиация, поступающая на земную поверхность, является одним из основных климатообразующих факторов. В свою очередь она в значительной степени зависит от циркуляции атмосферы (проявляется через облачность и прозрачность атмосферы) и особенностей подстилающей поверхности (высоты над уровнем моря, закрытости горизонта, альбедо поверхности).

Суточный ход солнечной радиации и радиационного баланса определяется прежде всего изменением высоты солнца в течение дня. Поэтому максимальную солнечную радиацию, при наличии облачности или при ясном небе, наблюдается в полдень.

Таблица 2.1

*Отношение месячных сумм прямой и солнечной радиации на горизонтальную поверхность к суммарной (%). Свердловская область.*

станции	С										I	II	од	
	I	II	V		I	II	III	X						

Таблица 2.2

*Экстремальные суммы солнечной радиации (ккал/см<sup>2</sup> месяц) на горизонтальную поверхность (1-я строка максимальные, 2-я строка минимальные).*

станции	С	исло лет наблюдений	С										I	II	
			I	II	V		I	II	III	X					

Таблица 2.3

Максимальные (1-я строка) и минимальные (2-я строка) суммы радиационного баланса (ккал/см<sup>2</sup> месяц).

Станции	число лет наблюдений	I					II					III	
		I	II	V			I	II	III	X		I	II

### 2.1.2 Солнечное сияние

Продолжительность солнечного сияния регистрируется прибором гелиографом, который автоматически отмечает промежутки времени, в продолжение которых светило солнце. В настоящее время на сети метеорологических станций Союза ССР основным прибором для записи солнечного сияния является гелиограф обыкновенной или универсальной модели. Прожоги на ленте по гелиографу универсальной модели начинаются при достижении напряжения радиации 0,3 - 0,4 ккал/см.

Обычно гелиограф устанавливается на высоте 2 м от поверхности земли на открытом месте, в любое время года освещаемом лучами солнца от восхода до захода.

#### Характеристика солнечного сияния

Большая протяженность территории с севера на юг (от 62 до 52° с. ш.), наличие почти меридионально направленных Уральских гор обуславливают большое разнообразие в распределении солнечного сияния. В общем продолжительность солнечного сияния по мере продвижения с севера на юг возрастает. Зимой продолжительность солнечного сияния с увеличением широты убывает быстрее, чем летом, как из-за уменьшения длительности дня, так и из-за возрастания облачности с широтой.

Наибольшая за год продолжительность солнечного сияния наблюдается в июне, наименьшая - в декабре. В отдельных районах наибольшее число часов солнечного сияния приходится на июль.

Таблица 2.4

Продолжительность солнечного сияния.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Город													
Средняя													

## 2.2. Температура воздуха и почвы

### 2.2.1. Температура воздуха

Сведения о температуре воздуха приводятся на основе показаний жидких термометров, помещенных в психометрическую будку на высоте 2 м.

Собственная температура различных поверхностей, расположенных открыто, измеренная одновременно в различной степени отличается от температуры, измеренной в будке в тот же момент.

Таблица 2.5

Средняя месячная и годовая температура воздуха.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Город												

Таблица 2.6

*Средняя минимальная температура воздуха.*

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Город												

### 2.2.2. Температура почвы

Наблюдение за тепловым состоянием почвы производится от поверхности до глубины 3,2 м.

*Средняя месячная максимальная и минимальная температура поверхности почвы*

Температура поверхности почвы измеряется жидкостными термометрами: ртутными (срочные и максимальные) и спиртовыми (минимальные).

Таблица 2.7

*Средняя месячная максимальная и минимальная температура поверхности почвы.*

Температура поверхности почвы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Город													
Средн.													
Сред. Мах													
Сред. Мин													

Таблица 2.8

*Глубина промерзания почвы (см)*

№ Станции	Станция	XI	XII	I	II	III	Из максимальных за зиму		
							Средняя	Наименьшая	Наибольшая

## 4.3. Ветер

### 4.3.1. Ветер

Ветровой режим в умеренных широтах СССР формируется под влиянием основных климатических центров действия атмосферы (циклонов и антициклонов), стационарирующих над Северной Атлантикой и над континентом Евразии.

Географическое распределение различных направлений ветра и его скоростей определяется сезонным режимом барических образований. Зимой под влиянием западного отрога азиатского антициклона наблюдается увеличение южных и юго-западных ветров.

Летом режим ветра над территорией Уральского УГМС связан преимущественно с воздействием отрога азорского антициклона. Распределение повторяемости направлений ветра в этот период имеет очень сложный характер. Преобладающими направлениями ветра являются северное, северо-западное и западное, но процент их от числа ветров всех направлений невелик (15—25% случаев). Летом нередко отмечается по два преобладающих направления, либо с севера

и северо-запада, либо с севера и запада.

В целом за год на большей части территории преобладают ветры юго-западного направления, но из-за сложности рельефа и почти меридионального (вдоль 60° в. д.) расположения Уральского хребта нередко преобладающим направлением в отдельных районах является южное или западное.

Средние многолетние значения скорости ветра являются хорошими сравнительными характеристиками. Несмотря на сложность и разнообразие рельефа на территории прослеживается в определенных физико-географических условиях характерная именно для этих условий повторяемость скоростей ветра. Для большей части территории характерны слабые и умеренные ветры (от 0 до 5 м/сек). Повторяемость скоростей ветра 0—5 м/сек составляет 75—90% случаев, причем слабые ветры (0—1 м/сек) составляют 20—35% случаев, а в долинах, расположенных между холмами, слабые ветры составляют 40% случаев. По характеру кривых повторяемостей выделяются группы станций в зависимости от степени защищенности (открытые, полузащищенные и защищенные), а также станции, ветровой режим которых определяется особенностями рельефа местности.

Наибольшая повторяемость слабых и умеренных ветров (до 5 м/сек) приходится на летние месяцы, а скоростей ветра 6—10 м/сек — на холодное время года или переходные сезоны. Скорости ветра >10 м/сек наблюдаются сравнительно редко, и повторяемость большей частью составляет менее 8%.

Таблица 4.9  
Средняя месячная и годовая скорость ветра(м/сек).

№ станции	Станция	Высота флюгера (м)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год

Таблица 4.10  
Повторяемость направления ветра и штилей (%).

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Город									
I									
II									
III									
IV									
V									
VI									
VII									
VIII									
IX									
X									
XI									
XII									
Год									

Примечание: 1. Повторяемость ветра вычислена в процентах от числа случаев ветра. 2. Повторяемость штилей приводится в процентах от общего числа случаев наблюдений.

#### 4.4. Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров

#### 4.4.1. Влажность воздуха

Влажность воздуха имеет большое значение для многих отраслей народного хозяйства: для сельского хозяйства, различных отраслей промышленности.

Водяной пар является неустойчивой составной частью атмосферы. Содержание его сильно меняется в зависимости от физико-географических условий местности, времени года и циркуляционных особенностей атмосферы, состояния поверхности почвы и т. п. О влажности воздуха можно судить по величине упругости водяного пара, относительной влажности и недостатку насыщения воздуха водяным паром.

Величина упругости водяного пара характеризует влагосодержание воздуха и подвержена значительным изменениям вследствие большой неоднородности рельефа территории, изменения характера и состояния подстилающей поверхности.

Годовой ход упругости водяного пара очень сходен с годовым ходом температуры воздуха. По этой причине упругость водяного пара в общем увеличивается с севера на юг (зональное распределение) почти в течение года, следуя распределению температуры воздуха. Исключение составляют горные районы, где широтные зоны смещаются на юг.

Относительная влажность воздуха, характеризующая степень насыщения воздуха водяным паром, имеет также своеобразное распределение. Влияние циркуляционных особенностей, а также формы рельефа, близости водоемов, лесных массивов, заболоченных почв и т. д. сказывается на величине изменения относительной влажности наиболее отчетливо. В годовом ходе распределение относительной влажности воздуха наибольший интерес представляет в дневное время, когда наблюдается относительная влажность, близкая к минимуму и наиболее интенсивное испарение. В ночные часы относительная влажность обычно высока в течение всего года.

Таблица 4.11

*Средняя месячная и годовая относительная влажность воздуха (№).*

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год

Величина недостатка насыщения воздуха водяным паром распределяется в годовом ходе от тех же причин, что и относительная влажность. В соответствии с высокой относительной влажностью воздуха и низкими температурами минимальным недостаток насыщения воздуха водяным паром оказывается в ноябре - январе, когда средняя величина его не превышает 0,5 мб. Максимальные значения недостатка насыщения наблюдается в июне. Средняя величина его в горных районах составляет 6 - 7 мб, а на прилегающих равнинах - 8 - 10 мб, увеличиваясь с севера на юг. Значительный недостаток насыщения отмечается в июле, августе. С сентября с увеличением относительной влажности и понижением температуры воздуха недостаток насыщения уменьшается.

Таблица 4.12

*Средний месячный и годовой дефицит насыщения (гПа).*

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год

#### 4.4.2. Атмосферные осадки

Количество и распределение осадков в течение всего года определяется циклонической деятельностью атмосферы и особенностями рельефа рассматриваемой территории. Меридиональная направленность Уральских гор обуславливает увеличение осадков на западных наветренных склонах и уменьшает их на восточных подветренных.

По степени увлажнения горная часть территории и склоны гор, особенно западная, относятся к зоне избыточного увлажнения. Районы, примыкающие непосредственно к склонам гор, относятся к зоне достаточного увлажнения.

Таблица 4.13

*Среднее количество осадков, приведенных к показателям осадкомера (мм).*



№ Станции	Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год

Годовые суммы осадков состоят из твердых, смешанных и жидких. В среднем на долю твердых осадков на рассматриваемой территории приходится 20 - 35 %, на долю жидких - 50 - 75 % и на долю смешанных (мокрый снег, снег с дождем и т.д.) - 10 - 15 % от годовой суммы. Длительность периода с тем или иным видом осадков на территории изменяется сравнительно мало, т.к. вид осадков в основном зависит от общеклиматических факторов.

*Таблица 4.14  
Твердые (т), жидкие (ж) и смешанные (с) осадки в процентах от общего количества.*

Вид осадков	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Город													
Т													
Ж													
Т													

Годовой ход осадков по всей территории имеет общие черты, свойственные континентальному климату: основное количество осадков выпадает в теплое время года, причем переход от малых зимних осадков к значительным совершается в большинстве районов быстро особенно в Зауралье.

#### 4.4.3. Снежный покров

Зима в пределах рассматриваемой территории - самый продолжительный из всех сезонов года. Из общего количества осадков, выпадающих за год, 20—35% составляют твердые осадки, содержащие основное количество запасов воды. Именно снежный покров создает основной источник для весеннего питания рек. Снежный покров является одним из важнейших факторов, влияющих на формирование климата.

Все физико-географические процессы зимой, в том числе и температурный режим, промерзание почвы, условия перезимовки озимых культур, накопление влаги в почве и т. д., зависят как от высоты, так и от характера залегания снежного покрова.

Характер залегания снежного покрова в сильной степени зависит от скорости ветра и условий открытости или защищенности места.

*Таблица 4.15  
Средняя декадная высота снежного покрова по постоянной рейке ( см ).*

Участок	IX			X		XI			XII			
	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Город												
В поле												

*Продолжение таблицы.*

I			II			III			IV		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Город											

*Продолжение таблицы.*

V		VI		Наибольшая за зиму		
1	2	1	Среднее		Максимальное	Минимальное
Город						

*Таблица 4.16*

*Плотность снежного покрова по снегосъемкам на последний день декады (кг/м<sup>3</sup>).*

Участок	IX		X			XI			XII			I		
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Город														
В поле														

*Продолжение таблицы.*

II			III			IV			V		Средняя при наибольшей декадной высоте
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
Город											

## 4.5. Облачности и атмосферных явлений

Режим облачности и атмосферных явлений (туманы, метели, грозы, град) на рассматриваемой территории в основном обуславливаются особенностями циркуляции атмосферы в отдельные сезоны и влияние рельефа.

Рассматриваемая территория отчетливо подразделяется на зоны с различной степенью увлажнения. Такое разнообразие природных ландшафтов при значительной неоднородности рельефа приводит к большому разнообразию в распределении по территории облачности и атмосферных явлений.

### 4.5.1. Облачность

Средний многолетний режим облачности под влиянием циркуляционных процессов, определяющих преобладающее направление воздушных масс и их влагосодержание, а также под влиянием воздействия подстилающих поверхностей.

Под влиянием изменения притока солнечной радиации и характера подстилающих поверхности меняются процессы по сезонам, в соответствии с которыми изменяется количество облачности и форма облаков.

В осенние месяцы и в первую половину зимы, когда наиболее развит циклонический тип погоды, сплошная облачность покрывает весь район. В пониженной части Среднего Урала общая облачность уменьшается до 80%. В предгорьях и горных районах облачность заметно возрастает, причем в теплое время больше сказывается влияние высоты места, чем формы рельефа. В Зауралье в течение года наблюдается небольшое число случаев низкой облачности (около 7%), а в январе и феврале не отмечено ни одного случая с такой облачностью.

Образование низкой облачности в сложных орографических условиях в значительной степени зависит от направления ветра.

*Таблица 4.17.*

*Число ясных и пасмурных дней по общей и нижней облачности.*

Число дней	Облачность	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
		Город												
Ясная	Общая													
	Нижняя													
Пасмурная	Общая													
	Нижняя													

Таблица 4.18.

Повторяемость ясного (0-2), полужасного (3-7) и пасмурного (8-10) состояния неба по общей и нижней облачности (%).

Облачность, баллы (от-до)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Город												
Общая												
0-2												
3-7												
8-10												
Нижняя												
0-2												
3-7												
8-10												

#### 4.5.2. Атмосферные явления

##### 4.5.2.1. Туманы

Распределение туманов на рассматриваемой территории отличается значительной пестротой. Это объясняется большим разнообразием как физико-географических условий территории, так и особенностями атмосферной циркуляции.

Основной причиной образования туманов является выхолаживание воздуха от подстилающей поверхности, обусловленное эффективным излучением. Таким образом, в результате охлаждения земной поверхности путем излучения, а также в следствии континентального климата, на всей территории в основном преобладает радиационный туман.

В условиях крупного города зимой образуется много радиационных туманов. Максимум

числа дней с туманом приходится на январь. Оп связан с тем, что в холодный период при сильных морозах промышленные дымы, копоть играет роль ядер конденсации и при дополнительном поступлении водяного пара существенно способствуют возникновению тумана.

Зимой продолжительность туманов обычно больше, чем летом.

Таблица 4.19.

Среднее число дней с туманом.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	X-III	IV-IX	Год
Город														

Таблица 4.20.

Наибольшее число дней с туманом.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Период		Год
												X-III	IV-IX	
Город														

#### 4.5.2.2. Метели

На рассматриваемой территории в зимний период, когда происходит усиление циклонической деятельности, метели - обычное явление. В зависимости от физико-географических и циркуляционных условий и общей защищенности местности в одних районах повторяемость и интенсивность больше, в других повторяемость их меньше и они слабее.

Основная роль в синоптических процессах, вызывающих метели, принадлежит циклонам. При прохождении циклонов усиливается ветер, при котором возникают метели. Они могут возникать при циклонах различного происхождения, но чаще всего бывают связаны с прохождением южных и западных циклонов, которые вызывают кратковременное повышение температуры воздуха, усиление ветра и сильные метели. Особенно сильное развитие метелей происходит при приближении циклона к усиливающемуся антициклону, когда значительно увеличиваются горизонтальные барические градиенты и возрастает скорость ветра. Образование больших барических градиентов впереди циклона обычно приводит к расширению зоны метелей, так как при усилении ветра поземки и низовые метели начинаются еще задолго до прохождения теплого фронта.

Продолжительность метелей, как и число дней с метелью, оказывается наибольшей на открытых склонах, возвышенностях и вершинах гор.

Поземки чаще наблюдаются в области антициклона. Они обычно отмечаются при более низких температурах, когда снег сухой. В этих случаях достаточно небольшого усиления ветра, чтобы возникла поземная метель.

Среднее число дней с поземком меняется в зависимости как от формы рельефа, состояния снежного покрова, так и от общей защищенности местности. Больше всего поземков бывает в степной части территории и на открытых возвышенных местах (более 15 дней в год).

Зимой в условиях преобладания западного отрога азиатского антициклона наблюдается увеличение в Зауралье - юго-западных и западных ветров, при которых чаще всего наблюдаются метели. Очень редко метели отмечаются при северных ветрах.

Скорость ветра при метелях еще в большей степени, чем направление зависит от физико-географических условий и общей защищенности местности. Метели наблюдаются как при малых, так и при больших скоростях ветра.

*Таблица 4.21.  
Среднее число дней с метелью.*

IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	Год
Город										

*Таблица 4.22.*

*Среднее число дней с поземкой.*

IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	Год
Город									

#### *4.5.2.3. Грозы*

Образование гроз связано с прохождением холодных фронтов, с процессами конвенции и мощными восходящими потоками в атмосфере.

Термические внутримассовые грозы бывают редко. Возникновение гроз тесно связано с условиями орографии.

Наиболее часто грозы возникают при наличии малоподвижного арктического антициклона над районом среднего Урала. Эти грозы образуются как при прохождении фронта, так и внутри воздушной массы.

На рассматриваем территории грозы наблюдаются преимущественно с апреля по сентябрь.

*Таблица 4.23.*

*Среднее число дней с грозой.*

III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Год
Город								

*Таблица 4.24.*

*Средняя продолжительность гроз ( часы).*

IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Год	В день с грозой
Город								

#### *4.5.2.4. Град*

Град наблюдается преимущественно в теплый период. Обычно он выпадает пятнами. Редко град выпадает полосами, протяженностью в несколько километров и шириной до 1-1.5 км. Выпадение града обычно сопровождается ливневыми осадками, грозами, иногда шквалистым ветром. Град во время грозы чаще всего выпадает при вторжениях холодных масс воздуха и бывает нередко крупных размеров.

Выпадение града связано с прохождением областей пониженного давления, неустойчивостью воздушных масс и местными орографическими факторами. На увеличение или уменьшение числа случаев выпадения града большое влияние оказывают возвышенности и горы, а также крупные водоемы, лесные массивы. В равнинных условиях даже небольшие возвышенности влияют на увеличение числа случаев выпадения града.

*Таблица 4.25.*

*Среднее число дней с градом.*

IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Год
Город							

**Практико-ориентированное задание №3 Расчет основных среднегодовых гидрологических характеристик стока реки. Построение профиля реки.**

**Цель работы:** Провести расчет основных среднегодовых гидрологических характеристик стока реки.

**ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ**

**ТЕМА 1. ОСНОВНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕКИ**

**Задание 1.** По данным таблицы 1 определите основные среднегодовые гидрологические характеристики стока рек.

Таблица 1.

Среднемесячные расходы воды рек ( $Q$ ).

№ варианта	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	18.6	15.3	11.4	18.0	28.2	50.0	34.3	19.2	17.0	16.0	16.2	13.0
2	19.3	16.0	12.1	18.7	28.9	50.7	35.0	19.9	17.7	16.7	16.9	13.7
3	20.0	16.7	12.8	19.4	29.6	51.4	35.7	20.6	18.4	17.4	17.6	14.4
4	18.3	15.0	11.1	17.7	27.9	49.7	34.0	18.9	16.7	15.7	15.9	12.7
5	19.0	15.7	11.8	18.4	28.6	50.4	34.7	19.6	17.4	16.4	16.6	13.4
6	19.7	16.4	12.5	19.1	29.3	51.1	35.4	20.3	18.1	17.1	17.3	14.1
7	19.5	16.2	12.3	18.9	29.1	50.9	35.2	20.1	17.9	16.9	17.1	13.9
8	20.2	16.9	13.0	19.6	29.8	51.6	35.9	20.8	18.6	17.6	17.8	14.6
9	18.1	14.8	10.9	17.5	27.7	49.5	33.8	18.7	16.5	15.5	15.7	12.5
10	18.8	15.5	11.6	18.2	28.4	50.2	34.5	19.4	17.2	16.2	16.4	13.2
$X = 685 \text{ мм}$						$F = 5000 \text{ км}^2$						

**Ход решения:**

Для количественной оценки стока рек применяются следующие характеристики:

1. **Расход воды ( $Q$ ), м<sup>3</sup>/с** – количество воды, проходящее через поперечное сечение реки за 1 секунду. Расход воды равен произведению площади водного сечения реки на среднюю для этого сечения скорость течения.

$$\bar{Q} = \frac{\sum Q_{I-XII}}{12} \quad (1)$$

2. **Объем стока ( $W$ ), м<sup>3</sup> или км<sup>3</sup>** – количество воды, проносимое рекой через ее поперечное сечение за промежуток времени  $T$  суток.

$$W = 86400 \cdot \bar{Q}T \text{ [м}^3\text{]} = 8,64 \cdot 10^{-5} \bar{Q}T \text{ [км}^3\text{]} \quad (2)$$

где  $Q$  – средний расход воды за время  $T$  суток, м<sup>3</sup>/с;  
86400 – количество секунд в 1 сутках.

**3. Модуль стока ( $M$ ) л/(с·км<sup>2</sup>)** — количество воды, стекающей с единицы площади в единицу времени.

$$M = 10^3 \cdot \frac{Q}{F} \quad (3)$$

где  $F$  - водосборная площадь в км<sup>2</sup>.

**4. Слой стока ( $Y$ ), мм** – количество воды, стекающей с водосбора за какой-либо интервал времени, равное толщине слоя, равномерно распределенного по площади этого водосбора.

$$Y = \frac{86.4 \cdot QT}{F} \quad (4)$$

Слой стока за год в миллиметрах:

$$Y = 31.54 M \quad (5)$$

**5. Коэффициент стока ( $k$ )** - отношение слоя стока к слою выпавших на площадь водосборного бассейна осадков, обуславливающих формирование данной величины стока.

$$k = \frac{Y}{X} \quad (6)$$

где  $X$  – слой выпавших на площадь водосборного бассейна осадков, мм. Коэффициент стока - величина безразмерная, изменяется от 0 до 1.

**Задание 2.** По данным таблицы 2 определите основные характеристики поперечного профиля рек. Постройте профиль реки на миллиметровой бумаге (вертикальный и горизонтальный масштаб выбрать самостоятельно).

К основным характеристикам поперечного профиля реки относятся (рис. 1):

**1. Ширина потока ( $B$ , м)** - кратчайшее расстояние между урезами воды на берегах:

$$B_{\text{общ}} = L_{\text{УПБ}} - L_{\text{УЛБ}} = \sum b_i; \quad b_1 = l_1 - L_{\text{УЛБ}}; \quad b_2 = l_2 - l_1 \quad (7)$$

Таблица 2.

## Характеристики поперечного профиля рек

вариант	показатель	номер промерной вертикали												
		УЛБ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	УПБ
1	расстояние от ПН, м	11	12.2	12.6	13.0	13.8	15.0	15.5	16.3	17.0	17.5	17.8	18.6	19
	глубина, м	0	0.10	0.21	0.32	0.54	0.60	0.84	1.00	0.90	1.00	1.20	0.9	0
2	расстояние от ПН, м	11.7	12.9	13.3	13.7	14.5	15.7	16.2	17.0	17.7	18.2	18.5	19.3	19.7
	глубина, м	0	0.30	0.41	0.52	0.74	0.80	1.04	1.20	1.10	1.20	1.40	1.10	0
3	расстояние от ПН, м	12.4	13.6	14.0	14.4	15.2	16.4	16.9	17.7	18.4	18.9	19.2	20	20.4
	глубина, м	0	0.25	0.36	0.47	0.69	0.75	0.99	1.15	1.05	1.15	1.35	1.05	0
4	расстояние от ПН, м	13.1	14.3	14.7	15.1	15.9	17.1	17.6	18.4	19.1	19.6	19.9	20.7	21.1
	глубина, м	0	0.45	0.56	0.67	0.89	0.95	1.19	1.35	1.25	1.35	1.55	1.25	0
5	расстояние от ПН, м	10.7	11.9	12.3	12.7	13.5	14.7	15.2	16.0	16.7	17.2	17.5	18.3	18.7
	глубина, м	0	0.35	0.46	0.57	0.79	0.85	1.09	1.25	1.15	1.25	1.45	1.15	0
6	расстояние от ПН, м	11.4	12.6	13.0	13.4	14.2	15.4	15.9	16.7	17.4	17.9	18.2	19.0	19.4
	глубина, м	0	0.55	0.66	0.77	0.99	1.05	1.29	1.45	1.35	1.45	1.65	1.35	0
7	расстояние от ПН, м	12.1	13.3	13.7	14.1	14.9	16.1	16.6	17.4	18.1	18.6	18.9	19.7	20.1
	глубина, м	0	0.17	0.28	0.39	0.61	0.67	0.91	1.07	0.97	1.07	1.27	0.97	0
8	расстояние от ПН, м	12.0	13.2	13.6	14.0	14.8	16.0	16.5	17.3	18	18.5	18.8	19.6	20
	глубина, м	0	0.12	0.23	0.34	0.56	0.62	0.86	1.02	0.92	1.02	1.22	0.92	0
9	расстояние от ПН, м	12.7	13.9	14.3	14.7	15.5	16.7	17.2	18.0	18.7	19.2	19.5	20.3	20.7
	глубина, м	0	0.60	0.71	0.82	1.04	1.10	1.34	1.50	1.40	0.70	0.90	0.60	0
10	расстояние от ПН, м	13.4	14.6	15.0	15.4	16.2	17.4	17.9	18.7	19.4	19.9	20.2	21.0	21.4
	глубина, м	0	0.15	0.26	0.37	0.59	0.65	0.89	1.05	0.95	1.05	1.25	0.95	0



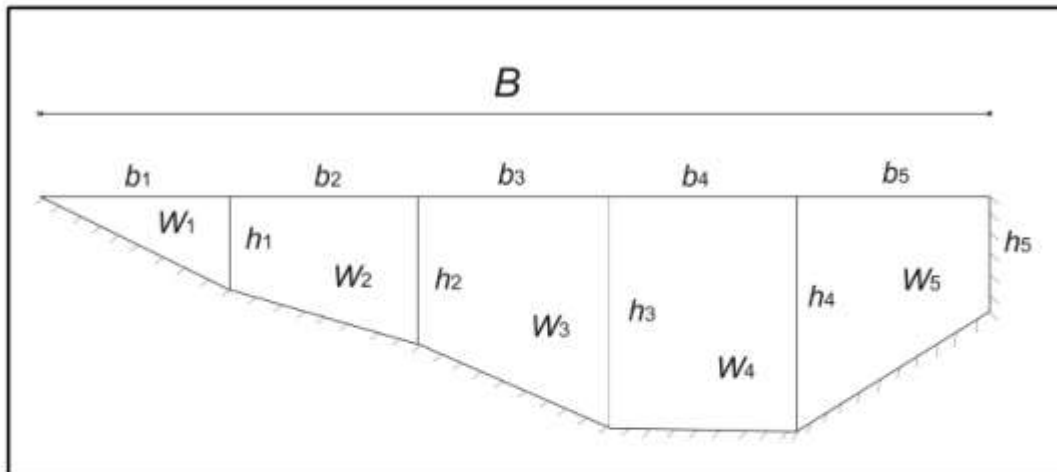


Рис. 1. Схема поперечного профиля реки

**2. Площадь водного сечения потока ( $W$ , м<sup>2</sup>)** - сечение русла реки вертикальной плоскостью перпендикулярной направлению течения:

$$W_1 = \frac{1}{2}(b_1 \cdot h_1); W_2 = \frac{h_1+h_2}{2} \cdot b_2; W_{\text{общ}} = \sum W_i \quad (8)$$

**3. Смоченный периметр ( $P$ , м)** – длина линии дна между урезами воды на поперечном профиле речного русла, для крупных рек  $P \approx B$ . Рассчитывается по схеме поперечного профиля реки. Приближенно можно вычислить по формулам:

$$P_1 = \sqrt{b_1^2 + h_1^2}; P_2 = \sqrt{b_2^2 + (h_2 - h_1)^2}; P_{\text{общ}} = \sum P_i \quad (9)$$

**4. Гидравлический радиус ( $R$ , м)** – отношение площади водного сечения к смоченному периметру:

$$R_1 = \frac{W_{\text{общ}}}{P_{\text{общ}}} \quad (10)$$

**5. Средняя глубина потока ( $h_{\text{ср}}$ , м)** – отношение площади водного сечения к ширине реки:

$$h_{\text{ср}} = \frac{W_{\text{общ}}}{B_{\text{общ}}} \quad (11)$$

Используемая литература:

- Королькова, С. В. Учение о гидросфере : учебно-методическое пособие / С. В. Королькова, С. А. Панихидников. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2020. — 43 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/180023>

**Практико-ориентированное задание №4.** Ознакомление с принципами работы и методикой отбора пробоотборных устройств ПУ- 4Э, газоанализатор «Элан», меховой аспиратор АМ- 5Е. Техника безопасности при проведении отбора проб.

**Цель работы:** Ознакомить с принципами работы и методикой отбора используемых приборов применяемых при экологическом контроле окружающей среды. Ознакомить с правилами техники безопасности при проведении отбора проб.

#### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

#### ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

##### 1.6 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА

1.6.1 К выполнению измерений и обработке их результатов допускают студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

#### **Используемая литература:**

- РД 34.03.278-93 ТИПОВАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ДЛЯ ЛАБОРАНТА ПО АНАЛИЗУ ГАЗОВ И ПЫЛИ.

- Приказ Госкомэкологии РФ от 16 марта 1999 г. № 103 "Об утверждении "Методических указаний по охране труда при осуществлении контроля загрязнения атмосферного воздуха для системы Госкомэкологии России"

- Руководство по эксплуатации применяемых приборов.

**Практико-ориентированное задание №5.** Отбор проб атмосферного воздуха на взвешенные вещества; NO<sub>x</sub>; CO; SO<sub>2</sub> газоанализатором «Элан» в контрольной точке. Оформление результатов измерения в отчет.

**Цель работы:** Освоить методику проведения экологического контроля на границе санитарно-защитной зоны.

#### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

#### ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

##### 1.6 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА

1.6.1 К выполнению измерений и обработке их результатов допускают студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

#### **Используемая литература:**

- РД 52.04.186-89 РУКОВОДСТВО ПО КОНТРОЛЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ.

- Руководство по эксплуатации применяемых приборов.

**Практико-ориентированное задание №6.** Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях"

**Цель работы:** Ознакомление с методикой проведения замеров уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

1.6 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА

1.6.1 К выполнению измерений и обработке их результатов допускают студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

**Используемая литература:**

- Методические указания МУК 4.3.3722-21 "Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях"
- Руководство по эксплуатации применяемых приборов.

Литература для определения первичных показателей опасности компонентов отхода

**1. ПДКп (ОДК), мг/кг (Предельно-допустимая концентрация вещества в почве)**

- ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве
- Методика исчисления размера ущерба, вызываемого захламлением, М. 1999, №801
- Методические указания по оценке класса токсичности промтоходов железнодорожных предприятий, М., 1997 г.
- МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест, М., 1999 г.
- Перечень ПДК и ОДК химических веществ в почве ГН 6229-91
- ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве
- ГОСТ 17.4.1.02-83. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения
- САНпин 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы
- ГН 1.2.3111-13. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах ОС (перечень)

**2. Класс опасности в почве**

- ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве
- ГОСТ 17.4.1.02-83. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения
- МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест, М., 1999 г.
- САНпин 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы
- Методика исчисления размера ущерба, вызываемого захламлением, М. 1999, №801
- Перечень ПДК и ОДК химических веществ в почве ГН 6229-91
- Рабинович. В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник, 3-е изд., СПб, Химия, 1991 г.

**3. ПДКв (ОДУ, ОБУВ), мг/л Предельно-допустимая концентрация вещества в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ориентировочно-допустимый уровень, ориентировочно безопасный уровень воздействия)**

- ГН 2.1.5.1315-03. ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования
- ГН 2.1.5.2307-07. ОДУ химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования
- Мельников. Пестициды и регуляторы роста растений, 1995 г.
- Методические указания по оценке класса токсичности промтоходов железнодорожных предприятий, М., 1997 г.
- Пестициды. Справочник М., ВО "Агропромиздат", 1992 г.

**4. Класс опасности в воде хозяйственно-питьевого использования**

- ГН 2.1.5.1315-03. ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования
- ГН 2.1.5.2307-07. ОДУ химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

**5. ПДК р.х. (ОБУВ), мг/л (Предельно-допустимая концентрация вещества в воде водных объектов рыбохозяйственного назначения)**

- ГН 2.1.5.1315-03. ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

- Мельников. Пестициды и регуляторы роста растений, 1995 г.
- Пестициды. Справочник М., ВО "Агропромиздат", 1992 г.
- Росрыболовство №20 18-01-2010. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения

#### **6. Класс опасности в воде рыбохозяйственного использования**

- ГН 2.1.5.1315-03. ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования
- Росрыболовство №20 18-01-2010. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения

#### **7. ПДК с.с. (ПДКм.р., ОБУВ), мг/м<sup>3</sup> (Предельно-допустимая концентрация вещества среднесуточная в атмосферном воздухе населенных мест)**

- ГН 2.1.6.1338-03. ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест
- ГН 2.1.6.2309-07. ОБУВ загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест
- ГН 2.2.5.1313-03. ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны
- ГН 2.2.5.2308-07. ОБУВ вредных веществ в воздухе рабочей зоны
- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных выбросах в атмосферу, Л., 1986 г.
- Мельников. Пестициды и регуляторы роста растений, 1995 г.
- Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух, СПб, 2010 г., 2012 г.
- Вредные вещества в пластмассах. В.О.Шефтель, Справочник, М. Химия, 1991 г.

#### **8. Класс опасности в атмосферном воздухе**

- ГН 2.1.6.1338-03. ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест
- ГН 2.2.5.1313-03. ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны
- Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух, СПб, 2010 г., 2012 г.

#### **9. ПДКпп (МДУ, МДС), мг/кг (Предельно-допустимая концентрация вещества (максимально допустимый уровень, максимально допустимое содержание))**

- Вредные химические вещества. Галоген и кислородсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1994 г.
- Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов, ред. В.А.Филова (2 тома)
- СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов
- ГН 1.2.3111-13. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах ОС (перечень)
- Г.П. Беспмятников, Ю.А. Кротов. ПДК химических веществ в окружающей среде. Справочник, Л., Химия, 1985 г.
- ГН 2.3.3.972-00. Предельно допустимые количества химических веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами
- МРПТХВ Дибром №66
- МРПТХВ Кадмий №69
- МРПТХВ 2,4-Д, №70
- Мельников. Пестициды и регуляторы роста растений, 1995 г.
- Пестициды. Справочник М., ВО "Агропромиздат", 1992 г.
- Экологические аспекты экспертизы изобретений. Справочник, ч.1., М. 1989 г.

#### **10. Lg(S, мг/л/ПДКв, мг.л)3 (Логарифм растворимости компонента отхода (вещества) в воде при 20 С)**

- База данных Региональная версия автоматизированной информационно поисковой системы «опасные вещества» (с) РПОХИБВ 1997-1998

- ГН 2.1.5.1315-03. ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования
- ГН 2.1.5.2307-07. ОДУ химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования
- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1982 г.
- Новый справочник химика и технолога. Основные свойства неорганических, органических и элементарноорганических соединений. СПб, 2002 г.
- Краткая химическая энциклопедия т. 1-5. Под ред. И.Л. Кнунянца, М., «Советская энциклопедия», 1961-1967 гг.
- Справочник химика, том 2. Под ред. Б. П. Никольского, Л: Химия, 1971 г.
- Орлова Е.Ю. Химия и технология бризантных взрывчатых веществ. Л., Химия, 1981 г.

**11. Lg(Снас,мг/м3/ПДКр.з) (Логарифм насыщающей концентрации вещества в воздухе при 20 С и нормальном давлении)**

- ГН 2.2.5.1313-03. ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны
- Краткая химическая энциклопедия т. 1-5. Под ред. И.Л. Кнунянца М., «Советская энциклопедия», 1961-1967 гг.
- Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов, ред. В.А. Филова (2 тома)
- Н.Б. Варгафтик. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей
- Новый справочник химика и технолога. Основные свойства неорганических, органических и элементарноорганических соединений. СПб, 2002 г.
- Справочник. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения, ред. А. Н. Баратова, М., 1990 г.
- Справочник химика, том 1. Под ред. Б. П. Никольского, Л: Химия, 1966 г.
- Справочник химика, том 2. Под ред. Б. П. Никольского, Л: Химия, 1971 г.
- А.Н. Несмеянов «Давление пара химических элементов», М., 1991 г.
- Г.П. Беспямятнов, Ю.А. Кротов. ПДК химических веществ в окружающей среде . Справочник, Л., "Химия", 1985 г.
- Термодинамические свойства индивидуальных веществ, ред. В.П. Глушко. Справочник, т.2, М., 1979 г.

**12. Lg(Снас,мг/м3/ПДКс.с.или ПДКм.р.) (Логарифм насыщающей концентрации вещества в воздухе при 20 С и нормальном давлении или предельно-допустимой концентрации)**

- ГН 2.1.6.1338-03. ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест
- ГН 2.1.6.2309-07. ОБУВ загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест
- ГН 2.2.5.1313-03. ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны
- Краткая химическая энциклопедия т. 1-5. Под ред. И.Л. Кнунянца М. «Советская энциклопедия» 1961-1967 гг.
- Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов, ред. В.А. Филова (2 тома)
- Н.Б. Варгафтик. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей
- Новый справочник химика и технолога. Основные свойства неорганических, органических и элементарноорганических соединений. СПб, 2002 г.
- Справочник. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения, ред. А. Н. Баратова, М., 1990 г.
- Справочник химика, том 1. Под ред. Б. П. Никольского, Л: Химия, 1966 г.
- Справочник химика, том 2. Под ред. Б. П. Никольского, Л: Химия, 1971 г.
- А.Н. Несмеянов «Давление пара химических элементов», М., 1991 г.
- Г.П. Беспямятнов, Ю.А. Кротов. ПДК химических веществ в окружающей среде . Справочник, Л., "Химия", 1985 г.

- Термодинамические свойства индивидуальных веществ, ред. В.П. Глушко. Справочник, т.2, М., 1979 г.

**13. Ig Kow(октанол/вода) (Логарифм коэффициента распределения в системе октанол/вода при 20 С)**

- База данных Региональная версия автоматизированной информационно поисковой системы «опасные вещества» (с) РПОХиБВ 1997-1998

- МРПТХВ Аналин №53 М 1984

**14. LD50,мг/кг (Средняя смертельная доза компонента в миллиграммах действующего вещества на 1 кг живого веса, вызывающая гибель 50% подопытных животных при однократном пероральном введении в унифицированных условиях)**

- База данных Региональная версия автоматизированной информационно поисковой системы «опасные вещества» (с) РПОХиБВ 1997-1998

- Вредные вещества в промышленности, том 1-3. Под ред. Н. В. Лазарева и Э.Н. Левиной, Л., Химия, 1977

- Вредные химические вещества. Азотсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1992 г.

- Вредные химические вещества. Галоген и кислородсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1994 г.

- Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов, ред. В.А. Филова (2 тома)

- Вредные химические вещества. Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов, ред. В.А.Филова, Л., 1990 г.

- Г.П.Беспамятнов, Ю.А.Кротов. ПДК химических веществ в окружающей среде . Справочник, Л., "Химия", 1985 г.

- Грушко. Вредные неорганические соединения в промышленных выбросах в атмосферу л. 1988.

- Грушко. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1979 г.

- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных выбросах в атмосферу, Л., 1986 г.

- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1982 г.

- Мельников. Пестициды и регуляторы роста растений, 1995 г.

- Методические указания по оценке класса токсичности промтоходов железнодорожных предприятий, М., 1997 г.

- МРПТХВ aldrin and dieldrin № 129

- МРПТХВ Анилин № 53 м. 1984

- МРПТХВ Атразин №18 м. 1983

- МРПТХВ Ванадий и его соединения № 67 м. 1984

- МРПТХВ Кадмий №69

- МРПТХВ Кальций и его соединения №98

- МРПТХВ Кобальт и его соединения № 100. М .1986

- МРПТХВ Медь и ее неорганические соединения №120

- МРПТХВ Нитробензол №51

- МРПТХВ Нитрозамины №47

- МРПТХВ Пентахлорфенол №75 м. 1984.

- МРПТХВ 2,4-Д №70

- Пестициды. Справочник М., ВО "Агропромиздат", 1992 г.

- Вредные вещества в пластмассах. В.О.Шефтель, Справочник, М. Химия, 1991 г.

**15. LC50,мг/м3 (Средняя смертельная концентрация вещества, вызывающая гибель 50% подопытных животных при ингаляционном поступлении в унифицированных условиях)**

- База данных Региональная версия автоматизированной информационно поисковой системы «опасные вещества» (с) РПОХиБВ 1997-1998
- Вредные вещества в промышленности, том 1-3. Под ред. Н. В. Лазарева и Э.Н. Левиной, Л., Химия, 1977
- Вредные химические вещества. Азотсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1992 г.
- Вредные химические вещества. Галоген и кислородсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1994 г.
- Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов, ред. В.А. Филова (2 тома)
- Вредные химические вещества. Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов, ред. В.А.Филова, Л., 1990 г.
- Г.П. Беспамятников, Ю.А. Кротов. ПДК химических веществ в окружающей среде . Справочник, Л., "Химия", 1985 г.
- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных выбросах в атмосферу, Л., 1986 г.
- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1982 г.
- Методические указания по оценке класса токсичности промучходов железнодорожных предприятий, М., 1997 г.
- МРПТХВ aldrin and dieldrin № 129
- МРПТХВ Ацетальдегид № 111, м, 1989 г.
- МРПТХВ Бензол №90 м . 1995,
- МРПТХВ Ванадий и его соединения № 67 м. 1984
- МРПТХВ Нитробензол №51
- МРПТХВ Нитрозамины №47
- МРПТХВ Пентахлорфенол №75 м. 1984.
- МРПТХВ Тетраэтилсвинец №121
- Пестициды. Справочник М.,ВО "Агропромиздат", 1992 г.

**16. LC50водн., мг/л/96ч (Средняя смертельная концентрация вещества, вызывающая гибель 50% подопытных животных при поступлении через воду в унифицированных условиях)**

- База данных Региональная версия автоматизированной информационно поисковой системы «опасные вещества» (с) РПОХиБВ 1997-1998
- Вредные химические вещества. Азотсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1992 г.
- Вредные химические вещества. Галоген и кислородсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1994 г.
- Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов, ред. В.А. Филова (2 тома)
- Вредные химические вещества. Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов, ред. В.А.Филова, Л., 1990 г.
- Грушко. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1979 г.
- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1982 г.
- Методические указания по оценке класса токсичности промучходов железнодорожных предприятий, М., 1997 г.
- МРПТХВ Атразин №18 м. 1983
- МРПТХВ Кобальт и его соединения № 100. М .1986
- МРПТХВ 2,4-Д №70
- Пестициды. Справочник М.,ВО "Агропромиздат", 1992 г.

**17. БД= БПК5/ХПК\*100% (Биологическая диссимилиация)**



- База данных Региональная версия автоматизированной информационно поисковой системы «опасные вещества» (с) РПОХиБВ 1997-1998
- Вредные химические вещества. Азотсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1992 г.
- Вредные химические вещества. Галоген и кислородсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1994 г.
- Г.П. Беспямятнов, Ю.А. Кротов. ПДК химических веществ в окружающей среде . Справочник, Л., "Химия", 1985 г.
- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1982 г.
- Грушко. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1979 г.

### **18. Персистентность (трансформация в ОПС)**

- Вредные вещества в промышленности, том 1-3. Под ред. Н. В. Лазарева и Э.Н. Левиной, Л., Химия, 1977
- Вредные химические вещества. Галоген и кислородсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1994 г.
- Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов, ред. В.А. Филова (2 тома)
- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1982 г.
- Грушко. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1979 г.
- Мельников. Пестициды и регуляторы роста растений, 1995 г.
- Вредные вещества в пластмассах. В.О.Шефтель, Справочник, М. Химия, 1991 г.
- МРПТХВ Атразин №18 м. 1983
- МРПТХВ Базудин № 65 м. 1984
- МРПТХВ Бенз(а)а\пирен №43 м. 1983
- МРПТХВ Бензол №90 м. 1085
- МРПТХВ Дибром №66
- МРПТХВ Капролактам №35
- МРПТХВ Стирол №49
- МРПТХВ 2,4-Д №70
- Пестициды. Справочник М.,ВО "Агропромиздат", 1992 г.

### **19. Биоаккумуляция (поведение в пищевой цепочке)**

- Вредные химические вещества: Справочник в 11 т. / Под ред. В.А. Филова. – Л.: Химия, 1988–1994.
- Вредные вещества в промышленности, том 1-3. Под ред. Н. В. Лазарева и Э.Н. Левиной, Л., Химия, 1977
- Экологическая токсикология. Н.В.Иваненко. Учебное пособие. Владивосток. Изд. ВГУЭС, 2006 г.
- Поведение ртути и других тяжелых металлов в экосистемах. 3 части, ред. Васильева О.Ф., Новосибирск, 1989 г.
- Вредные химические вещества. Галоген и кислородсодержащие органические соединения. Справочник, СПб., 1994 г.
- Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов, ред. В.А. Филова (2 тома)
- Вредные химические вещества. Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов, ред. В.А.Филова, Л., 1990 г.
- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1982 г.
- Грушко. Вредные неорганические соединения в промышленных выбросах в атмосферу, Л., 1988 г.
- Грушко. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах, Л., 1979 г.

- Грушко. Вредные органические соединения в промышленных выбросах в атмосферу, Л., 1986 г.
- Мельников. Пестициды и регуляторы роста растений, 1995 г.
- Вредные вещества в пластмассах. В.О.Шефтель, Справочник, М. Химия, 1991 г.
- МРПТХВ aldrin and dieldrin № 129
- МРПТХВ Алюминий и его соединения № 127
- МРПТХВ Анилин № 53 м. 1984
- МРПТХВ Атразин №18 м. 1983
- МРПТХВ Ацетальдегид №111 м. 1989 г.
- МРПТХВ Базудин № \65 м. 1984
- МРПТХВ Бенз(а)\пирен №43 м. 1983
- МРПТХВ Бензол №90 м. 1085
- МРПТХВ Ванадий и его соединения № 67 м. 1984
- МРПТХВ Дибром №66
- МРПТХВ Кадмий №69
- МРПТХВ Капролактам №35
- МРПТХВ Кобальт и его соединения № 100. М .1986
- МРПТХВ Ксилол №52
- МРПТХВ Никель и его соединения №58 м. 1984
- МРПТХВ Нитрозамины №47
- МРПТХВ Стирол №49
- МРПТХВ Судьма и ее соединения №71
- МРПТХВ Пентахлорфенол №75 м. 1984.
- МРПТХВ 2,4-Д №70
- Пестициды. Справочник М.,ВО "Агропромиздат", 1992 г.

## ТРЕБОВАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Студент допущенный до практическим занятиям по контролю загрязнения атмосферного воздуха, должен пройти инструктаж по технике безопасности проводимых работ.

Проводятся следующие виды инструктажа по безопасности труда:

Общий инструктаж - проводят с началом проведения практических работ. Инструктаж содержит общие требования техники безопасности при нахождении в учебной лаборатории и работы с электрическими приборами, стеклянной посудой и др.

Целевой инструктаж проводят при выполнении работ определенных практическом задании. Инструктаж содержит требования техники безопасности с тем оборудованием которое используется на данной практической работе.

О проведении всех видов инструктажа преподаватель делает запись в журнале регистрации инструктажа с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего.

### 3. ОБЩИЕ ПРАВИЛА И ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

3.2. Необходимо знать и соблюдать межотраслевые инструкции и правила, где изложены основные требования техники безопасности работ, связанных с электрическими установками, сосудами, находящимися под давлением, химическими веществами.

3.4. Работы по контролю атмосферного воздуха проводятся по путевке, согласованной с руководством обследуемого предприятия.

Запрещается проводить обследование объектов без сопровождения должностного лица предприятия, специально назначенного для этого распоряжением руководства обследуемого предприятия.

3.5. Перед началом работ следует ознакомиться с правилами внутреннего трудового распорядка предприятия, с инструкцией по технике безопасности для обследуемого предприятия, правилами эксплуатации технологического оборудования, с перечнем вредных веществ данного технологического цикла.

3.7. Перед началом работы необходимо ознакомиться с характером предстоящего обследования, состоянием рабочего места и подходов к нему, а также изучить правила пользования предохранительными приспособлениями.

3.12. Подниматься (спускаться) на площадку (крышу) следует осторожно и медленно.

3.14. При проведении работ по осуществлению контроля загрязнения атмосферного воздуха работник должен быть в аккуратно подогнанной спецодежде (отсутствие развевающихся концов одежды, концов пояса, обуви на низком каблучке) в соответствии с климатическими условиями.

3.25. Запрещается самостоятельно включать или выключать какое-либо оборудование, открывать или закрывать люки, дверцы, монтажные проемы и т.п.

3.26. Подключение электроприборов производить только с ведома и разрешения должностного лица предприятия.

### 4. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОТБОРЕ ПРОБ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ И АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

4.3. Запрещается производить отбор проб без представителя предприятия.

4.5. В зависимости от целей исследования следует заранее определить место отбора проб

и их количество.

4.9. При складывании инструментов, аппаратуры на рабочей площадке следует принять меры против их падения (скольжения, сдувания ветром, проскакивания сквозь щели в настиле и т.д.). При этом также не следует

загромождать рабочие места, проходы, выходы деталями оборудования, материалами и другими посторонними предметами, чтобы сохранить возможность быстрой эвакуации в аварийных ситуациях.

4.13. При эксплуатации приборов и аппаратов необходимо строго руководствоваться правилами,

изложенными в техническом паспорте. Перед началом работ с электрифицированным оборудованием необходимо

проверить его исправность и целостность изоляции.

При проведении контрольных замеров запрещается использовать приборы, оборудование и инвентарь, не

соответствующие нормам и правилам безопасности.

4.15. Запрещается работать с незаземленным электроаспиратором, а также при включенном

электроаспираторе производить ремонт, снимать и устанавливать фильтры, включать электроаспиратор без

фильтра в фильтродержателе.

4.20. Отбор проб следует проводить в соответствии с методикой выполнения измерений концентраций

загрязняющих веществ в промышленных выбросах и атмосферном воздухе, соблюдая требования техники

безопасности проведения отбора проб, изложенные в каждой конкретной методике.

4.21. При выполнении анализов проб промышленных выбросов и атмосферного воздуха необходимо

соблюдать требования техники безопасности, предъявляемые к работе с химическими веществами и работе в

химической лаборатории в соответствии с действующими нормативными документами.

4.22. При замерах вблизи автомагистралей, железных дорог, стоянок автотранспорта, гаражей, на

перекрестках следует выбирать места для отбора, полностью исключая наезд автомобильного и

железнодорожного транспорта.

5.4. В действующем производстве запрещается проведение работ любого характера, включая даже внешний

осмотр газоочистной системы, без разрешения и допуска со стороны персонала, обслуживающего оборудование.

5.10. Запрещается самостоятельный осмотр внутренних частей аппаратов установок очистки газа без

привлечения и личного участия лица, ответственного за эксплуатацию этого аппарата.

## 6. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕРКАХ

### ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

6.1. Проверка автомобилей на содержание токсичных веществ в отработавших газах осуществляется в

соответствии с требованиями ГОСТ 17.2.2.03-87. "Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерения

содержания окиси углерода и углеводородов в отработавших газах автомобилей с бензиновыми двигателями.

6.2. На месте проведения контрольных измерений передвижных источников должны

находиться только те

работники, которые имеют непосредственное отношение к работе.

6.3. Технологический процесс по проверке автомобильных двигателей на токсичность и дымность должен отвечать общим требованиям безопасности труда в соответствии с действующими нормативными документами.

6.4. Для проверки содержания токсичности веществ и дымности в отработавших газах автомобилей и двигателей должны применяться приборы, удовлетворяющие требованиям действующих стандартов.

6.5. При работе с газоанализаторами и дымомерами инспектора руководствуются специальными правилами техники безопасности, которые предусмотрены инструкциями по эксплуатации этих приборов. Запрещается производить техническое обслуживание прибора без отключения его от сети.

6.6. Все проверки проводятся только на неподвижно стоящем транспортном средстве. Для этого необходимо провести подготовительные операции, исключающие самопроизвольное движение транспорта: установить автомобиль, поставить рычаг переключения передач (избиратель скорости для автомобилей с автоматической коробкой передач) в нейтральное положение, затормозить автомобиль стояночным тормозом, подложить упоры (башмаки) под колеса ведущих мостов.

6.9. В случае отсутствия рабочего места (поста) проведения измерений, выбор места для этих целей должен исключить возможность случайного наезда автомобилей на лиц, проводящих замеры. Водителей проверяемых автомобилей предупредить об отъезде с места проверки (или подъезде к нему) только по сигналу инспектора, проводящего замеры. Очередной автомобиль должен останавливаться для проведения измерений не ближе 2 м от автомобиля, находящегося на проверке.

## 7. ТРЕБОВАНИЯ К ПРИМЕНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ

7.5. При работе с химическими реактивами необходимо надевать халат из хлопчатобумажной ткани, а с веществами, выделяющими ядовитую пыль или газы и пары, а также при работе с едкими жидкостями применяются резиновые фартуки, резиновые перчатки, респираторы, защитные очки, противогазы.

## 8. ПРАВИЛА ОКАЗАНИЯ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ ПОСТРАДАВШИМ ОТ НЕСЧАСТНОГО СЛУЧАЯ

8.4. Первая помощь при порезах и небольших ранениях.

При порезах и ранениях рук или других частей тела необходимо осторожно снять грязь вокруг раны, очищая

[e-ecolog.ru/docs](http://e-ecolog.ru/docs)

кожу от краев наружу, чтобы не загрязнять рану. Очищенный участок вокруг раны нужно смазать йодной

настойкой и наложить повязку, не прикасаясь к самой ране.

8.6. Первая помощь при ушибах, растяжении связок, переломах и вывихах.

При ушибе или растяжении связок нужно приложить холодные примочки, резиновый пузырь со льдом, снегом, холодной водой и т.п., затем наложить тугую повязку.

При переломах кости и вывихах необходимо в первую очередь обеспечить полную неподвижность поврежденной конечности. Для этого используются готовые шины, а также палка, доска, линейка, кусок фанеры.

При закрытых переломах не следует с пострадавшего снимать одежду - шину нужно накладывать поверх нее.

При открытых переломах осторожно снять одежду, а при необходимости разрезать по швам, вытянуть конечность, стараясь придать ей нормальное положение, наложить стерильную повязку. На место перелома накладывают шину, предварительно шину выстилают ватой, мхом, тряпкой и т.д. Шина должна быть такой длины, чтобы ею покрывались суставы, расположенные по обе стороны перелома. Поднимать и транспортировать пострадавшего можно только после наложения шины.

При вывихе кости в суставе перестают соприкасаться друг с другом полностью или частично, а сумка сустава обычно разрывается. Признаки вывиха: неподвижность и отечность сустава, изменение его конфигурации, боли при малейшем движении. Вывихнутой конечности надо придать такое положение, при котором пострадавший менее всего испытывает боль. В этом положении накладывают повязку для обеспечения неподвижности больной конечности. Полезно на поврежденный сустав положить холодный компресс и срочно отвезти в медпункт.

### 8.8. Первая помощь при химических ожогах.

При ожогах кислотами и щелочами пораженный участок кожи быстро промыть большим количеством воды, после чего на обожженное место наложить примочку: при ожогах кислотой - из 2% раствора соды, а при ожогах щелочью - из 1 - 2% раствора уксусной кислоты.

При попадании кусочков щелочных металлов, а также фосфора на кожу необходимо тампоном из ваты снять с кожи остатки этих веществ, а затем промыть пораженное место 5% раствором соды и перманганата калия.

При ожогах бромом его следует быстро снять с поверхности кожи несколькими порциями этилового спирта и затем смазать пораженное место мазью от ожогов.

При попадании в глаза брызг кислоты необходимо их промыть обильным количеством воды, а затем 3% раствором соды.

При попадании в глаза посторонних предметов (куски стекла, металлическая стружка и т.д.) удаление их должен проводить только медицинский работник.

### 8.9. Первая помощь при поражении электрическим током.

При поражении электрическим током нельзя прикасаться к пострадавшему до тех пор, пока он не освобожден от действия тока. Прежде всего необходимо выключить рубильник. Если быстро обесточить линию нельзя, следует надеть исправные резиновые перчатки и резиновые галоши,

затем руками взяться за одежду пострадавшего (если она сухая и не прилипает к телу пострадавшего),

например, за полы куртки, избегая при этом прикосновения к окружающим металлическим предметам и частям тела, не прикрытых одеждой, и с силой оторвать его от токоведущего проводника. [e-ecolog.ru/docs](http://e-ecolog.ru/docs)

Оттаскивая пострадавшего за ноги, не следует касаться его обуви или одежды без хорошей изоляции своих

рук, так как обувь и одежда могут быть мокрыми и проводить электрический ток. Если нет диэлектрических

перчаток, обмотать руки шарфом, надеть на руки суконную фуражку, опустить рукава куртки или пальто,

использовать прорезиненную или просто сухую материю.

При отсутствии резиновых перчаток и галош надо встать на сухую доску и осторожно оттолкнуть

пострадавшего от проводника тока сухой доской или другим сухим предметом, не проводящим электрический

ток. При отделении пострадавшего от токоведущих частей рекомендуется действовать одной рукой.

При затруднении отделения пострадавшего от токоведущих частей перерубить провода топором с сухой

деревянной ручкой или другим соответствующим инструментом с деревянной ручкой.

Производить это следует

осторожно, в резиновых перчатках и галошах, не касаясь проводов, перерезая каждый провод в отдельности. До

прибытия врача пострадавшему обеспечивают полный покой.

На пораженное место накладывают примочки из спирта или из свежеприготовленного 4% водного раствора

марганцовокислого калия.

Если пострадавший потерял сознание, но дыхание сохранилось, его укладывают на ровную поверхность,

укрывают чем-нибудь теплым, расстегивают одежду, создают приток свежего воздуха.

Рекомендуется дать

пострадавшему нюхать нашатырный спирт, обрызгать лицо водой, растереть и согреть тело.

Если пострадавший дышит очень редко и судорожно, то делают искусственное дыхание непрерывно до

прибытия врача.

8.12. Первая помощь при химических отравлениях.

Удалить пострадавшего из опасной зоны и обеспечить доступ свежего воздуха.

Освободить пострадавшего от

верхней одежды и укрыть чем-либо теплым, применить грелки. Вызвать скорую медицинскую помощь. До ее

прибытия оказать первую помощь в соответствии со сведениями, приведенными в

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу  
С.А. Упоров

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

### СГ.01 ИСТОРИЯ РОССИИ

Специальность

**20.02.01 Экологическая безопасность природных комплексов**

программа подготовки специалистов среднего звена

на базе среднего общего образования

Одобрена на заседании кафедры

*Управление персоналом*

*(название кафедры)*

Зав.кафедрой

*(подпись)*

Абрамов С.М.

*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 1 от 07.09.2022

*(Дата)*

Рассмотрена методической комиссией  
факультета

*Инженерно-экономического*

*(название факультета)*

Председатель

*(подпись)*

Мочалова Л.А.

*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 1 от 13.09.2022

*(Дата)*

Екатеринбург



Автор: Железникова А.В.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.....	6
ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	10
САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ.....	12
ПОДГОТОВКА К ДОКЛАДУ.....	16
ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ.....	20
ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ.....	24
ПОДГОТОВКА ЭССЕ.....	25
ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ.....	28
ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	30

## ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа – это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными 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 бакалавра 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 практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – практические занятия;
2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям, подготовка к устному опросу, участию в дискуссиях, решению практико-ориентированных задач и др.

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 *«История России»* 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 выполнению *контрольной работы* и к сдаче *зачета*.

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 «История России» являются:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение тем курса (в т. ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);
- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т. ч. подготовка доклада, подготовка к выполнению практико-ориентированного задания);
- подготовка к тестированию;
- подготовка эссе;
- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

### **Тема 1. Объект, предмет, основные понятия и методы исследования истории**

1. История как наука. Сущность, формы, функции исторического знания.
2. Методы и источники изучения истории. Понятие и классификация исторического источника.
3. Концепции исторического процесса.
4. История России - неотъемлемая часть всемирной истории.
5. Историография отечественной истории.

### **Тема 2. Россия и мир в начале XX века.**

1. Каковы были причины, характер, движущие силы, основные этапы и итоги революции 1905-1907 гг.
2. В чем состояла необходимость проведения реформ в России?
3. Расскажите о Февральской буржуазно-демократической революции и Октябрьской революции.
4. Основные мероприятия советской власти.
5. Гражданская война: основные этапы, последствия. Причины побед большевиков.
6. Экономическая и социальная политика в Советской России

### **Тема 3. Советское государство и мир в 20-30 е годы**

1. Чем был вызван экономический и политический кризис в стране в конце 1920 г.
2. Что такое новая экономическая политика?
3. Формирование однопартийной системы и идеологического единообразия в стране.
4. Раскройте сущность индустриализации и коллективизации.
5. Каковы механизмы и роль культурной революции.
6. Формирование культа личности И.В. Сталина

### **Тема 4. СССР в годы Второй мировой войны**

1. В чем состояли причины Второй мировой войны? Великой Отечественной войны?
2. Дайте характеристику основным периодам войны.
3. Расскажите о жизни в тылу.
4. Какова роль партизанского движения и движения Сопротивления.
5. В чем состояли итоги и уроки войны.
6. Роль советского народа в разгроме фашизма.

### **Тема 6. Основные тенденции развития СССР и мира в 60-80 е годы.**

1. Чем характеризовалось политическое развитие страны в 1965-1984 гг.
2. Каковы его итоги?
3. В каком состоянии находилась советская экономика к середине 1960-х гг. В чем причины такого положения?
4. Каковы были основные направления предпринятого властью в 1965 году реформирование промышленности и сельского хозяйства.
5. Каковы результаты социально-экономического развития страны.
6. Расскажите о достижениях в культурной жизни этого периода.

**Тема 8. Россия и мир на рубеже веков. Современная Россия. Перспективы развития.**

1. Геополитические последствия распада СССР.
2. Как происходил процесс формирования суверенитета Российской Федерации.
3. Складывание новой государственности. Конституция 1993 г.
4. Социально-экономические преобразования. Рыночная модернизация страны.
5. Внешнеполитическая деятельность в условиях новой геополитической ситуации.
6. Охарактеризуйте положение России на рубеже XX– XXI.

## ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Исторический факт  
Исторический источник  
Интерпретация  
Этнос  
Менталитет  
Государство  
Цивилизация  
Формация  
Классы  
Прогресс  
Регресс  
Общественно-экономическая формация  
Геополитика  
Монополия  
Промышленный подъем  
Депрессия  
Модернизация  
Революция  
Манифест  
Конституционная монархия  
Политическая партия  
Государственная Дума  
Прогрессивный блок  
Революционные партии  
Антанта  
Тройственный союз  
Аграрная реформа  
Отруб, хутор  
Советы  
Большевики, меньшевики  
Временное правительство  
Республика  
Двоевластие  
Учредительное собрание  
Первая Мировая война

Совет народных комиссаров  
Красная Армия  
Белое движение  
Гражданская война  
Сепаратный мирный договор  
Иностранная интервенция  
Мировая революция



Декреты  
Военный коммунизм  
Продразверстка  
Авторитаризм  
Тоталитаризм  
Коминтерн  
Новая экономическая политика  
Продналог  
Индустриализация  
Коллективизация  
Культурная революция  
«Мюнхенский сговор»  
Лига Наций  
Коллективная безопасность  
Вторая Мировая война  
Пакт о ненападении  
Государственный Комитет обороны, Ставка Верховного  
главнокомандования  
Эвакуация  
Антигитлеровская коалиция  
Второй фронт  
Коренной перелом  
Партизанское движение, подпольное движение  
Сопrotивление  
Фашизм, японский милитаризм  
Ленд-лиз  
Капитуляция  
ООН  
НАТО, ОВД  
Репрессии  
Либерализация политического режима  
Десталинизация  
Денежная реформа  
Мировая социалистическая система  
«Оттепель»  
ГУЛАГ  
Реабилитация  
«Холодная война»  
Совхоз  
Целина  
Мелиорация  
Спутник  
Освоение космоса  
Паритет  
Правозащитное движение

Диссиденты  
Развитой социализм  
Герантократия  
Разрядка  
«Теневая экономика»  
Концепция развитого социализма  
Разрядка международной напряженности  
Стабильность кадров  
Реформа хозяйственного механизма  
Экстенсивный путь развития  
Страны социалистической ориентации  
Перестройка  
Гласность  
«Новое политическое мышление»  
Плюрализм  
СНГ  
Приватизация  
Прибыль и рентабельность  
Госприемка  
«Шоковая терапия»  
Ваучер  
Распад СССР  
Многопартийность  
Возрождение парламентаризма  
Рыночная экономика  
Борьба с экстремизмом и терроризмом  
Дефолт  
Стабилизация  
Финансовый кризис  
Содружество Независимых государств  
Правовое государство  
Гражданское общество  
Рыночная экономика  
Дефолт  
Вертикаль власти  
Олигархи  
Глобализация  
Совет Федерации  
Государственная Дума  
Совет Европы  
ВТО

## 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 указан в перечне форм текущего контроля успеваемости в рабочей программе дисциплины.

Доклад должен быть рассчитан на 7-10 минут.

Обычно доклад сопровождается представлением презентации.

Презентация (от англ. «presentation» - представление) - 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 большой 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 задания 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 (рисунок, 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.

Примером практико-ориентированного задания по дисциплине «История России» выступает **анализ исторического документа**.

Алгоритм анализа исторического документа:

1. Происхождение текста.

1.1. Кто написал этот текст?

1.2. Когда он был написан?

1.3. К какому виду источников он относится: письмо, дневник, официальный документ и т.п.?

2. Содержание текста.

Каково содержание текста? Сделайте обзор его структуры. Подчеркните наиболее важные слова, персоналии, события. Если вам не известны какие-то слова, поработайте со словарем.

3. Достоверна ли информация в тексте?

3.1. Свидетелем первой или второй очереди является автор текста? (Если автор присутствовал во время события, им описываемого, то он является первоочередным свидетелем).

3.2. Текст первичен или вторичен? (Первичный текст современен событию, вторичный текст берет информацию из различных первичных источников. Первичный текст может быть написан автором второй очереди, то есть созданным много позже самого события).

4. Раскройте значение источника и содержащейся в ней информации.

5. Дайте обобщающую оценку данному источнику.

- Когда, где и почему появился закон (сборник законов)?

- Кто автор законов?

- Чьи интересы защищает закон?

- Охарактеризуйте основные положения закона (ссылки на текст, цитирование).

- Сравните с предыдущими законами.

- Что изменилось после введения закона?

- Ваше отношение к этому законодательному акту (справедливость, необходимость и т.д.).

## 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.

## ПОДГОТОВКА ЭССЕ

**Эссе** - прозаическое сочинение небольшого объема и свободной композиции на частную тему, трактуемую субъективно и обычно неполно. (Словарь Ожегова)

Жанр эссе предполагает свободу творчества: позволяет автору в свободной форме излагать мысли, выражать свою точку зрения, субъективно оценивать, оригинально освещать материал; это размышление по поводу когда-то нами услышанного, прочитанного или пережитого, часто это разговор вслух, выражение эмоций и образность.

Уникальность этого жанра в том, что оно может быть написано на любую тему и в любом стиле. На первом плане эссе – личность автора, его мысли, чувства, отношение к миру. Однако необходимо найти оригинальную идею (даже на традиционном материале), нестандартный взгляд на какую-либо проблему. Для грамотного, интересного эссе необходимо соблюдение некоторых правил и рекомендаций.

### **Особенности эссе:**

- - наличие конкретной темы или вопроса;
- - личностный характер восприятия проблемы и её осмысления;
- - небольшой объём;
- - свободная композиция;
- - непринуждённость повествования;
- - внутреннее смысловое единство;
- - афористичность, эмоциональность речи.

### **Эссе должно иметь следующую структуру:**

1. Вступление (введение) определяет тему эссе и содержит определения основных встречающихся понятий.

2. Содержание (основная часть) - аргументированное изложение основных тезисов. Основная часть строится на основе аналитической работы, в том числе - на основе анализа фактов. Наиболее важные обществоведческие понятия, входящие в эссе, систематизируются, иллюстрируются примерами. Суждения, приведенные в эссе, должны быть доказательны.

3. Заключение - это окончательные выводы по теме, то, к чему пришел автор в результате рассуждений. Заключение суммирует основные идеи. Заключение может быть представлено в виде суммы суждений, которые оставляют поле для дальнейшей дискуссии.

### **Требования, предъявляемые к эссе:**

1. Объем эссе не должен превышать 1–2 страниц.
2. Эссе должно восприниматься как единое целое, идея должна быть ясной и понятной.



3. Необходимо писать коротко и ясно. Эссе не должно содержать ничего лишнего, должно включать только ту информацию, которая необходима для раскрытия вашей позиции, идеи.

4. Эссе должно иметь грамотное композиционное построение, быть логичным, четким по структуре.

5. Эссе должно показывать, что его автор знает и осмысленно использует теоретические понятия, термины, обобщения, мировоззренческие идеи.

6. Эссе должно содержать убедительную аргументацию для доказательства заявленной по проблеме позиции. Структура любого доказательства включает по меньшей мере три составляющие: тезис, аргументы, вывод или оценочные суждения.

- Тезис — это сужение, которое надо 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.

Приветствуется использование:

- Эпиграфа, который должен согласовываться с темой эссе (проблемой, заключенной в афоризме); дополнять, углублять лейтмотив (основную мысль), логику рассуждения вашего эссе. Пословиц, поговорок, афоризмов других авторов, также подкрепляющих вашу точку зрения, мнение, логику рассуждения.

- Мнений других мыслителей, ученых, общественных и политических деятелей.

- Риторические вопросы.

- Непринужденность изложения.

Подготовка и работа над написанием эссе:

- изучите теоретический материал;
- уясните особенности заявленной темы эссе;
- продумайте, в чем может заключаться актуальность заявленной темы;

- выделите ключевой тезис и определите свою позицию по отношению к нему;

- определите, какие теоретические понятия, научные теории, термины помогут вам раскрыть суть тезиса и собственной позиции;

- составьте тезисный план, сформулируйте возникшие у вас мысли и идеи;

- для каждого аргумента подберите примеры, факты, ситуации из жизни, личного опыта, литературных произведений;

- распределите подобранные аргументы в последовательности;

- придумайте вступление к рассуждению;

- изложите свою точку зрения в той последовательности, которую вы наметили.
- сформулируйте общий вывод работы.

При написании эссе:

- напишите эссе в черновом варианте, придерживаясь оптимальной структуры;
- проанализируйте содержание написанного;
- проверьте стиль и грамотность, композиционное построение эссе, логичность и последовательность изложенного;
- внесите необходимые изменения и напишите окончательный вариант.

#### **Требования к оформлению:**

- Титульный лист.
- Текст эссе.
- Формат листов-А4. Шрифт- Times New Roman, размер-14, расстояние между строк- интерлиньяж полуторный, абзацный отступ-1,25см., поля-30мм(слева), 20мм (снизу),20мм (сверху), 20мм (справа). Страницы нумеруются снизу по центру. Титульный лист считается, но не нумеруется.

#### **Критерии оценивания эссе:**

1. Самостоятельное проведение анализа проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария
2. Четкость и лаконичность изложения сути проблемы
3. Материал излагается логически последовательно
4. Аргументированность собственной позиции
5. Наличие выводов
6. Владение навыками письменной речи

## ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ

- *Письменный опрос*

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.

- *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 неизвестными терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии.

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.

8. Рациональность использования времени, отведенного на задание.

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.

## ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к зачету по дисциплине «История России» 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 «История России».

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 зачете 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 зачете (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 зачету 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.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебно-методическому  
комплексу

С.А.Упоров

**Методические указания для практических занятий  
по дисциплине СГ.02 «Иностранный язык в  
профессиональной деятельности»  
для обучающихся по специальности  
20.02.01 Экологическая безопасность природных комплексов**

*Направленность: Экологическая безопасность природно-техногенных комплексов*

программа подготовки специалистов среднего звена

на базе среднего общего образования

год набора: 2023

Автор: Радионова Т.Ю.

Одобрена на заседании кафедры  
иностранных языков и деловой  
коммуникации (ИЯДК)

(название кафедры)

Зав.кафедрой



Юсупова Л.Г.

(Фамилия И.О.)

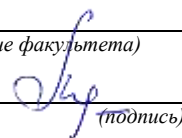
Протокол №1 от 06.09.2022

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией  
инженерно-экономического факультета

(название факультета)

Председатель



Мочалова Л.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол №1 от 13.09.2022

(Дата)

Екатеринбург

## СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	3
Перечень тем практических занятий	4
Опрос	5
Практико-ориентированное задание	5
Доклад	6
Контрольная работа	7
Зачет 1	7
Зачет 2	7
Критерии оценивания	7
Список рекомендованной литературы	9
Перечень интернет-ресурсов	10

## **Пояснительная записка**

Методические указания для практических занятий разработаны на основании рабочей программы учебной дисциплины ОГСЭ.03 «Иностранный язык в профессиональной деятельности» для обучающихся по специальности 20.02.01 Экологическая безопасность природных комплексов. Дисциплина «Иностранный язык в профессиональной деятельности» является дисциплиной социально-экономического цикла. Методические указания по выполнению практических заданий предназначены для организации работы на практических занятиях по учебной дисциплине «Иностранный язык в профессиональной деятельности».



## Перечень тем практических занятий

	<i>Тема, раздел</i>	<i>Кол-во практич. занятий</i>	<i>Наименовани е оценочного средства</i>
<i>1 семестр</i>			
1.	<u>Часть А: Бытовая сфера общения:</u> Семья. Взаимоотношения в семье, семейные традиции. Жилищные условия. Устройство городской квартиры/загородного дома.). <u>Часть Б: Грамматика:</u> Основные глаголы «быть», «иметь». Порядок слов в утвердительном, вопросительном, отрицательном предложении.	6	опрос
2.	<u>Часть А: Социально-культурная сфера:</u> Мой факультет городского хозяйства, УГГУ (история, факультеты, здания, учебный год) <u>Часть Б: Грамматика:</u> степени сравнения прилагательных и наречий.	6	доклад
<i>2 семестр</i>			
3.	<u>Часть А: Учебно-познавательная сфера:</u> Образование в России и в стране изучаемого языка <u>Часть Б: Грамматика:</u> Времена в активном залоге Англ.яз.: Простые времена (Simple Tenses) Нем.яз.: Настоящее время (Präsens), простое прошедшее время (Präteritum), Фр.яз.: Настоящее время Présent de l'Indicatif , сложное прошедшее время (Passé composé)	16	опрос
4.	<u>Часть А: Учебно-познавательная сфера:</u> Екатеринбург - столица Урала. Мой родной город. <u>Часть Б: Грамматика:</u> Времена в активном залоге. Англ.яз.: Продолженные времена (Continuous Tenses). Нем.яз.: сложное прошедшее время (Perfekt, Plusquamperfekt) Фр.яз.: незаконченное прошедшее время: Imparfait. Простое прошедшее время (Passé simple).	18	доклад
	Проведение зачета	2	Зачет
<i>3 семестр</i>			
5.	<u>Часть А: Учебно-познавательная сфера:</u> Страны изучаемого языка и их столицы <u>Часть Б: Грамматика:</u> Времена в активном залоге. Англ.яз.: Завершенные времена (Perfect Tenses) Нем.яз.: Будущее время (Futurum I, II). Фр.яз.: простое будущее время (Futur simple), непосредственное будущее и прошлое время (Futur et Passé Immédiats)	6	опрос
6.	<u>Часть А: Социально-культурная сфера:</u> Покупки. Товары. Магазины <u>Часть Б: Грамматика:</u> Англ, нем, фр: система времен в страдательном залоге	6	практико-ориентированное задание
<i>4 семестр</i>			
7.	<u>Часть А: Профессиональная сфера:</u> Избранное направление профессиональной деятельности. <u>Часть Б: Грамматика:</u> Англ, нем., фр.яз.: Согласование времен. Косвенная речь	6	опрос
8.	<u>Часть А: Профессиональная сфера:</u> Экология. Проблемы экологии и природопользования.	6	практико-ориентированное задание
	Проведение зачета	2	Экзамен
<b>ИТОГО</b>		<b>74</b>	

## Опрос

Подготовка к опросу проводится в ходе самостоятельной работы студентов и включает в себя повторение пройденного материала по вопросам предстоящего опроса. Помимо основного материала студент должен изучить дополнительную рекомендованную литературу и информацию по теме, в том числе с использованием Интернет-ресурсов.

Опрос предполагает устный ответ студента на 4 основных и несколько дополнительных вопросов преподавателя. Ответ студента должен представлять собой развернутое, связанное, логически выстроенное сообщение.

### Вопросы для проведения опроса по теме 1

1. Я и моя семья (количество человек в семье, их возраст, профессия, хобби), семейные традиции, уик-энды.
2. Моя квартира/загородный дом (в какой квартире вы живете, какие современные удобства у вас есть в квартире, обстановка в квартире, квартира вашей мечты)
3. Спряжение глаголов «быть», «иметь».
4. Порядок слов в утвердительном, вопросительном, отрицательном предложении.

### Вопросы для проведения опроса по теме 3

1. Система образования в Российской Федерации.
2. Система образования в стране изучаемого языка.
3. Лучшие ВУЗы мира.
4. Времена в активном залоге:

### Вопросы для проведения опроса по теме 5

1. Географическое положение стран изучаемого языка.
2. История стран изучаемого языка.
3. Знаменитые люди страны изучаемого языка
4. Система времен действительного залога.

### Вопросы для проведения опроса по теме 7

1. Избранное направление профессиональной деятельности: гидрогеология и инженерная геология.
2. Профессиональные качества, необходимые для успешного карьерного роста.
3. Основные виды деятельности техника по гидрогеологии и инженерной геологии .
4. Сферы будущей профессиональной деятельности
3. Согласование времен. Косвенная речь

### Практико-ориентированное задание

Практико-ориентированные задания направлены на формирование у студента знаний, умений и владений, необходимых для коммуникации на иностранном языке. Для подготовки к практико-ориентированным заданиям студенту необходимо изучить лексические и грамматические конструкции, представленные в данном разделе / теме. Данные задания предполагают как письменные, так и устные ответы. Ответ должен быть логически, лексически и грамматически верным. Количество заданий определяется преподавателем, исходя из уровня знаний студента.

### Практико-ориентированные задания по теме 6 (Магазины)

1. Выполнить упражнение на виды магазинов и товары, продаваемые в этих магазинах.
2. Составить диалог «Покупка товаров в магазине».
3. Выполнить упражнения на времена в страдательном залоге

## **Практико-ориентированные задания по теме 8 (Экология. Проблемы экологии и природопользования)**

1. Перевести текст, составить глоссарий, тезисы к тексту, выразить мнение о прочитанном тексте.
2. Выполнить лексические упражнения.

### **Доклад (на иностранном языке)**

Студентам рекомендуется просмотреть список тем докладов и выбрать наиболее интересные для них темы, после чего приступить к подготовительному этапу (составление плана и обсуждение его с преподавателем, постановка целей и задач доклада, составление списка источников, которые будут использованы во время работы и т.д.) и непосредственно к самой исследовательской деятельности. В своей работе студенты могут пользоваться различными источниками: интернет - ресурсами, периодическими изданиями, учебной литературой и т.п. Доклад должен быть оформлен в печатном виде объемом не менее 2500 тыс. знаков на листах формата А4 на иностранном языке с указанием автора, группы и преподавателя. Защита доклада осуществляется во время занятий по иностранному языку.

#### **Темы докладов по УГГУ**

1. История УГГУ
2. Известные выпускники УГГУ
3. Колледж УГГУ
4. Студенческая жизнь

#### **Темы докладов по Екатеринбургу**

1. История Екатеринбурга.
2. Музеи Екатеринбурга.
3. Урал.
4. Мой родной город.

Порядок подготовки к докладу:

1. Выберите тему.
2. Осуществите поиск информации с использованием интернет-ресурсов, библиотечных ресурсов, краеведческих материалов, словарей.
3. Обработайте ее.
4. Воспроизведите на английском языке.
5. Подготовьте грамотный, логически законченный рассказ.
6. Подберите иллюстрационный материал к проектам. При подборе иллюстраций используйте метод виртуальной экскурсии.
7. Прорепетируйте свое выступление.

Структура доклада.

1. Вступление: должно содержать название, сообщение основной идеи, современную оценку предмета изложения, краткое перечисление рассматриваемых вопросов, живую интересную форму изложения, акцентирование внимания на важных моментах, оригинальность подхода.
2. Основная часть, в которой выступающий должен глубоко раскрыть суть затронутой темы, обычно строится по принципу отчета. Задача основной части – представить достаточно данных для того, чтобы слушатели заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами.

3. Заключение – ясное, четкое обобщение и краткие выводы, которых всегда ждут слушатели.
4. Список литературы.

### **Контрольная работа**

Контрольная работа включает в себя грамматический тест (количество заданий –20).

При выполнении предложенных тестовых заданий, следует внимательно прочитать каждый из поставленных вопросов и предлагаемые варианты ответа. В качестве ответа надлежит выбрать один индекс, соответствующий правильному ответу. Тестовые задания составлены таким образом, что в каждом из них правильным является лишь один из предложенных вариантов ответа. Рекомендуемое время на выполнение тестовых заданий – 15 минут.

### **Зачет 1 (во 2-ом семестре)**

Зачет включает в себя лексико-грамматический тест (количество заданий –20).

При подготовке к зачету следует повторить лексический и грамматический материал за 1 и 2 семестр. При выполнении предложенных тестовых заданий, следует внимательно прочитать каждый из поставленных вопросов и предлагаемые варианты ответа. В качестве ответа надлежит выбрать один индекс, соответствующий правильному ответу. Тестовые задания составлены таким образом, что в каждом из них правильным является лишь один из предложенных вариантов ответа. Рекомендуемое время на выполнение тестовых заданий – 15 минут.

### **Зачет 2 (в 4-ом семестре)**

Зачет включает в себя:

- 1) письменное выполнение заданий на точное понимание содержания прочитанного текста на иностранном языке с использованием словаря (количество вопросов в работе – 2);
- 2) лексико-грамматический тест (количество заданий – 20)

При подготовке к зачету следует повторить лексический и грамматический материал за 3 и 4 семестр. Ответы на письменные задания должны быть точными, соответствующими содержанию текста, грамматически, лексически и синтаксически правильно оформленными. Ответ, представляющий бессвязный набор слов рассматривается как неверный. Наличие в ответах любой грубой ошибки является основанием для снижения оценки. Оценка за письменный зачет может быть снижена за небрежное оформление работы (недопустимые сокращения, зачеркивания, неразборчивый почерк). Рекомендуемое время, отводимое для чтения текста и выполнения письменных заданий к нему – 60 минут.

Прежде чем приступить к выполнению тестовых заданий обучающийся должен внимательно ознакомиться со всеми предложенными вопросами. Далее, в соответствии с инструкцией к тестовым заданиям, студент должен ответить на поставленные вопросы: выбрать один или несколько ответов из предложенного списка, установить соответствие элементов двух списков, расположить элементы списка в определенной последовательности, самостоятельно сформулировать ответ и т.д. Рекомендуемое время на выполнение тестовых заданий – 30 минут.

### **Критерии оценивания**

#### **Опрос**

правильность ответа на вопросы – 0-2 балла

всесторонность и глубина ответа (полнота) – 0-2 балла

лексически верное оформление ответа - 0-2 балла  
грамматически верное оформление ответа – 0-2 балла  
логически верное оформление ответа – 0-2 балла  
*Максимальное количество - 10 баллов*

### **Практико-ориентированные задания**

логичность изложения материала - 3 балла  
решение коммуникативной задачи- 2 балла  
соответствие словарного запаса поставленной коммуникативной задаче - 3 балла  
использование разнообразных грамматических конструкций в соответствии с поставленной задачей -2 балла  
*Максимальное количество - 10 баллов*

### **Доклад**

*Критерии оценивания доклада:* содержание и соответствие теме, структура работы, лексико-грамматическое оформление, орфография и пунктуация, выступление, представление работы, лексико-грамматическое оформление речи, фонетическое оформление речи, ответы на вопросы.

Содержание и соответствие теме, структура работы, лексико-грамматическое оформление, орфография и пунктуация, выступление, представление работы, лексико-грамматическое оформление речи, фонетическое оформление речи, ответы на вопросы.

Доклад полностью соответствует предъявляемым требованиям – 9-10 баллов.

Доклад в основном соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 7-8 баллов.

Доклад частично соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 4-6 баллов.

Доклад не соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 0-3 балла.

*Максимальное количество - 10 баллов*

### **Контрольная работа**

Критерии оценивания: правильность ответа – 0,5 балла.

Максимальное количество - 10 баллов

### **Зачет 1**

Критерии оценивания: правильность ответа - 2 балла.

*Максимальное количество баллов - 40*

### **Зачет 2**

*Критерии оценивания:*

5 баллов за каждый верный ответ на вопрос к тексту

1,5 балла за каждое верно выполненное тестовое задание.

*Максимальное количество баллов - 40*

При реализации дисциплины «Иностранный язык» используется балльно-рейтинговая система оценки учебной деятельности в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценки учебной деятельности (учебном рейтинге) обучающихся в ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» (СМК ОД.Пл.04-06.222-2021).

Распределение баллов в рамках текущего рейтинга и рейтинга промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Иностранный язык» представлены в комплекте оценочных средств.

Полученные значения учебного рейтинга обучающихся в баллах переводятся в оценки, выставляемые по следующей шкале:

Количество баллов	Отметка за зачет с оценкой	Отметка о зачете
80-100	Отлично	Зачтено
65-79	Хорошо	
50-64	Удовлетворительно	
0-49	Неудовлетворительно	Не зачтено

### Список литературы

#### Основная литература

##### Английский язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Агабекян, И. П. Английский язык для ссузов: учебное пособие / И. П. Агабекян. - Москва : Проспект, 2019. - 280 с. .	5
2	Голицынский Ю.Б. Грамматика: сборник упражнений / Ю. Б. Голицынский. - Изд. 8-е, испр. - Санкт-Петербург : КАРО, 2017. - 576 с.	5

##### Немецкий язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Миляева Н. Н. Немецкий язык: учебник и практикум для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования / Н. Н. Миляева, Н. В. Кукина. - Москва : Юрайт, 2019. - 353 с.	13
2	Листвин Д. А. Вся грамматика немецкого языка для школы в упражнениях и правилах. Грамматика немецкого языка в упражнениях с правилами: сборник упражнений / Д. А. Листвин. - Москва : АСТ : Lingua, 2019.	13

##### Французский язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Бартенева И. Ю. Французский язык: учебное пособие для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования / И. Ю. Бартенева, О. В. Желткова, М. С. Левина. - Москва: Юрайт, 2019. - 332 с.	13
2	Попова И.Н. Французский язык/ Manuel de francais : учебник для 1 курса ВУЗов и факультетов иностранных языков / И. Н. Попова, Ж. А. Казакова, Г. М. Ковальчук. - Изд. 21-е, испр. - Москва : Нестор Академик, 2018. - 576 с.	13

#### Дополнительная литература

##### Английский язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Степанова Н. А. An Introduction to Environmental Awareness = Знакомство с основными проблемами охраны окружающей среды : [Электронный ресурс] : учебное пособие / Степанова Н. А. - Санкт-Петербург : Антология, 2021. - 128 с. - URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/104010.html">https://www.iprbookshop.ru/104010.html</a> . - ISBN 5-94962-116-6 : Б. ц.	Эл. ресурс
2	Мясникова, Ю.М. BRITAIN AND THE BRITISH: учебное пособие по английскому языку для студентов 1 и 2 курсов всех направлений и специальностей / Ю. М. Мясникова ; Министерство образования и науки РФ, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ. Часть 2. - 2-е изд., стер. - 2017. - 48 с.	20
3	Мясникова, Ю.М. Britain and the british : учебное пособие по английскому языку для студентов I и II курсов всех направлений и специальностей / Ю. М.	56

	Мясникова ; Уральский государственный горный университет. - 3-е изд., стер. - Екатеринбург : УГГУ. Часть 1. - 2019. - 52 с.	
--	---	--

### Немецкий язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Примак, С. С. Научно-техническая информация и перевод (немецкий язык) : [Электронный ресурс] : учебное пособие / Примак С. С. - Барнаул : Алтайский государственный педагогический университет, 2021. - 120 с. - URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/108872.html">https://www.iprbookshop.ru/108872.html</a> . - ISBN 978-5-88210-985-0	Эл. ресурс
2	Немецкий язык для технических вузов = Deutsch für technische Hochschulen : учебник для студентов вузов, обучающихся по техническим направлениям подготовки (квалификация (степень) "бакалавр"), дисциплине "Немецкий язык" / Н. В. Басова [и др.] ; под ред. Т. Ф. Гайвоненко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральный институт развития образования. - 13-е изд., перераб. и доп. - Москва : Кнорус, 2017. - 510 с.	39

### Французский язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Фёдорова, Т. А. Французский язык для технических специальностей : [Электронный ресурс] : учебное пособие / Фёдорова Т. А. - Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. - 68 с. - URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/111783.html">https://www.iprbookshop.ru/111783.html</a>	Эл. ресурс
2	Бородулина, Н. Ю. Французский язык для технических специальностей : [Электронный ресурс] : учебное пособие для СПО / Бородулина Н. Ю. - Саратов, Москва : Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2021. - 79 с. - URL: <a href="https://www.iprbookshop.ru/110570.html">https://www.iprbookshop.ru/110570.html</a> . - ISBN 978-5-4488-1319-1, 978-5-4497-1337-7	Эл. ресурс

### Перечень интернет-ресурсов

*Ресурсы сети Интернет:*

#### Английский язык

1. Грамматика английского языка. Английская грамматика. [www.native-english.ru/grammar](http://www.native-english.ru/grammar)
2. Английский язык.ru – Пособия по английскому языку. <http://english.language.ru/posob/index.html>
3. Статьи, справочники по лингвистике, переводу, изучению языков. Грамматика, топики (темы), тесты по английскому. [www.linguistic.ru](http://www.linguistic.ru)
4. Онлайн-словарь [www.lingvo.ru](http://www.lingvo.ru)
5. Онлайн-словарь [www.multitran.ru](http://www.multitran.ru)
6. Онлайн курсы [www.study.ru](http://www.study.ru), [www.edufind.com](http://www.edufind.com),

#### Немецкий язык

1. Немецкий журнал <http://www.focus.de>
2. Интерактивная грамматика немецкого языка <http://www.grammade.ru>
3. Электронный словарь <http://www.langenscheidt.de>
4. Онлайн курсы, тесты <http://www.test.de>, <http://www.oeko-test.de>

#### Французский язык

1. Обучающий портал [www.le-francais.ru](http://www.le-francais.ru)
2. Обучающий портал <http://www.studyFrench.ru>
3. спряжение французских глаголов - [les-verbess.com](http://les-verbess.com).
4. онлайн-словарь [www.multitran.ru](http://www.multitran.ru).
5. Грамматика. <https://french-online.ru/francuzskaja-grammatika/>

*Информационные справочные системы:*

### **Английский язык**

1. Мультимедийная энциклопедия- [www.britannika.com](http://www.britannika.com)
2. Cambridge Dictionary - <https://dictionary.cambridge.org/>

### **Немецкий язык**

1. Электронная энциклопедия <http://www.brockhaus.de>
2. Электронная энциклопедия <http://de.wikipedia.org/wiki>

### **Французский язык**

1. Толковый словарь французского языка Larousse - <https://www.larousse.fr/>
2. Толковый словарь французского языка Le Robert- <https://dictionnaire.lerobert.com/>

### *Базы данных:*

E-library: электронная научная библиотека: <https://elibrary.ru>



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

по дисциплине  
**БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Специальность

**20.02.01**

программа подготовки специалистов среднего звена

базовая подготовка

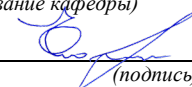
Авторы: Тетерев Н.А., Гребенкин С.М., Кузнецов А.М.

Одобрена на заседании кафедры

Безопасности горного производства

*(название кафедры)*

Зав.кафедрой

  
*(подпись)*

Елохин В.А.

*(Фамилия И.О.)*

Протокол №1 от 07.09.2022


*(Дата)*

Рассмотрена методической комиссией

Инженерно-экономический факультета

*(название факультета)*

Председатель

  
*(подпись)*

Мочалова Л. А.

*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 1 от 13.09.2022

*(Дата)*

Екатеринбург

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>ЗНАЧЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ И ЗАКАЛИВАНИЯ ОРГАНИЗМА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА</b> .....	4
<b>КОМФОРТНЫЕ УСЛОВИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ</b> .....	4
<b>ОСНОВЫ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ</b> .....	4
<b>ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ РАНЕНИЯХ</b> .....	4
<b>ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ КРОВОТЕЧЕНИЯХ</b> .....	5
<b>ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ПЕРЕЛОМАХ, ВЫВИХАХ, УШИБАХ, РАСТЯЖЕНИЯХ</b> .....	5
<b>ОПОВЕЩЕНИЕ И ИНФОРМИРОВАНИЕ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЧС</b> .....	5
<b>ИНЖЕНЕРНАЯ И ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ЗАЩИТА. ВИДЫ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ В НИХ</b> .....	5
<b>ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ И ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ</b> .....	6
<b>ОСНОВЫ ВОЕННОЙ СЛУЖБЫ</b> .....	6
<b>КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ</b> .....	7
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	8
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	8

## ВВЕДЕНИЕ

Современный человек живет в мире различного рода опасностей, т. е. явлений, процессов, объектов, постоянно угрожающих его здоровью и самой жизни. Не проходит и дня, чтобы газеты, радио и телевидение не принесли тревожные сообщения об очередной аварии, катастрофе, стихийном бедствии, социальном конфликте или криминальном происшествии, повлекших за собой гибель людей и громадный материальный ущерб.

По мнению специалистов, одной из причин создавшейся ситуации является недостаточный уровень образования – обучения и воспитания – человека в области обеспечения безопасной деятельности. Только постоянное формирование в людях разумного отношения к опасностям, пропаганда обязательности выполнения требований безопасности может гарантировать им нормальные условия жизни и деятельности.

В курсе БЖД излагаются теория и практика защиты человека от опасных и вредных факторов природного и антропогенного происхождения в сфере деятельности.

Данный курс предназначен для формирования у будущих специалистов сознательного и ответственного отношения к вопросам безопасности, для привития им теоретических знаний и практических навыков, необходимых для создания безопасных и безвредных условий деятельности в системе «человек – среда», проектирования новой безопасной техники и безопасных технологий, прогнозирования и принятия грамотных решений в условиях нормальных и чрезвычайных ситуаций.

В процессе изучения курса БЖД студенту предстоит решить следующие задачи: усвоить теоретические основы БЖД; ознакомиться с естественной системой защиты человека от опасностей; изучить систему искусственной защиты в условиях нормальных (штатных) и чрезвычайных (экстремальных) ситуаций; ознакомиться с проблемами заболеваемости и травматизма на производстве; изучить вопросы управления безопасностью деятельности.

Успешное изучение курса студентами возможно при наличии соответствующей учебной литературы. Предлагаемое вниманию студентов и преподавателей учебное пособие подготовлено в соответствии с учебной программой курса БЖД для студентов всех направлений и специальностей.

## **ЗНАЧЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ И ЗАКАЛИВАНИЯ ОРГАНИЗМА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА**

Основные физические качества: быстрота, сила, выносливость, гибкость.

Закаливание: методы закаливания, основные принципы закаливания, водные процедуры, процедура обтирания, солнечные ванны, хождение босиком (босохождение).

### **КОМФОРТНЫЕ УСЛОВИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Неблагоприятные условия труда: ущерб здоровью, сокращение продолжительности жизни (СПЖ), риск. Оптимальные условия труда. Допустимые условия труда. Вредные условия труда подразделяются на 4 степени вредности. Опасные (экстремальные) условия труда.

Оценка влияния вредных факторов на здоровье человека. Скрытый ущерб здоровью на основании общей оценки класса условий труда. Скрытый ущерб здоровью по показателю тяжести трудового процесса. Скрытый ущерб здоровью по вредным факторам городской ( $K_{Г}$ ) и бытовой ( $K_{Б}$ ) среды, сутки/год. Показатели  $K_{ч}$  и  $K_{си}$  в различных отраслях экономики и по отдельным профессиям. Риск принудительной гибели людей в непроизводственных условиях. Классы условий труда в зависимости от условий труда (температура, пыль, шум, вибрации, тепловое излучение и освещение РМ). Классы условий труда по показателям тяжести трудового процесса. Классы условий труда по показателям напряженности трудового процесса.

### **ОСНОВЫ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ**

Медицинская помощь: первая помощь, скорая медицинская помощь, первичная медико-санитарная помощь специализированная медицинская помощь. Принципы оказания первой помощи: срочность и очередность, последовательность, все приёмы ПП должны быть щадящими. При оказании ПП необходимо помнить, что она должна быть правильной и целесообразной, быстрой и обдуманной, решительной, но спокойной.

Признаки жизни. Признаки смерти. Признаки клинической смерти (сомнительные). Признаки биологической смерти (явные).

### **ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ РАНЕНИЯХ**

Рана. Классификация ран: слепыми, сквозными, ранения мягких тканей, повреждением костей, проникающие, непроникающие, резаная рана, рубленая рана, рваная рана, колотая рана, скальпированная рана, ушибленная рана, укушенная рана, огнестрельная рана.

Первая помощь при ранениях. Раневая инфекция: нагноение, сепсис, рожистое воспаление, газовой инфекции (гангрена), столбняк, бешенство.

## **ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ КРОВОТЕЧЕНИЯХ**

Капиллярные кровотечения. Венозные кровотечения: Симптомы венозных кровотечений. Артериальные кровотечения. Признаки артериального кровотечения. Внутренние кровотечения. Симптомы внутреннего кровотечения. Желудочно-кишечные кровотечения. Признаками желудочно-кишечного кровотечения.

Приемы остановки кровотечений: наложение давящей повязки, пальцевое прижатие артерии выше раны, точки прижатия артерий, наложение кровоостанавливающего жгута.

Ошибки и осложнения при наложении жгута. Фиксирование конечности в положении максимального сгибания.

## **ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ПЕРЕЛОМАХ, ВЫВИХАХ, УШИБАХ, РАСТЯЖЕНИЯХ**

Иммобилизация. Перелом. Симптомы переломов: абсолютные симптомы перелома, относительные симптомы перелома, помощь при закрытом переломе, помощь при открытом переломе. Первая помощь при переломах. Особенности перелома костей у детей. Правила наложения шин. Виды шин. Транспортная иммобилизация. Травматический шок. Фазы травматического шока. Фаза возбуждения (эректильная). Фаза торможения (торпидная). Степени шока: легкая, средней тяжести, тяжелая, предагональная. Основные меры профилактики травматического шока. Травма. Травматизм. Виды травм: изолированная травма, множественная травма, сочетанная травма, комбинированная травма. Основные мероприятия по профилактике травматизма. Борьба с последствиями травматизма. Закрытые травмы. Ушибы. Признаки ушибов. Первая помощь при ушибах. Сотрясение головного мозга. Первая помощь при сотрясении головного мозга. Растяжение связок. Симптомами растяжения связок являются первой помощи при растяжении связок. Вывихи. Симптомы вывиха. Первая помощь при вывихе. Разрыв связок. Симптомы разрыва связок. Первая помощь при разрыве связок. Разрывы мышц. Симптомы разрыва мышц. Первая помощь при разрыве мышц. Разрыв сухожилия. Симптомы разрыва сухожилия. Первая помощь при разрыве сухожилия.

## **ОПОВЕЩЕНИЕ И ИНФОРМИРОВАНИЕ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЧС**

Эвакуация. План эвакуации. Эвакуационный выход. Аварийные выход. Путь эвакуации. Тупик.

Порядок действий, при следовании на сборный пункт после получения извещения об эвакуации. Порядок действий по прибытии в пункт эвакуации.

## **ИНЖЕНЕРНАЯ И ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ЗАЩИТА. ВИДЫ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ В НИХ**

Ядерное оружие. Порядок надевания противогаза. Порядок снятие противогаза. Подбор размера противогаза.

Респиратор. Ватно-марлевая повязка. Средства индивидуальной защиты глаз (СИЗГ). Средства индивидуальной защиты кожи (СИЗК). Общевойсковой комплексный защитный костюм (ОЗК). Противопыльные тканевые маски.

Очаг биологического поражения. Причина заражения. Основные формы борьбы с эпидемиями. Дезинсекция и дератизация.

## **ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ И ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

Общие понятия об устойчивости работы объектов экономики и жизнеобеспечения населения. Повышением устойчивости функционирования организации в ЧС (ПУФ в ЧС). Основные факторы, влияющие на устойчивость работы объектов экономики. Прогнозирование и оценка устойчивости функционирования объектов экономики и жизнеобеспечения населения. Оценка устойчивости функционирования объекта экономики в условиях чрезвычайных ситуаций. Мероприятия и способы повышения устойчивости работы объектов экономики и жизнеобеспечения населения. Организационные мероприятия. Инженерно-технические мероприятия. Специальные мероприятия. План-график наращивания мероприятий по повышению устойчивости функционирования при угрозе возникновения ЧС. Оценка устойчивости объекта экономики к воздействию механических поражающих факторов (воздушной ударной волны).

## **ОСНОВЫ ВОЕННОЙ СЛУЖБЫ**

Родина и ее национальная безопасность. История создания и развития Вооруженных сил России. Состав Вооруженных сил Российской Федерации. Патриотизм, верность воинскому долгу — неотъемлемые качества русского воина, основа героизма. Память поколений — дни воинской славы России. Дружба и войсковое товарищество — основа боевой готовности войск. Боевое знамя воинской части — символ воинской чести, доблести и славы. Ордена — почетные награды за воинские отличия и заслуги в бою и военной службе. Ритуалы Вооруженных сил Российской Федерации. Организация занятий и меры безопасности при проведении учебных сборов. Размещение и быт военнослужащих. Суточный наряд. Обязанности лиц суточного наряда. Организация караульной службы. Обязанности часового. Строевая подготовка. Огневая подготовка. Автомат Калашникова. Тактическая подготовка.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Первая помощь и её значение.
2. В чём заключается сущность ПП.
3. Перечислите принципы оказания первой помощи.
4. Назовите признаки (симптомы) ран.
5. По каким признакам классифицируются раны.
6. ПП при ранениях.
7. Что такое раневая инфекция? Симптомы наиболее опасных раневых инфекций.
8. Назовите основные виды кровотечений.
9. Как можно остановить капиллярное кровотечение?
10. Каковы признаки артериального кровотечения и чем оно опасно для пострадавшего?
11. В каких случаях накладывают жгут?
12. Каковы основные правила наложения жгута?
13. Какие существуют травмы?
14. Назовите признаки ушиба, вывиха, растяжения связок. Последовательность и правила оказания первой помощи.
15. Назовите признаки перелома костей конечностей. Последовательность и правила оказания первой помощи при переломах.
16. Охарактеризуйте механизмы развития стадий травматического шока. Меры профилактики шокового состояния.
17. Назовите симптомы сотрясения головного мозга. В чём опасность плохо пролеченных легких сотрясений головного мозга?
18. Что означает термин «эвакуация населения»?
19. В каких случаях осуществляется эвакуация населения?
20. Каков порядок эвакуации населения?
21. Что необходимо брать с собой во время эвакуации?
22. На какой срок рассчитывается запас продуктов и питья?
23. Перечислите СИЗОД.
24. Перечислите СИЗ кожи.
25. Назовите порядок изготовления ВМП.
26. При каких опасностях используются индивидуальные средства защиты?
27. Что является основным средством защиты при угрозе применения ядерного оружия?
28. Что относится к основным средствам защиты населения от биологического оружия?
29. Какие индивидуальные средства защиты применяются при химической угрозе?
30. Какие действия предполагает санитарная обработка?
31. В чем отличие дезинфекции от дезинсекции?

32. Вооруженные силы РФ - основа обороны государства.
33. Военная обязанность и ее составляющие.
34. Военнослужащий - защитник своего Отечества.
35. Требования воинской деятельности к военнослужащим.
36. Военнослужащий - подчиненный, строго соблюдающий законы и воинские уставы.
37. Как стать офицером Российской армии.
38. Боевые традиции ВС РФ.
39. Символы воинской чести.
40. Ритуалы Вооруженных сил РФ.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В среде обитания человека постоянно присутствуют естественные, техногенные и антропогенные опасности.

Полностью устранить негативное влияние естественных опасностей человечеству до настоящего времени не удастся. Реальные успехи в защите человека от стихийных явлений сводятся к определению наиболее вероятных зон их действия и ликвидации возникающих последствий.

Мир техногенных опасностей вполне познаваем, и у человека есть достаточно способов и средств для защиты.

Антропогенные опасности во многом обусловлены недостаточным вниманием человека к проблеме безопасности, склонностью к риску и пренебрежению опасностью. Часто это связано с ограниченными знаниями человека о мире опасностей и негативных последствиях их проявления. Воздействие антропогенных опасностей может быть сведено к минимуму за счет обучения населения и работающих основам безопасности жизнедеятельности.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Г.Н. Кирилов. Организация и ведение гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.: Учебное пособие для преподавателей и слушателей. /УМЦ, Курсов ГО и работников ГО ЧС предприятий, организаций и учреждений – М: 2002., С.352-386. (Институт риска и безопасности)
2. Г.П. Демиденко. Повышение устойчивости работы объектов народного хозяйства в военное время. Киев, 1984.С.6-226.
3. О. Русак, К. Малаян, Н. Занько. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. Спб.:, 2000.,С.414-424.
4. В.А. Владимиров, Г.М. Сергеев, С.А. Михайлов, В.Н. Белобородов, А.Б. Аванян. Предупреждение чрезвычайных ситуаций и повышение устойчивости функционирования организаций.: Сборник методических материалов по тематике ГО и ЧС. М: Редакция журнала «Военные знания», 2000.,С.18-30.



5. В.Г. Атаманюк, Л.Г. Ширшев, Н.И. Акимов. Гражданская оборона.: Учебник для вузов – М: «Высшая школа», 1986.,С.106-133.
6. Атлас география России, население и хозяйство. М: Издательство «Д и К», 1997., С. 11,34.
7. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др. / Под общ. ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 2001. – 485с.
8. Косолапова Н.В. Основы безопасности жизнедеятельности: учебник / Н.В. Косолапова, Н.А. Прокопенко. - 3-е изд., стереотипн. - М.: Академия, 2011. - С.229-240.
9. Смирнов А.Т., Васнев В.А. «Основы военной службы», ООО «Дрофа», 2006