

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Щёкина Вера Витальевна

Должность: Ректор

Дата подписания: 14.11.2023 08:40:05

Уникальный программный ключ:

a2232a55157e576551a28999f1190892af53989420420536f6f573a434e57789



**МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**


**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Благовещенский государственный педагогический университет»**

**ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА**

**Рабочая программа дисциплины**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Декан естественно-географического  
Факультета ФГБОУ ВО «БГПУ»**

 **И.А. Трофимова**  
**«28» апреля 2021 г.**

**Рабочая программа дисциплины  
ОСНОВЫ ГИДРОХИМИИ**

**Направление подготовки  
05.03.06 ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

**Профиль  
«ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»**

**Уровень высшего образования  
БАКАЛАВРИАТ**

**Принята на заседании кафедры химии  
(протокол № 7 от «14» апреля 2021 г.)**

**Благовещенск 2021**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА .....</b>	<b>3</b>
<b>2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>3 СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ (РАЗДЕЛОВ) .....</b>	<b>5</b>
<b>4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>8</b>
<b>5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>9</b>
<b>6 ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ(САМОКОНТРОЛЯ) УСВОЕННОГО МАТЕРИАЛА.....</b>	<b>32</b>
<b>7 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ .....</b>	<b>38</b>
<b>8 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ИНВАЛИДАМИ И ЛИЦАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ .....</b>	<b>38</b>
<b>9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ .....</b>	<b>38</b>
<b>10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА .....</b>	<b>39</b>
<b>11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ .....</b>	<b>41</b>

## 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

**1.1 Цель дисциплины:** формирование компетенций, необходимых для работы в области исследования химического состава природных вод.

### 1.2 Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Основы гидрохимии» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)»: Б1.В.07.

Успешное освоение дисциплины «Основы гидрохимии» студентами опирается на знания, умения и готовности, сформированные в ходе изучения таких дисциплин, как аналитическая химия, основы общей химии.

### 1.3 Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций: ПК-1:

- **ПК-1.** Владеет системой фундаментальных понятий и законов экологии, биологии, химии, наук о земле, **индикаторами** достижения которой являются:

- ПК-1.2. Понимает основные принципы, законы, методологию неорганической, органической, биологической химии; демонстрирует знание теоретических основ гидрохимии, химии окружающей среды.
- ПК-1.4. Интерпретирует полученные результаты, используя базовые понятия экологии, биологии, химии, наук о земле.

**1.4 Перечень планируемых результатов обучения.** В результате изучения дисциплины студент должен

#### - **знать:**

- теоретические основы химии природных вод;
- химические и физические свойства природных вод;
- основные факторы формирования химического состава и процессов самоочищения природных вод;
- состав различных типов природных вод;
- классификацию основных типов вод;
- методы химического анализа природных вод и гидрохимических исследований водных объектов.

#### - **уметь:**

- применять знания химии природных вод для освоения специальных дисциплин и решения профессиональных задач осуществлять физико-химический анализ природных вод;
- классифицировать полученные данные на основании нормативных требований;
- проводить гидрохимические исследования водных объектов;
- использовать нормативные документы, определяющие организацию и технику безопасности работ.

#### - **владеть:**

- комплексом методов химического анализа природных вод и гидрохимических исследований водных объектов;
- методами обработки и анализа опытных данных и представления результатов гидрохимического анализа;
- навыками безопасного обращения с химическими реактивами, приборами и лабораторным оборудованием.

**1.5 Общая трудоемкость дисциплины** «Основы гидрохимии» составляет 3 зачетные единицы (далее – ЗЕ) (108 часов).

Программа предусматривает изучение материала на лекциях и лабораторных занятиях. Предусмотрена самостоятельная работа студентов по темам и разделам. Проверка знаний осуществляется фронтально, индивидуально.

### 1.6 Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Объем дисциплины и виды учебной деятельности (очная форма обучения)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр 4
Общая трудоемкость	108	108
Аудиторные занятия	64	64
Лекции	24	24
Лабораторные работы	40	40
Самостоятельная работа	44	44
Вид итогового контроля:		зачет

## 2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

### Учебно-тематический план (очная форма обучения)

№	Наименование тем (разделов)	Всего часов	Аудиторные занятия		Самостоятельная работа
			Лекции	Лабораторные занятия	
<b>1</b>	<b>Теоретические основы гидрохимии</b>	<b>22</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>8</b>
1.1	Введение	3	2	-	1
1.2	Вода и ее свойства	3	2	-	1
1.3	Химические процессы в природных водах	4	2	-	2
1.4	Химический состав природных вод	8	2	4	2
1.5	Факторы формирования химического состава природных вод	4	2	-	2
<b>2</b>	<b>Гидрохимия атмосферных осадков, поверхностных, подземных и океанических вод</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>6</b>
2.1	Гидрохимия атмосферных осадков	3	2	-	1
2.2	Гидрохимия рек	3	2	-	1
2.3	Гидрохимия озер и искусственных водоемов	2	1	-	1
2.4	Гидрохимия подземных вод	2	1	-	1
2.5	Гидрохимия океана и морей	2	1	-	1
2.6	Химия природного льда	2	1	-	1
<b>3</b>	<b>Методы гидрохимических исследований</b>	<b>70</b>	<b>6</b>	<b>36</b>	<b>28</b>
3.1	Порядок и техника отбора проб воды	7	1	4	2
3.2	Понятия и критерии качества вод	1	1	-	-
3.3	Методы анализа природных вод	62	4	32	26
<b>4</b>	<b>Влияние хозяйственной деятельности на водные ресурсы и охрана их от загрязнения</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2</b>
<b>ИТОГО</b>		<b>108</b>	<b>24</b>	<b>40</b>	<b>44</b>

### Интерактивное обучение по дисциплине

№	Наименование тем (разделов)	Вид занятия	Форма интерактивного занятия	Кол-во часов
1	Вода и ее свойства	ЛК	Просмотр и обсуждение видеофильма «Вода»	2
2	Очистка сточных вод	ЛК	Просмотр и обсуждение видеофильма «Шестой океан»	2
3	Гидрохимия подземных вод	ЛК	Просмотр и обсуждение	2

			видеофильма «Подземные воды», Россия (реж. Карасик)	
4	Химия природного льда	ЛК	Просмотр и обсуждение видеофильма «Замершая планета», ВВС	2
5	Гидрохимия озер	ЛК	Просмотр и обсуждение видеофильма 1. «В зазеркалье озера Бай- кал». Одиссея Жака Кусто. 2. «Изучение Байкала». До- кументальный фильм из цикла "Большой скачок".	2
6	Понятия и критерии качества вод	ЛК	Просмотр и обсуждение видеофильма «Что течет у нас из под- крана»	2
7	Методы очистки сточных вод	ЛК	Просмотр и обсуждение видеофильма «Удобный город: Очист- ные сооружения. Канали- зация»	2
	<b>Всего</b>			<b>14</b>

### 3 СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ (РАЗДЕЛОВ)

#### Раздел 1. Теоретические основы гидрохимии

##### 1.1 Введение.

Предмет гидрохимии, его место в системе наук о Земле. Связь гидрохимии с дру-гими науками. Краткий исторический очерк. Направления научных исследований в гид-рохимии. Важнейшие центры современных гидрохимических исследований. Разнообразие природных вод. Прикладные аспекты гидрохимических исследований. Происхождение воды на Земле.

##### 1.2 Вода и ее свойства

Строение молекулы воды. Аномальные физические свойства воды. Структура воды в разных агрегатных состояниях. Вода как растворитель. Растворение твердых веществ и газов, энергетика этих процессов. Изотопные разновидности воды, их распространен-ность, участие в природных процессах.

##### 1.3 Химические процессы в природных водах

Слабые и сильные электролиты, активность, коэффициент активности, ионная сила раствора. Ионное произведение воды, рН и рОН. рН различных типов вод. Произведение растворимости. Влияние электролитов на растворимость труднорастворимых соединений. Процессы растворения в природных водах. Сульфатно-кальциевая система равновесия. Карбонатно-кальциевое равновесие. Сульфидное равновесие. Методы расчета содержания отдельных компонентов равновесий.

Сущность процессов гидролиза и их роль в природных водах. Буферные растворы и буферная емкость природных вод.

Окислительно-восстановительный потенциал. Окислительно-восстановительные системы природных вод, связь их с рН. Значение Eh и рН как условия миграции элемен-тов.

Типы дисперсных систем. Коллоидное состояние вещества, устойчивость коллоидных систем. Коллоиды природных вод. Адсорбция и виды сорбционных процессов. Роль коллоидов и взвешенных веществ в гидросферной миграции элементов. Ионный обмен.

#### **1.4 Химический состав природных вод**

Основные геохимические закономерности распространения химических элементов. Формы существования химических элементов в природных водах. Классификация химического состава природных вод.

Способы выражения концентрации растворов: массовая концентрация, молярная концентрация, молярная концентрация эквивалента. Переход от одной формы выражения концентрации к другой.

*Главные ионы* в водах и их происхождение. Минерализация воды. Проверка результатов общего химического анализа пробы воды.

*Растворенные газы*, их распространенность и диапазон концентраций. Общие закономерности растворимости газов в воде. Формирование газового состава природных вод. Влияние природных условий на газовый режим. Источники растворенных газов водоемов.

Процессы, обогащающие воду кислородом. Процессы, уменьшающие содержание кислорода в воде.

Источники углекислого газа в водоемах. Процессы потребления углекислого газа. Особенности динамики растворенных газов в водных массах.

*Биогенные вещества* природных вод. Круговорот азота в воде. Фосфор, формы его соединений. Круговорот фосфора. Источники поступления в водные объекты соединений азота и фосфора. Кремний, зависимость форм существования от pH раствора. Источники поступления.

*Органическое вещество* природных вод. Органическое вещество аллохтонного и автохтонного происхождения. Распад органического вещества. Методы оценки содержания органического вещества: перманганатная и бихроматная окисляемость, БПК, цветность, запахи, привкусы.

*Микроэлементы*. Формы нахождения в природных водах. Роль микроэлементов в обеспечении процессов метаболизма гидробионтов. Средние концентрации микроэлементов в океанических и речных водах. Причины малой концентрации микроэлементов в природных водах. Стабильные и естественные радиоактивные элементы. Миграция химических элементов в поверхностных водах.

Классификации природных вод по химическому составу. Классификация вод по минерализации. Графическое изображение химического состава вод.

#### **1.5 Факторы формирования химического состава природных вод**

Прямые факторы формирования химического состава природных вод: горные породы, почвы, живые организмы, деятельность человека. Косвенные факторы формирования химического состава природных вод: климат, рельеф, водный режим, взвешенные вещества, донные отложения, растительность, гидрогеологические и гидродинамические условия.

### **Раздел 2. Гидрохимия атмосферных осадков, поверхностных, подземных и океанических вод**

#### **2.1 Гидрохимия атмосферных осадков**

Атмосферные осадки. Происхождение и формирование состава атмосферных осадков. Антропогенный вклад в формирование гидрохимии атмосферных осадков. Химический состав атмосферных осадков и их минерализация. Кислотные дожди. Роль атмосферных осадков в формировании поверхностного стока. Зональность атмосферных вод. Значение атмосферного переноса вещества.

#### **2.2 Гидрохимия рек**

Формирование химического состава речных вод в естественных условиях и в условиях антропогенного воздействия. Характеристики речных вод. Зональность и азональность химического состава, изменение по длине и поперечному сечению русла.

Гидрохимический режим рек и факторы, его определяющие. Взаимосвязь между концентрациями растворенных и взвешенных веществ и расходами воды. Биогенное и органическое вещество в речных водах. Режим растворенных газов. Ионный сток и методы его расчета. Сток микроэлементов. Гидрохимическая карта рек.

### **2.3 Гидрохимия озер и искусственных водоемов**

Факторы, определяющие минерализацию и химический состав вод озер. Пресные, солоноватые и соляные озера, зональность их распространения.

Пресные и солоноватые озера. Минерализация и ионный состав вод, условия их формирования. Общие химические особенности пресных и солоноватых озер, генетическая связь с питающими реками. Понятие о продуктивности и евтрофировании. Классификация озер по трофности. Состав растворенных газов. Газовый режим озер, факторы его формирования. Солевой баланс водоема. Гидрохимические особенности подледного периода.

Соляные озера. Особенности их формирования. Классификация по химическому составу и происхождению. Условия образования карбонатных, сульфатных и хлоридных озер. Особенности газового и термического режима. Хозяйственное значение соляных озер.

Зональность озерных вод.

Водохранилища. Особенности формирования химического состава воды водохранилищ, влияние режима регулирования.

Стабилизация химического режима после затопления водохранилища. Солевой баланс и засоление водохранилищ. Формирование газового состава. Прогнозирование гидрохимического режима. Основные принципы создания основ регулирования качества воды.

### **2.4 Гидрохимия подземных вод**

Грунтовые воды. Зональность грунтовых вод по генетическим признакам. Напорные (артезианские) воды. Особенности формирования подземных вод разного типа. Скорость миграции вещества, связь с поверхностными водами. Минеральные воды. Специфичность состава минеральных вод. Зональность грунтовых и напорных подземных вод.

### **2.5 Гидрохимия океана и морей**

Эволюция химического состава вод океана. Химический состав вод океана. Соотношение концентраций катионов и анионов в морской воде. Постоянство солевого состава вод океана. Закон Дитмара. Понятие о солености, хлорности, щелочности. Динамика растворенных газов в водных массах океана и факторы, ее обуславливающие. Биологические процессы в океане. Преобразование вещества в донных отложениях. Соленость и ионный состав воды внутренних морей.

### **2.6 Химия природного льда**

Лед на Земле и в космосе. Процессы формирования химического состава природных льдов. Коэффициент вовлечения солей в лед и его зависимость от химического состава воды. Формирование химического состава ледяного покрова рек, озер, водохранилищ, болот, подземных льдов. Влияние льдообразования на гидрохимический режим водных объектов.

## **Раздел 3. Методы гидрохимических исследований.**

### **3.1 Порядок и техника отбора проб воды.**

Методы пробоотбора, пробоподготовки, консервации и анализа проб. Приборы и устройства для отбора проб воды. Техника безопасности при выполнении гидрохимических работ.

Подготовка посуды для проб. Консервация проб. Транспортировка и хранение проб. Подготовка воды к анализу. Отбор и подготовка к анализу иловых отложений и осадков.

### **3.2 Понятия и критерии качества вод.**

Понятия и критерии качества вод: класс опасности, ПДК, ОБУВ, ЛПВ. Вода для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и водопотребления. Вода для технических целей. Оценка природных вод для орошения. Требования к качеству воды рыбохозяйственных водоёмов

### **3.3 Методы анализа природных вод.**

Методы анализа природных вод: химические, электрохимические, оптические, фотохимические и хроматографические. Количественное выражение содержания в воде компонентов химического состава при анализе: весовое, эквивалентное, процент-эквивалентное. Методы определения растворенных в воде кислорода, сероводорода,  $\text{CO}_2$ , величин pH, щелочности, содержания фосфатов, ионов аммония, нитритов, нитратов и органических соединений фосфора и азота, силикатов. Методы исследования содержания органических веществ в воде. Биохимическое потребление кислорода (БПК). Общие принципы оценки качества гидрохимических наблюдений.

## **Раздел 4. Влияние хозяйственной деятельности на водные ресурсы и охрана их от загрязнения**

Хозяйственно-бытовые сточные воды. Промышленные сточные воды. Сточные воды сельскохозяйственного производства.

Методы очистки сточных вод. Проблемы очистки, сброса и утилизации сточных вод.

Евтрофирование водоемов. Признаки евтрофирования. Способы борьбы с цветением водоемов. Самоочищающая способность водоемов. Факторы, определяющие процесс самоочищения. Коэффициенты распада загрязняющих веществ.

Мониторинг загрязнения морей и поверхностных вод суши. Основные принципы организации мониторинга. Прогнозирование изменений химического состава природных вод.

Характеристика методов комплексной оценки загрязненности поверхностных вод. Экологические последствия загрязнения.

## **4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа призвана помочь студентам в организации самостоятельной работы по освоению дисциплины «Основы гидрохимии».

В разделе «Практикум по дисциплине» дана ссылка на учебное пособие, в котором рассмотрены теоретические основы гидрохимии и представлены лабораторные работы. Раздел также содержит планы лабораторных работ с указанием тем лабораторных работ.

Пользуясь предложенными учебными пособиями студентам необходимо изучить содержание рекомендованных к выполнению лабораторных работ, в тетради для лабораторных работ описать содержание работы в следующем порядке: тема лабораторной работы, сущность и принцип метода, лежащий в основе работы, цели и задачи, оборудование и реактивы, ход выполнения работы, результаты анализа, выводы.

Контрольный тест, включает вопросы и задания всех разделов изучаемого курса, что позволяет проверить уровень усвоения изученного материала в целом.

Студенты выполняют две контрольные работы, которые представлены практическими задачами. По вопросам, вызывающим затруднения, следует получить индивидуальную консультацию у преподавателя.

При подготовке к занятию студенту необходимо изучить теоретическое содержание данной темы в соответствии со списком предложенных вопросов. При изучении тео-



ретических вопросов и выполнении заданий самоконтроля следует пользоваться рекомендованной учебной литературой.

Вопросы, выносимые на зачет, составлены в соответствии с программой изучаемого курса, что облегчает подготовку студентов и помогает сформировать целостное представление о предмете.

#### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине**

<b>№</b>	<b>Наименование раздела (темы)</b>	<b>Формы/виды самостоятельной работы</b>	<b>Количество часов, в соответствии с учебно-тематическим планом</b>
1.	Раздел 1. Теоретические основы гидрохимии	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы Подготовка отчета по лабораторной работе	8
2.	Раздел 2. Гидрохимия атмосферных осадков, поверхностных, подземных и океанических вод	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Подготовка конспекта	6
3.	Раздел 3. Методы гидрохимических исследований	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы Подготовка отчета по лабораторной работе	28
4.	Раздел 4. Влияние хозяйственной деятельности на водные ресурсы и охрана их от загрязнения	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Подготовка конспекта	2

### **5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

#### **План лабораторных работ по дисциплине «Основы гидрохимии»**

- 1 Химический состав природных вод
- 2 Порядок и техника отбора проб воды
- 3 Методы определения в воде содержания кальция и магния
- 4 Методы определения в воде содержания фосфатов
- 5 Методы определения в воде содержания ионов аммония
- 6 Методы определения в воде содержания кремния
- 7 Методы определения в воде содержания нитритов
- 8 Методы определения в воде содержания нитратов
- 9 Методы определения в воде содержания железа
- 10 Методы определения в воде хлоридов

#### **Работа 1. Химический состав природных вод.**

Химический состав подземных вод зависит от литологического состава горных пород, условий питания, залегания и дренирования водоносных горизонтов. Минерализация подземных вод формируется в результате действий процессов растворения, окисления, диффузии, испарения, смешения, гидрации, доломитизации и др.

Все природные воды – это растворы содержащие ионы, коллоидные и взвешенные частицы, газы. В подземных водах найдено более половины известных элементов из таблицы Менделеева.

Результаты химического анализа подземных вод выражают в виде содержания отдельных ионов в ионно-весовой, эквивалентной и процентно-эквивалентной формах. Результаты химического анализа подземных вод выражают в виде содержания отдельных ионов в ионно-весовой, эквивалентной и процентно-эквивалентной формах.

**Пример 1.** Вычислите погрешность химического анализа подземной воды, определите ее класс, группу и наименование по классификации Щукарева. Запишите состав воды в виде формулы солевого состава.

Ионы	$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$	$\text{Na}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$
Содержание ионов, мг/л	353	126	168	247	8	26

**Решение.** Теоретически суммы анионов и катионов, выраженные в мг-экв форме должны быть равны, поэтому для определения погрешности пересчитывают данные анализа из мг/л в мг-экв/л, используя пересчетные коэффициенты (приложение 2).

Например, содержание в воде гидрокарбонат-иона равно:  $353 \cdot 0,0164 = 5,79$  мг-экв/л, где 353 мг/л – содержание иона по условию задачи; 0,0164 – пересчетный коэффициент.

Таблица – Химический состав подземной воды

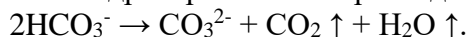
Анионы	Содержание			Катионы	Содержание		
	мг/л	мг-экв/л	%-экв		мг/л	мг-экв/л	%-экв
$\text{HCO}_3^-$	353	5,79	44	$\text{Na}^+$	247	10,74	81
$\text{SO}_4^{2-}$	126	2,62	20	$\text{Ca}^{2+}$	8	0,40	3
$\text{Cl}^-$	168	4,74	36	$\text{Mg}^{2+}$	26	2,14	16
Итого	647	13,15	100	Итого	281	13,28	100

Отдельно суммируют содержание анионов и катионов. Относительная погрешность анализа:

$$x = \frac{|13,15 - 13,28|}{13,15 + 13,28} \cdot 100 = 0,5\% .$$

Далее выражают химический состав воды в %-экв форме, приняв суммы анионов и катионов за 100% каждую, и записывают в следующую графу таблицы.

В связи с тем, что при анализе воды сухой остаток не определялся, вычисляют его приближенно. При выпаривании все негазообразные вещества, кроме гидрокарбонат-иона, переходят в сухой остаток. Гидрокарбонат-ион распадается по уравнению:



При этом в виде диоксида углерода и паров воды теряется 0,5 его масс, точно 0,508. Экспериментально определенный сухой остаток всегда больше вычисленного (с учетом 0,5  $\text{HCO}_3^-$ ), иногда на 5 – 12%. Учитывая это, общую минерализацию (сухой остаток) приближенно вычисляют по формуле:

$$M = (1,05 - 1,12) \cdot (0,5 \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + \text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$$

$$M = 1,1(0,5 \cdot 353 + 126 + 168 + 247 + 8 + 26) = 827 \text{ мг/л} .$$

По классификации Щукарева (приложение 2) вода называется хлоридно-гидрокарбонатная натриевая и относится к 26-му классу А.

Формулу солевого состава составляют в виде дроби, в числителе которой записывают анионный состав воды (%-экв) в убывающем порядке, а в знаменателе – катионный. Перед дробью записывают содержание газов и специфических элементов, если они имеют-

ся в воде, и общую минерализацию  $M$ . В названии читаются первые два аниона, а затем первые два катиона. При записи названия воды анионный и катионный состав пишут в форме дроби:

$$M_{0,8} = \frac{HCO_3 44 Cl 36 SO_4 20}{Na 8 Mg 16 Ca 3}.$$

Название воды: пресная, гидрокарбонатно-хлоридно-натриево-магниевая.

**Задание 1.** Вычислите погрешность химического анализа подземной воды, определите ее класс, группу и наименование по классификации Щукарева. Запишите состав воды в виде формулы солевого состава.

Вариант	Содержание ионов, мг/л					
	$HCO_3^-$	$SO_4^{2-}$	$Cl^-$	$Na^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$
1	408	183	6245	3438	499	166
2	649	231	722	468	34	140
3	264	4846	5395	131	3825	767
4	992	667	762	736	301	58
5	358	110	559	231	124	22
6	-	6310	1018	212	1117	1204
7	195	17	21	33	26	18

**Пример 2.** Запишите приведенные ниже результаты химического анализа воды в виде формулы Курлова. Определите виды жесткости и дайте наименование воды с учетом информации, полученной в результате химического анализа воды.

Сухой остаток, мг/л	pH	Температура, °C	Содержание основных ионов, мг/л					
			$HCO_3^-$	$SO_4^{2-}$	$Cl^-$	$Na^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$
960	7,3	12	930	76	24	93	194	45

**Решение.** Результаты химического анализа выражают в мг-экв и %-экв и составляют таблицу как в предыдущем примере.

Таблица – Химический состав подземной воды

Анионы	Содержание			Катионы	Содержание		
	мг/л	мг-экв/л	%-экв		мг/л	мг-экв/л	%-экв
$HCO_3^-$	930	15,25	87	$Na^+$	93	4,05	23
$SO_4^{2-}$	76	1,58	9	$Ca^{2+}$	94	9,68	56
$Cl^-$	24	0,68	4	$Mg^{2+}$	45	3,70	21
Итого	1030	17,51	100	Итого	332	17,43	100

Формула Курлова представляет собой дробь (ложную дробь, так как операция деления не производится), в числителе которой записывают анионный состав воды (в %-экв) в убывающем порядке, а в знаменателе – катионный. В формуле Курлова не записываются анионы, содержание которых менее 10 %, в отличие от формулы солевого состава.

Перед дробью записывают содержание газов и специфических элементов, если имеются в воде, и общую минерализацию  $M$  в г/л. После дроби указывают температуру воды и дебит источника или скважин, если эти данные имеются. Название воды записы-

вают через дефис: сначала анионный, а затем катионный составы, вошедшие в формулу. В данном случае формула имеет такой вид:

$$M_{1,0} = \frac{HCO_3^- 87}{Ca 56 Na 23 Mg 24} t^{0,12}.$$

По этой записи воду следует называть пресной, гидрокарбонатной натриево-магниевно-кальциевой, холодной. Классификация воды по общей минерализации и температуре приведена в приложении 1.

Общую жесткость определяют, как сумму катионов кальция и магния, выраженную в мг-экв/л:  $9,68 + 3,70 = 13,38$  мг-экв/л. По этому показателю данная вода классифицируется как очень жесткая (прил.1). Карбонатную жесткость определяют по содержанию гидрокарбонат-иона. В связи с тем, что  $HCO_3^- 15,25$  мг-экв/л  $> Ca^{2+} + Mg^{2+} = 13,38$  мг-экв/л, карбонатная жесткость равна общей, а не карбонатная (остаточная) отсутствует.

Учитывая общую минерализацию, химический состав, содержание ионов водорода (рН), температуру и вычисленную жесткость. Окончательно дают воде наименование: пресная, гидрокарбонатная натриево-магниевно-кальциевая, холодная, щелочная, очень жесткая.

**Задание 2.** Запишите приведенные ниже результаты химического анализа воды в виде формулы Курлова. Определите виды жесткости и дайте наименование воды с учетом информации, полученной в результате химического анализа воды.

Вариант	Сухой остаток, мг/л	рН	Температура, °С	Содержание основных ионов, мг/л					
				$HCO_3^-$	$SO_4^{2-}$	$Cl^-$	$Na^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$
1	340	7,6	9	233	11	9	49	37	5
2	1409	8,4	89	338	340	288	480	-	4
3	1956	7,9	48	72	319	822	468	21	112
4	4413	7,0	29	3904	6	387	1526	104	41
5	17374	6,6	21	31	65	9771	3400	2306	202
6	9179	3,1	6	-	6310	14	212	1112	852

**Задание 3.** Используя результаты химического анализа подземной воды, приведенные ниже, определите ее класс, группу и тип по классификации Алекина и номер воды по графику-квадрату Толстихина.

Вариант	Содержание ионов, мг-экв/л					
	$HCO_3^-$	$SO_4^{2-}$	$Cl^-$	$Na^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$
1	5,00	1,56	1,64	5,22	2,46	0,46
2	6,32	10,42	1,86	3,71	12,29	2,60
3	2,31	3,67	5,14	2,42	6,07	2,63
4	2,87	0,12	0,39	0,26	2,30	0,82
5	2,45	4,11	0,54	5,62	0,80	0,68
6	-	3,43	60,69	52,94	5,99	5,10

**Указание:** выразите состав воды в %-экв форме, а затем по прил. 3 и 4 определите наименование воды по классификации Алекина и номер ее по графику-квадрату Толстихина.

**Задание 4.** По результатам химического анализа подземной воды, выраженным в виде формулы Курлова и приведенным ниже, прочитайте наименование воды и вычислите в %-экв содержание главных ионов, не указанных в формуле.

Вариант	Формула Курлова	Вариант	Формула Курлова
1	$M_{0,9} = \frac{HCO_3 72 SO_4 19}{Ca 61 Na 32} t^{0 17}$	4	$M_{16,5} = \frac{Cl 65 SO_4 28}{Na 56 Ca 39} t^{0 61}$
2	$M_{8,6} = \frac{SO_4 67 Cl 25}{Mg 53 Ca 41} t^{0 29}$	5	$M_{1,2} = \frac{HCO_3 87}{Ca 56 Na 23} t^{0 16}$
3	$M_{2,3} = \frac{Cl 65 SO_4 28}{Na 61 Mg 30} t^{0 48}$	6	$M_{5,6} = \frac{HCO_3 67 Cl 19}{Mg 46 Na 34} t^{0 24}$

**Указание:** Суммарное содержание анионов и катионов составляет по 100 %-экв. В числителе формулы отсутствует хлор-ион (на примере задания 1), следовательно, его содержание в воде будет равно:  $Cl^- = 100 - (72+19) = 9$  %-экв. В знаменателе формулы отсутствует ион магния. Аналогично вычисляем его содержание в воде:  $Mg^{2+} = 100 - (61+32) = 7$  %-экв. По приложению 1, на основании общей минерализации и температуры определяют наименование воды.

**Задание 5.** По результатам химического анализа подземной воды, выраженным формулой Курлова и приведенным в задании 4, определите: класс, группу и тип воды по классификации Алекина; класс и тип воды по классификации Щукарева.

## Работа 2. Порядок и техника отбора проб воды

### а) общие требования по отбору проб воды

Отбор проб является важнейшей частью исследований, определяющей качество и надежность гидрохимической информации.

Программа отбора должна быть составлена в соответствии с целью последующего определения химического состава и физических свойств воды и предусматривать: перечень определяемых компонентов; требования к месту отбора проб; периодичность и частоту отбора проб.

Существует три основных вида программ. Они могут решать задачи по контролю качества и идентификации причин загрязнения. Измерения, полученные при контроле качества, могут быть использованы для характеристики качества и наоборот.

*Программы контроля качества.* Программы включают контроль концентрации одного или нескольких параметров по отношению к установленным пределам. Результаты необходимы для принятия решения о необходимости в немедленных действиях.

*Программа характеристики качества.* Цель таких программ - оценить один или несколько параметров, характеризующих концентрацию и изменения за данный период времени. Например, средние величины указывают на общую тенденцию изменения результатов, а типичное отклонение - на их разброс. Результаты могут быть необходимы также для составления программы исследования либо для характеристики параметров, для которых постоянный контроль не является необходимым, либо для получения результатов в рамках долгосрочного контроля.

*Программы исследования причин загрязнения.* Эти программы направлены на определение характеристик загрязняющих выбросов неизвестного происхождения. Как правило, они основаны на знании природы загрязнителей и на совпадении отбора проб с периодичностью появления загрязняющих выбросов.

В соответствии с этими критериями отбора проб в отличие от тех, которые проводятся для характеристики качества, должны осуществляться с достаточной частотой по отношению к частоте появления загрязнителей.

Пробы воды, отбираемые для анализа, должны быть достаточно представительны и репрезентативны, т.е. должны характеризовать состояние воды в водном объекте или его части за определенный промежуток времени; в процессе отбора, предварительной обработки, хранения и транспортировки не должны происходить существенные изменения химического состава и свойств воды.

Отбирают точечную или объединенную пробу воды. *Точечную пробу*, характеризующую состав и свойства воды в данном месте водного объекта в данный момент времени, получают путем однократного отбора всего требуемого количества воды. *Объединенную (усредненную) пробу* получают, объединяя серию точечных проб, отобранных по пространственному или временному принципу. Объем точечной или объединенной пробы должен быть достаточным для последующего определения всех запланированных программой показателей химического состава и физических свойств.

В зависимости от цели исследования отбор проб может быть *разовым, серийным или регулярным*.

Для учета процессов очищения вод используют так называемые *согласованные пробы*, которые отбирают в различных местах по течению реки или сточных вод с учетом времени прохождения воды от одного пункта до другого.

*Отбор проб из рек и ручьев*. Усредненную пробу протекающей воды берут в местах наиболее сильного течения, лучше в фарватере течения.

Для определения влияния сброса сточных вод и вод притока реки пробы отбирают выше по течению реки и в точке, где произошло полное смешение вод.

Пробу берут под поверхностью воды, лучше в верхней трети общей глубины (обычно 20-50 см под поверхностью). Пробы отбираются одновременно или серийно, простые или смешанные. Смешанные пробы не рекомендуют для анализа растворенных газов и летучих компонентов.

Надо иметь в виду, что смешение вод различной плотности и различной температуры происходит очень медленно. Это зависит от скорости течения, рельефа русла, количества изгибов, порогов и т.д. Обычно полное смешение происходит на расстоянии сотен метров или нескольких километров от места слияния притоков. В свою очередь, место отбора не должно быть слишком удалено от места слияния, так как важно учитывать изменения качества воды во времени. Выбранное место не рекомендуется менять, если оно удовлетворяет необходимым требованиям.

Перед плотиной, а также непосредственно за плотиной пробы отбирать не следует, так как такие пробы нечетко отражают содержание в воде растворенных газов и некоторых других компонентов.

*Отбор проб из водохранилищ озер и прудов*. Стоячие воды неоднородны по качеству в различных местах и на различных глубинах. Чтобы определить пределы таких неоднородностей, необходимо установить несколько точек пробоотбора и выполнить предварительные исследования. Собранные данные позволяют установить количество и местоположение наиболее эффективных мест для отбора проб. Точно определенные места отбора метят, если возможно, буями.

Для контроля качества вод отбор выполняют в районе выпуска вод, где вода забирается для использования.

Для специальных исследований пробы отбирают один или несколько раз в тех точках объектов, где наблюдаются необычные явления. Идентифицируют в отчете эти точки и, если возможно, прилагают карту или рисунок.

Качество воды в природных или искусственных озерах может быть неоднородно по глубине из-за стратификации. Причиной этого является фотосинтез в поверхностной

зоне или изменение температуры воды в результате нагрева, а также воздействие донных отложений (растворение веществ, содержащихся в донных отложениях).

Кроме того, вертикальная неоднородность может возникнуть из-за осаждения взвешенных веществ.

Поэтому пробы следует отбирать как минимум на двух горизонтах: у поверхности (0,2-0,5 м) и у дна (0,5 м от дна). На промежуточных горизонтах пробы отбирают в зависимости от существующего в это время распределения слоев воды с различной температурой – выше, ниже и в слое температурного скачка. В целях сравнения результатов химического анализа проб воды целесообразно сравнивать стандартные горизонты, например, 0,5; 2; 5; 10 м и т.д., с учетом термической стратификации.

Качество воды в водоемах с замедленной циркуляцией меняется с изменением времени года. Поэтому частота отбора проб будет зависеть от требуемой информации.

Кроме того, качество воды изменяется в течение дня, поэтому пробы следует отбирать в одно и то же время, чтобы уменьшить это влияние. Если изменение качества воды в течение дня представляет специальный интерес, отбор рекомендуется проводить через каждые 2-3 ч.

*Отбор проб влажных осадков.* К влажным осадкам относятся дождь и снег. Влажные осадки из-за содержания в них кислот, загрязнений, биологических агентов оказывают значительное влияние на экосистемы, а также на качество поверхностных вод. Микропримеси многих химических элементов, включая радиоактивные, попадают в атмосферу и адсорбируются различными частицами, которые удаляются осадками. Эти компоненты осадков так же, как и микропримеси органических веществ, оказывают постоянное токсическое воздействие на водную биоту.

Пробы отбирают на специально оборудованных постах, которые являются представительными для данного района. В зависимости от цели анализа места отбора проб могут размещаться как в зоне влияния отдельных источников загрязнения или их групп, так и вне её.

Образцы осадков собирают в специальные емкости, изготовленные из нейтральных материалов. Дождевая вода собирается при помощи воронки или ведра и хранится в них до начала анализа. Снег собирается в любой экранированный глубокий цилиндрический пробоотборник. Емкости для сбора осадков устанавливаются на высоте 2 м.

Отбирают точечную или объединенную пробы атмосферных осадков. Точечную пробу отбирают при отдельном дожде или снегопаде (интервал времени при выпадении не более 1 ч). Объединенная проба атмосферных осадков отбирается за определенный период времени – месяц, декаду, неделю, и характеризует среднее содержание определяемого компонента за этот период времени.

Пробы твердых осадков (снег, град) переводят талую воду при комнатной температуре в сборных емкостях.

Транспортирование проб в лаборатории для проведения анализа проводят в оптимально короткие сроки после отбора проб. Для хранения и транспортировки используют посуду из химически стойкого материала. Пробы предохраняют от загрязнения. В случае необходимости проводят консервацию проб.

*Отбор проб грунтовых вод.* Образцы грунтовых вод должны отражать изменения состава воды как во времени, так и по площади и глубине водоносного слоя.

При анализе грунтовых вод с точечным источником загрязнения необходимо контролировать грунтовые воды под источником загрязнения, определить основные направления распространения загрязнения. Места отбора проб должны быть расположены на не большом расстоянии по направлению уменьшения гидравлического градиента от источника загрязнения.

В скважине может создаваться концентрация различных примесей, отличная от всего водоносного слоя. Поэтому перед отбором проб откачивают из скважины воду в количестве не меньшем, чем объем скважины. После этого отбирают образцы.

Пробы из скважин отбираются глубинным пробоотборником с узким сечением или насосом.

Транспортирование, стабилизацию и хранение образцов проводят, в основном, как и для других типов вод. Однако здесь есть особенности. Контакт с атмосферой, изменение температуры и давления могут изменить физический, химический и биологический составы образцов подземных вод. Поэтому образцы анаэробных подземных вод (т.е. вод, не содержащих воздуха) должны храниться и анализироваться без доступа воздуха. Максимально возможное количество замеров необходимо сделать сразу после извлечения образца. Это относится к таким параметрам, как pH,  $t^{\circ}\text{C}$ , электропроводность, электрохимический потенциал, щелочное число, содержание газов. Для анализа желательно применять проточные ячейки, исключающие контакт с воздухом.

При необходимости длительного хранения образца проводят его фильтрацию, охлаждение до  $4^{\circ}\text{C}$  или замораживание до  $-20^{\circ}\text{C}$ .

*Отбор проб сточных вод.* Сточные воды отличаются непостоянным составом. Хозяйственно-фекальные сточные воды изменяются в зависимости от характера эксплуатации водопровода и санитарно-гигиенических устройств. Состав промышленных сточных вод зависит от хода производственных процессов и т. п. Поэтому однократного взятия пробы воды обычно недостаточно, и проводят отбор средней смешанной пробы (за час, смену, сутки) или серийных проб по предварительно разработанному плану.

Пробу, отражающую состав воды, так же, как и при анализе поверхностных вод, отбирают в месте наиболее сильного течения. При взятии пробы из сооружения следует учитывать возможность неравномерного распределения примесей по слоям. Если вода вытекает из отверстия или водослива, пробу можно брать непосредственно из падающей струи. Разнообразие условий спуска сточных вод на различных предприятиях велико, поэтому в каждом отдельном случае следует поступать, сообразуясь с местными условиями.

#### **б) требования к устройствам для отбора и хранения проб воды**

В большинстве случаев можно взять пробу прямо в бутыль. Если доступ к воде затруднен, бутыль прикрепляют к шесту, снабженному держателем, или бутыль с дополнительным грузом опускают в воду на тросе. Вместо бутылки можно использовать для отбора пробы жестяной или другой нестеклянный сосуд, который также прикрепляют к шесту или к тросу. Такими сосудами пользуются и в тех случаях, когда имеется опасность, что бутыль может разбиться, или если надо взятую пробу разлить в несколько бутылей. Материал, из которого изготовлены пробоотборники, должен быть химически стойким и исключать возможность изменения химического состава пробы.

Иногда требуется взять пробу с определенной глубины, не смешивая ее с водой других слоев. Для этого предложены различные приспособления.

Наиболее простым из них является *батометр* (бутылка Майера). На установленную глубину на подвесном тросике опускают бутылку, снабженную грузом и закрытую пробкой, к которой прикреплен дополнительный тросик, соединенный с основным. После достижения требуемой глубины резким рывком за тросик подвеса вытягивают пробку из горлышка бутылки, которую после наполнения водой поднимают при помощи основного подвесного тросика.

Вместо отбора пробы непосредственно в бутылку можно использовать специальные пробоотборные устройства различных конструкций. Существенной частью их является цилиндрический сосуд, открытый с обеих сторон и снабженный плотно прилегающими крышками, закрывающимися при помощи пружин, которые фиксируются спусковыми устройствами. Спусковые устройства приводятся в действие при помощи вспомогательного тросика или посредством удара груза, опускаемого по подвесному тросику. Сосуд с крышками, зафиксированными в открытом положении, погружают в воду до требуемой глубины. Слои воды свободно проходят через открытый сосуд, так что после достижения требуемой глубины в цилиндре находится, вода только заданного слоя. При помощи спус-



кового устройства крышки закрывают, и сосуд поднимают на поверхность. Пробу выливают в бутылку через выпускной кран.

Для определения растворенного кислорода и сероводорода весьма важно, чтобы проба воды при взятии была защищена от контакта с атмосферным воздухом. Для этого пробу из пробоотборника переливают в бутылку через сифонную трубочку (резиновый шланг), опущенный до дна бутылки. После наполнения бутылки водой её продолжают наливать, чтобы она перетекала через край. Бутылку закрывают пробкой, не оставляя пузырьков воздуха.

При взятии проб быстро текущей воды или воды из мелких водоемов нельзя использовать глубинные пробоотборные устройства. Для этой цели пользуются горизонтальным пробоотборным прибором, сконструированным подобно глубинному, но с тем различием, что главная ось прибора проходит горизонтально, или же используют различные комбинации сообщающихся сосудов.

При отборе проб воды употребляют посуду из бесцветного химически стойкого стекла или полиэтилена марок, разрешенных для контакта с питьевой водой. Посуда должна быть тщательно вымыта. Для этой цели применяют синтетические моющие средства, хлороводородную кислоту, а для стеклянной посуды, кроме того, хромовую смесь и обработку водяным паром. После обработки посуду для полного удаления реактивов многократно ополаскивают водопроводной водой. Перед отбором пробы посуду несколько раз ополаскивают исследуемой водой.

Специальные способы обработки посуды, как, например, при определении тяжелых металлов, СПАВ и др., рассматриваются в методиках по их определению.

Пробы транспортируются в таре и упаковке, гарантирующих сохранность и предохраняющих воду от замерзания.

#### **в) методы консервации и хранения проб воды**

Для получения достоверных результатов анализ воды следует делать как можно скорее. В воде происходят процессы окисления-восстановления, физико-химические, биохимические, вызванные деятельностью микроорганизмов, сорбции, десорбции, седиментации и т. п. В результате некоторые компоненты могут окисляться или восстанавливаться: нитраты до нитритов или ионов аммония, сульфаты до сульфитов; кроме того, кислород может расходоваться на окисление органических веществ и т. п. Могут изменяться и органолептические свойства воды - запах, привкус, цвет, мутность. Некоторые вещества способны адсорбироваться на стенках сосудов (железо, алюминий, медь, кадмий, марганец и др.), а из стекла бутылей могут выщелачиваться микроэлементы (особенно из темного стекла).

Ряд определений необходимо выполнять на месте отбора пробы или фиксировать присутствующие в воде соединения, так как они могут измениться при значительном разрыве во времени между взятием и анализом пробы. При невозможности исследовать воду в установленные для соответствующих показателей сроки ее консервируют или охлаждают.

Биохимические процессы в пробах воды можно замедлить, охладив воду до 4°C. В этих условиях медленнее разрушаются многие органические вещества.

Универсального консервирующего средства не существует, поэтому пробы для анализа отбирают в разные бутылки. В каждую из них на месте отбора воды в зависимости от определяемых компонентов добавляют различные консервирующие реагенты.

При быстрой доставке в лабораторию можно разлить воду из тщательно перемешанной пробы в отдельные емкости и законсервировать в них определяемые компоненты. Однако в ряде случаев необходимо отбирать воду в отдельные бутылки для определения таких показателей, как нефтепродукты, когда для анализа используют весь, объем исследуемой воды (или растворенного кислорода, сероводорода, которые фиксируют сразу же на месте отбора проб). Способы консервирования отдельных компонентов, сроки и условия хранения проб приведены в таблице 5.

Однако ни консервация, ни фиксация не обеспечивают постоянства состава воды неограниченно долго. Они лишь сохраняют соответствующее соединение без изменений на время перевозки. В связи с этим к анализам надо приступать как можно скорее, избегая длительного хранения пробы.

Таблица 5

**Методы консервации и хранения проб воды для  
физико-химического и химического анализа**

Исследуемый параметр	Вид сосуда	Метод консервации	Максимально рекомендуе- мое время хранения про- бы до анализа
Алюминий общий растворенный	П*	Подкисляют до pH<2 серной кислотой, охлаждают до 2-5°C и хранят в темноте	1 мес.
	П	Фильтруют на месте отбора проб и подкисляют фильтрат до pH<2	1 мес.
Аммоний свободный и ионизированный	П или С**	Подкисляют до pH<2 серной кислотой, охлаждают до 2-5°C	24 ч
		Охлаждают до 2-5°C	6 ч
Железо общее	П или БС***	См. алюминий	
Жесткость	П или С	Пробы не консервируют	24 ч
Кальций		См. жесткость	
Кислород	С	Фиксируют кислород на месте отбора и хранят их в темноте	Самое большее 4 дня
Кислотность и щелочность	П или С	Охлаждают до 2-5°C	24 ч
Магний	П или БС	См. жесткость	
Марганец	П или БС	См. алюминий	
Нитраты	П или С	Подкисляют до pH<2 серной кислотой, охлаждают до 2-5°C и хранят в темноте	24 ч
Нитриты	П или С	Охлаждают до 2-5°C	24ч
pH	П или С		Анализ проводят на месте отбора
Перманганатный индекс	С	Подкисляют до pH<2 серной кислотой, охлаждают до 2-5°C и хранят в темноте	2 дня
	П	Замораживают до -20°C	1 мес.
Силикаты общие и растворимые	П	Фильтруют на месте отбора, подкисляют до pH <2 и охлаждают до 2-5°C	24 ч
Сульфаты	П или С	Охлаждают до 2-5°C	1 неделя
Тяжелые металлы (исключая ртуть)	П или БС	См. алюминий	
Ртуть общая	БС	Подкисляют до pH<2 азотной кислотой и добавляют бихромат калия до концентрации в растворе 0,05%	1 мес.

Фосфаты (орто) общие	П или С	Охлаждают до 2-5°C	24 ч
Фосфаты (орто) растворенные	П или С	Пробу фильтруют во время отбора и охлаждают до 2-5°C	24 ч
Хлориды	П или С	-	1 мес.
Цвет	П или С	Охлаждают до 2-5°C и хранят в темноте	24 ч

П\*- пластиковый (полиэтиленовый, тефлоновый, поливинилхлоридный и др.);  
С\*\*- стеклянный; БС\*\*\*- боросиликатное стекло.

### Требования безопасности при отборе проб воды

Различные условия при отборе проб воды и донных отложений могут представлять разного рода опасности для жизни и здоровья. Кроме мер предосторожности против физических травм, необходимо принимать меры против отравления токсичными газами, а также контакта кожи с токсичными веществами.

При проведении постоянных и частых отборов проб воды место их отбора должно обеспечивать безопасный отбор пробы в любое время года.

Лица, привлекаемые к отбору проб воды, обеспечиваются спасательными жилетами, должны уметь грести, плавать, оказывать первую помощь при несчастных случаях, знать способы спасания на воде.

Если при отборе проб воды на водном объекте применяются плавсредства, то их плавучие и ходовые качества должны соответствовать условиям водных объектов, на которых они используются.

В случае аварии на воде необходимо сразу освободиться от лишних предметов и одежды, держаться за опрокинутую лодку и вместе с ней плыть к берегу; нельзя плыть от опрокинутой лодки к берегу, забираясь на подошедшую лодку следует только с кормы, а не с борта во избежание её опрокидывания.

При отборе проб на участках с неизученным ледовым режимом перед началом работ производят предварительное обследование прочности ледяного покрова. Отбор проб разрешают при толщине льда не менее 7 см.

Для работ на льду должно быть обеспечено следующее оборудование: багор, лестница, доска, веревка.

### Работа 3. Определение суммарной концентрации кальция и магния (комплексометрическое определение)

**Принцип метода.** Метод основан на образовании прочного комплексного соединения при pH 10 ионов кальция и магния с этилендиаминтетраацетатом натрия (трилоном Б,  $\text{Na}_2\text{ЭДТА}$ ). Определение проводят титрованием пробы в присутствии индикатора. Минимально определяемая концентрация  $0,05 \text{ ммоль/дм}^3$  (при титровании 100 мл пробы).

При высокой цветности пробу фильтруют через колонку с активированным углем.

Большое количество взвешенных и коллоидных частиц мешает анализу. При исследовании обычных вод их достаточно отфильтровать. Сильнокислые или сильнощелочные воды перед определением нейтрализуют (последние после нейтрализации кипятят или продувают воздухом 5 мин. для удаления диоксида углерода). Переход окраски индикатора нечеткий в присутствии ионов металлов, комплексы которых с примененным индикатором более прочны, чем с трилоном Б. Определению жесткости не мешают железо (не более  $10 \text{ мг/дм}^3$ ), кобальт не более  $0,1 \text{ мг/дм}^3$ , никель (не более  $0,1 \text{ мг/дм}^3$ ), медь (не более  $0,1 \text{ мг/дм}^3$ ).

Для связывания некоторых катионов, мешающих титрованию, до введения индикатора добавляют цианид калия, хлорид гидроксиламина или сульфид натрия. Цианид калия ( $0,25 \text{ г}$  на  $100 \text{ мл}$  воды) связывает в комплекс кобальт, никель, алюминий до  $200 \text{ мг/дм}^3$ , медь и железо до  $300 \text{ мг/дм}^3$ . Гидроксиламин устраняет влияние меди до  $0,3 \text{ мг/дм}^3$ , марганца до  $1 \text{ мг/дм}^3$ , железа и алюминия до  $20 \text{ мг/дм}^3$ . Добавление сульфида натрия позволя-

ет определять жесткость в присутствии цинка до 200 мг/дм<sup>3</sup>, алюминия, кадмия, свинца до 20 мг/дм<sup>3</sup>, железа до 5 мг/дм<sup>3</sup>, марганца до 1 мг/дм<sup>3</sup>, кобальта и никеля до 1 мг/дм<sup>3</sup>.

**Реактивы.** 1. Бидистиллированная вода, не содержащая меди и других металлов. Перегонка осуществляется в стеклянном аппарате. Качество воды проверяют следующим образом: к 100 мл дистиллята прибавляют 1 мл буферного раствора и 5 - 7 капель индикатора. Синяя окраска указывает на чистоту воды. Бидистиллированную воду применяют для приготовления реактивов и разбавления проб воды.

2. Этилендиаминтетраацетат натрия (трилон Б, комплексон III, Na<sub>2</sub>ЭДТА), 0,1 и 0,05 н. растворы. В дистиллированной воде растворяют 18,6 г дигидрата или 16,80 г безводного трилона Б и доводят объем до 1 л. Получают 0,1 н. раствор. При наличии мути его фильтруют. Разведением в 2 раза готовят 0,05 н. раствор, который устойчив в течение нескольких месяцев. Титр устанавливают по 0,05 н. сульфату магния или хлориду цинка. Для этого 10 мл одного из указанных растворов вносят в колбу для титрования, разбавляют дистиллированной водой до 100 мл, прибавляют 5 мл буферного раствора, 5 - 7 капель индикатора и титруют при сильном перемешивании 0,05 н. трилоном Б до изменения окраски в эквивалентной точке. Окраска должна быть синей с фиолетовым при применении индикатора хром темно-синего и синей с зеленоватым оттенком при прибавлении индикатора эриохрома черного Т. Титрование проводят на фоне контрольной пробы, которой может быть слегка перетитрованная проба.

3. Аммиачный буферный раствор. В дистиллированной воде растворяют 10 г хлорида аммония, добавляют 50 мл 25% аммиака и доводят до 500 мл дистиллированной водой. Раствор хранят в хорошо закрытой склянке.

4. Индикаторы: а) хром темно-синий, 0,5% раствор. В 20 мл аммиачного буферного раствора растворяют 0,5 г и доводят до 100 мл этанолом. Раствор устойчив длительное время; б) эриохром черный Т (хромоген черный, хром черный ST-00, кислотный хром черный), сухая смесь. Смешивают 0,25 г индикатора с 50 г сухого хлорида натрия, предварительно тщательно растертого в ступке; в) эриохром черный Т, 0,5% раствор. В 100 мл этанола или изопропанола растворяют 0,5 г индикатора и 4,5 г хлорида гидроксиламина. Раствор выдерживают 6 недель и сохраняют в темноте в плотно закрытой склянке.

5. Сульфид натрия, 5% раствор. В 100 мл дистиллированной воды растворяют 5 г Na<sub>2</sub>S · 9H<sub>2</sub>O, или 3,7 г Na<sub>2</sub>S · 5H<sub>2</sub>O, хранят в склянке с резиновой пробкой.

6. Гидрохлорид гидроксиламина, 1 % раствор.

7. Хлорид цинка, 0,1 и 0,05 н. раствор. В 30 мл хлористоводородной кислоты (1:1) растворяют 3,269 г гранулированного цинка, затем доводят объем в мерной колбе дистиллированной водой до 1 л. Получают точный 0,1 н. раствор. Разведением этого раствора в 2 раза получают 0,05 н. раствор. Если навеска неточная, то рассчитывают количество миллилитров исходного раствора цинка для приготовления точного 0,05 н. раствора, который должен содержать 1,6345 г цинка в 1 л.

8. Сульфат магния, 0,05 н. раствор. Готовят из фиксанала.

**Ход определения.** При жесткости воды выше 20 ммоль/л титрование следует проводить 0,1 н. раствором трилона Б, а при жесткости ниже 20 ммоль/л - 0,05 н. раствором. Объем исследуемой воды берут с таким расчетом, чтобы содержание в нем ионов кальция и магния не превышало 0,5 ммоль в 100 мл профильтрованной пробы. В коническую колбу вносят 100 мл или меньший объем, разведенный до 100 мл дистиллированной водой, прибавляют 5 мл буферного раствора, 5 - 7 капель индикатора (или 0,1 г сухого индикатора) и сразу же титруют при сильном перемешивании 0,05 н. трилоном Б до изменения окраски в эквивалентной точке. Если на титрование было израсходовано больше 10 мл трилона Б, то титрование надо повторить, взяв для определения меньший объем пробы и разбавив его до 100 мл дистиллированной водой.

Нечеткое изменение окраски в эквивалентной точке указывает на присутствие меди и цинка. Для устранения влияния этих веществ к пробе воды до внесения буферного рас-

твор добавляют 1-2 мл 5% сульфида натрия, после чего проводят анализ, как указано выше.

Если при прибавлении к пробе буферного раствора и индикатора титруемый раствор постепенно обесцвечивается, приобретая серый цвет, что указывает на присутствие марганца, то к пробе перед добавлением реактивов прибавляют 5 капель 1% хлорида гидроксиланамина, после чего определяют жесткость, как описано выше.

Если титрование длится больше 5 мин., а в эквивалентной точке окраска неустойчивая и нечеткая, что бывает при высокой щелочности воды, то пробу следует предварительно нейтрализовать до внесения реактивов 0,1 н. раствором хлороводородной кислоты, как указано выше. Общую жесткость воды (ммоль/дм<sup>3</sup>) вычисляют по формуле:

$$X = \frac{A \cdot K \cdot n \cdot 1000}{V},$$

где А- объем раствора трилона Б, израсходованного на титрование пробы, мл; n - нормальность раствора трилона Б; К- поправочный коэффициент к титру раствора трилона Б; V- объем пробы воды, взятой для титрования, мл.

#### **Работа 4. Определение фосфатов (колориметрическое определение)**

##### **Определение растворимых ортофосфатов**

**Принцип метода.** Желтое комплексное соединение, образующееся при взаимодействии ортофосфат-ионов с молибдатом в кислой среде, под действием восстановителей превращается в интенсивно окрашенное синее соединение.

Точность определения в диапазоне концентраций от 0,02 до 1,00 мг PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/л составляет ± 0,01 - 0,02 мг/дм<sup>3</sup>; чувствительность 0,01 мг PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/дм<sup>3</sup>.

Этим способом можно определять ортофосфат-ионы в присутствии многих неорганических и органических веществ, в том числе и в присутствии полифосфатов и сложных эфиров фосфорной кислоты

Сильнокислые или сильнощелочные пробы предварительно нейтрализуют.

Определению мешают сульфиды и сероводород в концентрациях, превышающих 3 мг S/дм<sup>3</sup>, мешающее влияние можно устранить прибавлением нескольких миллиграммов твердого KMnO<sub>4</sub> на 100 мл пробы и встряхиванием в течение 1-2 мин. раствор должен остаться розовым. После этого прибавление реактивов надо проводить в обратном порядке: сначала прилить раствор аскорбиновой кислоты, перемешать, затем прибавить раствор молибдата.

Определению мешают также хроматы в концентрациях, превышающих 2 мг CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/дм<sup>3</sup>. Это мешающее влияние устраняют, приливая реактивы в обратном порядке, как в предыдущем случае.

Мешают определению арсенаты. Обычно в водах арсенаты отсутствуют, но если они окажутся в больших количествах, надо, определив их содержание, вычесть результат из найденного содержания фосфатов.

Мешающее влияние нитритов устраняют сульфаминовой кислотой, которую вводят в состав применяемого реактива. При большом содержании железа следует ввести эквивалентное количество комплексона III.

**Реактивы.** 1. Реактив на фосфаты. Смесь молибдата аммония, серной кислоты, сульфаминовой кислоты, хлорида сурьмы и винной кислоты. К 300 мл бидистиллята приливают при перемешивании 144 мл концентрированной серной кислоты. Затем охлаждают приблизительно до 20° С и при перемешивании прибавляют раствор 10 г сульфаминовой кислоты NH<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>H в 100 мл дистиллированной воды, раствор 12,5 г молибдата аммония (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>· 4H<sub>2</sub>O в 200 мл дистиллированной воды, раствор 0,235 г хлорида сурьмы SbCl<sub>3</sub> и 0,6 г винной кислоты (или антимоилтартрата калия KSbOC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>· 0,5H<sub>2</sub>O) в 100 мл дистиллированной воды, после чего разбавляют полученную смесь до 1л дистиллированной водой. Реактив хранят в склянке из оранжевого стекла.

2. Аскорбиновая кислота, 10%-й раствор. Растворяют 10 г возможно более чистой аскорбиновой кислоты в бидистилляте и разбавляют раствор до 100 мл. Хранят раствор на холоде; он устойчив приблизительно 30 дней.

3. Фосфат калия однозамещенный, стандартный раствор: а) *основной раствор*. Растворяют 0,7165 г  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , высушенного в течение 2 ч при  $105^\circ\text{C}$ , в дистиллированной воде, прибавляют 2 мл хлороформа и разбавляют дистиллированной водой до 1 л; 1 мл этого раствора содержит 0,50 мг  $\text{PO}_4^{3-}$ ; б) *рабочий раствор I*. Разбавляют 10,00 мл основного раствора до 1 л дистиллированной водой; применяют свежеприготовленный раствор; 1 мл его содержит 0,005 мг  $\text{PO}_4^{3-}$ ; в) *рабочий раствор II*. Разбавляют 50,0 мл рабочего раствора 1 до 250 мл дистиллированной водой; применяют свежеприготовленный раствор; 1 мл его содержит 0,001 мг  $\text{PO}_4^{3-}$ .

**Ход определения.** К 50 мл пробы, профильтрованной в день отбора (на месте отбора или в лаборатории), через плотный фильтр «синяя лента» или к меньшему объёму пробы, но разбавленному до 50 мл дистиллированной водой, приливают сначала 2 мл раствора молибдата, через короткое время 0,5 мл раствора аскорбиновой кислоты. Смесь перемешивают и фотометрируют при красном светофильтре ( $\lambda$  690-720 нм) в кюветах с толщиной оптического слоя 2-5 см по отношению к дистиллированной воде, проведенной через весь ход анализа. Если анализируемая проба содержит полифосфаты и органические соединения фосфора, измеряют оптическую плотность в промежутке времени от 5 до 15 мин. после добавления раствора аскорбиновой кислоты. Если легко гидролизующихся полифосфатов нет, этот промежуток времени может быть увеличен до 60 мин. Если же нет ни полифосфатов, ни органических фосфатов, измерение оптической плотности можно проводить в течение времени от 5 мин. до 48 ч после добавления аскорбиновой кислоты. Если проба была несколько мутной или окрашенной, надо из найденной величины оптической плотности вычесть оптическую плотность раствора, полученного после добавления молибдата, но перед введением аскорбиновой кислоты. Содержание фосфатов находят по калибровочной кривой.

Содержание растворенных неорганических ортофосфатов  $\text{PO}_4^{3-}$  (мг/дм<sup>3</sup>) вычисляют по формуле:

$$x = \frac{c \cdot 50}{V},$$

где  $c$  - концентрация фосфат-ионов, найденная по калибровочной кривой, мг/л;  $V$  - объем пробы, взятой для определения, мл; 50 - объем, до которого разбавляют раствор, мл.

**Калибровочный график.** В ряд колб помещают 0 - 1,0 - 2,5 - 5,0 - 10,0 - 25,0 - 50,0 мл рабочего стандартного раствора II и объём всех растворов доводят до 50 мл дистиллированной водой, в полученных растворах, концентрации которых отвечают 0 - 0,02 - 0,05 - 0,10 - 0,20 - 0,50 - 1,00 мг  $\text{PO}_4^{3-}$ /дм<sup>3</sup>. Стандартные растворы обрабатывают как пробу, фотометрируют и строят калибровочный график в координатах оптическая плотность - концентрация фосфат-ионов.

### Определение гидролизующихся полифосфатов

**Принцип метода.** В методе используются кислый гидролиз полифосфатов, при котором они переходят в растворимые ортофосфаты, определяемые с помощью молибдата и аскорбиновой кислоты. Одновременно определяют ортофосфаты, первоначально бывшие в пробе, и содержание их вычитывают из найденного результата.

Определению полифосфатов мешают те же причины, что и в случае определения растворенных неорганических ортофосфатов. При гидролизе возможно также частичное разрушение органических соединений фосфора, особенно при высоком содержании этих веществ.

**Реактивы.** 1. Серная кислота, 37%-й раствор.

2. Те же, что и для колориметрического определения «растворимых ортофосфатов».

**Ход определения.** К 100 мл пробы, профильтрованной через плотный фильтр «синяя лента» на месте отбора или в тот же день в лаборатории, или к меньшему объему, разбавленному до 100 мл дистиллированной водой, добавляют 2,0 мл 37%-го раствора серной кислоты и кипятят 30 мин. Объем пробы поддерживают постоянным, добавляя дистиллированную воду в пределах 50 - 90 мл.

После охлаждения до комнатной температуры переводят раствор в мерную колбу емкостью 100 мл и разбавляют дистиллированной водой до метки. Отбирают пипеткой 50 мл и определяют ортофосфаты, как описано выше (для растворимых ортофосфатов).

Содержание гидролизующихся полифосфатов (мг/дм<sup>3</sup>) вычисляют по формуле:

$$x = \frac{c \cdot 100}{V} - a,$$

где  $c$  - концентрация  $\text{PO}_4^{3-}$  после гидролиза, найденная по калибровочной кривой, мг/дм<sup>3</sup>;  $V$  - объем пробы, взятой для определения, мл;  $a$  - концентрация неорганических ортофосфатов, найденная в пробе отдельным определением, мг/дм<sup>3</sup>; 100 - объем, до которого разбавлена проба, мл.

### **Работа 5. Определение аммиака и ионов аммония (определение с реактивом Несслера)**

**Принцип метода.** Метод основан на способности аммиака (свободный аммиак и ионы аммония) образовывать с щелочным раствором йодида ртути (I) окрашенные в желтый цвет соединения йодида меркураммония. При низкой концентрации аммиака и ионов аммония получают коллоидный раствор, пригодный для колориметрирования. При большом содержании (>3 мг/л) выпадает бурый осадок, в этом случае определение необходимо проводить после разбавления пробы безаммиачной водой.

Предел обнаружения 0,05 мг  $\text{NH}_4^+$ /дм<sup>3</sup>. Диапазон измеряемых количеств аммонийных ионов в пробе 0,005-0,150 мг.

Проведению анализа мешают амины, хлорамины, ацетон, альдегиды, спирты и другие органические соединения, реагирующие с реактивом Несслера. В их присутствии обнаруживают аммиак после предварительной отгонки. Мешающее влияние жесткости воды устраняют, добавляя раствор сегнетовой соли. Большое количество железа, сульфиды и муть удаляют осветлением пробы воды цинковой солью. К 100 мл пробы прибавляют 1 мл сульфата цинка (100 г  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  растворяют в безаммиачной воде, разбавляют до 1 л) и смесь тщательно перемешивают. Затем pH смеси доводят до 10,5, прибавляя 25% раствор гидроксида калия или натрия, проверяя pH потенциометрическим методом или по индикаторной бумаге. После образования хлопьев осадок отделяют центрифугированием или фильтрованием через стеклянный фильтр. Увеличение объема жидкости необходимо учитывать при расчете. Можно также коагулировать цветные и мутные воды гидроксидом алюминия: 0,5 г сухого препарата или 2 мл суспензии добавляют к 300 мл воды, после 2-часового отстаивания верхний прозрачный бесцветный слой осторожно сливают сифоном. Мешающее влияние хлора устраняют добавлением тиосульфата или арсенита натрия (растворяют в безаммиачной воде 3,5 г тиосульфата натрия или 1 г арсенита натрия  $\text{Na}_3\text{AsO}_3$  и доводят до 1 л). Для удаления 0,5 мг хлора достаточно прибавить 1 мл одного из реактивов.

**Реактивы.** 1. Безаммиачная вода. Устраняют следы аммиака фильтрованием дистиллированной воды через катионит в  $\text{H}^+$  форме или активированный уголь. Проверяют на наличие аммиака реактивом Несслера. Безаммиачную воду применяют для приготовления реактивов и разбавления пробы.

2. Реактив Несслера. Растворяют 100 г  $\text{HgI}_2$  и 70 г  $\text{KI}$  в небольшом количестве бидистиллята и смешивают с раствором гидроксида натрия, приготовленным растворением 160 г  $\text{NaOH}$  в 500 мл дистиллированной воды. Смесь доводят бидистиллятом до 1 л. Применяется прозрачный раствор после отстаивания в течение 4 ч.

3. Тартрат калия-натрия (сегнетова соль), 50% раствор. В безаммиачной воде при нагревании растворяют 50 г  $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , доводят объем до 100 мл и фильтруют. Прибавляют 6 мл реактива Несслера. После осветления и проверки на полноту осаждения аммиака реактив готов к употреблению.

4. Гидроксид алюминия, суспензия для коагуляции.

5. Фосфатный буферный раствор, pH 7,4. В безаммиачной воде растворяют 14,3 г дигидроортофосфата калия  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  и 90,15 г гидроортофосфата калия  $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . После растворения солей объем раствора доводят до 1 л.

6. Стандартные растворы хлорида аммония: а) *основной раствор*. Хлорид аммония  $\text{NH}_4\text{Cl}$  высушивают до постоянной массы при 100 - 105 °С. Растворяют 2,965 г соли в дистиллированной безаммиачной воде в мерной колбе вместимостью 1 л и доводят объем до метки той же водой, добавляют 2 мл хлороформа. Содержание ионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) 1 мг/мл; б) *рабочий раствор*. Разбавляют 5 мл основного раствора в мерной колбе вместимостью 100 мл безаммиачной водой до метки. Содержание ионов аммония 0,05 мг/мл. Применяют свежеприготовленным.

**Ход определения.** Качественное определение с приближенной количественной оценкой. В пробирку диаметром 13-14 мм наливают 10 мл исследуемой воды, прибавляют 0,2-0,3 мл тартрата калия-натрия и 0,2 мл реактива Несслера. Через 10-15 мин проводят приближенное определение по таблице 14.

Таблица 14

**Ориентировочное содержание аммиака и ионов аммония**

Окрашивание при рассмотрении		Аммиак и ионы аммония	
<i>Сбоку</i>	<i>Сверху</i>	мгN/ дм <sup>3</sup>	мгNH <sub>4</sub> <sup>+</sup> / дм <sup>3</sup>
Нет	Нет	<0,04	<0,05
Нет	Чрезвычайно слабое желтое	0,08	0,1
Чрезвычайно слабое желтое	Слабо-желтое	0,2	0,3
Очень слабое желтое	Желтоватое	0,4	0,5
Слабо-желтое	Светло-желтое	0,8	1,0
Светло-желтое	Желтое	2,0	2,5
Желтое	Буровато-желтое	4,0	5,0
Мутноватое, резко-желтое	Бурое, раствор мутный	8,0	10,0
Интенсивно-бурое, раствор мутный	Бурое, раствор мутный	Более 10,0	Более 10,0

**Прямое количественное определение.** Объем исследуемой воды берут, исходя из приближенной количественной оценки. Оптимальная концентрация для колориметрирования находится в пределах до 0,15 мг  $\text{NH}_4^+$  в определяемом объеме. В соответствии с этим и следует подбирать необходимый объем, доводя, где это требуется, до 50 мл безаммиачной водой.

В колбу помещают 50 мл исследуемой или разбавленной пробы, приливают 1 мл 50% тартрата калия-натрия и 1 мл реактива Несслера, перемешивают. Через 10 мин. фотоколориметрируют в кюветах с толщиной оптического слоя 2-5 см, в зависимости от концентрации аммиака, с фиолетовым светофильтром ( $\lambda$  425 нм) по отношению к безаммиачной воде, в которую добавлены соответствующие реактивы. Окраска устойчива 1 ч.



Содержание ионов аммония (мг) находят по калибровочному графику или визуально, сравнивая интенсивность окраски пробы и шкалы стандартных растворов, приготовленных одновременно.

**Калибровочный график.** В ряд мерных колб вместимостью 50 мл вносят 0 - 0,1 - 0,2 - 0,5 - 1 - 1,5 - 2 - 3 мл рабочего стандартного раствора, что соответствует содержанию 0 - 0,005 - 0,01 - 0,025 - 0,05 - 0,075 - 0,10 - 0,15 мг  $\text{NH}_4^+$ . Доводят безаммиачной водой до метки и прибавляют реактивы, как при анализе пробы. Фотометрируют через 10 мин после прибавления реактива Несслера. Калибровочный график строят в координатах оптическая плотность - содержание ионов  $\text{NH}_4^+$  (мг).

Концентрацию ионов аммония (мг  $\text{NH}_4^+/\text{дм}^3$ ) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{c \cdot 1000}{V},$$

где  $c$  - содержание ионов  $\text{NH}_4^+$ , найденное по калибровочному графику или шкале стандартных растворов, мг;  $V$  - объем пробы, взятой для анализа, мл.

Для выражения результатов в форме аммонийного азота (мг  $\text{N}/\text{дм}^3$ ) полученную величину (мг  $\text{NH}_4^+/\text{дм}^3$ ) умножают на коэффициент 0,77. Для санитарного контроля за качеством воды, обязательно указывают форму выражения результатов (мг  $\text{N}/\text{л}$  или мг  $\text{NH}_4^+/\text{дм}^3$ ).

#### **Работа 6. Определение кремния (определение с молибдатом аммония)**

**Принцип метода.** Метод основан на способности соединений кремния образовывать с молибдатами в кислой среде гетерополиоксиды - комплексное соединение желтого цвета или восстановленный кремнемолибденовый комплекс синего цвета. Интенсивность желтой или синей окраски пропорциональна содержанию кремния.

Методы определения кремния по синему комплексу на порядок чувствительнее, чем по желтому, а результаты в меньшей степени зависят от цветности воды. В то же время процесс восстановления зависит от природы восстановителя, pH среды, температуры, концентрации раствора, восстановления части атомов молибдена (VI) в составе синего комплекса до молибдена (V) и других факторов, снижающих точность метода.

Предел обнаружения по желтому комплексу кремнемолибденовой кислоты 0,2 мг/дм<sup>3</sup>. Диапазон измеряемых концентраций без разбавления пробы 0,2-20 мг/дм<sup>3</sup>, относительное стандартное отклонение до 2%.

Проведению анализа кремния мешают восстановители, дающие синюю окраску при содержании железа (II) и (III), фосфатов, фторидов выше 20 мг/дм<sup>3</sup> и др. Мешающее влияние фосфатов устраняют, добавляя 5 мл 10 % винной или щавелевой кислоты, фторидов - 20-кратным избытком борной кислоты, а железа (II) - персульфатом аммония. Сероводород и сульфиды удаляют, продувая пробу воды воздухом. Влияние цветности и мутности учитывают, измеряя оптическую плотность исследуемой воды без добавления реактивов. Полученное значение оптической плотности вычитают из оптической плотности пробы, проведенной через весь анализ.

Кремний является неустойчивым компонентом воды, поэтому определять его необходимо как можно скорее после отбора проб. Мутные воды отстаивают, центрифугируют или фильтруют через мембранный фильтр сразу же после отбора.

**Реактивы.** 1. Хлористоводородная кислота пл. 1,12 г/см<sup>3</sup>. Для приготовления отбирают 42 мл хлористоводородной кислоты пл. 1,19 г/см<sup>3</sup> и разбавляют в дистиллированной воде в мерной колбе вместимостью 100 мл. Хранят в полиэтиленовой посуде.

2. Молибдат аммония, 5 % раствор. Мутный раствор фильтруют через фильтр «белая лента». Хранят в полиэтиленовой посуде в течение 2 недель.

3. Винная или щавелевая кислота, 10 % раствор. Хранят в полиэтиленовой посуде.

4. Стандартные растворы кремния: а) *основной раствор*. Фторсиликат натрия  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  измельчают в агатовой ступке и высушивают в сушильном шкафу при 120-150 °C

в течение 2 ч. Отвешивают 0,335 г препарата, растворяют в 200 мл горячей дистиллированной воды, помещают в кипящую водяную баню, перемешивают до полного растворения. После охлаждения раствор количественно переносят в мерную колбу вместимостью 500 мл и доводят объем до метки дистиллированной водой. В 1 мл содержится 0,1 мг кремния.

Для приготовления стандартного раствора можно использовать силикат натрия  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ; 0,506 г препарата растворяют в мерной колбе вместимостью 500 мл и доводят объем до метки дистиллированной водой. В 1 мл содержится 0,1 мг кремния. Хранят в полиэтиленовой или парафинированной посуде, срок хранения 1 год. Приготовление более крепких растворов нецелесообразно, так как в них происходит быстрая полимеризация кремневой кислоты; б) *рабочий раствор* готовят разбавлением основного в 10 раз дистиллированной водой. В 1 мл содержится 0,01 мг кремния. Применяют свежеприготовленным.

**Ход определения.** *Определение по желтому комплексу кремнемолибденовой кислоты.* В колбу вместимостью 50 мл помещают 25 мл исследуемой воды (или меньший объем, разбавленный до 25 мл дистиллированной водой), прибавляют 1 мл хлористоводородной кислоты пл. 1,12 г/см<sup>3</sup>, 2,5 мл 5 % молибдата аммония и через 10 мин. 2,5 мл 10 % винной или щавелевой кислоты. Перемешивают и через 15 мин. фотометрируют на спектрофотометре ( $\lambda$  410 нм) или фотоэлектроколориметре при фиолетовом светофильтре в кюветах с толщиной оптического слоя 5 см по отношению к дистиллированной воде, в которую одновременно добавлены те же реактивы. Окраска устойчива 20-30 мин.

При анализе окрашенных и слабомутных вод оптическую плотность исследуемой воды измеряют без добавления реактивов по отношению к дистиллированной воде и вычитают ее из оптической плотности пробы.

Содержание кремния (мг) находят по калибровочному графику или визуально, сравнивая интенсивность окраски пробы и шкалы стандартных растворов.

**Калибровочный график.** В ряд мерных колб вместимостью 25 мл вносят 0 - 0,5 - 1 - 2,5 - 5 мл основного стандартного раствора, что соответствует содержанию кремния 0 - 0,05 - 0,1 - 0,25 - 0,5 мг. Доводят объем до 25 мл дистиллированной водой и переносят в колбы вместимостью 50 мл.

Стандартные растворы обрабатывают, как пробу, фотометрируют и строят калибровочные графики в координатах оптическая плотность - содержание кремния (мг).

Концентрацию кремния (мг/дм<sup>3</sup>) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{c \cdot 1000}{V},$$

где  $c$  - содержание кремния, найденное по калибровочному графику или визуально по шкале стандартных растворов, мг;  $V$  - объем пробы, взятой для анализа, мл.

Для выражения результата анализа в виде силикат-аниона  $\text{SiO}_3^{2-}$  (мг/дм<sup>3</sup>) полученную концентрацию кремния (мг/дм<sup>3</sup>) умножают на коэффициент 2,7.

## Работа 7. Определение нитритов (определение с реактивом Грисса)

**Принцип метода.** Метод основан на способности нитритных ионов давать интенсивно окрашенные диазосоединения с первичными ароматическими аминами. При определении используется реакция с сульфаниловой кислотой и альфа-нафтиламином (реактив Грисса) с образованием розовой окраски, интенсивность которой пропорциональна содержанию нитритов в воде.

Предел обнаружения 0,002 мг  $\text{NO}_2^-/\text{дм}^3$ . Диапазон измеряемых количеств нитритов в пробе 0,1 - 15 мкг.

Определению мешают взвешенные вещества, мутность, окраска воды, а также сильные окислители и восстановители. Обычно мутность и цветность удаляют фильтрованием и коагулированием. К 300 мл пробы прибавляют 0,5 г активированного угля или

гидроксида алюминия (0,5 г сухого препарата или 2 - 4 мл суспензии), перемешивают, отстаивают 15 - 20 мин. и фильтруют через промытый дистиллированной водой беззольный фильтр «синяя лента». Влияние окислителей и восстановителей в сильнозагрязненных водах устраняют соответствующим разбавлением пробы дистиллированной водой. Высокая чувствительность метода требует, чтобы дистиллированная вода и все реактивы не были загрязнены нитритами.

**Реактивы.** 1. Реактив Грисса, сухой препарат или 10% раствор в 12% уксусной кислоте. Если нет готового сухого препарата, то его готовят следующим образом. Растворяют 0,1 г  $\alpha$ -нафтиламина в 100 мл дистиллированной воды при кипячении в течение 15 мин., охлаждают, добавляют 5 мл ледяной уксусной кислоты и 100 мл 1 % сульфаниловой кислоты. Смесь хранят в склянке темного стекла. Реактив должен быть бесцветным. Допускается слабо-розовая окраска, которая исчезает при разбавлении 1:40. В противном случае обесцвечивают цинковой пылью и для анализа используют отстоявшийся бесцветный раствор.

2. Уксусная кислота, 12% раствор. Дистиллированной водой разбавляют 25 мл ледяной уксусной кислоты до 200 мл.

3. Гидроксид алюминия, суспензия для коагуляции.

4. Стандартные растворы нитрита натрия: а) *основной раствор*. В мерной колбе вместимостью 1 л в бидистиллированной воде растворяют 1,497 г высушенного при 105 °С нитрита натрия и доводят до метки. В 1 мл содержится 1 мг  $\text{NO}_2^-$ . Раствор консервируют, прибавляя 1-2 мл хлороформа; б) *рабочий раствор* готовят разбавлением основного бидистиллированной водой в мерной колбе сначала в 100 раз, а затем полученный раствор еще в 10 раз. В 1 мл содержится 1 мкг  $\text{NO}_2^-$ . Применяют свежеприготовленным.

**Ход определения.** Качественное определение с приближенной количественной оценкой. Приблизительную количественную оценку содержания нитритов можно дать визуально по качественной реакции. Для этого в колориметрическую пробирку диаметром 13-14 мм наливают 10 мл исследуемой воды, прибавляют несколько кристалликов сухого или 1 мл 10% реактива Грисса и нагревают до 70- 80 °С на водяной бане. Через 10 мин. появившуюся окраску сравнивают со шкалой визуального определения (табл. 15).

Таблица 15

### Ориентировочное содержание нитритов

Окрашивание при рассмотрении		Нитриты	
Сбоку	Сверху	мгN/ л	мг $\text{NO}_2^-$ /л
Нет	Нет	<0,00 1	<0,003
Нет	Чрезвычайно слабое розовое	0,001	0,003
Едва заметное розовое	Очень слабо-розовое	0,002	0,007
Очень слабо- розовое	Слабо-розовое	0,004	0,013
Слабо-розовое	Светло-розовое	0,015	0,05
Светло-розовое	Розовое	0,030	0,10
Розовое	Сильно розовое	0,060	0,20
Сильно-розовое	Красное	0,150	0,50
Красное	Ярко-красное	0,300	1,00

**Количественное определение.** В колбу или стаканчик помещают 50 мл исследуемой или осветленной, или предварительно разбавленной воды, так чтобы в ней содержалось до 15 мкг  $\text{NO}_2^-$ , прибавляют 0,1 г сухого или 5 мл 10% реактива Грисса и перемешивают. Окраска появляется через 40 мин. (или через 10 мин. при нагревании на водяной бане при 50-60 °С) и сохраняется неизменной в течение 3 ч. Через 40 мин растворы фотометрируют в кюветах с толщиной оптического слоя 2-5 см с зеленым светофильтром ( $\lambda$  530 нм) по отношению к дистиллированной воде с добавлением реактива Грисса.

Содержание нитритов (мкг) находят по калибровочному графику или визуально, сравнивая интенсивность окраски пробы и шкалы стандартных растворов.

**Калибровочный график.** В ряд мерных колб вместимостью 50 мл вносят рабочий стандартный раствор в количестве 0 - 0,1 - 0,2 - 0,5 - 1 - 2 - 5 - 10 - 15 мл, что соответствует содержанию 0 - 0,1 - 0,2 - 0,5 - 1 - 2 - 5 - 10 - 15 мкг  $\text{NO}_2^-$ . В колбы доливают дистиллированную воду до метки и прибавляют реактивы, как при анализе пробы, перемешивают и через 40 мин. фотометрируют. Строят калибровочный график в координатах оптическая плотность - содержание нитритов (мкг). Целесообразно строить 2 калибровочных графика: для содержания нитритов от 0 до 5 мкг и от 0 до 15 мкг.

Концентрацию нитритов (мг/л) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{c}{V}$$

где  $c$  - содержание нитритов, найденное по калибровочному графику или шкале стандартных растворов, мкг;  $V$  - объем пробы, взятой для анализа, мл.

Для выражения результатов в форме нитритного азота ( $\text{мгN/дм}^3$ ) полученную величину ( $\text{мгNO}_2^-/\text{дм}^3$ ) умножают на коэффициент 0,3. Для санитарного контроля за качеством воды обязательно указывают форму выражения результатов ( $\text{мг N/дм}^3$  или  $\text{мг NO}_2^-/\text{дм}^3$ ).

## Работа 8. Определение нитратов (определение с салицилатом натрия)

**Принцип метода.** Метод основан на реакции нитратов с салицилатом натрия в присутствии серной кислоты с образованием соли нитросалициловой кислоты, окрашенной в желтый цвет.

Предел обнаружения  $0,1 \text{ мг NO}_3^-/\text{дм}^3$ . Диапазон измеряемых концентраций без разбавления пробы  $0,1 - 20 \text{ мг NO}_3^-/\text{дм}^3$  (2 - 200 мкг нитратов в пробе).

Проведению анализа мешает цветность воды более 20-25°; в этом случае к 150 мл исследуемой воды добавляют 3 мл суспензии гидроксида алюминия, пробу тщательно перемешивают и после отстаивания в течение нескольких минут осадок отфильтровывают, отбрасывая первую порцию фильтрата. Хлориды в концентрации, превышающей  $200 \text{ мг/дм}^3$ , удаляют, добавляя раствор сульфата серебра к 100 мл исследуемой воды в количестве, эквивалентном содержанию хлорид-иона. Осадок хлорида серебра отфильтровывают или отделяют центрифугированием. Нитриты в концентрации  $2 \text{ мг/дм}^3$  и железо в концентрации более  $0,5 \text{ мг/дм}^3$  также мешают определению. Влияние железа можно устранить, добавляя 8 -10 капель тартрата калия-натрия перед выпариванием воды в фарфоровой чашке.

**Реактивы.** 1. Тартрат калия-натрия (сегнетова соль), 30% раствор.

2. Салицилат натрия, 0,5% раствор. Применяют свежеприготовленным.

3. Гидроксид натрия, 10 н. раствор.

4. Сульфат серебра, раствор. В дистиллированной воде растворяют 4,4 г  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  и доводят объем до 1 л в мерной колбе; 1 мл раствора эквивалентен приблизительно 1 мг хлорид-иона. Хранят в склянке из темного стекла с притертой пробкой.

5. Серная кислота пл.  $1,84 \text{ г/см}^3$ .

6. Стандартный раствор нитрата калия: а) *основной раствор*. Растворяют 0,163 г  $\text{KNO}_3$ , высушенного при 105 °С до постоянной массы, в дистиллированной воде и в мерной колбе вместимостью 1 л доводят объем до метки. Для консервации прибавляют 1 мл

хлороформа. В 1 мл содержится 0,1 мг  $\text{NO}_3^-$ ; б) *рабочий раствор* готовят из основного разведением в 10 раз. В 1 мл содержится 0,01 мг нитратов.

**Ход определения.** В фарфоровую чашку помещают 10 мл исследуемой воды. Прибавляют 1 мл 0,5% салицилата натрия и выпаривают досуха на водяной бане. После охлаждения сухой остаток увлажняют 1 мл серной кислоты пл. 1,84 г/см<sup>3</sup>, тщательно растирают его стеклянной палочкой и оставляют на 10 мин. Затем добавляют 5-10 мл дистиллированной воды и количественно переносят в мерную колбу вместимостью 50 мл. Прибавляют 7 мл 10 н. гидроксида натрия, доводят объем дистиллированной водой до метки и перемешивают.

В течение 10 мин. измеряют оптическую плотность раствора в кюветах с толщиной оптического слоя 2-5 см при фиолетовом светофильтре ( $\lambda$  410 нм) по отношению к дистиллированной воде, проведенной через весь анализ.

Содержание нитратов (мг) определяют по калибровочному графику или визуально, сравнивая интенсивность окраски пробы и шкалы стандартных растворов.

**Калибровочный график.** В фарфоровые чашки вносят 0 - 0,2 - 0,5 - 1 - 5 - 10 - 15 - 20 мл рабочего стандартного раствора, что соответствует содержанию нитратов 0 - 0,002 - 0,005 - 0,01 - 0,05 - 0,1 - 0,15 - 0,2 мг, добавляют по 1 мл 0,5% салицилата натрия и выпаривают на водяной бане досуха. Сухой остаток обрабатывается так же, как при анализе исследуемой воды. Фотометрируют и строят калибровочный график в координатах оптическая плотность - содержание нитратов.

Концентрацию нитратов (мг  $\text{NO}_3^-/\text{дм}^3$  или мг N/дм<sup>3</sup>) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{c \cdot 1000}{V},$$

где  $c$  - содержание нитратов, найденное по калибровочному графику или шкале стандартных растворов, мг;  $V$  - объем пробы, взятой для анализа, мл.

Для выражения результатов в форме азота нитратов (мгN/дм<sup>3</sup>) полученную величину (мг $\text{NO}_3^-/\text{дм}^3$ ) умножают на коэффициент 0,22. Для санитарного контроля за качеством воды обязательно указывают форму выражения результатов (мг N/дм<sup>3</sup> или мг  $\text{NO}_3^-/\text{дм}^3$ ).

## Работа 9. Определение железа (определение с роданидом)

**Принцип метода.** Метод основан на взаимодействии ионов трехвалентного железа с роданид-ионом в сильноокислой среде с образованием окрашенного в красный цвет комплексного соединения. Интенсивность окраски пропорциональна концентрации железа. Определение проводят после предварительного окисления железа (II) персульфатом аммония в кислой среде. Метод позволяет обнаружить железо (III), в этом случае анализируют, не добавляя персульфата аммония, а интенсивность окраски измеряют немедленно, так как она быстро меняется.

Предел обнаружения железа 0,05 мг/дм<sup>3</sup>. Диапазон измеряемых концентраций без разбавления пробы 0,05-2 мг/дм<sup>3</sup> общего железа. Проведению анализа мешают медь, кобальт, висмут в концентрациях более 5 мг/дм<sup>3</sup>.

**Реактивы.** 1. Роданид аммония  $\text{NH}_4\text{CNS}$  или роданид калия  $\text{KCNS}$ , 50% растворы.

2. Персульфат аммония кристаллический.

3. Хлористоводородная кислота пл. 1,19 г/см<sup>3</sup>.

4. Стандартные растворы железа: а) *основной раствор* готовят из сульфата железа (III)-аммония (железоаммонийные квасцы) или сульфата железа (III)-калия (железокалиевые квасцы), которые должны быть светло-фиолетового цвета, но не бесцветные, так как это указывает на потерю кристаллизационной воды. Растворяют 0,4505 г сульфата железа-калия  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$  или 0,4318 г сульфата железа-аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$  в небольшом количестве дистиллированной воды в мерной колбе вместимостью 500 мл. После растворения добавляют 3 мл хлористоводородной кислоты пл. 1,19 г/см<sup>3</sup> и доводят объем до метки дистиллированной водой. В 1 мл содержится 0,1 мг железа. Для приготовления стандартного раствора можно употреблять соль

железа (II) - соль Мора (сульфат железа (II)-аммония). Растворяют 0,351 г  $[(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  в небольшом количестве дистиллированной воды в мерной колбе на 500 мл, добавляют 5 мл серной кислоты пл. 1,84 г/см<sup>3</sup>, после чего объем доводят до метки дистиллированной водой. В 1 мл содержится 0,1 мг железа. Основной раствор, приготовленный из соли Мора, применяют свежеприготовленным; б) *рабочий раствор* готовят разбавлением основного в 20 раз. Применяют свежеприготовленным. В 1 мл содержится 0,005 мг железа.

**Ход определения.** Из тщательно перемешанной пробы отбирают 25 мл (или меньший объем, содержащий не более 0,1 мг железа, или пробу после минерализации), помещают в мерную колбу вместимостью 50 мл. Если проба минерализовалась, то доводят 25 или 10% аммиаком до pH 4 - 5, контролируя по индикаторной бумаге. Прибавляют 1 мл хлористоводородной кислоты пл. 1,12 г/см<sup>3</sup>, несколько кристалликов персульфата аммония, 1 мл 50% роданида калия или аммония. Доводят объем до 50 мл дистиллированной водой. Через 10 мин. фотометрируют при сине-зеленом светофильтре ( $\lambda$  490 нм) в кюветках с толщиной оптического слоя 2 - 5 см по отношению к дистиллированной воде, обработанной, как проба.

Содержание общего железа (мкг) находят по калибровочному графику или визуально по интенсивности окраски пробы и шкалы стандартных растворов.

**Калибровочный график.** В ряд мерных колб вместимостью 50 мл вносят 0 - 0,5 - 1 - 3 - 5 - 10 мл рабочего стандартного раствора, что соответствует содержанию железа 0 - 2,5 - 5 - 15 - 25 - 50 мкг, доводят объем до 25 - 30 мл дистиллированной водой и проводят анализ, как исследуемой воды. Окраска устойчива в течение 2 ч.

Калибровочный график строят в координатах оптическая плотность - содержание железа (мкг).

Концентрацию общего железа (мг/дм<sup>3</sup>) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{c}{V},$$

где  $c$  - содержание железа, найденное по калибровочному графику или визуально по шкале стандартных растворов, мкг;  $V$  - объем пробы,

### Работа 10. Определение хлоридов (аргентометрическое определение)

**Принцип метода.** Метод основан на титриметрическом осаждении хлоридов в нейтральной или слабощелочной среде нитратом серебра в присутствии хромата калия в качестве индикатора. После осаждения избыток ионов серебра образует оранжево-красный осадок хромата серебра. Метод применим практически для любого количества хлоридов в воде, однако при содержании менее 10 мг/дм<sup>3</sup> конец реакции менее отчетлив и погрешность возрастает. В этом случае пробу воды предварительно упаривают. Хлориды должны определяться при pH от 6 до 10. Если величина pH выходит за указанные пределы, то воду необходимо нейтрализовать по фенолфталеину. Мутную и окрашенную воду или с цветностью выше 50° предварительно обесцвечивают и осветляют коагуляцией суспензией гидроксида алюминия (6 мл на 200 мл воды) или встряхивают с активированным углем, не содержащим хлоридов (0,5 г на 100 мл воды), с последующим фильтрованием через плотный бумажный фильтр «белая лента», предварительно промытый дистиллированной водой. Первые порции фильтрата отбрасывают.

Этим методом находят и другие галогены (бромиды, йодиды), однако их содержание в природной воде ничтожно и ими можно пренебречь при определении хлоридов.

Влияние сероводорода, а также цветности воды можно устранить кипячением воды с пероксидом (перекисью) водорода. Проведению анализа мешают ортофосфаты в количестве больше 25 мг/дм<sup>3</sup>, а железо более 10 мг/дм<sup>3</sup>.

**Реактивы.** 1. Бидистиллированная вода, проверенная на отсутствие хлоридов. Применяют для приготовления всех реактивов и разбавления проб воды.

2. Хромат калия, 5% раствор. В небольшом количестве дистиллированной воды растворяют 50 г  $K_2CrO_4$  и прибавляют раствор нитрата серебра до появления красного осадка, через день фильтруют через промытый бумажный фильтр и разводят дистиллированной водой до 1 л.

3. Хлорид натрия, титрованный раствор. В дистиллированной воде растворяют 1,6490 г NaCl, прокаленного при 500 °С до постоянной массы, и доводят объем до 1 л. В 1 мл содержится 1 мг хлоридов. Разбавлением в 2 раза получают раствор, содержащий в 1 мл 0,5 мг хлоридов.

4. Нитрат серебра, титрованный раствор. В дистиллированной воде растворяют 4,8 г  $AgNO_3$  и доводят объем до 1 л; 1 мл эквивалентен 1 мг хлоридов. Разбавлением в 2 раза получают раствор, 1 мл которого эквивалентен 0,5 мг хлоридов. Растворы желательно готовить так, чтобы титры были точными. Установка поправочного коэффициента к раствору нитрата серебра: в коническую колбу вносят 10 мл хлорида натрия (с содержанием в 1 мл 1 мг или 0,5 мг хлоридов) и 90 мл дистиллированной воды, прибавляют 1 мл 5% хромата калия и титруют соответствующим раствором нитрата серебра до перехода лимонно-желтой окраски мутного раствора в оранжево-желтую, не исчезающую в течение 16-20 с. Полученный результат считают ориентировочным. К оттитрованной пробе прибавляют 1-2 капли хлорида натрия до получения желтой окраски. Эта проба служит контрольной при повторном точном определении, для которого отбирают новую порцию хлорида натрия и титруют аналогичным образом до получения незначительной разницы оттенков слабо-оранжевого в исследуемом растворе и желтого в контрольной пробе. Поправочный коэффициент вычисляют обычным способом. При определении хлоридов аргентометрическим методом очень важно всегда оканчивать титрование при одной и той же переходной окраске. Разные аналитики в конечной точке улавливают различные оттенки, поэтому установку титра раствора нитрата серебра и титрование проб должно проводить одно и то же лицо.

5. Нитрат серебра, 10% раствор. В 90 мл дистиллированной воды растворяют 10 г нитрата серебра и добавляют 1-2 капли азотной кислоты.

6. Гидроксид алюминия. Суспензия для коагуляции.

**Ход определения.** Качественное определение с приближенной количественной оценкой. В колориметрическую пробирку отбирают 5 мл исследуемой воды и добавляют 3 капли 10% нитрата серебра. Приблизительное содержание хлоридов определяют по осадку или муту.

<i>Осадок или муть</i>	<i>Концентрация хлоридов, мг/дм<sup>3</sup></i>
Опалесценция или слабая муть	1-10
Сильная муть	10-50
Образуются хлопья, но осаждаются не сразу	50-100
Белый объемистый осадок	Более 100

**Количественное определение.** В зависимости от содержания хлоридов отбирают в 2 конические колбы по 100 мл или меньший объем исследуемой воды, при необходимости разбавленной до 100 мл дистиллированной водой или обесцвеченной гидроксидом алюминия, и для титрования выбирают наиболее подходящий раствор нитрата серебра. При содержании хлоридов менее 100 мг/дм<sup>3</sup> берут 100 мл воды и титруют нитратом серебра, 1 мл которого эквивалентен 0,5 мг хлоридов.

В обе колбы вносят по 1 мл 5% хромата калия, затем одну пробу титруют раствором нитрата серебра до появления слабо-оранжевого оттенка, вторая колба служит контрольной.

При значительном содержании хлоридов образуется осадок хлорида серебра, мешающий определению. В этом случае к оттитрованной первой пробе прибавляют 2-3 кап-

ли титрованного хлорида натрия до исчезновения оранжевого оттенка, затем титруют вторую пробу, используя первую как контрольную.

Концентрацию хлоридов (мг/л) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{A \cdot K \cdot n \cdot 1000}{V},$$

где А - объем раствора нитрата серебра, израсходованного на титрование, мл; К - поправочный коэффициент к титру раствора нитрата серебра; n - количество хлоридов, соответствующее 1 мл нитрата серебра, мг; V - объем пробы, взятой для определения, мл.

## 6 ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ (САМОКОНТРОЛЯ) УСВОЕННОГО МАТЕРИАЛА

### 6.1 Оценочные средства, показатели и критерии оценивания компетенций

Индекс компетенции	Оценочное средство	Показатели оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций
ПК-1	Отчет по лабораторной работе	Низкий – неудовлетворительно	ставится, если допущены существенные ошибки (в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, по технике безопасности, в работе с веществами и приборами), которые не исправляются даже по указанию преподавателя.
		Пороговый – удовлетворительно	ставится, если допущены одна-две существенные ошибки (в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, по технике безопасности, в работе с веществами и приборами), которые исправляются с помощью преподавателя.
		Базовый – хорошо	а) работа выполнена правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы; б) допустимы: неполнота проведения или оформления эксперимента, одна-две незначительные ошибки в проведении или оформлении эксперимента, в правилах работы с веществами и приборами
		Высокий – отлично	а) работа выполнена полно, правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы; б) эксперимент осуществлен по плану с учетом техники безопасности и правил работы с веществами и приборами; в) имеются организационные навыки (поддерживается чистота рабочего места и порядок на столе, экономно используются реактивы).
	Контрольная работа	Низкий – неудовлетворительно	допустил число ошибок и недочетов превосходящее норму, при которой может быть выставлена оценка «3»
		Пороговый – удовлетворительно	если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил:



		но	не более двух грубых ошибок; или не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета; или не более двух-трех негрубых ошибок; или одной негрубой ошибки и трех недочетов; или при отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов.
		Базовый – хорошо	студент выполнил работу полностью, но допустил в ней: не более одной негрубой ошибки и одного недочета или не более двух недочетов
		Высокий – отлично	работа выполнена без ошибок, указаны все расчетные формулы, единицы измерения, без ошибок выполнены математические расчеты
	Тест	Низкий – неудовлетворительно	количество правильных ответов на вопросы теста менее 60 %
		Пороговый – удовлетворительно	количество правильных ответов на вопросы теста от 61-75 %
		Базовый – хорошо	количество правильных ответов на вопросы теста от 76-84 %
		Высокий – отлично	количество правильных ответов на вопросы теста от 85-100 %

## 6.2 Промежуточная аттестация студентов по дисциплине

Промежуточная аттестация является проверкой всех знаний, навыков и умений студентов, приобретённых в процессе изучения дисциплины. Формой промежуточной аттестации по дисциплине является зачет.

Для оценивания результатов освоения дисциплины применяются следующие критерии оценивания.

### Критерии оценки студента на зачете

Студент допускается к зачету, если:

- а) выполнил все практические работы;
- б) защитил их, ответив на контрольные вопросы по теме практической работы.

Зачет проходит в устной форме или в форме тестирования.

Оценка **«зачтено»** выставляется студенту, который

- прочно усвоил предусмотренный программный материал;
- правильно, аргументировано ответил на все вопросы, с приведением примеров;
- показал глубокие систематизированные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой, другими темами данного курса, других изучаемых предметов;
- без ошибок выполнил практическое задание.

Дополнительным условием получения оценки «зачтено» могут стать хорошие успехи при выполнении самостоятельной работы, систематическая активная работа на практических занятиях.

Оценка **«не зачтено»** выставляется студенту, который не смог раскрыть основной вопрос даже на 50%, в ответах на другие (дополнительные) вопросы допустил существенные ошибки или не может ответить на дополнительные вопросы, предложенные преподавателем. Оценивается качество устной и письменной речи, как и при выставлении положительной оценки.

### 6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

#### ПРИМЕРНЫЕ ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

##### Контрольная работа №1

##### Вариант №1

Определите содержание хлоридов в выданном образце воды. Проведите обработку результатов измерений. Оформите результаты измерений в соответствии с требованиями к оформлению протоколов результатов измерений.

##### Контрольная работа №2

##### Вариант №1

Проведите контроль качества результатов анализа хлоридов при реализации методики в лаборатории:

- а) оперативный контроль процедуры анализа (на основе оценки погрешности при реализации отдельно взятой контрольной процедуры);
- б) контроль стабильности результатов анализа (на основе контроля стабильности среднеквадратичного отклонения внутрилабораторной прецизионности, погрешности).

#### ТРЕБОВАНИЯ К ФОРМЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Каждый студент должен вести лабораторный журнал. Все записи должны быть четкими и аккуратными. В журнале записывают схему проведения анализа, результаты работы и уравнения химических реакций.

**Форма отчета.** Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, рисунки приборов, наблюдения, уравнения реакций, выводы.

#### ВАРИАНТЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

##### Тест по курсу основы гидрохимии для студентов отделения «химия» №1

Инструкция для студента

##### ЧАСТЬ А

К каждому заданию части А даны несколько ответов, из которых только один верный. Выполнив задание, выберите верный ответ и укажите в бланке ответов.

- А 1.** Водоем, вода которого содержит мало растворенных питательных веществ, отложения органического вещества на дне бедны фитопланктоном и детритом, все отмершие организмы почти целиком разлагаются, является:
  - 1) мезотрофным; 2) эвтрофным; 3) олиготрофным; 4) гипертрофным.
- А 2.** Лимитирование развития водных экосистем чаще всего происходит в результате недостатка в воде:
  - 1) азота; 2) фосфора; 3) микроэлементов; 4) кремния.
- А 3.** С удалением в глубь континента общая минерализация атмосферных осадков:
  - 1) не возрастает; 2) возрастает; 3) уменьшается.
- А 4.** В чистых геохимически зонах, основной вклад в кислотность атмосферных осадков вносит:
  - 1)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; 2)  $\text{HNO}_3$ ; 3)  $\text{CO}_2$ ; 4)  $\text{HCl}$ .
- А 5.** Для океана содержание солей (соленость) в среднем составляет:
  - 1) 70‰; 2) 40‰; 3) 35‰; 4) 60‰.
- А 6.** Поверхностный слой воды, в пределах которого наблюдается гомотермия, называется:

1) металимнион; 2) эпилимнион; 3) гипolimнион; 4) литораль.

**А 7.** Поверхностный слой воды, в котором образование кислорода при фотосинтезе преобладает над его потреблением на окисление органических веществ и дыхание живых организмов, называется:

- 1) зона аэрации; 2) глубина кислородной компенсации;
- 3) фотическая зона; 4) металимнион.

**А 8.** Какой минерализацией обычно характеризуются поверхностные воды северных районов?

- 1) умеренной минерализацией; 2) слабой минерализацией;
- 3) высокой минерализацией; 4) повышенной минерализацией.

**А 9.** Как называют горизонт водной массы моря или океана, на котором образование кислорода при фотосинтезе равно потреблению его на окисление органических веществ и дыхание живых организмов?

- 1) окислин; 2) термоклин; 3) глубина кислородной компенсации; 4) зона аэрации.

**А 10.** Для вод пресных озер и рек типичен следующий порядок распределения катионов:

- 1)  $\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ ; 2)  $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ + \text{Na}^+$ ;
- 3)  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$ ; 4)  $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$ .

**А 11.** Как называют повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов под действием антропогенных или естественных факторов?

- 1) загрязнение; 2) денитрификация;
- 3) эвтрофирование; 4) аммонификация.

**А 12.** Метаморфизация вод в прямом направлении, протекает по схеме:

- 1) карбонатный тип → сульфатный тип → хлоридный тип;
- 2) сульфатный тип → карбонатный тип → хлоридный тип;
- 3) хлоридный тип → сульфатный тип → карбонатный тип;
- 4) карбонатный тип → хлоридный тип; → сульфатный тип.

**А 13.** Как называется величина, характеризующая содержание в воде органических и минеральных веществ, окисляемых одним из сильных химических окислителей при определенных условиях, называется:

- 1) цветность воды; 2) окрашенность воды;
- 3) окисляемость; 4) индекс качества.

**А 14.** Присутствие, какого компонент определяется растворимость в воде карбонатных пород?

- 1) кислорода; 2) углекислого газа;
- 3) органических веществ; 4) хлорид-ионов.

**А 15.** Консервацию проб воды для определения Fe, Al, Cu, Zn, Pb проводят путем добавления:

- 1) 1 мл 20% NaOH на 1л; 2) 3мл конц.  $\text{HNO}_3$  на 1л
- 3) 2-4 мл хлороформа на 1л; 4) не консервируют.

## ЧАСТЬ В

Каждое задание части В содержит несколько верных ответов. Выберите верные ответы и укажите в бланке ответов.

**В 1.** Растворимыми солями, каких катионов определяется жесткость воды?

1) натрия; 2) калия; 3) магния; 4) железа; 5) кальция; 6) марганца.

**В 2.** Какие факторы влияют на содержание в воде кислорода?

1) адсорбция его из атмосферы, 2) процесс фотосинтеза, 3) биологическое окисление 4) биохимическое окисление, 5) химическое окисление, 6) минерализация воды.

**В 3.** Какие элементы являются микроэлементами природных вод?

1)  $\text{Cu}^{2+}$ ; 2)  $\text{Fe}^{2+}$ ; 3)  $\text{Mg}^{2+}$ ; 4)  $\text{Na}^+$ ; 5)  $\text{K}^+$ ; 6)  $\text{Mn}^{2+}$ ; 7)  $\text{Ba}^{2+}$ .

**В 4.** Какими факторами объясняется малая концентрация микроэлементов в природных водах?

1) малой распространенностью в природе; 2) низкой распространенностью соединений; 3) адсорбцией; 4) поглощением живыми организмами; 5) ионным обменом; 6) процессами комплексообразования.

**В 5.** Какие критерии свидетельствуют о восстановительной обстановке в воде?

1) присутствие  $\text{Fe}^{2+}$ ; 2) отсутствие  $\text{O}_2$ ; 3) присутствие  $\text{H}_2\text{S}$ ; 4) присутствие кислорода; 5) присутствие  $\text{Fe}^{3+}$ ; 6) присутствие  $\text{CH}_4$ .

### ЧАСТЬ С

Ответы к заданиям части С формулируйте в свободной краткой форме и записывайте в бланк ответов.

**С 1.** Какими аномальными физическими свойствами характеризуется вода?

**С 2.** Дайте краткую характеристику процессам, обеспечивающим самоочищение воды.

**С 3.** Какие требования предъявляются к воде используемой в хозяйственно-питьевых целях?

**С 4.** Почему возникает неоднородность химического состава озерных вод по глубине?

**С 5.** С чем связана гидрохимическая зональность озер?

### ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

#### Рекомендуемый перечень вопросов к зачету

1. Введение в гидрохимию.
2. Направления научных исследований в гидрохимии.
3. Теории образования воды на планете Земля.
4. Строение молекулы воды. Структура воды.
5. Вода как растворитель.
6. Состав воды.
7. Вода и её свойства.
8. Природная вода как многокомпонентный раствор.
9. Главные ионы в водах и их происхождение.
10. Ионы  $\text{H}^+$  в природных водах.
11. Растворенные газы в природных водах.
12. Биогенные вещества в природных водах.
13. Органическое вещество в природных водах.
14. Микроэлементы в природных водах.
15. Классификация факторов, определяющих химический состав природных вод.
16. Физико-географические факторы, определяющие химический состав природных вод.
17. Геологические факторы, определяющие химический состав природных вод.
18. Физико-химические факторы, определяющие химический состав природных вод.

19. Биологические факторы, определяющие химический состав природных вод.
20. Антропогенные факторы, определяющие химический состав природных вод.
21. Классификация вод по химическому составу.
22. Классификация вод по минерализации.
23. Графическое изображение состава вод.
24. Классификация вод по жесткости.
25. Классификация вод по органолептическим характеристикам.
26. Классификация вод по содержанию растворенного органического вещества.
27. Классификация вод по pH.
28. Понятия и критерии качества воды.
29. Вода для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и водопотребления.
30. Вода для технических целей.
31. Оценка качества природных вод для орошения.
32. Комплексная оценка качества вод.
33. Температурный режим озер.
34. Эвтрофирование озер (этапы развития озер, критерии эвтрофирования, биогенные вещества, лимитирование развития водных экосистем, пути решения проблемы эвтрофирования водоемов).
35. Динамика кислорода в водоеме и факторы ее определяющие.
36. Характеристика летнего вертикального распределения кислорода в озерах и их номенклатура.
37. Химический состав атмосферных осадков.
38. Происхождение и формирование состава атмосферных осадков.
39. Годовые поступления растворимых минеральных веществ с атмосферными осадками.
40. Влияние атмосферных осадков на формирование стока растворенных в поверхностных водах суши веществ.
41. Роль атмосферных осадков в формировании минеральной части почв и пород.
42. Роль атмосферных осадков в формировании химического состава речных вод.
43. Грунтовые воды.
44. Напорные (артезианские) воды.
45. Минеральные воды.
46. Зональность грунтовых и напорных подземных вод.
47. Основные особенности рек, от которых зависит химический состав речной воды и ее гидрохимический режим.
48. Формирование химического состава вод на водосборе (влияние растительности, почвы, формирование состава почвенно-поверхностного стока).
49. Общие закономерности формирования химического состава речной воды.
50. Неоднородность химического состава воды в реках.
51. Режим растворенных газов вод рек.
52. Предмет и задачи исследований химии океана.
53. Эволюция химического состава вод океана.
54. Химический состав вод океана.
55. Динамика растворенных газов в водных массах океана.
56. Международное и национальное законодательство в области охраны водной среды.
57. Охрана водных ресурсов.
58. Контроль и управление качеством воды в водных объектах.
59. Источники загрязнения гидросферы.
60. Главные принципы эффективной защиты вод от загрязнения.
61. Последовательность работы у водоема.
62. Отбор проб воды.
63. Консервирование и хранение проб воды.

## **7 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ**

**Информационные технологии** – обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам, увеличения контактного взаимодействия с преподавателем, построения индивидуальных траекторий подготовки, объективного контроля и мониторинга знаний студентов.

В образовательном процессе по дисциплине используются следующие информационные технологии, являющиеся компонентами Электронной информационно-образовательной среды БГПУ:

- Официальный сайт БГПУ;
- Система электронного обучения ФГБОУ ВО «БГПУ»;
- Система тестирования на основе единого портала «Интернет-тестирования в сфере образования [www.i-exam.ru](http://www.i-exam.ru)»;
- Система «Антиплагиат.ВУЗ»;
- Электронные библиотечные системы;
- Мультимедийное сопровождение лекций и практических занятий.

## **8 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ИНВАЛИДАМИ И ЛИЦАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья применяются адаптивные образовательные технологии в соответствии с условиями, изложенными в разделе «Особенности реализации образовательной программы для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья» основной образовательной программы (использование специальных учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь и т. п.) с учётом индивидуальных особенностей обучающихся.

## **9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ**

### **9.1 Литература**

1. Кашина, В.А. Исследование качества природных вод: учебное пособие для студентов естественно-географических факультетов / В.А. Кашина. - Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2007. – 110 с. (10 экз.)
2. Учебные полевые практики: учеб.-метод. указания / В.А. Рубцов, С.Г. Курбанова, И.М. Гасанов. – Казань: Казан. ун-т, 2011. – 32 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://old.kpfu.ru/f2/bin\\_files/rubcovkurbanovagasanov\\_polevie!148.pdf](http://old.kpfu.ru/f2/bin_files/rubcovkurbanovagasanov_polevie!148.pdf) - 23.02.21 г.
3. Хаустов, А. П. Экологический мониторинг : учеб. для акад. бакалавриата / А. П. Хаустов, М. М. Редина ; Рос. ун-т дружбы народов. - М. : Юрайт, 2014. - 637 с. (10 экз.)
4. Хаханина, Т. И. Химия окружающей среды: учебное пособие для студентов вузов / под ред. Т. И. Хаханиной. М. : Высш. образование, 2009. – 127 с. (7 экз.)

### **9.2 Базы данных и информационно-справочные системы**

1. Федеральный портал «Российское образование». – Режим доступа: <http://www.edu.ru>.
2. Портал Электронная библиотека: диссертации. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru/?menu=disscatalog>
3. Портал научной электронной библиотеки. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp> .
4. Сайт Российской академии наук. – Режим доступа: <http://www.ras.ru/sciencestructure.aspx> .
5. Сайт «Планета Земля». – Режим доступа: <http://geosfera.info/>

6. Портал «Природа России». – Режим доступа: <http://www.priroda.ru/>
7. Вода России. Научно-популярная энциклопедия. – Режим доступа: <https://water-rf.ru/>
8. Электронные данные Росгидромета. – Режим доступа: <http://meteorf.ru>
9. Электронные данные Государственного гидрологического института. – Режим доступа: <http://www.hydrology.ru>.
10. Электронная библиотека по химии МГУ. – Режим доступа: <http://www.chem.msu.su/rus/elibrary/>

### 9.3 Электронно-библиотечные ресурсы

1. Polpred.com Обзор СМИ/Справочник [http:// polpred.com/news](http://polpred.com/news).
2. ЭБС «Юрайт» <https://urait.ru/>.

## 10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются аудитории, оснащённые учебной мебелью, аудиторной доской, компьютером(рами) с установленным лицензионным специализированным программным обеспечением, коммутатором для выхода в электронно-библиотечную систему и электронную информационно-образовательную среду БГПУ, мультимедийными проекторами, экспозиционными экранами, учебно-наглядными пособиями (таблицы, мультимедийные презентации). Для проведения лабораторных занятий также используется: **Лаборатория аналитической химии**, которая оснащена:

- Стол лабораторный 1-мест. (8 шт.)
- Стол письменный 1-мест. (2 шт.)
- Стол преподавателя (1 шт.)
- Стул (11 шт.)
- Компьютер с установленным лицензионным программным обеспечением (1 шт.)
- Мультимедийный проектор (1 шт.)
- Экспозиционный экран (навесной) (1 шт.)
- Принтер (1 шт.)
- Анализатор АНИОН-7051 (1 шт.)
- Весы аналитические VIBРАНТ-84RCE (2 шт.)
- Жидкостная хроматографическая система с кондуктометрическим детектированием «Джетхром» (1 шт.)
- Прибор для получения особо чистой деионизованной воды «Водолей» (1 шт.)
- Комплекс аппаратно-программный на базе хроматографа «Кристалл 2000М» (1 шт.)
- Кондуктометр «Анион 4120» (1 шт.)
- Насос вакуумный-компрессор (мини) PortlabN86 КТЕ (1 шт.)
- Устройство для фильтрации и дегазации растворов АНО-1566 «Phenomenex» (1 шт.)
- Центрифуга лабораторная ОПН-4 (с ротором) (1 шт.)
- Весы ВЛР-200 (аналитические) (2 шт.)
- Весы ВЛР-200Г (с гирями) (1 шт.)
- Весы ЕК-400Н (Эй энд Ди) (0,01 г.) (1 шт.)
- Весы торсионные ВТ-100 (технические) (1 шт.)
- Вытяжной зонт (1 шт.)
- Иономер И130 2М.1 (1 шт.)
- Комплекс вольтамперометрический СТА (1 шт.)
- Микроскоп МБС-10 (1 шт.)

- Шкаф сушильный (1 шт.)
- Муфельная печь (ПМ-8) (1 шт.)
- Аквадистиллятор (ДЭ-4-2М) (1 шт.)
- Комплекс пробоподготовки «Термос-экспресс» ТЭ1 (1 шт.)
- Фотометр КФКЗКМ (1 шт.)
- Пробоотборная система ПЭ-1420 (1 шт.)
- Фторопласт пробоотб. система ПЭ-1320 (1 шт.)
- Центрифуга (1 шт.)
- Эксикатор (2 шт.)
- Штатив ШЛ – 01 «ЛАБ» (7 шт.)
- Магнитная мешалка П-Э-6100 (1 шт.)
- Лодка «Айгуль» (1 шт.)
- Ледоруб (1 шт.)
- К-т ареометр учебный (1 шт.)
- Радиатор масляный (1 шт.)
- Электроплита (1 шт.)
- Электротепловентилятор (1 шт.)
- Принтер лазерный (1 шт.)
- Учебно-наглядные пособия - слайды, таблицы, мультимедийные презентации по дисциплине «Основы гидрохимии»

Самостоятельная работа студентов организуется в аудиториях оснащенных компьютерной техникой с выходом в электронную информационно-образовательную среду вуза, в специализированных лабораториях по дисциплине, а также в залах доступа в локальную сеть БГПУ.

Лицензионное программное обеспечение: операционные системы семейства Windows, Linux; офисные программы Microsoft office, Libreoffice, OpenOffice; Adobe Photoshop, Matlab, DrWeb antivirus и т.д.

**Разработчик:** Л.П. Панова, к.х.н., доцент кафедры химии.



## 11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ

### Утверждение изменений в РПД для реализации в 2021/2022 уч. г.

РПД пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021/2022 учебном году на заседании кафедры химии (протокол № 7 от 14 апреля 2021 г.).

В рабочую программу внесены следующие изменения и дополнения:

№ изменения: 1	
№ страницы с изменением: 39	
Исключить:	Включить:
	В пункт 9.3: ЭБС «Юрайт» <a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>

### Утверждение изменений и дополнений в РПД для реализации в 2022/2023 уч. г.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022/2023 учебном году на заседании кафедры (протокол № 8 от 26 мая 2022 г.). В РПД внесены следующие изменения и дополнения:

№ изменения: 2	
№ страницы с изменением: 38	
В Раздел 9 внесены изменения в список литературы, в базы данных и информационно-справочные системы, в электронно-библиотечные ресурсы. Указаны ссылки, обеспечивающие доступ обучающимся к электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам с сайта ФГБОУ ВО «БГПУ».	