

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М. В. ЛОМОНОСОВА

---

**Ю. А. Завгородняя, Е. И. Караванова,  
И. А. Салпагарова**

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ**

### **Практикум и семинары**

*Рекомендовано Учебно-методической комиссией  
факультета почвоведения МГУ имени М. В. Ломоносова  
в качестве учебного пособия для студентов факультета,  
обучающихся по стандартам МГУ, по направлению подготовки  
05.03.06 «Экология и природопользование»*



---

МОСКВА – 2019

УДК 504.064  
ББК 20.18  
3-13

**Завгородняя Ю. А., Караванова Е. И., Салпагарова И. А.**

3-13 Экологический мониторинг. Практикум и семинары : учебное пособие / Ю. А. Завгородняя, Е. И. Караванова, И. А. Салпагарова. – Москва : МАКС Пресс, 2019. – 68 с.

ISBN 978-5-317-06211-8

Учебное пособие предназначено для студентов, изучающих экологический мониторинг, и представляет собой расширенный и углубленный сборник программ лекционного курса, семинаров и лабораторного практикума. Материалы практикума включают содержание и порядок выполнения 18 оригинальных лабораторных работ по определению более 20 показателей экологического состояния атмосферы, поверхностных вод и почв. Все методики соответствуют нормативам. Для всех форм обучения приведены списки обязательной и дополнительной литературы, включающие учебные пособия и значительный объем нормативных документов. Пособие предназначено для студентов-бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование».

*Ключевые слова:* экологический мониторинг, окружающая среда, атмосфера, гидросфера, почвы, показатели экологического состояния, методы оценки качества окружающей среды.

УДК 504.064  
ББК 20.18

ISBN 978-5-317-06211-8

© Завгородняя Ю. А., Караванова Е. И.,  
Салпагарова И. А. 2019

© Оформление. ООО «МАКС Пресс», 2019

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПРОГРАММА ЛЕКЦИОННОГО КУРСА</b> .....	5
<b>ПРОГРАММА СЕМИНАРОВ</b> .....	9
Семинар 1. Экологический мониторинг – прикладное направление экологии .....	9
Семинар 2. Химическое загрязнение окружающей среды .....	9
Семинар 3. Нормирование качества окружающей среды .....	9
Семинар 4. Загрязнение атмосферы и показатели качества воздуха.....	10
Семинар 5. Организация экологического мониторинга атмосферы .....	10
Семинар 6. Загрязнение гидросферы и показатели качества вод .....	11
Семинар 7. Организация экологического мониторинга гидросферы.....	11
Семинар 8. Экологический мониторинг почв .....	11
Семинар 9. Экосистема как объект экологического мониторинга .....	12
<b>ПРОГРАММА ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА</b> .....	13
<b>Тема «Экологический мониторинг и оценка состояния атмосферного воздуха»</b> .....	13
<i>Лабораторная работа 1.</i> Отбор проб воздуха аспирационным методом и определение запыленности воздуха жилых и общественных помещений.....	13
<i>Лабораторная работа 2.</i> Оценка состояния воздуха рабочей зоны. Определение содержания сульфатов в пробах воздуха методом ионной хроматографии.....	16
<b>Тема «Экологический мониторинг и оценка состояния вод»</b> .....	20
<i>Лабораторная работа 3.</i> Органолептические наблюдения. Определение интенсивности запаха, мутности турбидиметрическим методом, цветности воды.....	20
<i>Лабораторная работа 4.</i> Оценка загрязненности вод. Определение общего содержания железа в природных водах.....	23
<i>Лабораторная работа 5.</i> Ионный состав вод. Определение содержания анионов в природных и сточных водах методом ионной хроматографии .....	26
<i>Лабораторная работа 6.</i> Определение удельной электрической проводимости и рН в природных водах.....	28
<i>Лабораторная работа 7.</i> Ионный состав вод. Определение общей жесткости природной воды.....	31

<i>Лабораторная работа 8.</i> Оценка качества водоподготовки. Определение суммарного остаточного активного хлора.....	33
<i>Лабораторная работа 9.</i> Показатели качества вод. Определение растворенного кислорода электрохимическим методом и химического потребления кислорода.....	36
<i>Лабораторная работа 10.</i> Мониторинг состояния водоемов. Определение окислительно-восстановительного потенциала в воде и донных отложениях.....	40
<i>Лабораторная работа 11.</i> Оценка качества очистки сточных вод. Определение содержания этиленгликоля в воде газохроматографическим методом.....	43
<i>Лабораторная работа 12.</i> Оценка загрязненности поверхностных вод нефтепродуктами газохроматографическим методом.....	45
<b>Тема «Экологический мониторинг и оценка состояния почв».....</b>	<b>48</b>
<i>Лабораторная работа 13.</i> Определение актуальной и гидролитической кислотности почв.....	48
<i>Лабораторная работа 14.</i> Кислотно-основная буферность почвы как показатель устойчивости природных систем к воздействию кислых осадков.....	51
<i>Лабораторная работа 15.</i> Мониторинг плодородия почв. Оценка обеспеченности почв калием.....	53
<i>Лабораторная работа 16.</i> Экологическая оценка состояния почв по содержанию тяжелых металлов (на примере подвижной меди).....	56
<i>Лабораторная работа 17.</i> Оценка загрязнения почв органическими веществами. Определение содержания в почве бензина.....	58
<i>Лабораторная работа 18.</i> Определение содержания и состава нефтепродуктов в почвах методом газовой хроматографии.....	61
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>65</b>

**ПРОГРАММА ЛЕКЦИОННОГО КУРСА**  
**специальность 05.03.06**  
**«Экология и природопользование»**

**Экологический мониторинг – прикладное направление экологии**

Природа и общество, прямые и обратные связи. Исторические этапы развития взаимоотношений человека и природы. Экологические функции биосферы. Вклад отечественных и зарубежных исследователей в развитие учения о биосфере. Актуальность экологических проблем в современном обществе. Антропогенная деградация биосферы. Понятие об экологическом мониторинге. Международные и национальные программы мониторинга окружающей среды. Законодательная основа экологического мониторинга в Российской Федерации.

**Естественно-научные подходы и практические методы контроля экологического состояния окружающей среды**

Цели и задачи экологического мониторинга. Виды и уровни экологического мониторинга. Приоритетные направления мониторинга окружающей среды. Объекты экологического мониторинга. Системная организация экологического мониторинга. Организация государственной системы экологического мониторинга в РФ, ее территориальных подсистем и региональных информационно-аналитических центров. Методологическое и нормативное обеспечение системы экологического мониторинга. Аналитическое обеспечение государственного экологического контроля. Процедура экоаналитического контроля. Система контроля качества при анализе объектов окружающей среды. Методы оценки состояния окружающей среды. Показатели экологического мониторинга, требования к ним. Геоинформационные системы в экологическом мониторинге.

**Качество окружающей среды и значение экологического мониторинга для его обеспечения**

Критерии состояния экосистемы и ее антропогенных нарушений. Понятия об экологическом нормировании. Концепции нормирования качества окружающей среды и источников воздействия. Антропоцентристский и экосистемный подход к экологическому нормированию. Виды экологического нормирования, его методологическая

основа. Загрязнение – наиболее опасный вид деградации окружающей среды. Понятия о загрязняющих веществах: виды, формы, источники их поступления в окружающую среду. Учение В.В. Ковальского о биогеохимических провинциях. Санитарно-гигиеническое нормирование содержания химических веществ в природных средах. Абсолютные и относительные показатели накопления загрязняющих веществ в природных средах.

### **Экологический мониторинг и оценка состояния атмосферного воздуха**

Техногенные нарушения состава атмосферы, их экологические последствия. Глобальные и локальные проблемы загрязнения атмосферы. Государственные и международные программы мониторинга атмосферного воздуха. Загрязняющие вещества в атмосферном воздухе: источники поступления, факторы, регулирующие распространение и превращения. Абсолютные и относительные показатели содержания химических веществ в воздухе. Комплексные показатели качества воздуха, особенности их применения и информативность. Оценка и динамика загрязнения атмосферы в РФ. Наблюдение за загрязнением атмосферного воздуха: методологическое, техническое и информационное обеспечение. Аэрокосмические наблюдения за состоянием атмосферы. Организация сети мониторинга атмосферы в РФ. Мониторинг воздушной среды в населенных пунктах: программы наблюдений и виды контроля. Отбор и анализ проб воздуха и атмосферных осадков. Прогноз загрязнения атмосферного воздуха.

### **Экологический мониторинг и оценка состояния вод**

Экологические функции гидросферы. Запасы воды на планете, потребление воды, круговорот воды и его нарушения. Антропогенные нарушения состава поверхностных вод. Загрязняющие вещества в водных средах, их источники, превращения в гидросфере, опасность для живых организмов. Возможность самоочищения поверхностных вод. Виды водопользования. Виды сточных вод, проблема их очистки. Показатели свойств поверхностных и подземных вод. Особенности поверхностных вод как объекта мониторинга. Организация мониторинга состояния поверхностных вод: нормативы, контролируемые показатели, программы наблюдений, пункты контроля. Отбор и анализ проб вод и донных отложений. Критерии качества и комплексная оценка качества вод. Оценка состояния поверхностных

вод РФ по данным Государственной системы наблюдений, формы представление результатов. Информационное обеспечение экологической оценки и прогноза качества вод.

### **Экологический мониторинг и оценка состояния почвенного покрова**

Экологические функции почвы и ее компонентов. Характер использования почв. Виды антропогенной деградация почвенного покрова. Загрязнение почв – наиболее опасный вид деградации. Поведение и трансформация в почвах органических и неорганических загрязняющих веществ. Буферная способность почв по отношению к загрязняющим веществам. Особенности нормирования качества почв. Санитарно-гигиеническое, экологическое и статистическое нормирование содержания химических веществ в почвах; виды нормативов, лимитирующие показатели вредности. Особенности почвы как объекта экологического мониторинга. Виды почвенного экологического мониторинга. Методы оценки экологического состояния почв, биохимические и педохимические показатели. Наземные и дистанционные наблюдения за состоянием почвенного покрова. Программы почвенного экологического мониторинга. Полевое исследование почв, контрольные площадки и пункты наблюдений. Отбор и анализ проб почвы, методологическое и нормативное обеспечение. Оценка загрязнения почв РФ и его динамика по результатам экологического мониторинга.

### **Экологический мониторинг растительного и животного мира**

Мониторинг состояния растительного покрова и животного мира в РФ. Причины утраты биологического разнообразия растений и животных. Экологические нарушения состояния рыбохозяйственных водоемов в РФ. Рациональное использование лесов и изъятие диких животных. Особенности растений как объекта мониторинга, характеристика растительного покрова. Признаки негативных изменений растительного покрова. Виды антропогенных нарушений геоботанического состояния ландшафта. Методы наблюдений за состоянием растений; наземные и дистанционные наблюдения, контролируемые показатели. Зоологические критерии состояния экосистем. Мониторинговые наблюдения за животным миром, контролируемые показатели. Биологические методы мониторинга окружающей среды: виды биомониторинга, уровни организации наблюдений, объекты биомониторинга, определяемые показатели.

## Экологический мониторинг городских территорий

Понятие городской среды. Негативные процессы на городских территориях. Экологические проблемы городов. Мониторинг городской среды: задачи, объекты, контролируемые показатели. Методологические особенности мониторинга различных сред в пределах городских территорий, нормативное обеспечение. Природно-техногенные комплексы в городах, их экологическое состояние. Виды городских земель, функциональное зонирование городских территорий. Мониторинг городских земель. Критерии оценки качества городских территорий. Функции и качество городских почв.

### Литература

1. Голицын А.Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды. М.: Оникс. 2010. 336 с.
2. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы. Эколайн, 2000.
3. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв. М.: Академический проект; Гаудеамус. 2007. 237 с.
4. Мотузова Г.В., Карпова Е.А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. М.: МГУ. 2013. 304 с.
5. Орлов Д.С. Химия почв. М.: МГУ. 2000.
6. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М.: Высшая школа. 2002. 334 с.
7. Экологический мониторинг: шаг за шагом / Е.В.Веницианов и др. Под ред. Е.А.Заика. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2003. 252 с.
8. Нормативные документы (см. стр. 65).



# ПРОГРАММА СЕМИНАРОВ

## Семинар 1.

### Экологический мониторинг – прикладное направление экологии

Понятие, предмет, цель и задачи экологического мониторинга (ЭМ). Нормативно-правовые основы и организация системы мониторинга в РФ. Классификация видов ЭМ. Антропогенная деградация биосферы. Виды антропогенных воздействий на окружающую среду. Факторы и источники воздействия. Приоритетные направления мониторинга окружающей среды.

#### Литература

1. Мотузова Г.В., Карпова Е.А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. М.: МГУ. 2013. С. 294–299.
2. Экологический мониторинг: шаг за шагом / Е.В. Веницианов и др. Под ред. Е.А. Заика. М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, Эколайн. 2003. С. 12–23, 50–68.
3. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

## Семинар 2.

### Химическое загрязнение окружающей среды

Загрязнение как вид деградации окружающей среды. Виды загрязнения. Химическое загрязнение. Понятие о загрязняющих веществах (ЗВ): виды, формы, источники их поступления в окружающую среду. Классификация ЗВ по химической природе, происхождению, токсичности для живых организмов, технофильности, источникам и режиму поступления, фазовому состоянию. Факторы распространения ЗВ.

#### Литература

1. Мотузова Г.В., Карпова Е.А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. М.: МГУ. 2013. С. 7–46.
2. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М.: Высшая школа. 2002. С. 17–115.
3. Экологический мониторинг: шаг за шагом / Е.В. Веницианов и др. Под ред. Е.А. Заика. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, Эколайн. 2003. Приложение 1.1 (с. 138–149).

## Семинар 3.

### Нормирование качества окружающей среды

Нормирование качества окружающей среды и его цели. Основные понятия, определения и структура системы нормирования. Санитарно-гигиеническое нормирование качества окружающей среды

и источников воздействия. ПДК, ОДК и ВДК, ЛД, ЛПВ. Показатели загрязнения природных сред, производные от ПДК. Научно-техническое нормирование источников воздействия (ПДС, ПДВ). Экологическое нормирование. Статистическое нормирование.

#### **Литература**

1. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы. Эколайн. 2000. Часть 1.

2. Мотузова Г.В., Карпова Е.А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. М.: МГУ. 2013. С. 47–72.

3. Экологический мониторинг: шаг за шагом / Е.В. Веницианов и др. Под ред. Е.А. Заика. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, Эколайн. 2003. С. 24–29, 42–45.

#### **Семинар 4.**

#### **Загрязнение атмосферы и показатели качества воздуха**

Основные загрязняющие вещества в атмосферном воздухе. Источники загрязнения, факторы, регулирующие распространение и превращения загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосфере. Показатели содержания загрязняющих веществ в воздухе. Стандарты качества воздуха в РФ (ПДК, ОБУВ, ОДК, ВДК) и их использование при мониторинге. Классы опасности загрязняющих веществ и комплексные показатели качества воздуха.

#### **Литература**

1. Мотузова Г.В., Карпова Е.А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. М.: МГУ. 2013. С. 74–88.

2. Экологический мониторинг: шаг за шагом / Е.В. Веницианов и др. Под ред. Е.А. Заика. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, Эколайн. 2003. Глава 2 (с. 29–32), Приложение 1.2–1.4 (с. 140–142), 2.1, 2.2 (с. 143–152).

#### **Семинар 5.**

#### **Организация экологического мониторинга атмосферы**

Особенности атмосферы как объекта мониторинга. Организация мониторинга качества воздуха в селитебной зоне. Виды наблюдательных постов. Программы наблюдений. Выбор контролируемых показателей. Методические подходы к отбору проб (воздуха, осадков).

#### **Литература**

1. ГОСТ 17.2.3.01-86. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов.

2. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. М. 1991.

## **Семинар 6.**

### **Загрязнение гидросферы и показатели качества вод**

Объекты гидросферы. Виды и источники антропогенного воздействия на гидросферу. Основные загрязняющие вещества и последствия загрязнения ими гидросферы. Виды водопользования и показатели качества вод. Санитарно-гигиенические и эколого-рыболовственные нормативы качества воды в РФ. Комплексные показатели загрязнения вод (ИЗВ, ПХЗ, биологические индексы).

#### **Литература**

1. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы. Эколайн. 2000. Часть 1.
2. Экологический мониторинг: шаг за шагом / Е.В. Веницианов и др. Под ред. Е.А. Заика. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, Эколайн. 2003. С. 32–38, Приложение 5.
3. ГОСТ 27065-86. Качество вод. Термины и определения.

## **Семинар 7.**

### **Организация экологического мониторинга гидросферы**

Особенности гидросферы как объекта мониторинга. Организация мониторинга состояния поверхностных вод в РФ. Категории пунктов контроля. Виды постов. Программы наблюдений. Выбор контролируемых показателей. Методические подходы к отбору проб (воды, донных отложений).

#### **Литература**

1. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы. Эколайн. 2000. Часть 2.
2. ГОСТ 17.1.3.07-82. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.
3. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб.
4. РД 52.24.309-2016. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши.

## **Семинар 8.**

### **Экологический мониторинг почв**

Виды и причины антропогенной деградации почв. Химическое загрязнение почв. Биохимические и педохимические показатели состояния почв. Нормативы качества почв в РФ (ПДК, ОДК). Понятие «норма» применительно к почвам. Показатель суммарного загрязне-

ния почв в селитебных зонах. Особенности почв как объекта экологического мониторинга. Понятие о почвенно-экологическом мониторинге (ПЭМ), виды и объекты ПЭМ. Программы наблюдений при ПЭМ. Выбор пунктов наблюдений и контролируемых показателей. Методические подходы к отбору проб.

#### **Литература**

1. Мотузова Г.В., Карпова Е.А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. М.: МГУ. 2013. Глава 8, 9, 10, 14.
2. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв. М.: Гаудеамус. 2007. Глава 2, 4, 6, 9; 10.
3. ГОСТ Р 53123-2008 (ИСО 10381-5:2005). Качество почвы. Отбор проб. Часть 5. Руководство по изучению городских и промышленных участков на предмет загрязнения почвы.
4. ГОСТ 17.4.3.01-2017. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.

#### **Семинар 9.**

##### **Экосистема как объект экологического мониторинга**

Экосистема как объект ЭМ. Методология мониторинга экосистем, выбор показателей. Иерархия, взаимодействия в природных системах. Устойчивость природных систем. Виды и механизмы устойчивости. Буферность почв и ее место в устойчивости экосистем. Понятие «норма» при экосистемном подходе. Критические нагрузки и критические уровни ЗВ в экосистеме.

#### **Литература**

1. Мотузова Г.В., Карпова Е.А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. М.: МГУ. 2013. С. 65–73.
2. Мотузова Г.В. Устойчивость почв к химическому воздействию. М.: МГУ. 2000. 57 с.
3. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М.: Высшая школа. 2002. Глава 3.

# ПРОГРАММА ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА

## Тема «Экологический мониторинг и оценка состояния атмосферного воздуха»

### *ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1*

#### **Отбор проб воздуха аспирационным методом и определение запыленности воздуха жилых и общественных помещений**

Методы отбора газообразных и воздушных проб. Отбор проб вакуумным методом. Отбор проб аспирационным методом. Фильтры, сорбенты и поглотители, используемые для отбора газообразных и воздушных проб. Аппаратура для отбора проб воздуха.

Запыленность воздуха, состав пыли и пылевых выпадений. Нормативы запыленности для атмосферного воздуха и воздуха в помещениях. Состав и источники пыли в атмосфере. Факторы, влияющие на запыленность атмосферы. Запыленность воздуха как показатель экологического состояния территории. Методы определения концентрации пыли в воздухе.

#### **Литература**

1. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: Бином. 2004. 323 с. Гл. 5.1.
2. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М.: Высшая школа. 2002. Гл. 6.2.
3. Экологический мониторинг: шаг за шагом / Е.В.Веницианов и др. Под ред. Е.А. Заика. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2003. 252 с. Приложение 1, 2.
4. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. М. 1991.
5. <http://ohranatruda.ru>

#### **Содержание работы**

1. Изучение принципа работы аспиратора ПУ-2Э.
2. Отбор проб воздуха аспирационным методом (РД 52.04.186-89).
3. Определение запыленности воздуха весовым методом (РД 52.04.186-89).
4. Оценка состояния помещения рабочей зоны по концентрации пыли в воздухе в соответствии с санитарными нормами (ГН 2.2.5.3532-18, ГОСТ 12.1.005-88, Р 2.2.2006-05).

## Ход работы

1. Ознакомьтесь с устройством и принципом работы аспиратора ПУ-2Э.

2. Исходя из технических характеристик аналитических аэрозольных фильтров АФА (таблица 1) рассчитайте максимальную допустимую скорость прохождения воздуха через фильтр.

3. Контрольные (2 шт.) и опытные (2 шт.) фильтры АФА с помощью пинцета аккуратно отсоедините от бумажной подложки и поместите в бумажные держатели. Пронумеруйте фильтры, номера напишите на боковых язычках держателей. Взвесьте контрольные и опытные фильтры в держателях на аналитических весах с точностью  $\pm 0,0001$  г. Номера фильтров и начальные массы запишите в таблицу 3. Взвешенные фильтры поместите в отдельные пакеты.

4. Поместите аспиратор в помещение, для которого проводится определение запыленности воздуха. Пробный фильтр в бумажном держателе вставьте в фильтродержатель ИРА-20-1, соединенный с входным штуцером аспиратора. Включите аспиратор и с помощью регулирующего винта установите (с учетом допустимой воздушной нагрузки на фильтр) необходимый расход воздуха, величина которого определяется по верхнему краю поплавка ротаметра. Установку расхода произведите для каждого канала аспиратора. Величину скорости прохождения воздуха через фильтр запишите в таблицу 2.

5. Два опытных фильтра в бумажных держателях выньте из пакетов и вставьте в фильтродержатели ИРА. Включите аспиратор, установив на нем необходимое время отбора пробы. Отберите две параллельные пробы в течение 10–20 минут. Расход воздуха и время отбора проб запишите в таблицу 2. Контрольные фильтры необходимо вынуть из пакетов и выдерживать открытыми в помещении, для которого проводится определение запыленности, в течение всего времени отбора проб воздуха.

6. После окончания отбора взвесьте контрольные и опытные фильтры в держателях на аналитических весах с точностью  $\pm 0,0001$  г. Конечные массы фильтров запишите в таблицу 3. После взвешивания все фильтры с бумажными фильтродержателями поместите обратно в отдельные пакеты.

7. Рассчитайте изменение массы фильтров (г) по формуле:  $\Delta M = M_{\text{кон}} - M_{\text{нач}}$ . Результаты запишите в таблицу 3. Рассчитайте

среднее значение изменения массы контрольных фильтров  $\Delta M_{\text{ср.контр}}$  (г). Рассчитайте массу пыли (г), осевшую на фильтрах, по формуле:  $M_{\text{пыли}} = \Delta M - \Delta M_{\text{ср.контр}}$ . Результаты запишите в таблицу 3.

8. Рассчитайте отобранный объема воздуха (л) по формуле:  $V_{20} = \tau \cdot v$ , где  $\tau$  – время отбора пробы (мин),  $v$  – расход воздуха (л/мин). Результат запишите в таблицу 2.

9. Используя показания встроенной в аспиратор метеостанции, рассчитайте отобранный объема воздуха, приведенный к стандартным условиям (температура 20°C, давление 760 мм рт. ст.), по формуле:  $V_{20} = [V_T \cdot (273 + 20) \cdot P] / [(273 + T) \cdot 101,33]$ , где  $V_T$  – объем воздуха, отобранный для анализа (л),  $P$  – барометрическое давление (кПа),  $T$  – температура воздуха в месте отбора пробы (°C). Результат запишите в таблицу 2.

10. Рассчитайте запыленность воздуха (мг/м<sup>3</sup>) по формуле:  $C_{\text{пыли}} = M_{\text{пыли}} \cdot 10^6 / V_{20}$ , где  $V_{20}$  – объем прошедшего через фильтр воздуха, приведенный к стандартным условиям. Результаты запишите в таблицу 3.

11. Рассчитайте среднюю запыленность воздуха в помещении (*по результатам двух измерений*), сравните полученный результат с нормативным значением для данного типа помещений и определите класс условий труда в помещении (таблица 4).

Таблица 1

#### Технические характеристики фильтров АФА

Характеристика	АФА-20	АФА-40
Площадь рабочей поверхности	20 см <sup>2</sup>	40 см <sup>2</sup>
Температура воздуха при отборе пробы	-120°...+60°C	
Сопротивление фильтра потоку воздуха при скорости 1 см/с	0,3 мм вод. ст.	
Допустимая воздушная нагрузка	7 л/(мин·см <sup>2</sup> )	

Таблица 2

#### Определение объема проб воздуха

Фильтр	Время отбора пробы $\tau$ , мин	Расход воздуха $v$ , л/мин	Объем воздуха $V_T$ , л	Объем воздуха, приведенный к стандартным условиям $V_{20}$ , л
опытный 1				
опытный 2				

Таблица 3

### Определение запыленности воздуха

Фильтр	Масса фильтра начальная $M_{нач}$ , г	Масса фильтра конечная $M_{кон}$ , г	Изменение массы фильтра $\Delta M$ , г	Масса пыли $M_{пыли}$ , г	Запыленность воздуха $C_{пыли_3}$ мг/м <sup>3</sup>
контрольный 1			$\Delta M_{ср.к}$	-	-
контрольный 2					
опытный 1					
опытный 2					

Таблица 4

### Класс условий труда в зависимости от содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны (Р 2.2.2006-05)

Вредное вещество	Классы условий труда						
	1-й оптимальный	2-й допустимый	3-й вредный				4-й опасный (экстремальный)
			1-й степени	2-й степени	3-й степени	4-й степени	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3.1</b>	<b>3.2</b>	<b>3.3</b>	<b>3.4</b>	<b>4</b>
Пыль*	–	≤ПДК	1,1–2,0 ПДК	2,1–5,0 ПДК	5,1–15,0 ПДК	15,1–20,0 ПДК	>20,0 ПДК

\* ПДК (пыль) = 2 мг/м<sup>3</sup> (ГН 2.2.5.3532-18).

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

### Оценка состояния воздуха рабочей зоны.

#### Определение содержания сульфатов в пробах воздуха методом ионной хроматографии

Роль соединений серы в загрязнении атмосферного воздуха. Источники поступления соединений серы в атмосферу. Формы нахождения и состав соединений серы в воздухе, действующие нормативы. Методы определения соединений серы в воздухе.

Жидкостная хроматография как метод аналитического определения. Основные блоки жидкостного хроматографа. Особенности хроматографического процесса в ионообменной (ионной) хроматографии, принцип разделения ионов.



## Литература

1. Мотузова Г.В., Карпова Е.А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. М.: МГУ. 2013. 304с. Гл. 7.1, 7.3.
2. Шаповалова Е.Н., Пирогов А.В. Хроматографические методы анализа: Метод. пособие для спец. курса. М.: МГУ. 2007. 204с. Гл. 3, 3.2.
3. Экологический мониторинг: шаг за шагом / Е.В.Веницианов и др. Под ред. Е.А.Заика. М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева. 2003. 252 с. Приложение 1, 2, 4.
4. МУ 2.2.5.2810-10. Организация лабораторного контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны предприятий основных отраслей экономики. М. 2011.
5. МУ 5994-91. Методические указания по измерению концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Вып. 28. М. 1993.
6. <http://ohranatruda.ru>

## Содержание работы

1. Изучение принципа работы ионного хроматографа Dionex ICS-2000.
2. Определение концентрации растворимых сульфатов в воздухе методом ионной хроматографии (МУ 5994-91).
3. Оценка состояния помещения рабочей зоны по содержанию в воздухе вредных веществ в соответствии с санитарными нормами (ГН 2.2.5.3532-18, ГОСТ 12.1.005-88, Р 2.2.2006-05).

## Ход работы

1. Ознакомьтесь с устройством и принципом работы ионного хроматографа Dionex ICS-2000.
2. Ознакомьтесь с принципом работы компьютерной программы Chromeleon.
3. Ознакомьтесь с принципом работы ультразвуковой ванны СТ-406.
4. *При выполнении определения концентрации сульфатов в воздухе используют фильтры АФА с отобранными в ходе выполнения лабораторной работы № 1 пробами воздуха.*
5. Фильтр с отобранной пробой (опытный) поместите с помощью пинцета в стакан вместимостью 50 мл, прилейте мерным цилиндром 20 мл дистиллированной воды. Стакан с фильтром поместите в ультразвуковую ванну и проведите обработку ультразвуком в течение 10 мин.

6. 6–7 мл раствора профильтруйте с помощью шприца через шприц-насадку с мембранным фильтром (размер пор 0,45 мкм). Соберите 5 мл фильтрата в пробирку для автосамплера Dionex ICS-2000 (первые 1–2 мл фильтрата необходимо отбросить). С помощью специального приспособления вставьте в пробирку адаптер и поместите ее в держатель автосамплера.

7. Запустите на компьютере рабочую программу ионного хроматографа и произведите определение концентрации сульфат-ионов в анализируемом растворе.

8. Проведите аналогичное определение (*п.п. 5–7*) для контрольного фильтра.

9. С помощью расчетного модуля программы Chromeleon получите данные о концентрации сульфат-ионов в проанализированных растворах. Результаты запишите в таблицу 1.

10. Рассчитайте концентрацию сульфатов в воздухе ( $\text{мг/м}^3$ ) по формуле:  $C_{\text{SO}_4} = (C_{\text{опыт}} - C_{\text{контр}}) \cdot V_p / V_{20}$ , где  $C_{\text{опыт}}$  – концентрация сульфатов в растворе с опытным фильтром ( $\text{мг/дм}^3$ ),  $C_{\text{контр}}$  – концентрация сульфатов в растворе с контрольным фильтром ( $\text{мг/дм}^3$ ),  $V_p$  – общий объем раствора (мл),  $V_{20}$  – объем (л) прошедшего через фильтр воздуха, приведенный к стандартным условиям (*используйте значение, полученное в лабораторной работе № 1*). Результаты запишите в таблицу 1.

11. С использованием значения  $C_{\text{SO}_4}$  рассчитайте содержание вредного вещества (серной кислоты) в воздухе. Сравните полученный результат с нормативным значением для данного типа помещений и определите класс условий труда в помещении (таблица 2). ПДК<sub>рз</sub>  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 1 \text{ мг/м}^3$  (ГН 2.2.5.3532-18).

Таблица 1

**Определение содержания сульфатов в воздухе**

Объем воздуха, приведенный к стандартным условиям $V_{20}$ , л	Объем раствора $V_p$ , мл	Концентрация $\text{SO}_4^{2-}$ в растворе с опытным фильтром $C_{\text{опыт}}$ , $\text{мг/дм}^3$	Концентрация $\text{SO}_4^{2-}$ в растворе с контрольным фильтром $C_{\text{контр}}$ , $\text{мг/дм}^3$	Содержание растворимых сульфатов в воздухе $C_{\text{SO}_4}$ , $\text{мг/м}^3$

Таблица 2

**Класс условий труда в зависимости от содержания вредных веществ  
в воздухе рабочей зоны (превышение ПДК, раз)\***

Вредные вещества		Классы условий труда						
		допу- стимый	вредный				опас- ный	
			2	3.1	3.2	3.3		3.4
ВВ 1–4 классов опас- ности за исключени- ем перечисленных ниже		≤ПДК <sub>мр</sub>	1,1–3,0	3,1–10,0	10,1–15,0	15,1–20,0	>20,0	
		≤ПДК <sub>сс</sub>	1,1–3,0	3,1–10,0	10,1–15,0	>15,0	–	
Особенности действия на организм	опасные для раз- вития острого отрав- ления	с остро- направ- ленным мехнизм- мом дей- ствия	≤ПДК <sub>мр</sub>	1,1–2,0	2,1–4,0	4,1–6,0	6,1–10,0	>10,0
		раздра- жающего действия	≤ПДК <sub>мр</sub>	1,1–2,0	2,1–5,0	5,1–10,0	10,1–50,0	>50,0
	канцерогены; вещества, опасные для репродуктив- ного здоровья человека		≤ПДК <sub>сс</sub>	1,1–2,0	2,1–4,0	4,1–10,0	>10,0	–
	аллер- гены	высоко опасные	≤ПДК <sub>мр</sub>	–	1,1–3,0	3,1–15,0	15,1–20,0	>20,0
		умеренно опасные	≤ПДК <sub>мр</sub>	1,1–2,0	2,1–5,0	5,1–15,0	15,1–20,0	>20,0
	противоопухоле- вые лекарственные средства, гормоны						+	
	наркотические анальгетики				+			

\*Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

## Тема «Экологический мониторинг и оценка состояния вод»

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3**

#### **Органолептические наблюдения. Определение интенсивности запаха, мутности турбидиметрическим методом, цветности воды**

Органолептические показатели качества воды. Сущность органолептических методов. Причины возникновения запаха, мутности, цветности воды.

Оценка качества вод по запаху (интенсивность и вид запаха). Единицы измерения интенсивности запаха. Гигиенические требования к запаху питьевых вод. Методика определения запаха воды.

Грубодисперсные и тонкодисперсные примеси в природных водах: источники, природа веществ. Антропогенные источники примесей. Показатели: взвешенные вещества, мутность, прозрачность. Методы определения. Гигиенические требования к мутности питьевых вод.

Процессы и компоненты, формирующие окраску природных вод. Роль органического вещества и соединений железа в окраске природных вод. Антропогенные источники изменения окраски воды. Показатели окраски: цветность, цвет. Кажущаяся и истинная цветность. Гигиенические требования к цветности питьевых вод.

Турбидиметрический и нефелометрический методы определения мутности: принцип, приборы, шкалы, единицы измерения. Фотометрический метод определения цветности: принцип, приборы, шкалы, единицы измерения

#### **Литература**

1. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы. Эколайн, 2000. Часть 3. Общие и суммарные показатели качества вод.
2. ГОСТ Р 57164-2016 Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности.
3. ГОСТ 31868-2012 ВОДА. Методы определения цветности.
4. СанПиН 2.1.4.559-96 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
5. СанПиН 2.1.4.544-96 Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников.
6. Основы турбидиметрии, нефелометрии, спектрофотометрии (любой источник).

## Определение запаха природной воды

### Ход работы

#### 1. Определение запаха при комнатной температуре (20°С)

- в колбу с притертой пробкой объемом 100 мл налейте цилиндром 50 мл пробы природной воды. Закройте колбу пробкой, содержимое перемешайте несколько раз вращательными движениями;
- откройте колбу и охарактеризуйте запах (таблица 1) и его интенсивность в баллах (таблица 2).

#### 2. Определение запаха при 60°С

- закройте колбу с водой часовым стеклом и поставьте её на плитку под тягой, нагрейте воду до 60°С. Температуру контролируйте термометром;
- перемешайте содержимое колбы несколько раз вращательными движениями, не поднимая стекла;
- сдвиньте стекло в сторону и быстро определите характер (таблица 1) и интенсивность запаха (таблица 2).

## Определение мутности природной воды

### Ход работы

1. Ознакомьтесь с прибором **HUCH DR/2000**. Включите прибор кнопкой **POWER**.

2. Введите номер программы для измерения мутности. Наберите **750**, затем нажмите **READ/ENTER**. Дисплей покажет: «**DIAL nm TO 450**».

3. Вращая колесо установки длины волны (справа) установите длину волны «**450 нм**».

4. Нажмите **READ/ENTER**. Дисплей покажет «**FTU TURBIDITI**».

5. Налейте 25 мл дистиллированной воды в кювету (образец сравнения).

6. Поместите кювету в кюветное отделение. Закройте крышку.

7. Нажмите **ZERO**. Дисплей покажет «**WAIT**», затем «**0.FTU TURBIDITI**».

8. Хорошо перемешайте пробу природной воды и налейте примерно 25 мл в другую кювету. **Немедленно** поместите кювету в кюветное отделение. Закройте крышку.

9. Нажмите **READ/ENTER**. Дисплей покажет «**WAIT**», затем результат в единицах мутности по **формазину (FTU)**.

## Определение цветности природной воды

### Ход работы

1. Отфильтруйте пробу природной воды (примерно 20–25 мл).
2. Ознакомьтесь с прибором **Hanna Hi 93727**.
3. Включите прибор нажатием кнопки **ON/OFF**. Подождите, пока на дисплее появится символ «---». Прибор готов к работе.
4. Наполните кювету дистиллированной водой до отметки. Это будет **нулевой раствор**.
5. Наполните вторую кювету отфильтрованной водой до отметки (примерно 10 мл). Эта кювета будет использоваться для определения **истинной цветности**.
6. Поместите кювету с **нулевым раствором** в кюветное отделение прибора так, чтобы метка на крышке кюветы совпала с меткой на приборе.
7. Нажмите **ZERO**. На дисплее замигает символ «**SIP**».
8. Подождите несколько секунд до появления на дисплее символа «**-0,0-**». Теперь прибор обнулен и готов к работе.
9. Выньте кювету из прибора и поместите в отделение кювету с пробой воды для определения истинной цветности. Убедитесь, что метка на крышке кюветы совпала с меткой на приборе.
10. Нажмите **READ**. На дисплее замигает символ «**SIP**».
11. Подождите несколько секунд до появления на дисплее значения истинной цветности в градусах платиново-кобальтовой шкалы (PCU) (таблица 3).

Таблица 1

### Классификация запахов

Характер запаха	Примерный род запаха
ароматический	огуречный, цветочный
болотный	илистый, тинистый
гнилостный	фекальный, сточный
древесный	запах мокрой щепы, древесной коры
землистый	прелый, свежевспаханной земли, глинистый
плесневый	затхлый, застойный
рыбий	рыбьего жира, рыбы
сероводородный	тухлых яиц
травянистый	скошенной травы, сена
неопределенный	запахи, не подходящие под общепринятые определения

**Оценка интенсивности запаха в баллах**

<b>Интенсивность запаха</b>	<b>Характер проявления запаха</b>	<b>Оценка интенсивности запаха, балл</b>
нет	запах не ощущается	<b>0</b>
очень слабая	запах очень слабый	<b>1</b>
слабая	запах слабый и не вызывает неодобрительный отзыв о воде	<b>2</b>
заметная	запах легко замечается и вызывает неодобрительный отзыв о воде	<b>3</b>
отчетливая	запах отчетливый, вызывает неодобрительный отзыв о воде и заставляет воздержаться от питья	<b>4</b>
очень сильная	запах настолько сильный, что делает воду непригодной к употреблению	<b>5</b>

Таблица 3

**Характеристика вод по величине цветности**

<b>°Pt-Co</b>	<b>Цветность</b>
до 25	очень малая
более 25 до 50	малая
более 50 до 80	средняя
более 80 до 120	высокая
более 120	очень высокая

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4****Оценка загрязненности вод.****Определение общего содержания железа в природных водах**

Естественные и антропогенные источники соединения железа в природных водах. Фазовый состав соединений железа. Формы соединений железа. Влияние кислотности и окислительно-восстановительного потенциала воды на трансформацию соединений железа в воде. Нормативы содержания железа в воде, лимитирующий показатель вредности.

Методы определения содержания общего железа в воде. Основы спектрофотометрии, уравнение Бугера-Ламберта-Бера.

### Литература

1. <http://biology.krc.karelia.ru/misc/hydro/> Справочник по гидрохимии.
2. ГОСТ 4011-72. Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа (с Изменениями № 1, 2).
3. Основы спектрофотометрического метода (любой источник).

### Ход работы

1. Возьмите с помощью пипетки аликвоту объемом 25 мл исследуемого образца природной воды и перенесите ее в мерную колбу объемом 50 мл.

2. Добавьте к аликвоте 0,2 мл (5–6 капель) концентрированной HCl (под тягой!).

3. Подготовьте стандартные растворы, прилив в мерные колбы дозатором разные объемы раствора железо-аммонийных квасцов  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  с концентрацией железа 5 мг/л (0,005 мг/мл).

4. Проведите окрашивание исследуемого и стандартных растворов по схеме (таблица 1):

– к исследуемому и стандартным растворам добавьте дозатором по 1 мл 2М раствора  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ;

– внесите дозатором по 1 мл 20% раствора сульфосалициловой кислоты;

– добавьте с помощью дозатора по 1 мл водного раствора аммиака (соотношение аммиак:вода равно 1:1);

– определите значение pH раствора, используя для этого индикаторную бумагу, значение pH раствора должно быть  $\geq 9$ ;

– если pH менее 9, то прибавьте по каплям раствор аммиака (1:1) до  $\text{pH} \geq 9$  (под тягой!);

– доведите объем раствора в колбах с исследуемым и стандартными образцами до метки дистиллированной водой;

– оставьте колбы на 5 минут для развития окраски.

5. Измерьте величину оптической плотности окрашенных стандартных растворов и исследуемого образца относительно раствора с нулевой концентрацией железа при длине волны 430 нм, используя



кюветы с толщиной поглощающего слоя 1 см. Результаты запишите в таблицу 2.

6. Постройте график зависимости величины оптической плотности от концентрации железа (мг/л) в стандартных растворах. Убедитесь, что график прямолинеен.

7. Определите по графику концентрацию железа (мг/л) в исследуемом образце.

8. Рассчитайте концентрацию железа (мг/л) в пробе природной воды по формуле:

$$C_{\text{Fe(мг/л)}} = \frac{X \cdot V_1}{V_2},$$

где  $X$  – концентрация железа, определенная по графику, мг/л;  $V_1$  – объем окрашенного раствора, приготовленного для фотометрирования (50 мл);  $V_2$  – объем аликвоты природной воды, взятой для анализа, мл.

9. Заполните таблицу 3 и оцените содержание железа в исследованной пробе воды.

Таблица 1

**Схема окрашивания стандартных и исследуемых растворов**

№ колбы	Раствор квасцов, мл $C_{\text{Fe}} = 5$ мг/л	2М раствор $\text{NH}_4\text{Cl}$ , мл	20% раствор сульфосалициловой кислоты, мл	Раствор аммиака (1:1), мл	Общий объем раствора, мл
Стандартные растворы					
1	0	1,0	1,0	1,0	50,0
2	1,0	1,0	1,0	1,0	50,0
3	2,0	1,0	1,0	1,0	50,0
4	4,0	1,0	1,0	1,0	50,0
5	6,0	1,0	1,0	1,0	50,0
Исследуемый раствор					
6	иссл. р-р 25 мл	1,0	1,0	1,0	50,0

Таблица 2

**Величины оптической плотности  
в стандартных и исследуемых растворах**

C <sub>Fe</sub> , мг/л	Стандартные растворы					Исследуемый раствор
	0	0,1	0,2	0,4	0,6	
D						

Таблица 3

**Нормативное содержание железа в природных водах  
(для неорганических соединений, общее содержание)  
\*укажите вид ПДК и единицы измерения**

Элемент	ПДК*	ЛПВ	Класс опасности
Fe			

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5

### Ионный состав вод. Определение содержания анионов в природных и сточных водах методом ионной хроматографии

Минеральный состав природных и сточных вод. Минерализация природных вод. Основные компоненты минерального состава воды, контролируемые показатели, действующие нормативы для разных видов водопользования. Источники поступления минеральных анионов в поверхностные воды. Методы определения ионного состава природных и сточных вод.

Жидкостная хроматография как метод аналитического определения. Принцип хроматографического разделения. Основные блоки жидкостного хроматографа. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Особенности хроматографического процесса в ионообменной (ионной) хроматографии, принцип разделения ионов. Применение ионной хроматографии для решения экологических задач.

#### Литература

1. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы. Эколайн, 2000. Часть 4.
2. Шаповалова Е.Н., Пирогов А.В. Хроматографические методы анализа: Метод. пособие для спец. курса. М.: МГУ. 2007. 204с. Гл. 3, 3.2.

3. Экологический мониторинг: шаг за шагом / Е.В. Веницианов и др. Под ред. Е.А. Заика. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2003. 252 с. Приложение 5.

4. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

5. Приказ Минсельхоза РФ от 13.12.2016 № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

6. ПНД Ф 14.1:2:4.132-98. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации анионов: нитрита, нитрата, хлорида, фторида, сульфата и фосфата в пробах природной, питьевой и сточной воды методом ионной хроматографии.

### Содержание работы

1. Изучение принципа работы ионного хроматографа Dionex ICS-2000.

2. Определение концентрации анионов в воде методом ионной хроматографии (ПНД Ф 14.1:2:4.132-98).

3. Оценка качества воды по показателям анионного состава.

### Ход работы

1. Ознакомьтесь с устройством и принципом работы ионного хроматографа Dionex ICS-2000.

2. Ознакомьтесь с принципом работы компьютерной программы Chromeleon.

3. Профильтруйте 6–7мл полученной у преподавателя пробы воды с помощью шприца через шприц-насадку с мембранным фильтром (размер пор 0,45 мкм). Соберите 5 мл фильтрата в пробирку для автосамплера Dionex ICS-2000 (первые 1–2мл фильтрата отбросьте). С помощью специального приспособления вставьте в пробирку адаптер и поместите ее в держатель автосамплера.

4. Запустите на компьютере рабочую программу ионного хроматографа и произведите определение концентрации **фторида, хлорида, нитрата, нитрита, сульфата** и **фосфата** в анализируемом растворе.

5. Произведите определение концентрации фторида, хлорида, нитрата, нитрита, сульфата и фосфата в **контрольном растворе** с известной концентрацией.

6. С помощью расчетного модуля программы Chromeleon получите данные о концентрации анионов в проанализированных растворах. Результаты запишите в таблицу 1.

7. Рассчитайте содержание анионов в воде (мг/дм<sup>3</sup>) по формуле:  $C_A = (C_{пр} \cdot C_k) / C_{к-изм}$ , где  $C_{пр}$  – концентрация аниона в пробе воды (мг/дм<sup>3</sup>),  $C_k$  – концентрация аниона в контрольном растворе (мг/дм<sup>3</sup>),  $C_{к-изм}$  – измеренная концентрация аниона в контрольном растворе (мг/дм<sup>3</sup>). Результаты запишите в таблицу 1.

8. Сравните полученный результат по содержанию анионов в воде с нормативными значениями для водоемов разного вида водопользования. Результат запишите в таблицу 1.

Таблица 1

**Содержание анионов в воде**

Анион	Концентрация аниона в контр. р-ре, мг/дм <sup>3</sup>	Измеренная концентрация аниона в контр. р-ре, мг/дм <sup>3</sup>	Измеренная концентрация аниона в пробе воды, мг/дм <sup>3</sup>	Содержание аниона в воде, мг/дм <sup>3</sup>	Нормативное значение (ПДК), мг/дм <sup>3</sup>		Превышение ПДК, раз (К <sub>пдк</sub> )	
					<i>в</i>	<i>вр</i>	<i>в</i>	<i>вр</i>

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6**

**Определение удельной электрической проводимости и рН в природных водах**

Ионно-солевой состав природных вод, факторы формирования, основные ионы. Влияние на состав природных вод стоков разного происхождения и состава. Показатели: минерализация, удельная электрическая проводимость; их взаимосвязь, единицы измерения. Оценка минерализации по величине удельной электрической проводимости. Гигиенические требования к минерализации питьевых вод.

Определение минерализации по сухому остатку. Кондуктометрический метод определения удельной электрической проводимости.

Показатели кислотно-основных свойств природных вод: водородный показатель (рН), кислотность, щелочность и ее виды. Влияние кислотности на химические и биологические процессы, происходящих в водоемах и водотоках. Природные и антропогенные источники кислотности и щелочности. Причины и стадии закисления водоемов. Группировка природных вод по водородному показателю. Допустимый уровень рН в водах питьевого и рыбохозяйственного назначения.

Методы определения кислотности и щелочности. Понятия активности и концентрации ионов. Потенциометрический метод определения активности ионов водорода.

### **Литература**

1. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы. Эколайн, 2000. Часть 1. Формирование химического состава природных вод. Часть 3. Общие и суммарные показатели качества вод.
2. <http://biology.krc.karelia.ru/misc/hydro/> Справочник по гидрохимии.
3. ГОСТ 18164-72 Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка.
4. РД 52.24.495-2017 Водородный показатель вод. Методика измерений потенциометрическим методом.
5. Кондуктометрический метод, потенциометрический метод (любые источники).

## **Определение удельной электрической проводимости в воде**

### **Ход работы**

1. В стеклянный стаканчик объемом 50 мл налейте пробу исследуемой воды так, чтобы высота раствора составляла примерно 2 см.
2. Откройте футляр кондуктометра, возьмите прибор, аккуратно снимите с него защитный колпачок.
3. Погрузите датчик кондуктометра в стаканчик с пробой воды.
4. Включите кондуктометр, нажав кнопку на верхней поверхности прибора.
5. Подождите 1–2 минуты для стабилизации показаний.
6. Запишите величину удельной электропроводности (мС/см).
7. Рассчитайте удельную электрическую проводимость при температуре 20°C (таблица 1).

## Определение водородного показателя (рН)

### Ход работы

1. Изучите порядок работы на рН-метре Mettler Toledo.
2. Электрод, промытый дистиллированной водой и осушенный фильтровальной бумагой, аккуратно опустите в стаканчик с исследуемой водой. Запишите величину рН.
3. Определите, к какой группе природных вод по водородному показателю относится исследуемая вода (таблица 2).

Таблица 1

### Температурная поправка $\alpha$

t°С	Десятые доли, °С									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
17	1,196	1,193	1,191	1,188	1,185	1,182	1,179	1,177	1,174	1,171
18	1,168	1,166	1,163	1,160	1,157	1,155	1,152	1,149	1,147	1,144
19	1,141	1,139	1,136	1,134	1,131	1,128	1,126	1,123	1,121	1,118
20	1,116	1,113	1,111	1,108	1,105	1,103	1,101	1,098	1,096	1,093
21	1,091	1,088	1,086	1,083	1,081	1,079	1,076	1,074	1,071	1,069
22	1,067	1,064	1,062	1,060	1,057	1,055	1,053	1,051	1,048	1,046
23	1,044	1,041	1,039	1,037	1,035	1,032	1,030	1,028	1,026	1,024
24	1,021	1,019	1,017	1,015	1,013	1,011	1,008	1,006	1,004	1,002
25	1,000	0,998	0,996	0,994	0,992	0,990	0,987	0,985	0,983	0,981

Таблица 2

### Группировка природных вод по величине рН

Группа вод	рН	Компоненты, формирующие величину рН
сильнокислые воды	< 3	гидролиз солей металлов (шахтные и рудные воды)
кислые воды	3–5	угольная кислота, специфические (гумусовые) и неспецифические органические кислоты
слабокислые воды	5–6,5	
нейтральные воды	6,5–7,5	гидрокарбонаты кальция и магния
слабощелочные воды	7,5–8,5	
щелочные воды	8,5–9,5	карбонаты и гидрокарбонаты натрия

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7

### Ионный состав вод.

#### Определение общей жесткости природной воды

Природа жесткости воды. Показатель жесткости: чем обусловлен, единицы измерения. Виды жесткости. Допустимые уровни жесткости воды при разном водопользовании.

Методы определения жесткости. Суть комплексонометрического метода. Трилон Б – формула, строение, свойства. Подготовка пробы воды: контроль величины рН, содержания карбонат- и гидрокарбонат ионов, ионов металлов.

#### Литература

1. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы. Эколайн, 2000. Часть 3. Общие и суммарные показатели качества вод.
2. <http://biology.krc.karelia.ru/misc/hydro/> Справочник по гидрохимии.
3. ГОСТ 31954-2012 Вода питьевая. Методы определения жесткости (с Поправкой).
4. ГОСТ 31865-2012 Вода. Единица жесткости.
5. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения (с изменениями на 2 апреля 2018 года).

#### Ход работы

***Оттитрованные пробы исследуемой воды  
необходимо закрывать пробками и по окончании работы  
выливать в раковину под тягой!***

1. Заполните бюретку раствором трилона Б до нулевой отметки.
2. В плоскодонную коническую колбу № 1 вместимостью 250 мл налейте цилиндром аликвоту исследуемой воды объемом 50 мл.
3. Прилейте в колбу дозатором 2 мл раствора  $\text{Na}_2\text{S}$ .
4. Добавьте из капельницы 7 капель раствора гидроксилamina ( $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ ).
5. Прилейте дозатором к полученному раствору 5 мл буферного раствора  $\text{NH}_4\text{Cl}$  с рН = 10. Слегка перемешайте раствор.

6. Добавьте на кончике лопаточки индикатор эриохромовый черный. Раствор должен окраситься в **розовый цвет**.

7. Сразу же оттитруйте содержимое колбы 0,025 М раствором трилона Б при интенсивном перемешивании до появления слабой **синей окраски**.

8. Запишите количество трилона Б (мл), которое пошло на титрование первой пробы.

9. Заполните бюретку раствором трилона Б до нулевой отметки.

10. В плоскодонную коническую колбу № 2 вместимостью 250 мл пипеткой внесите аликвоту исследуемой воды объемом 50 мл.

11. Прилейте в колбу дозатором 2 мл раствора  $\text{Na}_2\text{S}$ .

12. Добавьте из капельницы 7 капель раствора гидроксиламина ( $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ ).

13. Прилейте дозатором к полученному раствору 5 мл буферного раствора  $\text{NH}_4\text{Cl}$  с  $\text{pH} = 10$ . Слегка перемешайте раствор.

14. Добавьте на кончике лопаточки индикатор эриохромовый черный. Раствор должен окраситься в **розовый цвет**.

15. Добавьте в колбу № 2 из бюретки раствор трилона Б **на 0,5 мл меньше**, чем пошло на титрование раствора в колбе № 1.

16. Быстро и тщательно перемешайте раствор и дотитруйте его раствором трилона Б до появления **синего цвета**. Запишите результат.

17. Рассчитайте жесткость воды для каждой повторности в ммоль экв/л (соответствует градусам жесткости) по формуле:

$$^{\circ}\text{Ж} = \frac{2 \cdot C \cdot F \cdot V_1}{V_2} \cdot 1000,$$

где  $C$  – концентрация трилона Б, моль/л;  $F$  – разбавление пробы воды (в данном анализе  $F = 1$ );  $V_1$  – объем трилона Б, пошедший на титрование, мл;  $V_2$  – объем аликвоты воды, взятой для титрования, мл.

18. По результатам двух титрований рассчитайте среднее значение жесткости и определите степень жесткости воды по таблице 1.

19. Выразите результат в единицах жесткости разных стран (таблица 2).



## Градация вод по степени жесткости

Вода	Жесткость, ммоль (+)/л = °Ж
очень мягкая	менее 1,5
мягкая	1,5–4
средне-жесткая	4–8
жесткая	8–12
очень жесткая	более 12

## Национальные единицы жесткости воды

Страна	Единица жесткости	Расчет
Россия	°Ж	20,04 мг Ca <sup>2+</sup> или 12,15 Mg <sup>2+</sup> в 1 дм <sup>3</sup> воды
Германия	° DH	10 мг СаО в 1 дм <sup>3</sup> воды
Великобритания	° Clark	10 мг СаСО <sub>3</sub> в 0,7 дм <sup>3</sup> воды
Франция	° F	10 мг СаСО <sub>3</sub> в 1 дм <sup>3</sup> воды
США	ppm	мг СаСО <sub>3</sub> в 1 дм <sup>3</sup> воды

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8****Оценка качества водоподготовки.****Определение суммарного остаточного активного хлора**

Природные источники соединений хлора в воде. Использование свободного хлора для дезинфекции и в промышленном производстве. Растворение свободного хлора в воде, продукты растворения. Понятия: активный хлор, свободный остаточный хлор, связанный остаточный хлор, суммарный остаточный хлор. Нормативы содержания соединений хлора в питьевых и сточных водах, лимитирующий показатель вредности.

Методика йодометрического определения форм соединений хлора в воде.

**Литература**

1. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы. Эколайн, 2000.

Часть 3 (общие и суммарные показатели качества вод), часть 4 (неорганические вещества в водных системах).

2. <http://biology.krc.karelia.ru/misc/hydro/> Справочник по гидрохимии.

3. ГОСТ 18190-72. Вода питьевая. Методы определения содержания остаточного активного хлора.

4. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения (с изменениями на 2 апреля 2018 года).

## **Ход работы**

### **Определение суммарного остаточного активного хлора**

1. Возьмите на кальку на технических весах навеску йодида калия массой 0,5 г (с точностью до сотых).

2. Аккуратно перенесите навеску йодида калия в коническую плоскодонную колбу объемом 250 мл.

3. Растворите навеску в небольшом количестве (1–2 мл) дистиллированной воды.

4. Добавьте с помощью дозатора 10 мл буферного раствора с  $\text{pH} = 4,5$ .

5. Прилейте в колбу цилиндром 50 мл исследуемой воды.

6. Сразу закройте колбу пробкой, аккуратно перемешайте ее содержимое круговыми движениями и поставьте колбу в темное холодное место на 10 минут.

7. Оттитруйте выделившийся йод 0,005н раствором тиосульфата натрия ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) до слабо-желтой окраски (первый этап титрования).

8. Запишите количество тиосульфата (мл), пошедшее на первый этап титрования

9. Добавьте к раствору, недотитрованному на первом этапе титрования, 10 капель 0,5% раствора крахмала (0,5%). Проба окрасится в синий цвет (второй этап).

10. Продолжите титрование тем же раствором тиосульфата до исчезновения синей окраски от 1 капли.

11. Запишите количество тиосульфата (мл), пошедшее на второй этап титрования.

12. Рассчитайте содержание суммарного остаточного активного хлора в мг/л:

$$\langle [\text{хлор}_{\text{ суммарный}}] \rangle = \frac{V_1 \cdot N \cdot 35,5 \cdot 1000}{V_2},$$

где  $V_1$  – объем тиосульфата, пошедший на оба этапа титрования, мл;  $N$  – нормальность раствора тиосульфата, моль экв/л; 35,5 – масса эквивалента хлора в мг; 1000 – пересчет объема из мл в литры;  $V_2$  – общий объем пробы, взятой для анализа, мл.

### **Определение свободного остаточного активного хлора**

1. Подготовьте бюретку с раствором метилового оранжевого для титрования.

2. В плоскодонную коническую колбу налейте цилиндром 25 мл исследуемой воды.

3. Добавьте 5 капель 5н раствора HCl и, перемешивая, быстро оттитруйте раствором метилового оранжевого до появления не исчезающей розовой окраски.

4. Запишите объем (мл) метилового оранжевого, пошедшего на титрование.

5. Рассчитайте содержание свободного остаточного активного хлора (мг/л):

$$\langle [\text{хлор}_{\text{ свободный}}] \rangle = \frac{0,04 + (V_1 \cdot 0,0217) \cdot 1000}{V_2},$$

где 0,04 – эмпирический коэффициент;  $V_1$  – объем метилового оранжевого, пошедший на титрование пробы, мл; 0,0217 – количество хлора в мг, которое может окислить 1 мл 0,005% раствора метилового оранжевого;  $V_2$  – объем пробы, взятой для титрования, мл.

### **Определение содержания связанного остаточного активного хлора**

Содержание связанного остаточного активного хлора (мг/л) находят по разности между формами хлора, определенными двумя предыдущими методами:

$$\langle [\text{хлор}_{\text{ связанный}}] \rangle = \langle [\text{хлор}_{\text{ суммарный}}] \rangle - \langle [\text{хлор}_{\text{ свободный}}] \rangle.$$

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9**

### **Показатели качества вод.**

#### **Определение растворенного кислорода электрохимическим методом и химического потребления кислорода**

Влияние уровня содержания растворенного кислорода ( $O_2$ ) на экологическое состояние водотоков и водоемов. Процессы, увеличивающие и уменьшающие содержание растворенного кислорода в природных водах. Единицы измерения растворенного кислорода. Уровни загрязненности и класс качества воды по насыщенности растворенным кислородом. Методы определения растворенного кислорода в природных водах.

Показатели химического потребления кислорода (ХПК) и биологического потребления кислорода (БПК): суть, виды, единицы измерения. Компоненты, содержание которых в водах отражают показатели ХПК и БПК. Влияние на величины ХПК и БПК физико-географических и антропогенных факторов. Нормирование показателей ХПК и БПК для разных видов водопользования. Методика определения бихроматной окисляемости с фотометрическим окончанием. Определение БПК: сущность метода, контролируемый показатель.

Электрохимический метод, оксиметры. Основы спектрофотометрии.

#### **Литература**

1. Экологический мониторинг: шаг за шагом / Е.В. Веницианов и др., Под ред. Е.А. Заика. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2003. – 252 с. Приложение 5.
2. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы. Эколайн, 2000. Часть 3. Общие и суммарные показатели качества вод.
3. <http://biology.krc.karelia.ru/misc/hydro/> Справочник по гидрохимии.
4. ГОСТ 31859-2012. Вода. Метод определения химического потребления кислорода.
5. ПНД Ф 14.1;2;3;4.123-97 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после п-дней инкубации.
6. Электрохимический метод, спектрофотометрический метод (любой источник).

## Определение растворенного кислорода электрохимическим методом

### Ход работы

1. Определите с преподавателем, в каких пробах воды будете измерять растворенный кислород.

2. В стеклянный стаканчик объемом 100 мл налейте 40–50 мл исследуемой пробы воды. Погрузите в стаканчик магнит и поставьте его на магнитную мешалку. Включите мешалку тумблером на передней панели.

3. Погрузите в стаканчик оксиметр, держа прибор строго вертикально. Убедитесь, что термосенсор погружен в воду.

4. Нажмите кнопку **ON/OFF** на передней панели прибора.

5. Подождите, пока установится термическое равновесие (примерно 2 минуты). На дисплее погаснет надпись «COND», прибор готов к измерению.

6. Используя кнопку **RANGE** выберите единицы измерения  $O_2$  (ppm или %). Выберите **ppm** и нажмите кнопку **HOLD** для фиксации измеряемого значения.

7. Запишите измеренное значение концентрации растворенного кислорода ( $O_2$  в ppm).

8. Повторите пункты 2–7 для измерения растворенного кислорода в других пробах.

9. Заполните таблицу 1, выразив концентрацию растворенного кислорода в разных единицах измерения.

10. Рассчитайте степень насыщения исследуемой воды кислородом:

$$M = \frac{a \cdot 101308 \cdot 100}{N \cdot P},$$

где  $M$  – степень насыщения воды кислородом, %;  $a$  – концентрация кислорода, мг/дм<sup>3</sup>;  $P$  – атмосферное давление в данной местности, Па;  $N$  – нормальная концентрация кислорода при данной температуре и общем давлении 101308 Па (таблица 2).

11. Оцените уровень загрязненности и класс качества исследуемой воды (таблица 3).

Таблица 1

### Результаты измерений

№ пробы	Источник воды	Содержание растворенного кислорода (O <sub>2</sub> )				Степень насыщения пробы кислородом
		ppm	%	мг/л	мг/дм <sup>3</sup>	

Таблица 2

### Концентрация кислорода в пресной воде при разной температуре (атм. давление 101308 Па, парциальное давление O<sub>2</sub> P= 0,21)

t °C	C <sub>O<sub>2</sub></sub> , мг/л	t °C	C <sub>O<sub>2</sub></sub> , мг/л	t °C	C <sub>O<sub>2</sub></sub> , мг/л	t °C	C <sub>O<sub>2</sub></sub> , мг/л
16	9,8	19	9,2	22	8,7	25	8,2
17	9,6	20	9,0	23	8,5	26	8,0
18	9,4	21	8,8	24	8,3	27	7,9

Таблица 3

### Классы воды по содержанию растворенного кислорода

Класс качества	Уровень загрязненности	Содержание растворенного кислорода		
		лето, мг/дм <sup>3</sup>	зима, мг/дм <sup>3</sup>	степень насыщения, %
I	очень чистые	9	14–13	95
II	чистые	8	12–11	80
III	умеренно загрязненные	7–6	10–9	70
IV	загрязненные	5–4	5–4	60
V	грязные	3–2	5–1	30
VI	очень грязные	0	0	0

### Определение ХПК (бихроматная окисляемость)

#### Ход работы

1. Приготовление реагента для заполнения реакционных сосудов при измерении значений ХПК (диапазоне 10–160 мгО/дм<sup>3</sup>). В реакционный сосуд дозатором внести:

- 0,5 мл раствора бихромата калия ( $C = 0,1$  моль/л);
  - 2,5 см раствора сульфата серебра в серной кислоте ( $C = 4$  моль/л) – катализатор окисления;
  - 0,2 см раствора сульфата ртути (II) в серной кислоте ( $C = 4$  моль/л) – для снижения влияния хлоридов;
  - смесь осторожно перемешать вращательными движениями, закрыть сосуд крышкой;
  - реакционные сосуды, заполненные реагентом, хранить в светонепроницаемой таре в защищенном от света месте при температуре от  $2^{\circ}\text{C}$  до  $8^{\circ}\text{C}$ .
2. Градуировочные растворы готовят из ГСО для ХПК.
  3. Включите ХПК-реактор тумблером на задней панели прибора и разогрейте его до температуры  $150^{\circ}\text{C}$ .
  4. Снимите крышку с реакционного сосуда, заполненного реагентом для определения ХПК в диапазоне от 10 до  $160 \text{ мгО/дм}^3$ .
  5. Наклоните сосуд с реагентом на  $45$ -градусов так, чтобы его горло смотрело в сторону от лица и дозатором прилейте  $1$ – $2$  мл анализируемой пробы воды (точный объем спросите у преподавателя).
  6. Плотно закройте крышку реакционного сосуда.
  7. Аккуратно держа сосуд за крышку, промойте его поверхность дистиллированной водой из промывалки и протрите фильтровальной бумагой.
  8. Переверните сосуд  $3$  раза для тщательного перемешивания компонентов в ампуле.

**ОСТОРОЖНО!**

**При перемешивании происходит сильный  
разогрев содержимого ампулы!**

9. Подготовьте холостой раствор, повторив пункты  $6$ – $10$ , заменив анализируемую пробу дистиллированной водой.
10. Поместите сосуды с образцом и холостым раствором в ХПК реактор на  $1,5$  часа (поворотом таймера на передней панели прибора).
11. Через  $1,5$  часа выключите реактор. Подождите  $20$  минут, чтобы сосуды остыли.

12. Переверните каждую ампулу, как описано в пункте 10, и дайте остыть до комнатной температуры.

13. На спектрофотометре определите оптическую плотность стандартных и исследуемых растворов при длине волны 440 нм. Результаты запишите в таблицу 4.

14. Постройте на компьютере график зависимости оптической плотности  $D$  от величины ХПК (мгО/л) в стандартных растворах. Значения ХПК в стандартных растворах узнайте у преподавателя.

15. Определите значения ХПК в исследуемых растворах. Результаты запишите в таблицу 5.

*Таблица 4*

**Значения ХПК в стандартных растворах**

Стандартные растворы		
№	ХПК, мгО/л	D
1		
2		
3		
4		
5		
6		

*Таблица 5*

**Значения ХПК в исследуемых пробах воды**

Исследуемые растворы		
	ХПК, мгО/л	D
проба воды		
холостой		

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 10**

### **Мониторинг состояния водоемов.**

#### **Определение окислительно-восстановительного потенциала в воде и донных отложениях**

Донные отложения: состав и факторы его формирования, влияние на свойства природных вод. Роль донных отложений в процессах самоочищения водоемов и водотоков.

Окислительно-восстановительный потенциал (Eh): какие процессы в донных отложениях и воде отражает, единицы измерения.



Потенциалопределяющие системы. Классификация геохимической обстановки в природных водах по величине Eh.

Потенциометрическое определение окислительно-восстановительного потенциала: приборы, электроды. Уравнение Нернста. Подготовка электродов к работе.

#### **Литература**

1. Орлов Д.С. Химия почв. М.: Изд-во МГУ, 1992, с. 332–343, 353–355.
2. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы. Эколайн, 2000. Часть 3. Общие и суммарные показатели качества вод.
3. <http://biology.krc.karelia.ru/misc/hydro/> Справочник по гидрохимии.
4. ГОСТ 17.1.5.01-80 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность.
5. Потенциометрия (любой источник).

#### **Ход работы**

1. Проверка правильности работы платинового электрода:
  - изучите порядок измерения э.д.с. (мВ) на приборе HANNA 211;
  - обмойте индикаторный электрод и хлорсеребряный электрод сравнения дистиллированной водой, осушите их фильтровальной бумагой и погрузите в специальный раствор для проверки RED-OX электродов и измерьте величину ОВП. поверочного раствора;
  - заполните таблицу 1 и оцените пригодность изготовленного элемента для измерения ОВП природных объектов (правильное значение ОВП поверочного раствора узнайте у преподавателя);
2. Измерение ОВП в пробе природной воды:
  - обмойте электроды дистиллированной водой и осушите их фильтровальной бумагой;
  - поместите индикаторный электрод и электрод сравнения в стакан с пробой природной воды, строго через 2 минуты запишите в таблицу 2 значение э.д.с.;
  - рассчитайте значение ОВП в пробе природной воды;
3. Измерение ОВП в донных отложениях:
  - обмойте индикаторный электрод и электрод сравнения дистиллированной водой осушите фильтровальной бумагой и помести-

те их в стакан с пробой донных отложений, строго через 2 минуты запишите в таблицу 2 значение э.д.с.;

– выньте электроды из стакана с пробой, повторите измерения в двух других точках стакана (*не забывайте перед каждым измерением обмывать электроды дистиллированной водой и вытирать их фильтровальной бумагой*), запишите результаты в таблицу 2;

– рассчитайте и запишите в таблицу 1 среднее значение э.д.с. для исследуемой пробы;

– по среднему значению э.д.с. рассчитайте значение ОВП донных отложений, запишите результат в таблицу 2;

4. Определите тип геохимической обстановки в пробе природной воды (таблица 3).

5. Какие факторы обусловили разницу в величинах ОВП исследуемых проб природной воды и донных отложений?

Таблица 1

**Проверка правильности работы платинового электрода**

э.д.с., мВ	$E_{изм}$ , мВ	$E_{пов}$ , мВ	$\Delta$

Таблица 2

**Результаты определения ОВП природных вод и донных отложений**

Объект	э.д.с., мВ		Eh, мВ
проба воды			
донные отложения		среднее	

Таблица 3

**Типы геохимической обстановки в природных водах  
(по величине ОВП)**

Тип	Eh, мВ	Особенности геохимической обстановки
окислительный	+(100–150)	присутствие свободного кислорода и элементов в высшей форме валентности ( $Fe^{3+}$ , $Mo^{6+}$ , $As^{5-}$ , $V^{5+}$ , $U^{6+}$ , $Sr^{2+}$ , $Cu^{2+}$ , $Pb^{4+}$ и др.)

Тип	Eh, мв	Особенности геохимической обстановки
переходный окислительно-восстановительный	+ (100–0)	неустойчивый геохимический режим, переменное содержание сероводорода и кислорода; протекает как слабое окисление, так и слабое восстановление целого ряда металлов
восстановительный	< 0	в подземных водах присутствуют металлы низких степеней валентности ( $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Mn}^{2+}$ , $\text{Mo}^{4+}$ , $\text{V}^{4+}$ , $\text{U}^{4+}$ ), а также сероводород

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 11**

### **Оценка качества очистки сточных вод. Определение содержания этиленгликоля в воде газохроматографическим методом**

Основные группы органических соединений, загрязняющих природные воды, действующие нормативы. Источники поступления органических поллютантов в водные объекты. Отбор, стабилизация и хранение проб природной и сточной воды. Методы экстракции, концентрирования и очистки водных проб.

Газовая хроматография. Основные блоки газового хроматографа. Типы колонок и детекторов, используемых в газовой хроматографии. Капиллярная газо-жидкостная хроматография. Возможности применения газовой хроматографии при анализе объектов окружающей среды.

#### **Литература**

1. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы. Эколайн, 2000. Часть 5.
2. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: Бином. 2004. 323 с. Гл. 5.2, 6.1–6.5.
3. Шаповалова Е.Н., Пирогов А.В. Хроматографические методы анализа: Метод. пособие для спец. курса. М.: МГУ. 2007. 204 с. Гл. 2, 2.2, 2.3.
4. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб.
5. М-МВИ-161-05. Методика выполнения измерений массовой концентрации этиленгликоля в природных и очищенных сточных водах методом газовой хроматографии.

## Содержание работы

1. Изучение принципа работы газового хроматографа Agilent 6890.
2. Определение концентрации этиленгликоля в воде методом капиллярной газо-жидкостной хроматографии (М-МВИ-161-05).
3. Оценка качества очистки сточных вод по концентрации этиленгликоля.

### Ход работы

1. Ознакомьтесь с устройством и принципом работы газового хроматографа Agilent 6890.

2. Ознакомьтесь с принципом работы компьютерной программы ChemStation.

3. Профильтруйте 3–5 мл полученной у преподавателя пробы очищенной сточной воды с помощью шприца через шприц-насадку с мембранным фильтром (размер пор 0,45 мкм), первые 1–2 мл фильтра отбросьте.

4. По 0,5 мл профильтрованной пробы с помощью автоматического пипет-дозатора перенесите в два хроматографических флакона. В один из флаконов с помощью автоматического пипет-дозатора внесите 0,5 мл дистиллированной воды (рабочая проба), во второй – 0,5 мл стандартного раствора с известной концентрацией этиленгликоля в воде (проба с добавкой).

5. Флаконы закройте алюминиевыми струбцинами с тефлоновыми прокладками при помощи обжимного устройства. Готовые флаконы поместите в турель Agilent 6890.

6. Запустите на компьютере рабочую программу газового хроматографа и произведите определение содержания этиленгликоля в анализируемых пробах.

7. С помощью расчетного модуля программы ChemStation получите данные о площади под пиками этиленгликоля в рабочей пробе и в пробе с добавкой. Результаты запишите в таблицу 1.

8. Рассчитайте содержание этиленгликоля в воде ( $\text{мг/дм}^3$ ) по формуле:  $C_{ЭГ} = (S_p \cdot C_d) / (S_d - S_p)$ , где  $C_d$  – концентрация этиленгликоля в стандартном растворе ( $\text{мг/дм}^3$ );  $S_p$  – площадь под хроматографическим пиком этиленгликоля в рабочей пробе;  $S_d$  – площадь под хроматографическим пиком этиленгликоля в пробе с добавкой.

Результат запишите в таблицу 1.

9. Оцените качество очистки сточных вод (*удовлетворительное/неудовлетворительное*) от этиленгликоля для водоемов разного вида водопользования при известной величине ПДС.

Для расчетов использовать уравнение материального баланса  $q \cdot C_{ст} + Q \cdot C_{ф} = C_{ПДК} \cdot (q + a \cdot Q)$ , где  $q$  и  $Q$  – соответственно расходы сточных и речных вод ( $м^3/ч$ ),  $C_{ст}$  и  $C_{ф}$  – соответственно концентрации загрязняющего вещества в очищенной сточной воде и в реке выше места сброса ( $г/м^3$ ),  $C_{ПДК}$  – ПДК загрязняющего вещества в воде в зависимости от вида водопользования ( $мг/дм^3$ ),  $a$  – коэффициент смешения в контрольном створе в долях единицы. Величины ПДС (т/сут),  $Q$ ,  $C_{ф}$  и  $a$  получите у преподавателя. Результат записать в таблицу 2.

Таблица 1

Содержание этиленгликоля в очищенной сточной воде

Концентрация ЭГ в стандартном растворе, $мг/дм^3$	Площадь под пиком ЭГ в пробе с добавкой $S_d$	Площадь под пиком ЭГ в рабочей пробе $S_p$	Содержание ЭГ в воде, $мг/дм^3$

Таблица 2

Качество очистки сточных вод от этиленгликоля

ПДС по ЭГ т/сут	$q$ , $м^3/ч$	$Q$ , $м^3/ч$	$C_{ст2}$ , $г/м^3$	$C_{ф2}$ , $г/м^3$	а	$C_{ПДК}$ , $мг/дм^3$		Качество очистки сточных вод	
						в	вр	для хоз.	для рыб. хоз.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 12

### Оценка загрязненности поверхностных вод нефтепродуктами газохроматографическим методом

Источники поступления нефти и нефтепродуктов в поверхностные и подземные воды. Основные типы нефтепродуктов, загрязняющих окружающую среду, их влияние на природные воды. Углеводородный состав нефтей и нефтепродуктов. Методы определения

содержания нефтепродуктов. Методы пробоотбора и пробоподготовки при анализе воды.

Газовая хроматография. Основные блоки газового хроматографа. Типы колонок и детекторов, используемых в газовой хроматографии. Капиллярная газо-жидкостная хроматография.

#### Литература

1. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы. Эколайн, 2000. Часть 5.
2. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: Бином. 2004. 323 с. Гл. 5.2, 6.1–6.5.
3. Мотузова Г.В., Карпова Е.А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. М.: МГУ. 2013. 304 с. Гл. 9.2, 9.3, 9.4.
4. Шаповалова Е.Н., Пирогов А.В. Хроматографические методы анализа: Метод. пособие для спец. курса. М.: МГУ. 2007. 204 с. Гл. 2, 2.2, 2.3.
5. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб.
6. ГОСТ 31953-2012. Вода. Определение нефтепродуктов методом газовой хроматографии.

#### Содержание работы

1. Изучение принципа работы газового хроматографа Agilent 6890.
2. Экстракция нефтепродуктов из воды.
3. Определение содержания нефтепродуктов в воде методом капиллярной газо-жидкостной хроматографии.
4. Оценка загрязненности воды нефтепродуктами.

#### Ход работы

1. Ознакомьтесь с устройством и принципом работы газового хроматографа Agilent 6890.
2. Ознакомьтесь с принципом работы компьютерной программы ChemStation.
3. Получите у преподавателя 250-350 мл пробы воды в емкости с мерными делениями. Зафиксируйте и запишите в **таблицу 1** объем полученной пробы воды.
4. В емкость с пробой воды добавьте по каплям около 0,5 мл разбавленной 1:1 серной кислоты до  $\text{pH} \leq 2$ . pH контролировать по индикаторной бумаге (*не опускать индикаторную бумагу в емкость с водой!*).

5. Перелейте подготовленную воду в делительную воронку. С помощью мерной пробирки налейте в емкость 4–6 мл *n*-гексана, тщательно ополосните емкость и вылейте гексан в делительную воронку.

6. Интенсивно встряхивайте делительную воронку в течение 5–10 минут, периодически вынимая пробку для сброса паровой фазы. После этого поместите делительную воронку в кольцо штатива и дождитесь полного разделения водной и органической фаз.

7. Выньте пробку (!) из делительной воронки и, открыв нижний кран, слейте водную фазу. **Скорость слива не должна быть высокой!** Водную фазу отбросьте. Слейте из делительной воронки гексановый экстракт в мерную пробирку с притертой стеклянной пробкой. **Постарайтесь, чтобы в гексан не попала вода!**

8. С помощью стеклянного дозатора перенесите из пробирки в хроматографический флакон 1,0–1,5 мл экстракта. Флакон закройте алюминиевой струбиной с тефлоновой прокладкой при помощи обжимного устройства. Готовый флакон поместите в турель хроматографа Agilent 6890.

9. Запустите на компьютере рабочую программу газового хроматографа и произведите хроматографический анализ пробы нефтепродуктов из почвы. С помощью расчетного модуля программы ChemStation получите данные о суммарной площади под пиками углеводородов. Результаты запишите в таблицу 1.

10. Рассчитайте содержание нефтепродуктов в воде ( $\text{мг/дм}^3$ ) по формуле:  $S_{\text{НП}} = (S_{\text{НП}} \cdot V_3) / (R_{\text{НП}} \cdot V_{\text{п}})$ , где  $S_{\text{НП}}$  – суммарная площадь под пиками углеводородов,  $R_{\text{НП}}$  – пересчетный коэффициент для концентрации ( $\text{мкг/мл}$ ) нефтепродуктов в пробе, полученный после построения градуировки,  $V_3$  – объем добавленного экстрагента (мл),  $V_{\text{п}}$  – объем пробы воды (мл). Результаты запишите в таблицу 1.

11. Сравните полученный результат по содержанию нефтепродуктов в воде с нормативными значениями для водоемов разного вида водопользования. Результат запишите в таблицу 1.

Таблица 1

### Содержание нефтепродуктов в воде

Объем пробы воды, мл	Объем экстрагента, мл	Площадь под пиками УВ, $S_{\text{НП}}$	Пересчетный коэффициент $R_{\text{НП}}$	Содержание НП в воде, $\text{мг/дм}^3$	Нормативное значение (ПДК), $\text{мг/дм}^3$		Превышение ПДК, раз ( $K_{\text{ПДК}}$ )	
					<i>в</i>	<i>вр</i>	<i>в</i>	<i>вр</i>

# Тема «Экологический мониторинг и оценка состояния почв»

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 13

### Определение актуальной и гидролитической кислотности почв

Роль почвенной кислотности в трансформации, миграции и аккумуляции загрязняющих веществ. Естественные и антропогенные факторы подкисления почв. Экологические последствия антропогенного подкисления почв. Способы мелиорации кислых почв.

Формы почвенной кислотности: актуальная и потенциальная (обменная и гидролитическая). Показатели, источники, методы определения. Стандартные (по ГОСТ) методы определения актуальной и гидролитической кислотности.

Потенциометрия: уравнение Нернста; электроды, их устройство, назначение, свойства. Устройство стеклянного электрода, обратимого к протонам. Проверка правильности работы стеклянного электрода.

#### Литература

1. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв. М.: 2007, стр. 66–70, 114–118.
2. Соколова Т.А., Толпешта И.И., Трофимов С.Я. Почвенная кислотность. Кислотно-основная буферность почв. Соединения алюминия в твердой фазе почвы и в почвенном растворе. Тула, Изд-во Гриф и К, 2007, с.5–28, 30–34.
3. Физико-химические методы исследования почв / Под ред. Н.Г. Зырина. М.: Изд-во МГУ, 1980, с. 9–19, 33–35, 38–53 или Трофимов С.Я., Горшкова Е.И., Салпагарова И.А. Ионный обмен и адсорбция в почвах. М.: Изд-во КДУ, 2008, с. 52–68.
4. ГОСТ 26212-91 Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО.

#### Содержание работы

1. Проверка правильности настройки рН-метра.
2. Определение величины актуальной кислотности в водной суспензии.
3. Оценка гидролитической кислотности почв (расчет по величине рН 1 М  $\text{CH}_3\text{COONa}$ -суспензии, таблица 1).

#### Ход работы

1. Проверка правильности работы  $\text{H}^+$ -селективного электрода:
  - индикаторный электрод и электрод сравнения, обмытые дистиллированной водой и осушенные фильтровальной бумагой, по-



грузите в первый буферный раствор с наименьшей величиной рН. Измерьте значение э.д.с. составленной таким образом потенциометрической ячейки. Запишите результат измерения в таблицу 2;

– повторите измерения э.д.с. еще двух буферных растворов с разными значениями рН. Запишите результаты измерений в таблицу 2;

***Перед каждым измерением необходимо обмывать электроды дистиллированной водой и осушать их фильтровальной бумагой***

– постройте график зависимости э.д.с. от рН буферных растворов;

– убедитесь, что полученный график соответствует уравнению Нернста, и  $H^+$ - селективный электрод пригоден для работы.

2. Возьмите на технических весах (с точностью до второго знака) две навески по 10 г из образца почвы, полученного у преподавателя. Аккуратно перенесите навески в круглые плоскодонные колбы вместимостью 50 мл. Колбы подпишите.

3. Для определения гидролитической кислотности в колбу № 1 прилейте цилиндром 25 мл 1М раствора уксуснокислого натрия с рН 8,2. Закройте колбу пробкой и поставьте на ротатор на 30 минут.

4. Для определения актуальной кислотности в колбу № 2 прилейте цилиндром 25 мл дистиллированной воды без  $CO_2$ , закройте пробкой и поставьте на ротатор на 10 минут.

5. По истечении положенного времени снимите колбу с солевой и водной суспензиями с ротатора и дайте отстояться 15 минут.

6. Перелейте (не взбалтывая!) надосадочную жидкость из колб в стеклянные стаканчики объемом 50 мл (не забудьте подписать стаканчики).

7. Измерьте величины рН в надосадочной жидкости почвенных суспензий. Запишите полученные значения в таблицу 3.

8. Рассчитайте активность ионов водорода в водной суспензии. Укажите единицы измерения активности.

9. По величине рН  $CH_3COONa$ -суспензии определите величину гидролитической кислотности в ммоль (+)/100 г (таблица 1).

10. Оцените кислотность исследуемой почвы.

Таблица 1

**Расчет общей потенциальной (гидролитической) кислотности  
по значениям рН 1 М  $\text{CH}_3\text{COONa}$ -суспензий**

рН суспензий	Общая потенциальная кислотность, ммоль экв/100 г.									
	сотые доли рН суспензий									
	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
6,0	17,30	16,90	16,60	16,20	15,80	15,50	15,20	14,90	14,50	14,20
6,1	13,90	13,60	13,30	13,10	12,80	12,50	12,20	12,00	11,70	11,50
6,2	11,20	11,00	10,80	10,50	10,30	10,10	9,84	9,64	9,44	9,23
6,3	9,04	8,83	8,65	8,45	8,28	8,11	7,92	7,76	7,59	7,41
6,4	7,28	7,11	6,97	6,81	6,69	6,53	6,38	6,25	6,11	5,98
6,5	5,85	5,73	5,61	5,48	5,37	5,25	5,14	5,03	4,92	4,88
6,6	4,71	4,61	4,52	4,42	4,32	4,23	4,14	4,05	3,96	3,82
6,7	3,79	3,71	3,63	3,56	3,48	3,40	3,33	3,26	3,19	3,13
6,8	3,05	2,99	2,92	2,86	2,80	2,74	2,68	2,62	2,57	2,52
6,9	2,46	2,41	2,35	2,31	2,25	2,21	2,16	2,11	2,07	2,02
7,0	1,98	1,94	1,90	1,86	1,82	1,78	1,74	1,70	1,67	1,63
7,1	1,60	1,56	1,53	1,50	1,46	1,43	1,40	1,37	1,34	1,31
7,2	1,28	1,26	1,23	1,20	1,18	1,15	1,13	1,10	1,08	1,06
7,3	1,03	1,01	0,99	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,85
7,4	0,83	0,81	0,80	0,78	0,76	0,75	0,73	0,72	0,70	0,68
7,5	0,67	0,66	0,64	0,63	0,61	0,60	0,59	0,58	0,56	0,55
7,6	0,54	0,53	0,52	0,51	0,49	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44
7,7	0,43	0,43	0,42	0,41	0,40	0,39	0,38	0,37	0,37	0,36
7,8	0,35	0,34	0,33	0,33	0,32	0,31	0,31	0,30	0,29	0,29
7,9	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23
8,0	менее 0,23									

Таблица 2

**Проверка правильности работы  $\text{H}^+$ -селективного электрода**

рН буферных растворов	э.д.с., мВ	мВ/рН

Таблица 3

**Величины кислотности исследуемой почвы**

Почва №		
№ колбы	форма кислотности	рН
1		
2		

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 14**

### **Кислотно-основная буферность почвы как показатель устойчивости природных систем к воздействию кислых осадков**

Кислотно-основная буферность почв и ее роль в поддержании экологического равновесия в ландшафте. Графическое представление результатов потенциметрического титрования. Показатели кислотно-основной буферности. Концепция буферных зон. Основные буферные реакции при взаимодействии почвы с кислотами и основаниями.

Потенциметрическое титрование как основной метод определения кислотно-основной буферности почв. Равновесное и непрерывное титрование.

Потенциометрия: уравнение Нернста; электроды, их устройство, назначение, свойства. Устройство стеклянного электрода, обратимого к протонам. Проверка правильности работы стеклянного электрода.

#### **Литература**

1. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М. Высшая школа, 2002, стр. 116–122.
2. Соколова Т.А., Толпешта И.И., Трофимов С.Я. Почвенная кислотность. Кислотно-основная буферность почв. Соединения алюминия в твердой фазе почвы и в почвенном растворе. М., 2007, стр.35–50.

#### **Содержание работы**

1. Равновесное потенциметрическое титрование почвенных суспензий кислотой, измерение величин рН.
2. Построение кривой буферности образца почвы по отношению к кислоте.
3. Оценка показателей буферности почвы по отношению к кислоте .

#### **Ход работы**

1. На технических весах (с точностью до сотых) возьмите 4 навески по 10 г почвы, полученной у преподавателя.
2. Аккуратно перенесите навески почвы в круглые плоскодонные колбы вместимостью 50 мл.
3. Используя бюретки прилейте в каждую колбу с почвой соответствующее (таблица 1, столбцы **б**, **в**) количество дистиллированной воды без  $\text{CO}_2$  и 0,1 М раствора  $\text{HCl}$ . **Общий объем раствора в каждой колбе должен составлять 25 мл.**

4. Колбы закройте пробками и поставьте на ротатор на 45 минут.
5. Постройте кривую буферности кварцевого песка по данным таблицы 1 (столбец *з*). Правила построения кривой буферности:
  - ось абсцисс – объем (мл) добавленной кислоты **в порядке возрастания влево от оси ординат**, ось ординат – величины рН;
  - масштаб: 1 см – 1 единица рН, 1 см – 2 мл раствора кислоты.
6. Снимите колбы с ротатора. Дайте суспензиям отстояться (во время оседания крупных частиц почвы может заметно изменяться потенциал стеклянного электрода).
7. Надосадочную жидкость (не взбалтывая!) из каждой колбы аккуратно слейте в стаканчики объемом 50 мл, в которых будете проводить измерения рН.
8. **Потенциометр готов к работе!** При необходимости (по указанию преподавателя) проверьте калибровку рН-метра по буферным растворам с известными значениями рН.
9. Измерьте величины рН почвенных суспензий, результаты занесите в таблицу 1 (столбец *д*).
10. На построенный вами график кривой буферности песка нанесите кривую буферности почвенного образца по измеренным значениям рН (таблица 1. столбец *д*).
11. Сравните кривые буферности песка и исследуемой почвы. Какая кривая свидетельствует о большей буферности и почему?
12. Рассчитайте буферные характеристики исследуемой почвы (таблица 2). Величину интервалов значений рН и их количество согласуйте с преподавателем.
13. По полученным данным (таблица 2) постройте график зависимости интенсивности буферности от рН в виде гистограммы.
14. Определите буферные зоны. Дайте характеристику механизмов связывания ионов водорода в выявленных буферных зонах.

*Таблица 1*

**Величины рН суспензий кварцевого песка и образца почвы**

№ колбы	Добавлено (мл)		рН суспензии	
	H <sub>2</sub> O без CO <sub>2</sub>	0,1н HCl	кварцевый песок	образец почвы
<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>з</i>	<i>д</i>
1	25	0	6,13	
2	22	3	2,23	
3	19	6	1,86	
4	13	12	1,41	

**Буферные характеристики исследуемой почвы**

Образец №		рН начальной точки титрования (НТТ) =		
№	Интервалы значений рН	Количество добавленной кислоты, мл	Буферность к кислоте	
			ммоль (+)/кг	%
1				
2				
3				
			Σ	Σ

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 15**

**Мониторинг плодородия почв.  
Оценка обеспеченности почв калием**

Государственный мониторинг земель: цель, задачи объекты. Агрохимический мониторинг. Организация агрохимической службы в России. Основные направления агрохимического обслуживания. Изменение задач агрохимического мониторинга в связи с ростом химического загрязнения окружающей среды.

Калий как важнейший элемент питания растений. Содержание и источники калия в почвах. Формы соединений калия в почвах. Биогеохимический цикл калия и его нарушение при сельскохозяйственном использовании земель. Модель калийного состояния почв. Оценка обеспеченности почв калием. Оценка эффективного плодородия почв по содержанию обменного калия.

Методики определения обменного калия в почвах разных типов. Принципы выбора реагентов для экстрагирования подвижных соединений калия из почв.

**Литература**

1. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв. М: Гаудеамус. 2007, с. 136–139.
2. Соколова Т. А. Калийное состояние почв, методы его оценки и пути оптимизации. М: МГУ. 1987, с. 3–16.
3. Земельный кодекс РФ от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 25.12.2018 с изм. и доп., вступ. в силу 01.01.2019).
4. Федеральный закон о регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения от 16071998 № 101-ФЗ.
5. Физико-химические методы исследования почв. М.: Изд-во МГУ, 1980, с. 232–235.

## Содержание работы

1. Получение почвенной вытяжки (метод Кирсанова, ГОСТ 26207-91).
2. Определение концентрации калия методом пламенной фотометрии.
3. Оценка эффективного плодородия почв по содержанию обменного калия.

## Ход работы

1. Возьмите на кальку навеску почвы массой 5,0 г. Перенесите почву в круглую плоскодонную колбу объемом 50 мл.
2. Прилейте цилиндром в колбу 25 мл 0,2 М раствора HCl. Закройте колбу пробкой и поставьте на ротатор на 10 минут.
3. Снимите колбу с ротатора и отфильтруйте суспензию через двойной фильтр (синяя лента) в стеклянный стаканчик объемом 50 мл. **Фильтрат должен быть прозрачным!**
4. Познакомьтесь с устройством пламенного фотометра.
5. Под руководством преподавателя определите силу фототока (мкА) в эталонных растворах.
6. Определите и запишите силу тока для вытяжки из исследуемой почвы.
7. Постройте градуировочный график зависимости силы фототока (мкА) от концентрации  $K^+$  (мг/л) в эталонных растворах.
8. Убедившись, что график прямолинеен, определите концентрацию  $K^+$  в вытяжке из исследуемой почвы. Результат запишите в таблицу 1.
9. Рассчитайте показатели содержания подвижного калия в исследуемой почве, заполните таблицу 2.
10. Оцените уровень эффективного плодородия исследуемой почвы по содержанию обменного калия (таблица 3) и возможную степень деградации почвы по содержанию доступного калия (таблица 4). Исходное содержание доступного калия в данной почве узнайте у преподавателя.

Таблица 1

## Содержание калия в эталонных и исследуемом растворах

Стандартные растворы	$C_{K^+}$ , мг/л	I, мкА
1		
2		
3		
4		
5		
№ почвы	$C_{K^+}$ , мг/л	I, мкА

Таблица 2

## Показатели содержания подвижного калия в исследуемой почве

№ почвы	Содержание $K^+$ , мг/100 г почвы	$K_2O$ , мг/100 г почвы	Запасы $K_2O$ (кг/га)	Степень деградации

Таблица 3

Оценка эффективного плодородия почв по содержанию доступного калия ( $K_2O$ ), мг/100 г почвы

Уровень содержания		Методика определения*		
		Кирсанов, ГОСТ 26207	Чириков, ГОСТ 26204	Мачигин, ГОСТ 262075
I	очень высокий	> 25,0	> 18	>30
II	высокий	25,0–17,0	18,0 - 12,0	30,0–20,0
III	повышенный	17,0–12,0	12,0-8,0	20,0–15,0
IV	средний	12,0–8,0	8,0–5,0	15,0–10,0
V	низкий	8,0–4,0	5,0–3,0	10,0–5,0
VI	очень низкий	< 4,0	< 3,0	<5,0

\*применяются в почвах:

методика Кирсанова	подзолистые, дерново-подзолистые, серые лесные почвы лесной зоны
методика Чирикова	серые лесные, некарбонатные черноземы степной и лесостепной зон
методика Мачигина	сероземы, бурые, каштановые почвы, черноземы полупустынной, пустынной, сухостепной и степной зон, карбонатные почвы других зон

Таблица 4

Степень деградации почв по содержанию подвижного калия ( $K_2O$  мг/100 г почвы)

Степень деградации	0	1	2	3	4
% потери	< 10	10–20	29–40	40–80	> 80

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 16**

### **Экологическая оценка состояния почв по содержанию тяжелых металлов (на примере подвижной меди)**

Тяжелые металлы (ТМ). Источники загрязнения почв ТМ. Биогеохимические провинции и техногенные ассоциации ТМ. Фазовый состав ТМ в промышленных выбросах. Коэффициенты концентрирования ТМ. Формы соединений ТМ в почвах. Понятие «подвижности» химических элементов в почве.

Факторы, влияющие на аккумуляцию и миграцию ТМ в почвах. Особенности нормирования содержания ТМ в почвах. Способы выделения и определения подвижных форм меди в почвах. ПДК (ОДК) подвижной меди в почвах.

Атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС): физико-химические основы метода, закон Бугера-Ламберта-Бера, устройство (источники излучения, атомизаторы, монохроматоры), возможные помехи.

#### **Литература**

1. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв. М.: 2007, стр. 70–74, 110–114., 119–129, Приложение 2 (таблицы 1, 4).
2. Мотузова Г.В., Карпова Е.А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. М.: МГУ. 2013, с. 17–25, 95–103.
3. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М. Высшая школа, 2002, стр. 92–95, 202–207.
4. ГОСТ Р 50684-94. Почвы. Определение подвижных соединений меди по методу Пейве и Ринькиса в модификации ЦИНАО.
5. Физико-химические методы исследования почв / Под ред. Н.Г. Зырина. М.: Изд-во МГУ, 1980, с. 247–259, 264–295 или Трофимов С.Я., Горшкова Е.И., Салпагарова И.А. Ионный обмен и адсорбция в почвах. М.: Изд-во КДУ, 2008, с69–79, 85–96.

#### **Содержание работы**

1. Экстракция подвижных форм меди из почвы 1 М раствором соляной кислоты (ГОСТ Р 50 684-94).
2. Атомно-абсорбционное определение концентрации меди в стандартных растворах и вытяжках из почв.
3. Оценка исследуемых почв по содержанию подвижных форм соединений меди.



## Ход работы

1. Возьмите на технических весах (с точностью до сотых) навески массой по 2,5 г двух образцов почв, полученных у преподавателя.

2. Перенесите навески в круглые плоскодонные колбы вместимостью 50 мл, стараясь не распылять почву по стенкам. Не забудьте подписать колбы.

3. Прилейте в колбы мерным цилиндром 25 мл 1 М раствора HCl, закройте колбы пробками.

4. Взболтайте почвенные суспензии на ротаторе в течение 30 минут, затем снимите колбы с ротатора и дайте суспензиям отстояться 5 минут.

5. Отфильтруйте (не взбалтывая!) суспензии в стеклянные стаканчики. Первую порцию фильтрата необходимо отбросить.

6. Перелейте фильтраты в пластмассовые флакончики (не забудьте их подписать).

7. Под руководством преподавателя ознакомьтесь с устройством атомно-абсорбционного спектрофотометра, техникой безопасности и правилами работы на приборе.

8. Определите величины оптической плотности в стандартных растворах, приготовленных на 1 М соляной кислоте с разной концентрацией меди (мкг/мл). Начинать измерения следует с наименее концентрированного раствора. Результаты измерений запишите в таблицу 1.

9. Определите величину оптической плотности в исследуемых почвенных вытяжках. Результаты измерений запишите в таблицу 2.

10. Постройте градуировочный график, откладывая по оси абсцисс концентрацию меди в стандартных растворах (мкг/мл), а по оси ординат – величины соответствующих им значений оптических плотностей (D).

11. Определите концентрацию меди (мкг/мл) в исследуемых почвенных вытяжках. Результаты запишите в таблицу 2.

12. Рассчитайте содержание меди в почве (мг/кг). Результаты расчетов запишите в таблицу 1.

13. Оцените содержание подвижной меди в исследуемых почвах относительно ПДК. Какие показатели вредности превышены?

14. Оцените уровень обеспеченности растений медью (таблица 3).

Таблица 1

**Определение содержания меди в стандартных растворах**

№ стандарта	1	2	3	4	5	6	7
$C_{Cu}$ , мкг/мл							
D							

Таблица 2

**Результаты определения подвижных соединений меди в почвенных вытяжках**

№ образца почвы	$C_{Cu}$ , мкг/мл	D	$C_{Cu}$ , мг/кг

Таблица 3

**Группировка почв по обеспеченности растений медью**

Группы растений по уровню потребления	Обеспеченность по содержанию меди (мг/кг)		
	низкая	средняя	высокая
невысокого	< 0,5	0,5–1,5	> 0,5
повышенного	< 2,0	2,0–4,0	> 4,0
высокого	< 5,0	5,0–7,0	> 7,0

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 17****Оценка загрязнения почв органическими веществами.****Определение содержания в почве бензина**

Основные группы органических соединений, загрязняющих почвы, действующие нормативы. Источники поступления органических поллютантов в почвы. Основные типы нефтепродуктов, загрязняющих окружающую среду. Углеводородный состав нефтей и нефтепродуктов. Методы определения содержания нефтепродуктов в твердых пробах.

Методы пробоотбора и пробоподготовки при анализе почв. Отбор и хранение проб почвы. Методы выделения органических соединений из проб почвы. Принцип метода парафазного анализа. Газовая хроматография. Основные блоки газового хроматографа. Типы колонок и детекторов, используемых в газовой хроматографии.

## Литература

1. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: Бином. 2004. 323с. Гл. 5.3, 6.1, 6.2, 6.7.
2. Мотузова Г.В., Карпова Е.А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. М.: МГУ. 2013. 304с. Гл. 9.2, 9.3, 9.5, 10.
3. Шаповалова Е.Н., Пирогов А.В. Хроматографические методы анализа: Метод. пособие для спец. курса. М.: МГУ. 2007. 204с. Гл. 2, 2.1, 2.2.
4. ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки почв для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М.: Стандартинформ. 2018.
5. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М. 2006.
6. ПНД Ф 16.1:2:2.2:3.75-2012 Методика измерений массовой доли бензина в почве, грунтах, донных отложениях, отходах производства и потребления газохроматографическим методом. М. 2012.
7. СанПиН 2.1.7.1287-03. Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. М.: Минздрав РФ. 2007.

## Содержание работы

1. Изучение принципа работы газового хроматографа Agilent 6890.
2. Изучение принципа работы парафазного пробоотборника Agilent HS7694.
3. Изучение метода проведения количественных измерений методом добавок.
4. Определение влажности анализируемой почвы.
5. Определение содержания бензина в почве методом анализа паровой фазы с использованием капиллярной газо-жидкостной хроматографии (ПНД Ф 16.1:2:2.2:3.75-2012).
6. Оценка степени загрязнения почвы бензином.

## Ход работы

1. Ознакомьтесь с устройством и принципом работы газового хроматографа Agilent 6890.
2. Ознакомьтесь с устройством и принципом работы парафазного пробоотборника Agilent HS7694.
3. Ознакомьтесь с принципом работы компьютерной программы MS ChemStation.
4. По 2–3 г анализируемой почвы поместите в два предварительно взвешенных бюкса. Вес пустых бюксов и бюксов с влажной почвой (с точностью  $\pm 0,01$  г) запишите в таблицу 1.

5. Высушите бюксы с почвой в сушильном шкафу при  $t=105^{\circ}\text{C}$  до постоянной массы. После высушивания бюксы необходимо взвесить. Вес бюксов с сухой почвой (с точностью  $\pm 0,01$  г) запишите в таблицу 1.

6. Рассчитайте влажность почвы (%) по формуле:

$W = 100 \cdot (m_1 - m_2) / (m_1 - m_0)$ , где  $m_0$  – масса пустого бюкса (г),  $m_1$  – масса бюкса с влажной почвой (г),  $m_2$  – масса бюкса с сухой почвой (г). Среднее значение для двух определений запишите в таблицу 1.

7. В два флакона для парафазного анализа поместите по 2-3 г почвы, полученной у преподавателя. Вес почвы (с точностью  $\pm 0,01$ г) запишите в таблицу 2.

8. В один из флаконов с помощью автоматического пипет-дозатора внесите 0,5 мл дистиллированной воды (рабочая проба), во второй – 0,5 мл стандартного раствора с известным содержанием бензина в воде (проба с добавкой).

9. Флаконы закройте алюминиевыми струбцинами с термостойкими прокладками при помощи обжимного устройства. Готовые флаконы поместите в турель парафазного пробоотборника Agilent HS7694.

10. Запустите на компьютере рабочую программу газового хроматографа Agilent 6890, затем с помощью кнопок на передней панели парафазного пробоотборника запустите программу выполнения парафазного анализа проб.

11. С помощью расчетного модуля программы MS ChemStation получите данные о суммарной площади под пиками компонентов бензина в рабочей пробе и в пробе с добавкой. Результаты запишите в таблицу 2.

12. Рассчитайте содержание бензина в рабочей пробе (мкг) по формуле:  $A_p = (S_p \cdot A_d) / (S_d \cdot S_p)$ , где  $A_d$  – количество бензина, внесенное в пробу с добавкой (мкг),  $S_p$  – суммарная площадь под пиками компонентов бензина в рабочей пробе,  $S_d$  – суммарная площадь под пиками компонентов бензина в пробе с добавкой.

Результат запишите в таблицу 2.

13. Рассчитайте массу абсолютно-сухой почвы (г), взятой для анализа, по формуле:

$m_{\text{абс.сух.}} = m_{\text{вл.}} \cdot (1 - W/100)$ , где  $m_{\text{вл.}}$  – масса влажной почвы, взятой для анализа (г).

Результаты запишите в таблицу 2.

14. Рассчитайте содержание бензина в почве (мг/кг) по формуле:  $C_B = A_p / m_{\text{абс.сух.}}$ , где  $m_{\text{абс.сух.}}$  – масса абсолютно-сухой почвы в рабочей пробе (г). Результат запишите в таблицу 2.

15. Сравните полученную величину содержания бензина в почве с нормативным значением. Результат запишите в таблицу 2. На основании полученных данных определить категорию загрязнения почвы.

Таблица 1

**Определение влажности почвы**

Масса пустого бюкса, г	Масса бюкса с влажной почвой, г	Масса бюкса с сухой почвой, г	Влажность почвы, %

Таблица 2

**Определение содержания бензина в почве**

Масса влажной почвы, г	Масса абсолютно-сухой почвы, г	Площадь под пиками бензина		Величина добавки, мкг	Содержание бензина в рабочей пробе, мкг	Содержание бензина в почве, мг/кг	Превышение ПДК, раз (К <sub>пдк</sub> )
		S <sub>p</sub>	S <sub>д</sub>				

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 18**

**Определение содержания и состава нефтепродуктов в почвах методом газовой хроматографии**

Источники поступления нефти и нефтепродуктов в почвы. Основные типы нефтепродуктов, загрязняющих окружающую среду, их влияние на свойства почв. Углеводородный состав нефтей и нефтепродуктов. Методы определения содержания нефтепродуктов в твердых пробах.

Методы пробоотбора и пробоподготовки при анализе почв. Отбор и хранение проб почвы. Методы выделения органических соединений из проб почвы. Методы очистки и фракционирования проб. Газовая хроматография. Основные блоки газового хроматографа. Типы колонок и детекторов, используемых в газовой хроматографии. Капиллярная газо-жидкостная хроматография. Возможности применения газовой хроматографии при анализе объектов окружающей среды.

## Литература

1. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: Бином. 2004. 323 с. Гл. 5.3, 6.1, 6.2, 6.4, 6.8, 7.1–7.4.
2. Мотузова Г.В., Карпова Е.А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. М.: МГУ. 2013. 304 с. Гл. 9.2, 9.3, 9.5.
3. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М.: Высшая школа. 2002. Гл. 2.9, 3.10.
4. Шаповалова Е.Н., Пирогов А.В. Хроматографические методы анализа: Метод. пособие для спец. курса. М.: МГУ. 2007. 204 с. Гл. 2, 2.2, 2.3.
5. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. М.: Стандарт-информ. 2008.
6. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки почв для химического, бактериологического и гельминтологического анализа. М.: Стандарт-информ. 2008.
7. ПНД Ф 16.1.38-02. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почвы методом капиллярной газо-жидкостной хроматографии. 2002.
8. ПНД Ф 16.1:2.2.22-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органоминеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектрометрии. 2005.
9. ПНД Ф 16.1:2.21-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02». 2007.
10. ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.64-10. Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод, отходов производства и потребления гравиметрическим методом. 2010.
11. СанПиН 2.1.7.1287-03. Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. М.: Минздрав РФ. 2007.
12. ФР 1.31.2019.3330 Методика измерений массовых долей фракций нефтепродуктов в пробах почв, грунтов, донных отложений, отходов производства методом газовой хроматографии в сочетании с автоматической ускоренной экстракцией. 2018.
13. <http://www.gosthelp.ru>

## Содержание работы

1. Изучение принципа работы газового хроматографа Agilent 6890.
2. Экстракция нефтепродуктов из почвы.
3. Очистка экстракта, содержащего нефтепродукты, методом адсорбционной хроматографии.
4. Определение содержания и фракционного состава нефтепродуктов в почве методом капиллярной газо-жидкостной хроматографии.

5. Оценка категории загрязнения почвы нефтепродуктами и определение типа загрязняющих нефтепродуктов.

### Ход работы

1. Ознакомьтесь с устройством и принципом работы газового хроматографа Agilent 6890.

2. Ознакомьтесь с принципом работы компьютерной программы HP ChemStation.

3. Ознакомьтесь с принципом работы ультразвуковой ванны СТ-406.

4. В колбу объемом 100мл поместите 1–2 г воздушно-сухой почвы, полученной у преподавателя. Вес почвы (с точностью  $\pm 0,01$  г) записать в таблицу 1.

5. Мерным цилиндром прилить в колбу с почвой 10 мл *n*-гексана, поместить колбу в ультразвуковую ванну и провести обработку ультразвуком в течение 10 мин.

6. Полученный экстракт профильтровать через бумажный фильтр «красная лента» в мерную пробирку на 20 мл с притертой стеклянной пробкой.

7. Колбу ополоснуть 5 мл гексана и промыть им почву на фильтре, объединяя фильтраты. Зафиксировать и записать в таблицу 1 суммарный объем полученного фильтрата.

8. Для проведения адсорбционного разделения в носик стеклянной колонки поместить небольшое количество ваты и насыпать  $2\pm 0,2$  г оксида алюминия II степени активности. В колонку с оксидом алюминия прилить 5–6 мл гексана для смачивания сорбента. ***Необходимо следить, чтобы уровень жидкости не опускался ниже верхнего края слоя оксида алюминия!*** Адсорбционное разделение проводить сразу же после подготовки колонки.

9. С помощью мерной пробирки количественно перенесите 6 мл полученного фильтрата в подготовленную хроматографическую колонку, собирая элюат в мерную пробирку объемом 20 мл с притертой стеклянной пробкой.

10. После прохождения пробы в колонку внести еще 10 мл гексана, собирая элюат в ту же мерную пробирку. ***Необходимо следить, чтобы уровень жидкости не опускался ниже верхнего края слоя оксида алюминия!*** Зафиксировать и записать в таблицу 1 суммарный объем полученного элюата.

11. Перенесите в хроматографический флакон 1,0–1,5 мл элюата. Флакон закройте алюминиевой струбциной с тефлоновой

прокладкой при помощи обжимного устройства. Готовый флакон поместите в турель хроматографа Agilent 6890.

12. Запустите на компьютере рабочую программу газового хроматографа и произведите хроматографический анализ пробы нефтепродуктов из почвы. С помощью расчетного модуля программы MS ChemStation получите данные о суммарной площади под пиками углеводородов, относящихся к фракциям нефтепродуктов с разной температурой кипения. (100–250°C; 250–400°C; > 400°C). Результаты запишите в таблицу 1.

13. Рассчитайте содержание фракций нефтепродуктов в почве (мг/кг) по формуле:

14.  $C_{\Phi n} = (S_{\Phi n} \cdot V_{\Phi} \cdot V_3) / (R_{\Phi n} \cdot b \cdot m)$ , где  $S_{\Phi n}$  – суммарная площадь под пиками углеводородов, относящихся к фракции нефтепродуктов,  $R_{\Phi n}$  – пересчетный коэффициент (в мкг/мл) для фракции нефтепродуктов, полученный после построения градуировки,  $V_{\Phi}$  – объем фильтра (мл),  $V_3$  – объем элюата (мл),  $m$  – масса навески почвы (г). Результаты запишите в таблицу 1.

15. Рассчитайте суммарное содержание нефтепродуктов в почве (мг/кг) по формуле:  $C_{\Phi n} = C_{\Phi 1} + C_{\Phi 2} + C_{\Phi 3}$ . Результат запишите в таблицу 1.

16. Оцените категорию загрязнения почвы нефтепродуктами и определите по форме хроматограммы и содержанию фракций углеводородов тип загрязняющих нефтепродуктов.

Таблица 1

Содержание нефтепродуктов в почве

Масса почвы, г	Объем фильтра, мл	Объем элюата, мл	Т кипения фракции НП, °С	Площадь под пиками УВ, относящихся к фракции НП	Пересчетный коэффициент (R) для фракции НП	Содержание фракции НП в почве, мг/кг	Содержание НП в почве, мг/кг
			100–250				
			250–400				
			> 400				



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голицын А.Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды. М.: Онискс. 2010.
2. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы. Эколайн, 2000.
3. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: Бином. 2004.
4. Мотузова Г.В. Устойчивость почв к химическому воздействию. М.: МГУ. 2000.
5. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв. М: Гаудеамус. 2007.
6. Мотузова Г.В., Карпова Е.А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. М.: МГУ. 2013.
7. Орлов Д.С. Химия почв. М.: Изд-во МГУ, 1992.
8. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М.: Высшая школа, 2002.
9. Соколова Т.А. Калийное состояние почв, методы его оценки и пути оптимизации. М: МГУ. 1987.
10. Соколова Т.А., Толпешта И.И., Трофимов С.Я. Почвенная кислотность. Кислотно-основная буферность почв. Соединения алюминия в твердой фазе почвы и в почвенном растворе. Тула: Изд-во Гриф и К, 2007.
11. Трофимов С.Я., Горшкова Е.И., Салпагарова И.А. Ионный обмен и адсорбция в почвах. М.: Изд-во КДУ, 2008.
12. Физико-химические методы исследования почв / Под ред. Н.Г. Зырина. М.: Изд-во МГУ, 1980.
13. Шаповалова Е.Н., Пирогов А.В. Хроматографические методы анализа: Метод. пособие для спец. курса. М.: МГУ. 2007.
14. Экологический мониторинг: шаг за шагом / Е.В. Веницианов и др. Под ред. Е.А. Заика. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, Эколайн. 2003.
15. <http://ohranatruda.ru>
16. <http://biology.krc.karelia.ru/misc/hydro/> Справочник по гидрохимии.
17. <http://www.gosthelp.ru>

## НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

1. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
2. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М. 2006.
3. ГОСТ 17.1.3.07-82. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.
4. ГОСТ 17.1.5.01-80 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность.
5. ГОСТ 17.2.3.01-86. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов.

6. ГОСТ 17.4.3.01-2017. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.
7. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. М.: Стандарт-информ. 2008.
8. ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки почв для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М.: Стандартинформ. 2018.
9. ГОСТ 18164-72 Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка.
10. ГОСТ 18190-72. Вода питьевая. Методы определения содержания остаточного активного хлора.
11. ГОСТ 26212-91 Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО.
12. ГОСТ 27065-86. Качество вод. Термины и определения.
13. ГОСТ 31859-2012. Вода. Метод определения химического потребления кислорода.
14. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб.
15. ГОСТ 31865-2012 Вода. Единица жесткости.
16. ГОСТ 31868-2012 Вода. Методы определения цветности.
17. ГОСТ 31953-2012. Вода. Определение нефтепродуктов методом газовой хроматографии.
18. ГОСТ 31954-2012 Вода питьевая. Методы определения жесткости (с Поправкой)
19. ГОСТ 4011-72. Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа (с Изменениями № 1, 2).
20. ГОСТ Р 50684-94. Почвы. Определение подвижных соединений меди по методу Пейве и Ринькиса в модификации ЦИНАО.
21. ГОСТ Р 53123-2008 (ИСО 10381-5:2005). Качество почвы. Отбор проб.
22. ГОСТ Р 57164-2016 Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности.
23. Земельный кодекс РФ от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 25.12.2018 с изм. и доп., вступ. в силу 01.01.2019).
24. М-МВИ-161-05. Методика выполнения измерений массовой концентрации этиленгликоля в природных и очищенных сточных водах методом газовой хроматографии.
25. МУ 2.2.5.2810-10. Организация лабораторного контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны предприятий основных отраслей экономики. М. 2011.
26. МУ 5994-91. Методические указания по измерению концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Вып. 28. М. 1993.
27. ПНД Ф 14.1.2:4.132-98. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации анионов: нитрита, нитрата, хлорида, фторида, сульфата и фосфата в пробах природной, питьевой и сточной воды методом ионной хроматографии.
28. ПНД Ф 14.1.2:3;4.123-97 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после n-дней инкубации.

29. ПНД Ф 16.1.38-02. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почвы методом капиллярной газо-жидкостной хроматографии. 2002.

30. ПНД Ф 16.1:2.2.22-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органоминеральных, органоминеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектроскопии. 2005.

31. ПНД Ф 16.1:2.21-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02». 2007.

32. ПНД Ф 16.1:2.2.2:3.3.64-10. Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод, отходов производства и потребления гравиметрическим методом. 2010.

33. ПНД Ф 16.1:2.2.2:3.75-2012 Методика измерений массовой доли бензина в почве, грунтах, донных отложениях, отходах производства и потребления газохроматографическим методом. М. 2012.

34. Приказ Минсельхоза РФ от 13.12.2016 № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

35. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. М., 1991.

36. РД 52.24.309-2016. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши.

37. РД 52.24.495-2017 Водородный показатель вод. Методика измерений потенциометрическим методом.

38. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения (с изменениями на 2 апреля 2018 года).

39. СанПиН 2.1.4.544-96 Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников.

40. СанПиН 2.1.4.559-96 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.

41. СанПиН 2.1.7.1287-03. Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. М.: Минздрав РФ. 2007.

42. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ.

43. Федеральный закон «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» от 16.07.1998 № 101-ФЗ.

44. ФР 1.31.2019.3330. Методика измерений массовых долей фракций нефтепродуктов в пробах почв, грунтов, донных отложений, отходов производства методом газовой хроматографии в сочетании с автоматической ускоренной экстракцией. 2018.

Учебное издание  
**Завгородняя** Юлия Анатольевна  
**Караванова** Елизавета Ильинична  
**Салпагарова** Ирина Азретовна  
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ  
Практикум и семинары  
*Учебное пособие*

Издательство «МАКС Пресс»  
Главный редактор: *Е. М. Бугачева*  
Верстка: *Н. С. Давыдова*

Отпечатано с готового оригинал-макета  
Подписано в печать 12.08.2019 г.  
Формат 60x90 1/16. Усл.печ.л. 4,25.  
Тираж 200 экз. Заказ 179.

Издательство ООО «МАКС Пресс».  
Лицензия ИД N00510 от 01.12.99 г.  
119992, ГСП-2, Москва, Ленинские горы,  
МГУ им. М. В. Ломоносова, 2-й учебный корпус, 527 к.  
Тел. 8(495)939-3890/91. Тел./Факс 8(495)939-3891.