

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ

***МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ***  
по выполнению лабораторных работ  
по дисциплине «Экология»  
для студентов очной/заочной формы обучения направления подготовки  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Невинномысск 2019

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями ФГОС ВО и рабочей программы дисциплины «Экология». Указания предназначены для студентов очной/заочной формы обучения, направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

*Составители*  
*Отв. редактор*

*К.С. Сыпко, ассистент.*  
*А.Л. Проскурнин, канд.хим.наук, доцент.*

## Содержание

<b>Введение</b>	4
<b>Тема 1. Основы общей экологии</b>	5
<b>Лабораторная работа 1. Экологические исследования воздуха</b>	5
Опыт 1. Действие кислотного загрязнения воздуха на растения	5
Опыт 2. Влияние загрязнения воздуха аммиаком на растения	7
<b>Лабораторная работа 2. Экологические исследования воды</b>	9
Опыт 1. Наблюдение за составом атмосферных осадков	9
Опыт 2. Определение органолептических показателей качества воды	14
Опыт 3. Очистка воды от загрязнений	18
<b>Тема 2. Основы прикладной экологии</b>	21
<b>Лабораторная работа 3. Оценка усвоения тяжелых металлов из почвы овощными культурами</b>	22
<b>Лабораторная работа 4. Адсорбционная очистка питьевой и сточной воды</b>	29

## **Введение**

Решение экологических проблем в современном мире невозможно без понимания объективных законов развития природы и общества. «Экология» изучает эти законы, которые дают ключ к управлению в области охраны окружающей среды.

Дисциплина «Экология» относится к дисциплине базовой части. Она направлена на формирование компетенций обучающихся в процессе выполнения работ, определенных ФГОС ВО.

Методические указания составлены на современном научном уровне и рассчитаны на студентов, по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Последовательность лабораторных работ соответствует логической структуре ее прохождения. Предлагаемые методические указания содержат материал, который рекомендуется использовать студентам при осуществлении лабораторных работ.

## **Тема 1. Основы общей экологии**

### **Лабораторная работа 1. Экологические исследования воздуха**

#### **Опыт 1. Действие кислотного загрязнения воздуха на растения**

Цель работы: Проиллюстрировать негативное влияние кислотного загрязнения воздуха на растение.

#### **Теоретическая часть**

Большой вред окружающей среде наносят различные источники газообразных выбросов (промышленные предприятия, транспорт, пожары), «благодаря» которым в атмосферу попадает значительное количество вредных веществ (оксидов серы (II) и (III), оксидов азота (II) и (IV), сероводорода, оксидов углерода (II) и (IV) и др.). Эти вещества поглощаются атмосферными осадками, которые выпадают на землю в виде «кислотных» дождей или снега. Под воздействием кислотных осадков деревья легче поражаются вредителями, изменяется химический состав почв и почвенных микроорганизмов. В первую очередь кислотные осадки поражают листья и другие вегетативные части растений. Поражение листьев препятствует нормальному протеканию процессов фотосинтеза.

#### **Оборудование и материалы**

1. Колбы на 500 мл с пробками – 2 шт;
2. Стакан на 250 мл с водой;
3. Цилиндр мерный на 250 мл;
4. Зеленые листья или побеги растений;
5. Сера 1-2 г;
6. Сульфид железа (II) 3-5 г;
7. Концентрированная соляная кислота.

#### **Указания по технике безопасности**

Используемые при выполнении анализа растворы, реактив, посуда и другие составные части комплекта должны быть предварительно осмотрены.

При осмотре проверяют:

1. Целостность и герметичность упаковки растворов, реактивов;
2. Отсутствие повреждений мерной посуды, пробирок, контрольных шкал и т.п.;
3. Соответствие выбранного для использования реактива (раствора) или посуды требованиям методики анализа, т.е. наличие хорошо и однозначно читаемой этикетки, меток на мерной посуде и т.п.

После проведения анализа мерные склянки и пипетки следует промыть чистой водой, склянки с растворами необходимо герметично закрыть и уложить в места для их хранения.

Входящие в состав комплекта реактивы герметично упакованы во флаконы и не представляют опасности при хранении. Хотя комплект не содержит ядовитых и сильнодействующих веществ, при работе с комплектом необходимо руководствоваться основными правилами безопасности, предусмотренными для работ в химической лаборатории. В частности, при работе в лаборатории не допустимо:

1. Попадание химикатов и растворов на слизистые оболочки, кожу, одежду;
2. Принятие пищи (питья);
3. Вдыхание воздуха и химикатов, особенно имеющих резкий запах и находящихся в мелкокристаллическом состоянии (образующих пыль);
4. При работе со стеклянными изделиями и посудой необходимо соблюдать осторожность во избежание порезов.

При проведении экспериментов по моделированию загрязнений воздуха предусмотрено использование концентрированных и разбавленных кислот – серной, соляной, азотной, муравьиной. Могут представлять опасность для здоровья и небольшие

количества газов, получаемые в ходе работы (например, хлора, оксида серы (IV) и др.). Повышенную опасность представляют крепкие и концентрированные минеральные кислоты, а также муравьиная кислота, обладающие сильным разъедающим действием при попадании на слизистые оболочки, кожные покровы, одежду, обувь, оборудование и т.п. При попадании кислот на кожу необходимо быстро промокнуть раствор любым тампоном (салфеткой, ветошью и т.п.), место попадания обильно промыть струей воды и вымыть с мылом.

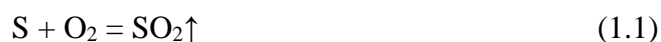
Особенно опасны кислоты при попадании в глаза. В этом случае глаза необходимо немедленно обильно промыть не сильной струей воды, затем 2%-ным водным раствором соды и срочно обратиться к врачу-специалисту.

### Задания

#### 1. Приготовление кислотных газов и заполнение ими колб.

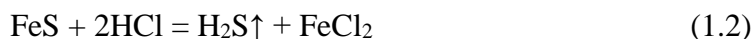
Для приготовления газов, используемых в опыте для моделирования воздействия кислотных осадков на растения (сернистого газа и сероводорода), используются методы препаративного получения. Колбы перед заполнением необходимо тщательно высушить. Запыление колб происходит непосредственно при получении газов. Несмотря на небольшие количества получаемых газов, работы по заполнению ими колб необходимо проводить в вытяжном шкафу.

**Сернистый газ** (оксид серы (IV),  $\text{SO}_2$ ) получают сжиганием 1-2 г элементарной серы, опущенной в колбу в ложке на проволоке достаточной длины. Получение сернистого газа протекает по реакции:



Для заполнения колбы сернистым газом достаточно горения серы в течение 3-5 минут.

**Сероводород** (сульфид водорода,  $\text{H}_2\text{S}$ ) получают взаимодействием концентрированной соляной кислоты с избытком сульфида железа (II) при комнатной температуре:



Для заполнения колбы сероводородом используют небольшой флакон (бюкс, стаканчик), имеющий диаметр, позволяющий опускать его в колбу и извлекать обратно. Во флакон помещают 3-5 г сульфида железа (II), прикапывают несколько капель концентрированной соляной кислоты (начинается бурное выделение сероводорода) и сразу же опускают флакон каким-либо способом (например, привязав на нитке) в колбу. Флакон выдерживают в колбе 3-5 минут до завершения выделения сероводорода, после чего извлекают из колбы.

Заполненные газами колбы необходимо плотно закрыть пробками или фольгой. Срок годности заполненных таким образом колб для проведения опыта составляет несколько часов.

Колбы, заполненные газами и плотно закрытые, необходимо пронумеровать. Колбы № 1 заполнена сернистым газом; колба № 2 – сероводородом (Рисунок 1).

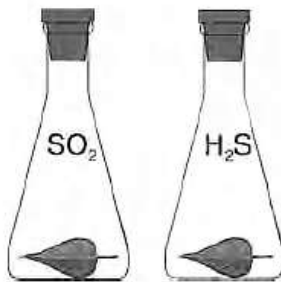


Рисунок 1. Пронумерованные колбы, заполненные газами

2. В каждую колбу внесите часть растения. Операцию проводите следующим образом: поочередно открывайте пробки колб, быстро опустит в них побеги или

отдельные листья и вновь закройте пробками. Не наклоняйтесь перед колбами и не вдыхайте находящиеся в них газы. Наблюдайте, что происходит с растениями.

3. Так же осторожно (не вдыхая газ) поочередно влейте в каждую колбу по 100 мл воды. Быстро закройте колбы пробками. Встряхните каждую колбу, чтобы растения были смочены образовавшимися кислотами. Вновь наблюдайте за растениями. Отметьте, через какой промежуток времени с растениями происходят видимые изменения.

### Содержание отчета

Результаты наблюдений оформляют в виде таблицы 1.

Таблица 1. Результаты эксперимента

№ колбы	Газ, находящийся в колбе	Изменения, происходящие с растением		
		После внесения растения в колбу	После воздействия кислотного дождя	Время наблюдения изменений
1	Сернистый газ (SO <sub>2</sub> )			
2	Сероводород (H <sub>2</sub> S)			

На основании полученных результатов сделайте вывод о влиянии кислотных дождей на растения.

### Опыт 2. Влияние загрязнения воздуха аммиаком на растения

Цель работы: проиллюстрировать негативное влияние загрязнения воздуха аммиаком на растение.

#### Теоретическая часть

Аммиак (NH<sub>3</sub>) представляет собой бесцветный газ с характерным резким запахом «нашатырного спирта». Он легче воздуха и очень хорошо растворяется в воде. При высоких концентрациях в воздухе (0,5% объема и более) аммиак сильно раздражает слизистые оболочки, вызывает поражение глаз и дыхательных путей. Негативное влияние загрязненный аммиаком воздух оказывает и на растения, вызывая хорошо заметные изменения в растительных тканях. Тем не менее аммиак, при внесении его в почву в виде водного раствора и в химически связанном виде, является удобрением.

#### Оборудование и материалы

1. Колба на 500 мл с пробкой;
2. Флакон на 20 мл;
3. Аммиачная вода;
4. Фильтр бумажный;
5. Полиэтилен (скотч);
6. Листья или побеги традесканции или другого растения.

#### Указания по технике безопасности

Используемые при выполнении анализа растворы, реактив, посуда и другие составные части комплекта должны быть предварительно осмотрены.

При осмотре проверяют:

1. Целостность и герметичность упаковки растворов, реактивов;
2. Отсутствие повреждений мерной посуды, пробирок, контрольных шкал и т.п.;
3. Соответствие выбранного для использования реактива (раствора) или посуды требованиям методики анализа, т.е. наличие хорошо и однозначно читаемой этикетки, меток на мерной посуде и т.п.

После проведения анализа мерные склянки и пипетки следует промыть чистой водой, склянки с растворами необходимо герметично закрыть и уложить в места для их хранения.

Входящие в состав комплекта реактивы герметично упакованы во флаконы и не представляют опасности при хранении. Хотя комплект не содержит ядовитых и сильнодействующих веществ, при работе с комплектом необходимо руководствоваться основными правилами безопасности, предусмотренными для работ в химической лаборатории. В частности, при работе в лаборатории не допустимо:

1. Попадание химикатов и растворов на слизистые оболочки, кожу, одежду;
2. Принятие пищи (питья);
3. Вдыхание воздуха и химикатов, особенно имеющих резкий запах и находящихся в мелкокристаллическом состоянии (образующих пыль);
4. При работе со стеклянными изделиями и посудой необходимо соблюдать осторожность во избежание порезов.

При проведении экспериментов по моделированию загрязнений воздуха предусмотрено использование концентрированных и разбавленных кислот – серной, соляной, азотной, муравьиной. Могут представлять опасность для здоровья и небольшие количества газов, получаемые в ходе работы (например, хлора, оксида серы (IV) и др.). Повышенную опасность представляют крепкие и концентрированные минеральные кислоты, а также муравьиная кислота, обладающие сильным разъедающим действием при попадании на слизистые оболочки, кожные покровы, одежду, обувь, оборудование и т.п. При попадании кислот на кожу необходимо быстро промокнуть раствор любым тампоном (салфеткой, ветошью и т.п.), место попадания обильно промыть струей воды и вымыть с мылом.

Особенно опасны кислоты при попадании в глаза. В этом случае глаза необходимо немедленно обильно промыть не сильной струей воды, затем 2%-ным водным раствором соды и срочно обратиться к врачу-специалисту.

#### Задания

1. На дно колбы положите бумажный фильтр так, чтобы колба не разбилась при последующем опускании в нее флакона.
2. Лист или побег растения закрепите во флаконе как показано на рисунке 2. Осторожно по стенке либо на нитке опустите флакон в коническую колбу.

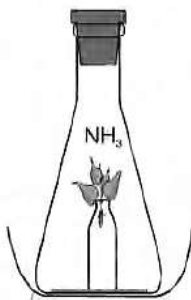


Рисунок 2. Лист (побег) закрепленный во флаконе

3. Внесите в колбу 3-4 капли аммиачной воды, быстро и герметично закройте колбу пробкой.

Опыт проведите в начале занятия, результат зафиксируйте в конце занятия.

#### Содержание отчета

Сделайте вывод о влиянии загрязнения воздуха на растение. Запишите уравнение реакции образования из аммиака «щелочного» дождя.

#### Контрольные вопросы

1. Механизмы воздействия кислотных дождей на компоненты окружающей среды.
2. Каковы последствия выпадения кислотных дождей?
3. Как можно снизить интенсивность кислотных дождей?
4. В чем заключаются физические причины парникового эффекта?
5. Глобально изменение климата: причины, механизм процесса, последствия.



6. Каковы будут последствия для биосферы, если парниковый эффект будет продолжать усиливаться?

### Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

#### Основная литература:

1. Тулякова, О. В. Экология [Электронный ресурс] : учебное пособие / О. В. Тулякова. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Вузовское образование, 2014. — 181 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21904.html>
2. Челноков, А. А. Общая и прикладная экология [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. А. Челноков, К. Ф. Саевич, Л. Ф. Ющенко ; под ред. К. Ф. Саевич. — Электрон. текстовые данные. — Минск : Вышэйшая школа, 2014. — 655 с. — 978-985-06-2400-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35508.html>

#### Дополнительная литература:

1. Степановских, А. С. Общая экология [Электронный ресурс] : учебник для вузов / А. С. Степановских. — Электрон. текстовые данные. — М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2012. — 687 с. — 5-238-00854-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8105.html>
2. Большаков, В. Н. Экология [Электронный ресурс] : учебник / В. Н. Большаков, В. В. Качак, В. Г. Коберниченко ; под ред. Г. В. Тягунов, Ю. Г. Ярошенко. — Электрон. текстовые данные. — М. : Логос, 2013. — 504 с. — 978-5-98704-716-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14327.html>

#### Интернет-ресурсы:

- 1 <http://window.edu.ru/> – единое окно доступа к образовательным ресурсам
- 2 <http://biblioclub.ru/> — ЭБС «Университетская библиотека онлайн».
- 3 <http://catalog.ncstu.ru/> — электронный каталог ассоциации электронных библиотек учебных заведений и организаций СКФО
- 4 <http://www.iprbookshop.ru> — ЭБС.
- 5 <https://openedu.ru> – Открытое образование
- 6 <http://ecograde.bio.msu.ru> – Информационная система «Фундаментальные проблемы оценки состояния экосистем и экологического нормирования»

## Лабораторная работа 2. Экологические исследования воды

### Опыт 1. Наблюдение за составом атмосферных осадков

Цель работы: Изучение состава атмосферных осадков.

#### Теоретическая часть

Кислотность воды определяется значением водородного показателя (рН), который для природных вод обычно имеет значения от 6,5 до 8,5. Изменения рН воды водоема обычно могут вызвать загрязнения воздуха кислотными примесями (оксидами серы и азота, оксидом углерода (IV) и др.), которые «вымываются» из воздуха дождями и попадают в водоем. Изменения рН могут вызвать также загрязнения водоема промышленными сточными водами, которые не прошли нейтрализацию. Кислотность природной воды может определяться также характером почвогрунтов, ландшафта в котором расположен водоем. Изменение рН природной воды сверх допустимых пределов (более 8,5 и менее 6,5) создает среду, непригодную для существования большинства водных организмов, особенно простейших. Качество природной воды в значительной

степени определяется концентрацией растворенных в ней минеральных солей. Можно выделить два больших класса минеральных солей, которые встречаются в природной воде в значительных концентрациях (Таблица 3).

Основной вклад в общее солесодержание вносят соли 1-го класса, которые следует определять в первую очередь. Соли 2-го класса также необходимо учитывать при оценке качества воды, т.к. на каждую из них установлено значение ПДК, хотя они вносят незначительный вклад в общее солесодержание природных вод.

Таблица 3. Основные компоненты, создающие минерализацию питьевой и природной воды

Компоненты минерального состава воды	Предельно допустимая концентрация (ПДК)
1-й КЛАСС	
1. Катионы:	
Кальций ( $Ca^{2+}$ )	200 мг/л
Натрий ( $Na^+$ )	200 мг/л
Магний ( $Mg^{2+}$ )	100 мг/л
2. Анионы:	
Гидрокарбонат ( $HCO_3^-$ )	1000 мг/л
Сульфат ( $SO_4^{2-}$ )	500 мг/л
Хлорид ( $Cl^-$ )	350 мг/л
Карбонат ( $CO_3^{2-}$ )	100 мг/л
Нитрат ( $NO_3^-$ )	45 мг/л
2-й КЛАСС	
1. Катионы:	
Аммоний ( $NH_4^+$ )	2,5 мг/л
Железо общее (сумма $Fe^{2+}$ и $Fe^{3+}$ )	0,3 мг/л
Металлы	0,001 ммоль/л
2. Анионы:	
Фосфат ( $PO_4^{3-}$ )	3,5 мг/л
Нитрат ( $NO_2^-$ )	0,1 мг/л

В первую очередь нарушенный минеральный состав воды сказывается на жизнедеятельности простейших (клеточных) организмов, т.к. растворенные соли и определяют обмен веществ клеток с окружающей средой и являются строительным материалом для элементов живой клетки. Повышенная концентрация солей в воде пагубно сказывается на минеральном составе окружающей водоем почвы, вызывая ее засоление, как в процессе впитывания воды почвой, так и при орошении такой водой сельскохозяйственных полей. Источниками обогащения природной воды минеральными солями, приводящего к нарушению природного солевого равновесия в воде, являются:

- ливневые и талые воды с посыпавших солями зимой улиц городов и дорог;
- поверхностные дождевые воды с полей, газонов после применения на них минеральных удобрений, а также грунтовые воды;
- неочищенные сточные воды, рассолы, сбрасываемые промышленными предприятиями, и др.

Повышенная концентрация солей ухудшает вкус питьевой воды. При концентрациях солей, превышающих соответствующие ПДК, вода становится непригодной для питья и использования на хозяйственные нужды.

На правильность полученных результатов анализов влияет способ отбора пробы воды и условия ее хранения. Проба должна быть отобрана в чистую стеклянную или пластмассовую бутылку объемом не менее 0,5 л (в бутылки должно остаться не более 5-10 мл воздуха); пробы следует анализировать в течение нескольких часов после отбора либо хранить в холодильнике.

Очень удобным объектом для изучения минерального состава воды являются бутылированные питьевые и минеральные воды, имеющие этикетки с указанием концентраций растворенных солей.

Дождевая вода обычно имеет слабокислые свойства. Происходит это, как правило, вследствие растворения в ней диоксида углерода  $\text{CO}_2$ . Проблемы, связанные с кислотным или щелочным загрязнением атмосферной воды, происходят чаще всего из-за деятельности человека.

Причиной возникновения кислотных дождей являются массовые промышленные выбросы оксида серы (IV)  $\text{SO}_2$  и оксидов азота  $\text{NO}_x$  в атмосферу. В результате окисления этих веществ кислородом воздуха и взаимодействия с атмосферной влагой происходит образование азотистой ( $\text{HNO}_2$ ), азотной ( $\text{HNO}_3$ ), сернистой ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) и серной ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) кислот.

### **Оборудование и материалы**

1. Ложка;
2. Ножницы;
3. Пинцет;
4. Пробирки;
5. Штатив для пробирок;
6. Раствор йода;
7. Раствор дифениламина в концентрированной серной кислоте;
8. Раствор соли бария (насыщенный);
9. Раствор соляной кислоты (1:5);
10. Вода чистая;
11. pH-тест или бумага индикаторная универсальная;
12. Пробы осадков (дождя, снега, льда).

### **Указания по технике безопасности**

Используемые при выполнении анализа растворы, реактив, посуда и другие составные части комплекта должны быть предварительно осмотрены.

При осмотре проверяют:

1. Целостность и герметичность упаковки растворов, реактивов;
2. Отсутствие повреждений мерной посуды, пробирок, контрольных шкал и т.п.;
3. Соответствие выбранного для использования реактива (раствора) или посуды требованиям методики анализа, т.е. наличие хорошо и однозначно читаемой этикетки, меток на мерной посуде и т.п.

После проведения анализа мерные склянки и пипетки следует промыть чистой водой, склянки с растворами необходимо герметично закрыть и уложить в места для их хранения.

Входящие в состав комплекта реактивы герметично упакованы во флаконы и не представляют опасности при хранении. Хоть комплект не содержит ядовитых и сильнодействующих веществ, при работе с комплектом необходимо руководствоваться основными правилами безопасности, предусмотренными для работ в химической лаборатории. В частности, при работе в лаборатории не допустимо:

1. Попадание химикатов и растворов на слизистые оболочки, кожу, одежду;
2. Принятие пищи (питья);
3. Вдыхание воздуха и химикатов, особенно имеющих резкий запах и находящихся в мелкокристаллическом состоянии (образующих пыль);
4. При работе со стеклянными изделиями и посудой необходимо соблюдать осторожность во избежание порезов.

Повышенную опасность представляют крепкие и концентрированные минеральные кислоты, а также муравьиная кислота, обладающие сильным разъедающим действием при попадании на слизистые оболочки, кожные покровы, одежду, обувь, оборудование и т.п. При попадании кислот на кожу необходимо быстро промокнуть раствор любым тампоном

(салфеткой, ветошью и т.п.), место попадания обильно промыть струей воды и вымыть с мылом.

Особенно опасны кислоты при попадании в глаза. В этом случае глаза необходимо немедленно обильно промыть не сильной струей воды, затем 2%-ным водным раствором соды и срочно обратиться к врачу-специалисту.

Соблюдайте осторожность при работе с раствором дифениламина в серной кислоте!  
Соблюдайте осторожность: хлорид бария токсичен!

### Задания

#### А. Определение pH

1. Смочите полоску универсальной индикаторной бумаги исследуемой водой. Для этого наклоните пробирку с водой и опустите в нее один конец полоски индикаторной бумаги, держа пинцетом второй ее конец (Рисунок 6).

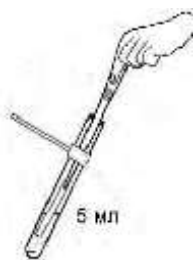


Рисунок 6. Определение pH исследуемой пробы воды

2. Выньте индикаторную бумагу из пробирки и сравните полученную окраску со шкалой. Определите pH исследуемой воды (дождевой, талой снеговой, талого льда) по шкале.

#### Б. Обнаружение нитрат-ионов

Добавьте в пробирку с исследуемой водой 2-3 капли раствора дифениламина (Рисунок 7). При наличии в воде нитрат-ионов раствор окрашивается в синий цвет.



Рисунок 7. Обнаружение нитрат-ионов в исследуемой пробе воды

Приготовление раствора дифениламина в концентрированной серной кислоте: в капельницу (25 мл) налейте на 2/3 объема концентрированную серную кислоту (плотность  $1,84 \text{ г/см}^3$ ) и внесите в нее на кончике скальпеля несколько кристаллов дифениламина.

Количественное определение содержания нитратов также можно выполнить с помощью нитрат-теста. Для этого выньте полоску тест-системы «Нитрат-тест» из упаковки и отрежьте кусочек индикаторной полоски размером примерно  $5 \times 5$  мм. Зажав отрезанный участок полоски пинцетом, окуните в тестируемую пробу воды. Через 3 мин. сравните окраску рабочего участка с контрольной шкалой на обложке тест-системы и определите содержание нитратов.

#### В. Обнаружение сульфит-ионов

1. Добавьте в пробирку с исследуемой водой 1-2 капли раствора йода.

Для приготовления раствора йода аптечный 5%-ный спиртовой раствор йода разбавляют в 20 раз водой до цвета некрепкого чая.

2. Наблюдайте, что происходит с окрашенным раствором.

#### Г. Обнаружение сульфат-ионов

Добавьте в пробирку с исследуемой водой 10 капель раствора соляной кислоты и 2 капли раствора соли бария. Наблюдайте в течение 3 мин. за помутнением раствора.

Количественное определение содержания сульфат-ионов можно выполнять с помощью тест-комплекта «Сульфаты», для этого:

1. Ополосните мерную склянку несколько раз анализируемой водой. Налейте в склянку 2,5 мл пробы воды, используя для точности пипетку-капельницу (Рисунок 8).

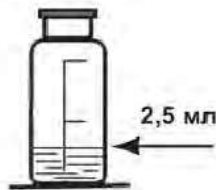


Рисунок 8. Мерная склянка, заполненная анализируемой водой

2. Доведите pH пробы до pH 4 растворами гидроксида натрия либо соляной кислоты, прибавляя их с помощью пипетки-капельницы, в зависимости от pH среды. Контролируйте значение pH по универсальной индикаторной бумаге.

3. Используя пипетку-капельницу, добавьте в склянку с анализируемой водой раствор ортанилового К до метки «5 мл». Закройте склянку пробкой и перемешайте раствор.

4. Соедините шприц-дозатор с пипеткой для титрования (Рисунок 9). С помощью шприца наберите в пипетку для титрования раствор хлорида бария. Постепенно, по каплям, титруйте содержимое склянки раствором хлорида бария до появления исчезающей зеленовато-голубой окраски.



Рисунок 9. Соединение шприца-дозатора с пипеткой для титрования

Примечание. Для четкого определения точки эквивалентности окраску титруемой пробы сравнивайте с окраской холостой пробы, в качестве которой используйте склянку с таким же объемом анализируемой воды и индикатора.

5. Определите объем раствора хлорида бария, израсходованного на титрование ( $V$ , мл) (Рисунок 10):

$$V = V_0 - V_k \quad (2)$$



Рисунок 10. Определение израсходованного хлорида бария

6. Рассчитайте концентрацию сульфатов ( $C_c$ , мг/л) в анализируемой воде по формуле (3):

$$C_c = \frac{48,03 \cdot V \cdot C_B \cdot 1000}{V_{\Pi}} = 384 \cdot V \quad (3)$$

где: 48,03 – молярная масса эквивалента сульфат-иона, г/моль;  
V – объем раствора хлорида бария, израсходованного на титрование, мл;  
С<sub>б</sub> – концентрация раствора хлорида бария, используемого для титрования, 0,02 моль/л эквивалента;  
1000 – коэффициент пересчета единиц измерений из граммов в миллиграммы;  
V<sub>п</sub> — объем пробы, взятой для титрования, 2,5 мл.

### Содержание отчета

Зафиксируйте результаты экспериментов в тетради. Используя полученные результаты экспериментов, сделайте вывод о возможных источниках загрязнения осадков. Напишите соответствующие уравнения химических реакций.

## Опыт 2. Определение органолептических показателей качества воды

Цель работы: Знакомство с органолептической оценкой качества воды.

### Теоретическая часть

Любое знакомство со свойствами воды начинается с определения органолептических показателей, т.е. таких, для определения которых мы пользуемся нашими органами чувств (зрением, обонянием, вкусом). Органолептическая оценка приносит много прямой и косвенной информации о составе воды и может быть проведена быстро и без каких-либо приборов. К органолептическим характеристикам относятся цветность, мутность (прозрачность), запах, вкус и привкус, пенистость.

Органолептическая оценка качества воды – обязательная начальная процедура санитарно-химического контроля воды. Ее правильному проведению специалисты придают большое значение.

Цветность – естественное свойство природной воды, обусловленное присутствием гуминовых веществ и комплексных соединений железа. Цветность воды может зависеть от свойств и структуры дна водоема, характера водной растительности и прилегающих к водоему почв, наличия в водосборном бассейне болот и торфяников и др.

Если окраска воды не соответствует обычным природным оттенкам, а также при интенсивной естественной окраске, определяют высоту столба жидкости, при котором визуально обнаруживается окраска. Соответствующая высота столба воды не должна превышать: для воды водоемов хозяйственно-питьевого назначения – 20 см; культурно-бытового назначения – 10 см. Удовлетворительная цветность воды устраняет необходимость определения тех загрязнителей, ПДК которых установлены по цветности. К таким загрязнителям относятся многие красители и соединения, образующие интенсивно окрашенные растворы.

Можно определять цветность и качественно, характеризуя цвет воды в пробирке высотой 10-12 см (например, бесцветная, слабожелтая, желтая, буроватая и т.д.).

Определение цветности (или цвета) воды актуально только при оценке качества окрашенных природных вод либо при анализе сточных вод. Цвет у питьевой воды, как правило, отсутствует.

Мутность воды обусловлена содержанием взвешенных в воде мелкодисперсных примесей – нерастворимых или коллоидных частиц различного происхождения.

Мутность воды обуславливает и некоторые другие характеристики воды, такие как:

- наличие осадка, который может отсутствовать, быть незначительным, заметным, большим, очень большим (количество осадка можно измерять в миллиметрах);
- наличие и количество взвешенных веществ, или грубодисперсных примесей (измеряется в миллиграммах массы примесей на литр воды);
- прозрачность, измеряется как высота столба воды, при взгляде сквозь который на белой бумаге можно различать стандартный печатный шрифт.

Для определения мутности используется визуальный метод – по степени мутности столба высотой 10-12 см в мутномерной пробирке. Мутность пробы описывают качественно следующим образом: прозрачная; слабо опалесцирующая; опалесцирующая; слабо мутная; мутная; очень мутная.

Опалесценция – от opalus (лат.), название минерала – явление характерного свечения коллоидных растворов при их боковом освещении, хорошо наблюдаемое на темном фоне. Явление обусловлено рассеянием света вследствие его дифракции от взвешенных в коллоидном растворе микрочастиц, находящихся в высокодиспергированном состоянии.

Запах воды обусловлен наличием в ней летучих пахнущих веществ, которые попадают в воду естественным путем либо со сточными водами. Практически все органические вещества (в особенности жидкие) имеют запах и передают его воде. Обычно запах определяют при комнатной (20°C) и при повышенной (60°C) температуре воды. Запах по характеру подразделяют на две группы, определяя его субъективно по своим ощущениям:

1) естественного происхождения (от живущих и отмерших организмов, от влияния почв, водной растительности и т.п.);

2) искусственного техногенного происхождения. Такие запахи обычно значительно изменяются при обработке воды.

Оценку вкуса воды проводят у питьевой природной воды при отсутствии подозрений на ее загрязненность. Различают 4 вкуса: соленый, кислый, горький, сладкий. Остальные вкусовые ощущения считаются привкусами (солонюватый, горьковатый, металлический, хлорный и т.п.). Вкус и привкус определяют в сырой (некипяченой воде) воде, за исключением воды из открытых водоемов и источников, сомнительных в санитарном отношении. Интенсивность вкуса и привкуса оценивают по 5-балльной шкале.

При определении вкуса и привкуса анализируемую воду набирают в рот из стакана и задерживают на 3-5 сек, не проглатывая. После определения вкуса воду сплевывают.

#### **Оборудование и материалы**

1. Пробирки;
2. Пробки;
3. Штатив для пробирок;
4. Ложка;
5. Стаканы одноразовые на 200 мл – 5 шт;
6. Соль;
7. Горчица;
8. Сахар;
9. Лимон;
10. Кипяченая вода;
11. Модельные растворы.

#### **Указания по технике безопасности**

Используемые при выполнении анализа растворы, реактив, посуда и другие составные части комплекта должны быть предварительно осмотрены.

При осмотре проверяют:

1. Целостность и герметичность упаковки растворов, реактивов;
2. Отсутствие повреждений мерной посуды, пробирок, контрольных шкал и т.п.;
3. Соответствие выбранного для использования реактива (раствора) или посуды требованиям методики анализа, т.е. наличие хорошо и однозначно читаемой этикетки, меток на мерной посуде и т.п.

После проведения анализа мерные склянки и пипетки следует промыть чистой водой, склянки с растворами необходимо герметично закрыть и уложить в места для их хранения.

Входящие в состав комплекта реактивы герметично упакованы во флаконы и не представляют опасности при хранении. Хоть комплект не содержит ядовитых и

сильнодействующих веществ, при работе с комплектом необходимо руководствоваться основными правилами безопасности, предусмотренными для работ в химической лаборатории. В частности, при работе в лаборатории не допустимо:

1. Попадание химикатов и растворов на слизистые оболочки, кожу, одежду;
2. Принятие пищи (питья);
3. Вдыхание воздуха и химикатов, особенно имеющих резкий запах и находящихся в мелкокристаллическом состоянии (образующих пыль);
4. При работе со стеклянными изделиями и посудой необходимо соблюдать осторожность во избежание порезов.

Повышенную опасность представляют крепкие и концентрированные минеральные кислоты, а также муравьиная кислота, обладающие сильным разъедающим действием при попадании на слизистые оболочки, кожные покровы, одежду, обувь, оборудование и т.п. При попадании кислот на кожу необходимо быстро промокнуть раствор любым тампоном (салфеткой, ветошью и т.п.), место попадания обильно промыть струей воды и вымыть с мылом.

Особенно опасны кислоты при попадании в глаза. В этом случае глаза необходимо немедленно обильно промыть не сильной струей воды, затем 2%-ным водным раствором соды и срочно обратиться к врачу-специалисту.

Соблюдайте правила определения запаха неизвестных веществ.

#### Задания

##### **А. Определение мутности (прозрачности)**

1. Пронумеруйте пробирки с растворами.
2. Заполните каждую пробирку соответствующим модельным раствором на высоту 10-12 см.
3. Определите мутность воды, рассматривая пробирку на темном фоне при достаточном боковом освещении.

##### **Б. Определение запаха воды**

1. Налейте в пробирки (колбы) выданные вам модельные растворы и закройте пробками.
2. Поочередно открывайте пробки у пробирок (колб) с растворами и определяйте запах воды.
3. При определении запаха руководствуйтесь таблицами 4 и 5.

Таблица 4. Оценка запаха воды в баллах

Интенсивность запаха	Характер проявления запаха	Балл
Отсутствует	Запах не ощущается	0
Очень слабая	Запах слегка обнаруживаемый	1
Слабая	Запах замечается, если обратить на это внимание	2
Заметная	Запах легко замечается, вызывает неодобрительный отзыв о воде	3
Отчетливая	Запах обращает на себя внимание и заставляет воздержаться от питья	4
Очень сильная	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной для питья	5

Таблица 5. Определение характера запаха

Символ	Характер запаха	Примерный род запаха
А	Ароматический	Огуречный, цветочный
Б	Болотный	Илистый, тинистый
Г	Гнилостный	Фекальный, сточный
Д	Древесный	Запах мокрой щепы, древесины



З	Землистый	Прелый, свежевспаханной земли
Р	Рыбный	Рыбьего жира, рыбы
С	Сероводорода	Тухлых яиц
Т	Травянистый	Сена, свежескошенной травы
Н	Неопределенный	Запах естественного происхождения, не подходящий под предыдущие определения

### В. Определение вкуса и привкуса воды

Данная работа проводится в домашних условиях. В лаборатории пробовать вещества на вкус запрещено!

1. Налейте в пять стаканов по 100 мл кипяченой воды.

2. Растворите в воде:

- в 1-м стакане ложку сахара, (проба № 1);
- во 2-м стакане ложку соли, (проба № 2);
- в 3-м стакане ложку горчицы, (проба № 3);
- в 4-м стакане ложку лимонного сока, (проба № 4);
- в 5-м стакане – только кипяченая вода, (проба № 5).

Хорошо перемешайте жидкость ложкой, вытирая ее насухо после каждого стакана.

3. Наберите из каждого стакана 10–15 мл жидкости, подержите ее во рту несколько секунд и определите вкус и привкус.

Жидкость не проглатывайте!

Исследуйте за один раз не более 2-х проб, затем сделайте перерыв на 5 минут.

4. Сделайте для пробы растворы разной концентрации, разбавляя водой.

5. Определите интенсивность вкуса и привкуса приготовленных растворов, разбавив их в 2 раза, добавляя по 100 мл воды в каждый стакан. Для оценки вкуса и привкуса используйте таблицу 6:

Таблица 6. Интенсивность вкуса и привкуса

Интенсивность вкуса и привкуса	Оценка интенсивности вкуса и привкуса в баллах	Характер проявления вкуса и привкуса
Нет	0	Не ощущаются
Очень слабая	1	Сразу не ощущаются, но обнаруживаются при тщательной оценке
Слабая	2	Заметны, если обратить внимание
Заметная	3	Легко заметны и вызывают неодобрительный отзыв
Отчетливая	4	Обращают внимание и заставляют воздержаться от питья
Очень сильная	5	Очень сильные, делают воду непригодной для питья

### Содержание отчета

#### А. Определение мутности (прозрачности)

Выберите подходящую степень мутности по таблице 7 и поставьте номер пробирки:

Таблица 7. Результаты эксперимента

Степень мутности	Номера пробирок
Мутность отсутствует	
Слабо опалесцирующая	
Опалесцирующая	

Слабо мутная	
Очень мутная	

### Б. Определение запаха воды

По результатам наблюдений заполните таблицу 8, используя вышеприведенные данные.

Таблица 8. Результаты эксперимента

№ пробирки (колбы)	Оценка в баллах	Запах
1		
2		
3		
И т.д.		

### В. Определение вкуса и привкуса воды

По результатам наблюдений заполните таблицу 9.

Таблица 9. Характер вкуса и привкуса

Проба (раствор) №	Вкус и привкус
1	
2	
3	
4	
5	

Вкус каких веществ при разбавлении раствора вы чувствуете дольше?

#### Опыт 3. Очистка воды от загрязнений

Цель работы: Изучение различных методов очистки воды от загрязнений.

#### Теоретическая часть

Очистка воды в природе может происходить несколькими путями. При испарении, за которым следует конденсация влаги, удаляются практически все растворенные вещества. Бактерии в процессе собственной жизнедеятельности расщепляют органические вещества на более простые соединения. Наконец, фильтрование воды через песок и гравий удаляет взвешенные вещества, при этом пористые вещества (например, торф) дополнительно очищают воду за счет процесса адсорбции. Однако при перегрузке природные системы не могут качественно справляться с задачей очистки воды.

Для ликвидации загрязнений воды в настоящее время используются разнообразные методы – биологические, химические, сорбционные, электрохимические и др.

#### Оборудование и материалы

1. Воронка стеклянная;
2. Колба коническая на 50 мл;
3. Палочка стеклянная;
4. Стакан на 50 мл – 2 шт.;
5. Фильтр бумажный;
6. Штатив для пробирок;
7. Воронка делительная цилиндрическая на 50 мл;
8. Штатив лабораторный;
9. Вата;
10. Уголь активированный;
11. Модельная вода, загрязненная нефтепродуктами или жиром (растительным маслом);
12. Модельная вода, загрязненная механическими примесями.

#### Указания по технике безопасности

Используемые при выполнении анализа растворы, реактив, посуда и другие составные части комплекта должны быть предварительно осмотрены.

При осмотре проверяют:

1. Целостность и герметичность упаковки растворов, реактивов;
2. Отсутствие повреждений мерной посуды, пробирок, контрольных шкал и т.п.;
3. Соответствие выбранного для использования реактива (раствора) или посуды требованиям методики анализа, т.е. наличие хорошо и однозначно читаемой этикетки, меток на мерной посуде и т.п.

После проведения анализа мерные склянки и пипетки следует промыть чистой водой, склянки с растворами необходимо герметично закрыть и уложить в места для их хранения.

Входящие в состав комплекта реактивы герметично упакованы во флаконы и не представляют опасности при хранении. Хотя комплект не содержит ядовитых и сильнодействующих веществ, при работе с комплектом необходимо руководствоваться основными правилами безопасности, предусмотренными для работ в химической лаборатории. В частности, при работе в лаборатории не допустимо:

1. Попадание химикатов и растворов на слизистые оболочки, кожу, одежду;
2. Принятие пищи (питья);
3. Вдыхание воздуха и химикатов, особенно имеющих резкий запах и находящихся в мелкокристаллическом состоянии (образующих пыль);
4. При работе со стеклянными изделиями и посудой необходимо соблюдать осторожность во избежание порезов.

Повышенную опасность представляют крепкие и концентрированные минеральные кислоты, а также муравьиная кислота, обладающие сильным разъедающим действием при попадании на слизистые оболочки, кожные покровы, одежду, обувь, оборудование и т.п. При попадании кислот на кожу необходимо быстро промокнуть раствор любым тампоном (салфеткой, ветошью и т.п.), место попадания обильно промыть струей воды и вымыть с мылом.

Особенно опасны кислоты при попадании в глаза. В этом случае глаза необходимо немедленно обильно промыть не сильной струей воды, затем 2%-ным водным раствором соды и срочно обратиться к врачу-специалисту.

### Задания

#### 1. Очистка воды фильтрованием

Данный способ применяется для очистки воды от механических примесей. В качестве фильтров могут использоваться бумажный фильтр, вата, различные фильтрующие материалы. На рисунке 11 представлена установка для фильтрования в лабораторных условиях.

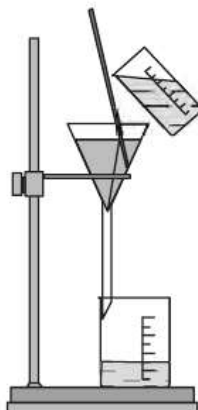


Рисунок 11. Установка для очистки воды фильтрованием

Назовите составные части установки и опишите их назначение. Соберите установку, проведите фильтрование (для этого может быть использована вода, искусственно загрязненная, например, почвой).

Для приготовления воды, загрязненной механическими примесями, необходимо в 0,5 л воды поместить 1 чайную ложку измельченной почвы, строительного мусора, твердых атмосферных выпадений и т.п. Смесь интенсивно перемешивают. Используют мутный раствор, содержащий видимые глазом взвешенные частицы.

## 2. Очистка воды адсорбцией

Данный способ очистки воды используется в том случае, если вода загрязнена примесями жира или нефтепродуктов. В качестве адсорбента применяют активированный уголь.

Для опыта используется установка, изображенная на рисунке 12.



Рисунок 12. Установка для очистки воды адсорбцией

Соберите установку согласно рисунку.

Поместите в нижнюю часть делительной воронки ватный тампон, заполните ее поверх ватного тампона на высоту 2-3 см активированным углем.

Влейте загрязненную воду в делительную воронку при закрытом кране воронки. Откройте кран воронки на столько, чтобы вода вытекала тонкой струйкой. Какие изменения произошли с водой? Объясните наблюдаемое.

Приготовление воды, загрязненной нефтепродуктом (жиром). В 0,5 л теплой или горячей воды наливают 1 чайную ложку растительного масла, интенсивно перемешивают. Используют мутный раствор, который может иметь масляную пленку. Аналогично можно приготовить раствор из реального нефтепродукта, используя отработанное карбюраторное масло, керосин и др. малолетучие нефтепродукты.

### Содержание отчета

Заполните таблицу 10 по результатам проведенных опытов.

Таблица 10. Результаты опытов

Вода до отметки (внешний вид)	Способ очистки		
	Фильтрование		Адсорбция
	Через бумажный фильтр	Через вату	Через активированный уголь
Мутная			
С механическими примесями – твердыми частицами			
С жирной пленкой			
С применением нефтепродуктов			

Сделайте вывод о сравнительной эффективности различных методов очистки воды.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие показатели воды относятся к органолептическим?
2. Какие показатели воды относятся к физическим?
3. Назовите основные правила отбора проб воды.
4. Причины возникновения кислотных дождей.
5. Современные методы очистки воды.
6. Основные методы очистки сточных вод.
7. Назначение и методы механической очистки стоков.
8. Назначение и методы физико-химической очистки стоков.
9. Назначение и методы химической очистки стоков.
10. Назначение и методы биологической очистки стоков.

### **Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме**

#### **Основная литература:**

1. Тулякова, О. В. Экология [Электронный ресурс] : учебное пособие / О. В. Тулякова. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Вузовское образование, 2014. — 181 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21904.html>
2. Челноков, А. А. Общая и прикладная экология [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. А. Челноков, К. Ф. Саевич, Л. Ф. Ющенко ; под ред. К. Ф. Саевич. — Электрон. текстовые данные. — Минск : Вышэйшая школа, 2014. — 655 с. — 978-985-06-2400-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35508.html>

#### **Дополнительная литература:**

1. Степановских, А. С. Общая экология [Электронный ресурс] : учебник для вузов / А. С. Степановских. — Электрон. текстовые данные. — М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2012. — 687 с. — 5-238-00854-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8105.html>
2. Большаков, В. Н. Экология [Электронный ресурс] : учебник / В. Н. Большаков, В. В. Качак, В. Г. Коберниченко ; под ред. Г. В. Тягунов, Ю. Г. Ярошенко. — Электрон. текстовые данные. — М. : Логос, 2013. — 504 с. — 978-5-98704-716-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14327.html>

#### **Интернет-ресурсы:**

- 1 <http://window.edu.ru/> – единое окно доступа к образовательным ресурсам
- 2 <http://biblioclub.ru/> — ЭБС «Университетская библиотека онлайн».
- 3 <http://catalog.ncstu.ru/> — электронный каталог ассоциации электронных библиотек учебных заведений и организаций СКФО
- 4 <http://www.iprbookshop.ru> — ЭБС.
- 5 <https://openedu.ru> – Открытое образование
- 6 <http://ecograde.bio.msu.ru> – Информационная система «Фундаментальные проблемы оценки состояния экосистем и экологического нормирования»

## **Тема 2. Основы прикладной экологии**

### **Лабораторная работа 3. Оценка усвоения тяжелых металлов из почвы овощными культурами**

Цель работы: Оценка усвоения тяжелых металлов из почвы овощными культурами на примере петрушки (укропа) и отработка навыков контроля тяжелых металлов в почве.

#### **Теоретическая часть**

По определению В.И. Вернадского, почва представляет собой «биокосное тело, состоящее одновременно из живых и косных (неорганических) тел – минералов, воды, воздуха, органических остатков». В почве протекают различные физические, химические и биологические процессы, которые в результате антропогенного загрязнения нарушаются. Основными загрязняющими почву веществами являются удобрения и пестициды (ядохимикаты, применяемые для борьбы с сорняками, вредителями, грибковыми заболеваниями), металлы и их соединения, радиоактивные вещества.

Серьёзную опасность представляет загрязнение почвы тяжелыми металлами – металлами с большим атомным весом (свинцом, цинком, ртутью, медью, никелем, железом, ванадием, кадмием, хромом и др.), которые оказывают токсичное действие на живые организмы и природные экосистемы. Загрязнением почв тяжелыми металлами считается превышение их фактического содержания в почве над региональным фоном. Основными антропогенными источниками поступления тяжелых металлов в окружающую среду являются: предприятия черной и цветной металлургии, горнодобывающая промышленность, сжигание угольного топлива, нефти и различных отходов, производство стекла, цемента, автотранспорт. Так, например, основным источником загрязнения окружающей среды свинцом является автомобильный транспорт; кадмием, медью, мышьяком и цинком – цветная металлургия; кобальтом, никелем, ванадием и селеном – теплоэнергетика; ртутью – цветная металлургия, сжиганием топлива, химическая промышленность. Некоторое количество тяжелых металлов в окружающую среду поставляет и сельское хозяйство, где применяются пестициды и минеральные удобрения, содержащие тяжелые металлы. По оценкам специалистов, антропогенный вклад для большинства тяжёлых металлов превышает 60% причём, по некоторым оценкам, для свинца, кадмия, никеля и ванадия он доходит до 90%.

Поскольку большинство тяжелых металлов поступает в почву, осаждаясь с промышленными выбросами из атмосферы, загрязнение почвы обусловлено, в первую очередь, розой ветров данного района и скоростью ветра. Поэтому наибольшие загрязнения отмечаются в направлении преобладающих ветров (в этом состоит так называемый аэральнo-техногенный характер загрязнения). Кроме этого, сказывается влияние и других метеорологических факторов (температурной инверсии и количества осадков), а также рельефа местности и характеристик промышленного предприятия (мощности и технологии предприятия, высоты труб, системы очистки газовых выбросов предприятия), физико-химических свойств выбрасываемых частиц, их дисперсности и химического состава. Особенно далеко от источника выброса переносятся высокодисперсные аэрозоли. Наибольшая плотность выпадения тяжёлых металлов от промышленного источника наблюдается в его окрестностях, в радиусе 3-5 км.

Следует отметить, что при наблюдении и контроле над загрязнением почвы тяжёлыми металлами достаточно трудно, а иногда и практически невозможно отделить металлы техногенного происхождения от металлов естественного происхождения. В основном металлы техногенного происхождения сосредотачиваются в поверхностном 5-6-сантиметровом почвенном слое. Поведение тяжёлых металлов в почве зависит от окислительно-восстановительных условий и pH среды – в кислой среде большинство металлов более подвижны. Поэтому основную опасность представляет способность тяжёлых металлов накапливаться в растениях и с пищей поступать в организмы животных и человека. Соединения тяжёлых металлов токсичны, некоторые из них, например, кадмий, оказывают канцерогенное воздействие на организм человека (т.е. провоцируют образование злокачественных опухолей). Токсическое действие свинца связано с его

способностью замещать кальций в костях и нервных волокнах. Отравление человека свинцом проявляется неспецифическими симптомами: вначале появляется повышенная возбудимость и бессонница, позже утомляемость и депрессия. Более поздние симптомы заключаются в расстройстве функций нервной системы и поражении головного мозга. Свиней, как и другие тяжёлые металлы (кадмий, ртуть), отрицательно влияет на реакцию глазной сетчатки, вызывает ухудшение сумеречного зрения. Хроническое воздействие даже незначительных концентраций кадмия вызывает заболевания нервной системы и костных тканей, нарушение ферментного обмена и работы почек.

Содержание тяжёлых металлов в почве нормируется – для них устанавливается предельно допустимая концентрация в почве (ПДК<sub>п</sub>).

ПДК<sub>п</sub> должна обеспечивать:

- переход тяжёлого металла в растения (усвоение) в количестве, не влекущем превышения ПДК данного вещества в продуктах питания);
  - переход тяжёлого металла в грунтовые воды в количестве, не влекущем превышения ПДК для воды водоёмов;
  - процессы самоочищения и почвенный микробиоценоз без влияния на них данной концентрации металла в почве.

Так, например, установлены ПДК<sub>п</sub> (в миллиграммах на килограмм сухой почвы): для ртути – 2,1 мг/кг, свинца – 20,0 мг/кг, хрома – 0,05 мг/кг.

При проведении исследований специалистами собраны многочисленные данные о накоплении тяжёлых металлов овощными культурами. Выяснено, что тяжёлые металлы могут накапливаться овощными культурами – в листьях и корнеплодах свёклы, моркови, листьях капусты, побегах укропа и петрушки, тем самым протекает усвоение тяжёлых металлов из почвы овощными культурами.

#### **Оборудование и материалы**

1. Почвогрунт нейтральный, 5л;
2. Воронка стеклянная (пластмассовая) d=50-80 мм;
3. Ножницы;
4. Пинцет;
5. Пробирка;
6. Семена петрушки или укропа – 1 упаковка;
7. Стаканы (ёмкостью 50 и 100 мл) – по 1 шт;
8. Стеклянная палочка;
9. Сульфат никеля 7-водный (NiSO<sub>4</sub>×7H<sub>2</sub>O);
10. Тест-система «Никель-тест»;
11. Фильтры бумажные обеззоленные «Синяя лента»;
12. Цилиндр мерный на 50 мл;
13. Чашка Петри – 4 шт;
14. Шпатель (ложечка);
15. Ящик для рассады пластмассовый, 40×20×8 см (ориентировочно);
16. Весы учебные с разновесами;
17. Тест-комплект «Никель»;
18. Шкаф сушильный, обеспечивающий температуру 105°С.

#### **Указания по технике безопасности**

Используемые при выполнении анализа растворы, реактив, посуда и другие составные части комплекта должны быть предварительно осмотрены.

При осмотре проверяют:

1. Целостность и герметичность упаковки растворов, реактивов;
2. Отсутствие повреждений мерной посуды, пробирок, контрольных шкал и т.п.;
3. Соответствие выбранного для использования реактива (раствора) или посуды требованиям методики анализа, т.е. наличие хорошо и однозначно читаемой этикетки, меток на мерной посуде и т.п.

После проведения анализа мерные склянки и пипетки следует промыть чистой водой, склянки с растворами необходимо герметично закрыть и уложить в места для их хранения.

Входящие в состав комплекта реактивы герметично упакованы во флаконы и не представляют опасности при хранении. Хотя комплект не содержит ядовитых и сильнодействующих веществ, при работе с комплектом необходимо руководствоваться основными правилами безопасности, предусмотренными для работ в химической лаборатории. В частности, при работе в лаборатории не допустимо:

1. Попадание химикатов и растворов на слизистые оболочки, кожу, одежду;
2. Принятие пищи (питья);
3. Вдыхание воздуха и химикатов, особенно имеющих резкий запах и находящихся в мелкокристаллическом состоянии (образующих пыль);
4. При работе со стеклянными изделиями и посудой необходимо соблюдать осторожность во избежание порезов.

При проведении экспериментов по моделированию загрязнений воздуха предусмотрено использование концентрированных и разбавленных кислот – серной, соляной, азотной, муравьиной. При попадании кислот на кожу необходимо быстро промокнуть раствор любым тампоном (салфеткой, ветошью и т.п.), место попадания обильно промыть струей воды и вымыть с мылом.

Особенно опасны кислоты при попадании в глаза. В этом случае глаза необходимо немедленно обильно промыть не сильной струей воды, затем 2%-ным водным раствором соды и срочно обратиться к врачу-специалисту.

Соль никеля при попадании в организм человека представляет повышенную опасность и требует особого обращения, а именно: хранения в специальном месте, учета при расходовании.

### Задания

В связи с относительной сложностью данной работы, ниже подробнее приводится общий порядок ее выполнения, после чего изложен порядок выполнения основных операций, которые проводятся с почвой несколько раз в ходе эксперимента.

Для выполнения данной работы необходимо заблаговременно вырастить зелёные растения на почвогрунте. Для этого проращивают семена, высаживают проросшие семена в почвогрунт и, создавая необходимые условия для прорастания зеленой массы (тепличные значения температуры и относительной влажности, обязательные регулярный полив и орошение), выращивают растения высотой не менее 5-7 см.

Необходимо также заблаговременно приготовить раствор  $\text{NiSO}_4$  с концентрацией  $\text{Ni}^{2+}$ , требуемой для реализации метода моделирования (в диапазоне от 250 до 5000 мг/л, в зависимости от используемого метода анализа), по следующей методике:

#### Приготовление раствора сульфата никеля

Взвешенную на весах навеску (m, г) никеля (II) сульфата 7-водного ( $\text{NiSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ ) из состава набора с точностью  $\pm 0,01$  г помещают в мерную колбу, растворяют в дистиллированной воде и доводят объем раствора до 1000 мл дистиллированной водой.

Величина навески устанавливается заблаговременно в ходе пробного эксперимента и зависит от сорбционных свойств используемого образца почвы и чувствительности выбранного метода анализа.

Значения навески (m, г) соли никеля для получения требуемой установленной концентрации никеля в растворе соли ( $C_{\text{Ni}}$ , мг/л), приведены в таблице 11.

Таблица 11. Значения навески (m, г) соли никеля

$C_{\text{Ni}}$ , мг/л	250	500	1000	2500	5000
m, г	1,20	2,40	4,80	12,0	24,0

Примечание. Ориентировочные значения концентрации раствора соли никеля: при тестовом анализе с применением тест-системы – 5000мг/л, при количественном анализе с



применением тест-комплекта «Никель» либо аналогичной лабораторной методики – 500 мг/л.

Срок годности раствора никеля составляет 1 год.

Требуемая для внесения в почву концентрация никеля устанавливается заблаговременно в ходе пробного эксперимента.

**На первом этапе** работают с почвой, в которой впоследствии будут выращиваться растения (фоновый уровень). Отбирают пробы почвы, проводят усреднение проб; из усреднённой пробы приготавливают вытяжку и ее анализируют, т.е. проводят определение содержания в ней металла с помощью тест-системы «Никель-тест» или иного, более точного, средства. Таким образом получается **проба №1**.

Примечание. Для большей точности при выполнении данного и последующих определений содержания никеля в почве рекомендуется пользоваться тест-комплексом «Никель» или использовать более сложные лабораторные методики химического анализа.

На втором этапе выполняют аналогичные работы, но работают с почвой, где уже выращены растения высотой не менее 5-7 см. При этом в почву с выращенными растениями равномерно вносят методом полива раствор модельного загрязнения, приготовленный из имеющейся в наборе соли никеля (приготовление раствора приведено выше).

Добавление раствора модельного загрязнения проводят до состояния полного смачивания всей массы почвы в ящике, но без появления излишнего раствора на поддоне.

Концентрация приготавливаемого модельного загрязнения – раствора соли никеля – устанавливается заблаговременно в ходе пробного эксперимента и зависит от сорбционных свойств используемого образца почвы и чувствительности выбранного метода анализа. Ориентировочные значения концентрации раствора соли никеля: при тестовом анализе с применением тест-системы – 5000 мг/л, при количественном анализе с применением тест-комплекта «Никель» либо аналогичной лабораторной методики – 500 мг/л.

При выполнении работы модельные растворы соли никеля после приготовления может анализироваться с применением тест-системы «Никель-тест» или иного, более точного, средства контроля (например, тест-комплекта «Никель»). Целью анализа модельного раствора является освоение выбранного метода и средства оценки концентрации данного загрязнения. При этом полуколичественно (либо количественно, в зависимости от применяемых средств контроля) определяется концентрация никеля в модельном растворе.

Количество вносимого раствора устанавливается предварительным тестом пробной почвенной вытяжки таким образом, чтобы концентрация никеля в вытяжке составляла порядка 100 мг/л (ориентировочно). При этом фиксируется (записывается) объем раствора, израсходованного на полив, и его концентрация.

На этом этапе также выполняют отбор и усреднение пробы, приготовления водной вытяжки и её анализ, получая, таким образом, **пробу №2** (исходный уровень).

**На третьем этапе** определяют содержание никеля в водной вытяжке и почве через определённые промежутки времени (например, еженедельно), получая, таким образом, **несколько проб (№№3-5 или более)**, характеризующих усвоение никеля растениями во времени (динамику усвоения).

По результатам всех проведённых экспериментов данные, полученные при определении концентрации никеля в почве во времени, фиксируют в таблице. По окончании экспериментов проводят построение графика зависимости содержания никеля в почве от времени, характеризующей динамику процесса усвоения.

#### **Дополнительные рекомендации**

1. Продолжительность эксперимента (количество отбираемых проб может быть увеличена для получения более представительных данных о процессе усвоения никеля растениями).

2. При возможности определения содержания никеля в почве несколькими методами (тест-системой, тест-комплект, лабораторной методикой) могут быть получены значения содержания никеля в почве этими методами для сопоставления точности результатов и обоснования выводов.

3. Данная работа может быть выполнена также на различных овощных культурах – как листовых. Так и корневых. Важно, чтобы для экспериментов были выбраны культуры, растущие быстро и дающие большой привес массы. Таким образом можно выполнить целое исследование процесса усвоения тяжёлых металлов из почвы различными овощными культурами, причём в качестве факторов усвоения могут быть выбраны условия произрастания, типы почв и т.п. Также может быть проведено экспериментальное исследование процесса накопления металла различными частями растения.

#### **Выполняемые операции**

Выполнение данных операций проводят с почвой несколько раз в ходе эксперимента: после внесения в неё модельного загрязнения солью никеля перед выращиванием овощных культур (в отсутствие зелёных растений), а также с почвой, на которой уже выращены зелёные растения.

#### **А. Отбор и подготовка проб почвы**

1. Из нескольких точек лабораторной установки с одинаковой глубины шпателем отберите пробы почвы в количестве не менее 100 г (ориентировочно 0,1-0,2 л). Проведите усреднение (объединение) образцов, отобранных из нескольких мест, для получения представительной работы.

2. Усреднённую пробу поместите в чашку Петри, заполнив её на  $\frac{1}{2}$  высоты (Рисунок 13), и высушивайте в сушильном шкафу при температуре  $105^{\circ}\text{C}$  до постоянной массы (не менее 2 часов).

Высушенную пробу храните в закрытой чашке Петри или в матерчатом мешочке.

Примечание.

1. Высушивание почвенного образца выполняется заблаговременно, накануне для занятий либо на предыдущем занятии.

2. Высушивание почвенного образца при отсутствии сушильного шкафа можно проводить в комнатных условиях, поместив открытую чашку Петри с образцом в тёплое место на 1 сутки.

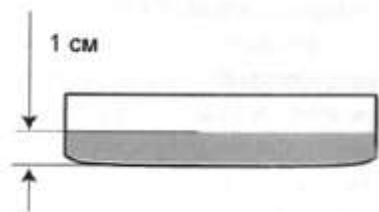


Рисунок 13. Чашка Петри с отобранной пробой

#### **Б. Приготовление почвенной вытяжки**

1. Взвесьте на весах чистый стакан на 100 мл. В стакан поместите высушенную почву на 1-3 высоты и снова взвесьте его, определив массу почвы в граммах.

2. С помощью цилиндра добавьте к почве дистиллированную воду в количестве 5 мл воды на каждый грамм почвы.

3. Перемешивайте содержимое стакана в течение 3-5 мин. с помощью стеклянной палочки.

4. Отфильтруйте содержимое стакана через бумажный фильтр, собирая готовую вытяжку в нижний стакан на 100 мл, как показано на рисунке 14. Обратите внимание на её внешний вид (цвет, мутность). Вытяжка должна быть однородной и не должна содержать частиц почвы.

Примечание. Первые несколько миллилитров фильтрата необходимо отбросить, т.к. они собирают загрязнения с фильтра.

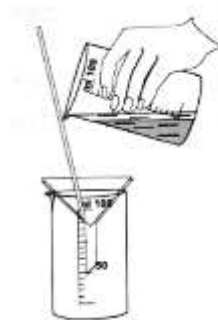


Рисунок 14. Фильтрация почвенной вытяжки

Вытяжка должна быть проанализирована в тот же день.

Содержание никеля в полученной вытяжке определяется с применением тест-системы «Никель-тест».

### Выполнение тестирования почвенной вытяжки с применением тест-системы «Никель-тест» (Рисунок 15)

1. Отрежьте ножницами от индикаторной полоски рабочий участок размером не менее 5×5 мм.

Примечание. Внимательно изучите порядок проведения тестирования на обложке тест-системы!

2. Не снимая полимерного покрытия, зажмите кусочек полоски пинцетом и опустите его в раствор (вытяжку). Выдержите кусочек полоски в растворе 5-10 сек.

3. Через 3 мин. сравните окраску кусочка полоски с окраской контрольной шкалы цветных образцов на этикетке теста, выбрав образец, ближайший по интенсивности и характеру окраски тестируемого кусочка (при промежуточной окраске – соответствующий интервал концентраций). Определите ориентировочную величину концентрации никеля в растворе (водной вытяжке).



Рисунок 15. Выполнение тестирования почвенной вытяжки с применением тест-системы «Никель-тест»

4. Рассчитайте содержание никеля в пробе почвенного раствора  $C_{Ni2}$  в мг/л по формуле (4):

$$C_{Ni} = \frac{C_{B Ni} \cdot V}{m}, \quad (4)$$

где:  $C_{B Ni}$  – концентрация ионов никеля в водной вытяжке, мг/л;

$V$  – объём вытяжки, мл;

$m$  – масса образца, г.

## Содержание отчета

### 1. Определение содержания никеля в почвенной вытяжке и фиксирование результатов

Полученные данные зафиксируйте в таблице 12 по следующей форме:

Таблица 12. Результаты эксперимента

Объём раствора модельного загрязнения _____ мл				
Количество $Ni^{2+}$ , внесённого в почву с раствором _____ мг				
№ пробы	Продолжительность, дни	Масса пробы почвы, г	Концентрация $Ni^{2+}$ в водной вытяжке, мг/л	Концентрация $Ni^{2+}$ в пробе почвы, мг/кг

1				
2				
3				
4				
5				

При возможности определения содержания никеля в почве несколькими методами получите значения  $C_{\text{П Ni}}$  этими методами для дальнейшего сопоставления точности результатов и обоснования выводов.

## 2. Построение графика зависимости содержания никеля в почве от времени

По данным таблицы 12 постройте графическую зависимость концентрации никеля в почве ( $C_{\text{П Ni}}$ ) от времени ( $\tau$ , дни), откладывая по оси абсцисс время, а по оси ординат – концентрацию никеля в почве (Рисунок 16).

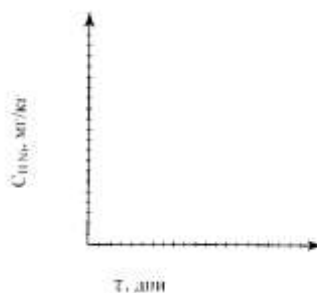


Рисунок 16. График зависимости концентрации никеля в почве от времени

Сделайте вывод о способности овощных культур усваивать тяжёлые металлы из почвы.

При наличии данных, полученных путём измерений разными средствами, сделайте вывод о сравнительной точности полученных данных в обоих случаях. Вывод обоснуйте.

### Контрольные вопросы

1. Каковы источники загрязнения почвы тяжёлыми металлами?
2. В чем заключается токсическое воздействие тяжелых металлов на человека?
3. Что такое ПДК<sub>П</sub>?
4. Каковы значения ПДК<sub>П</sub> для ртути, хрома и свинца?

### Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

#### Основная литература:

1. Тулякова, О. В. Экология [Электронный ресурс] : учебное пособие / О. В. Тулякова. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Вузовское образование, 2014. — 181 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21904.html>
2. Челноков, А. А. Общая и прикладная экология [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. А. Челноков, К. Ф. Саевич, Л. Ф. Ющенко ; под ред. К. Ф. Саевич. — Электрон. текстовые данные. — Минск : Вышэйшая школа, 2014. — 655 с. — 978-985-06-2400-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35508.html>

#### Дополнительная литература:

1. Степановских, А. С. Общая экология [Электронный ресурс] : учебник для вузов / А. С. Степановских. — Электрон. текстовые данные. — М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2012. — 687 с. — 5-238-00854-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8105.html>
2. Большаков, В. Н. Экология [Электронный ресурс] : учебник / В. Н. Большаков, В. В. Качак, В. Г. Коберниченко ; под ред. Г. В. Тягунов, Ю. Г. Ярошенко. — Электрон. текстовые данные. — М. : Логос, 2013. — 504 с. — 978-5-98704-716-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14327.html>

#### Интернет-ресурсы:

- 1 <http://window.edu.ru/> – единое окно доступа к образовательным ресурсам
- 2 <http://biblioclub.ru/> — ЭБС «Университетская библиотека онлайн».
- 3 <http://catalog.ncstu.ru/> — электронный каталог ассоциации электронных библиотек учебных заведений и организаций СКФО
- 4 <http://www.iprbookshop.ru> — ЭБС.
- 5 <https://openedu.ru> – Открытое образование
- 6 <http://ecograde.bio.msu.ru> – Информационная система «Фундаментальные проблемы оценки состояния экосистем и экологического нормирования»

#### **Лабораторная работа 4. Адсорбционная очистка питьевой и сточной воды**

Цель работы: Изучение адсорбционного метода очистки воды.

##### **Теоретическая часть**

Адсорбцией называется процесс поглощения растворенных веществ из растворов (питьевых и сточных вод) поглотителями – адсорбентами. Явление адсорбции связано с наличием сил притяжения между молекулами адсорбента и поглощаемого вещества – адсорбтива.

Основными характеристиками процесса адсорбции являются избирательность и обратимость. При определенных условиях возможно выделение поглощенного вещества из адсорбента. Такой процесс называется десорбцией, а по отношению к адсорбенту – регенерацией его.

Адсорбцию применяют для очистки питьевой воды, глубокой очистки сточных вод от растворённых органических веществ и газов, ароматических нитросоединений, красителей, поверхностно-активных веществ и др.

Особенно эффективна адсорбция при очистке сточных вод, извлечении из них ценных растворенных веществ и повторном использовании очищенной сточной воды.

В качестве сорбентов используют различные природные и синтетические твёрдые пористые материалы: активированные угли различных марок, силикагели, цеолиты, торф, глины, а также некоторые отходы производства – шлаки, золу, опилки, кору и лигнин.

Наиболее универсальными из адсорбентов являются активированные угли, сырьём для которых являются уголь, древесина, кости животных, отходы целлюлозно-бумажной, пищевой и других отраслей промышленности. Удельная поверхность сорбентов составляет от 20 до 2000 м<sup>2</sup>/г, размер пор от 0,002 до 2,0 мкм.

Адсорбенты характеризуются поглотительной или адсорбционной способностью, которая определяется количеством поглощённого адсорбтива в единице массы или объема адсорбента (г/кг или кг/м<sup>3</sup>). Максимально возможная при данных условиях поглотительная способность адсорбента называется равновесной статической ёмкостью.

Зависимость между равновесными концентрациями поглощённого вещества в твёрдой и жидкой фазах описывается изотермами адсорбции.

Скорость процесса адсорбции зависит от концентрации, природы и структуры растворённых веществ, температуры воды, вида и свойств адсорбентов.

Процесс адсорбции складывается из трёх стадий:

- переноса вещества из сточной воды к поверхности адсорбента (внешняя диффузия);
- диффузии вещества внутри адсорбента (внутренняя диффузия);
- адсорбции из поверхности пор.

Последняя стадия проходит очень быстро. Поэтому лимитирующей стадией процесса обычно является либо первая, либо вторая стадия.

Процесс адсорбционной очистки сточной воды осуществляют в аппаратах периодического или непрерывного действия. В аппаратах периодического действия сточную воду фильтруют через неподвижный слой гранулированного угля или другого сорбента до проскока извлекаемого вещества в фильтрат. После этого фильтрацию прекращают, из адсорбера сливают воду, а адсорбент регенерируют обработкой водяным паром, нагретыми инертными газами, органическими растворителями или водными растворами химических реагентов.

Выбор схемы адсорбционной очистки определяется характером производства, качественным составом сточных вод, требованиями, предъявляемыми к очищенным водам, и наличие других очистных сооружений.

Ионообменной сорбцией называется процесс обмена ионами, находящимися в растворе, и ионами функциональных групп твёрдой фазы – ионита.

Ионообменная очистка применяется для извлечения из сточных вод металлов (цинка, меди, хрома, никеля, свинца, ртути и др.), а также соединений мышьяка, фосфора, цианистых соединений и радиоактивных веществ. Метод позволяет рекуперировать ценные вещества при высокой степени очистки сточных вод. Этот метод широко применяется для умягчения и обессоливания воды в процессе водоподготовки и с целью повторного использования.

Ионообменные сорбенты – иониты – практически не растворимы в воде. В качестве ионитов используются как природные, так и полученные искусственным путём вещества.

К неорганическим природным и синтетическим ионитам относятся цеолиты, полевые шпаты, силикагели, гидроксиды некоторых металлов и др.

Органические природные иониты – это гуминовые кислоты почв, но они применяются сравнительно мало из-за небольшой химической и механической прочности, малой ёмкости.

При очистке сточных вод наибольшее практическое применение нашли органические искусственные иониты – синтетические ионообменные смолы, представляющие собой высокомолекулярные соединения.

Углеводородные радикалы образуют пространственный каркас, называемый матрицей. На матрице фиксированы неподвижные функциональные группы, связанные с противоположно заряженными подвижными ионами (противоионами). Противоионы могут обмениваться на ионы с тем же зарядом из раствора (сточной воды).

По знаку заряда обменивающихся ионов иониты делят на катиониты и аниониты. Катиониты обмениваются с растворами электролитов положительными ионами, аниониты – отрицательными ионами.

Важнейшим свойством ионитов является их поглощательная способность (обменная ёмкость). Она определяется количеством грамм-эквивалентов ионов, поглощаемых единицей массы или объёма ионита. Различают полную, статическую и динамическую объёмные ёмкости.

Полная ёмкость – это количество поглощённого иона при полном насыщении единицы объёма или массы ионита.

Статическая ёмкость – это объёмная ёмкость ионита при равновесии в данных рабочих условиях.

Динамическая ёмкость – это ёмкость ионита до проскока поглощаемых ионов в фильтрат.

Иониты выпускают в виде порошка с размером частиц 0,04-0,07 мм, зерен размером 0,2-2,0 мм, волокнистых материалов, листов и плиток.

После исчерпания в процессе обменной ёмкости ионита его регенерируют, обрабатывая растворами кислот, щелочей или солей.

Регенерация – это ионообменный процесс, проходящий в обратном направлении по отношению к основному рабочему процессу. Раствор, полученный при регенерации, называется элюатом.

Процесс ионного обмена, который включает чередующиеся стадии сорбции и регенерации ионитов, осуществляется в аппаратах периодического или непрерывного действия.

В напорном фильтре периодического действия высота слоя ионита составляет 1,5-2,5 м. Регенерация катионитов осуществляется промывкой кислотой или раствором поваренной соли.

### **Оборудование и материалы**

1. Колба на 50 мл для отбора пробы очищенной воды;
2. Тест комплекты: «Железо», «Нитраты», «Нитриты», «Активный хлор»;
3. Тест-системы: «Активный хлор», «Железо общее», «Нитрат-тест», «Нитрит-тест»;
4. Реактивы для приготовления модельных растворов;
5. Очистное устройство (водоочиститель) типа – «Ручеёк», «Аквафор», «Гейзер» и т.п.

### **Указания по технике безопасности**

Используемые при выполнении анализа растворы, реактив, посуда и другие составные части комплекта должны быть предварительно осмотрены.

При осмотре проверяют:

1. Целостность и герметичность упаковки растворов, реактивов;
2. Отсутствие повреждений мерной посуды, пробирок, контрольных шкал и т.п.;
3. Соответствие выбранного для использования реактива (раствора) или посуды требованиям методики анализа, т.е. наличие хорошо и однозначно читаемой этикетки, меток на мерной посуде и т.п.

После проведения анализа мерные склянки и пипетки следует промыть чистой водой, склянки с растворами необходимо герметично закрыть и уложить в места для их хранения.

Входящие в состав комплекта реактивы герметично упакованы во флаконы и не представляют опасности при хранении. Хотя комплект не содержит ядовитых и сильнодействующих веществ, при работе с комплектом необходимо руководствоваться основными правилами безопасности, предусмотренными для работ в химической лаборатории. В частности, при работе в лаборатории не допустимо:

1. Попадание химикатов и растворов на слизистые оболочки, кожу, одежду;
2. Принятие пищи (питья);
3. Вдыхание воздуха и химикатов, особенно имеющих резкий запах и находящихся в мелкокристаллическом состоянии (образующих пыль);
4. При работе со стеклянными изделиями и посудой необходимо соблюдать осторожность во избежание порезов.

При проведении экспериментов по моделированию загрязнений воздуха предусмотрено использование концентрированных и разбавленных кислот – серной, соляной, азотной, муравьиной. При попадании кислот на кожу необходимо быстро промокнуть раствор любым тампоном (салфеткой, ветошью и т.п.), место попадания обильно промыть струей воды и вымыть с мылом.

Особенно опасны кислоты при попадании в глаза. В этом случае глаза необходимо немедленно обильно промыть не сильной струей воды, затем 2%-ным водным раствором соды и срочно обратиться к врачу-специалисту.

### **Задания**

Данная работа выполняется в несколько этапов, работа по которой может проводиться в соответствии с принятым преподавателем планом.

1. На первом этапе проводится ознакомление с эксплуатацией водоочистителя. методиками моделирования загрязнений воды (приготовление модельных загрязнений), а также методиками анализа воды с применением тест-комплектов и тест-систем.

2. На втором этапе (при необходимости) приготавливают модельные загрязнения воды в концентрациях, необходимых для проведения анализа, с использованием имеющихся в наборе реактивов по методике, приведённой ниже.

3. На третьем этапе через водоочиститель пропускают незагрязнённую воду, после чего определяют концентрации выбранных загрязняющих веществ с применением тест-комплектов и/или тест-систем.

4. На четвертом этапе выполняют работы, аналогично этапу 3, но с использованием загрязнённой воды.

5. Затем проводят расчёт эффективности очистки.

#### **А. Эксплуатация водоочистителя**

1. В качестве водоочистителя рекомендуется использовать прибор для очистки питьевой воды типа «Гейзер». При первичном использовании прибора налейте в кувшин водопроводную воду, слейте в раковину очищенную и заполните кувшин снова водой. Наличие в воде угольной пыли не является признаком неисправности прибора.

При последующей эксплуатации прибора сливать воду нет необходимости.

2. Проведите анализ на содержание железа, нитратов, нитритов, активного хлора в исходной воде или приготовленном модельном растворе, используйте тест-комплекты и тест-системы для определения соответствующих веществ.

3. Налейте в кувшин водоочистителя загрязнённую воду или модельный раствор.

4. Отберите пробу чистой воды в объёме 50 мл после прохождения воды через фильтр.

5. Проведите анализ повторно с очищенной водой, используя тест-комплекты и тест-системы для определения соответствующих веществ.

Схема методики проведения работы представлена на рисунке 17.



Рисунок 17. Схема методики проведения работы

#### **Б. Приготовление модельных растворов**

##### **Приготовление модельного раствора нитрат-ионов**

Модельные растворы приготавливают из нитрата калия.

##### Приготовление основного модельного раствора нитрата калия.

Содержимое флакона (1,6 г) нитрата калия количественно перенесите в мерную ёмкость вместимостью 1000 мл, растворите в 200-300 мл дистиллированной воды и доведите объём раствора дистиллированной водой до 1000 мл. Раствор храните в склянке с пришлифованной пробкой. Концентрация по нитрат-иону в основном модельном растворе 1000 мг/л.

##### Приготовление объёма (V) рабочего модельного раствора нитрата калия с заданной концентрацией (с).

Объём основного модельного раствора нитрата калия ( $V_3$ , мл) с концентрацией нитрат-иона 1000 мг/л, необходимый для приготовления рабочего модельного раствора, рассчитывают по формуле (7):

$$V_3 = \frac{c \cdot V}{1000}, \quad (7)$$

где  $c$  – концентрация рабочего модельного раствора в мг/л;

$V$  – объём рабочего модельного раствора в мл;

1000 – концентрация нитрат-ионов в основном модельном растворе, мг/л.

Растворы нитрат-иона должны быть использованы в день приготовления.



### Пример расчёта

Для приготовления 1 л модельного раствора нитрата калия с концентрацией 5 мг/л рассчитываем значение  $V_3$ :

$$V_3 = \frac{5 \cdot 1000}{1000} = 5 \text{ мл}$$

Следовательно, необходимо взять 5 мл основного модельного раствора нитрата калия, поместить в ёмкость и разбавить дистиллированной водой до 1 л.

### **Приготовление модельного раствора нитрит-ионов**

Модельные растворы приготавливают из нитрита натрия.

#### Приготовление основного модельного раствора нитрита натрия.

Содержимое флакона (1,5 г) нитрита натрия количественно перенесите в мерную ёмкость вместимостью 1 л, растворите в 200-300 мл дистиллированной воды и доведите объём раствора дистиллированной водой до 1 л. Раствор храните в склянке с пришлифованной пробкой. Концентрация по нитрит-иону в основном модельном растворе 1000 мг/л.

#### Приготовление объёма ( $V$ ) рабочего модельного раствора нитрита натрия с заданной концентрацией ( $c$ ).

Объём основного модельного раствора нитрита натрия ( $V_4$ , мл) с концентрацией нитрит-иона 1000 мг/л, необходимый для приготовления рабочего модельного раствора, рассчитывают по формуле (8):

$$V_4 = \frac{c \cdot V}{1000}, \quad (8)$$

где  $c$  – концентрация рабочего модельного раствора в мг/л;

$V$  – объём рабочего модельного раствора в мл;

1000 – концентрация нитрит-ионов в основном модельном растворе, мг/л.

Растворы нитрит-иона должны быть использованы в день приготовления.

### Пример расчёта

Для приготовления 1 л модельного раствора нитрита натрия с концентрацией 1 мг/л рассчитываем значение  $V_4$ :

$$V_4 = \frac{1 \cdot 1000}{1000} = 1 \text{ мл}$$

Следовательно, необходимо взять 1 мл основного модельного раствора нитрита натрия, поместить в ёмкость и разбавить дистиллированной водой до 1 л.

## **В. Контроль содержания химических веществ**

Содержание железа, нитратов, нитритов, активного хлора в исходной и очищенной воде определяют, используя тест-комплекты и тест-системы на соответствующие примеси.

### **Методика применения тест-комплектов.**

#### **1. Тест-комплект «Нитраты»**

ПДК нитратов (по  $\text{NO}_3^-$ ):

- для питьевой воды и воды водоёмов хозяйственно-питьевого назначения – 45 мг/л;
- для водоёмов рыбохозяйственного назначения – 40 мг/л (9,1 мг/л по азоту);
- для почвы – 130 мг/кг.

Лимитирующий показатель вредности – санитарно-токсикологический.

#### Метод определения

Метод определения нитрат-ионов (ГОСТ 1030) является визуально-колориметрическим и позволяет выполнять экспресс-анализ питьевой, нормативно-очищенной сточной, природной и др. вод, а также нитратов и нитратного азота в почве.

Определение нитрат-ионов в жидкой пробе (воде или почвенной вытяжке) основано на предварительном восстановлении цинковой пылью нитрат-ионов до нитрит-ионов с последующим образованием азокрасителя. Восстановление нитрат-иона до нитрит-иона протекает в слабокислой среде по реакции (4.6):



Далее образовавшийся нитрит-ион в слабокислой среде реагирует с реактивом Грисса (смесью сульфаниловой кислоты и  $\alpha$ -нафтиламина).

Диапазон определяемых концентраций нитрат-ионов в жидкой пробе составляет от 0 до 45 мг/л при объёме пробы 6 мл. Продолжительность выполнения анализа – не более 25 мин.

*Перечень используемого оборудования, принадлежностей, растворов из состава тест-комплекта.*

Пипетка-капельница полимерная на 3 мл, пробирка градуированная с пробкой (2 шт.), склянка для колориметрирования с меткой «10 мл» (2 шт.), флакон для приготовления реактива на нитрат-ионы, шпатель.

Порошок цинкового восстановителя, раствор  $\alpha$ -нафтиламина, раствор сульфаниловой кислоты.

Контрольная цветовая шкала образцов окраски проб «Нитрат-ионы» (0–1,0–5,0–10–20–45 мг/л).

*Подготовка к анализу*

Подготовка к анализу состоит в приготовлении реактива на нитрат-ионы, имеющего ограниченный срок годности.

**Приготовление реактива на нитрат-ионы.** С помощью градуированных пробирок обмеряются равные объёмы растворов  $\alpha$ -нафтиламина и сульфаниловой кислоты и смешиваются во флаконе для приготовления реактива на нитрат-ионы. Реактив готовится в количествах, необходимых для проведения анализа, и используется в день приготовления.

*Отбор проб*

Для отбора проб при определении нитрат-ионов используются бутылки из полимерного материала или стекла. Предпочтительно выполнение определений на месте отбора проб.

Допускается хранение проб в течение не более 1 суток при условии их консервации подкислением до pH менее 2 и охлаждении до 2-5°C либо при консервации добавлением 2-4 мл хлороформа на 1 л пробы и охлаждении до 2-5°C.

Примечание. Не допускается использовать для подкисления проб азотную кислоту.

При отборе проб грунтовых и поверхностных вод на месте отбора проводится фильтрование проб через мембранный фильтр с размером пор 0,45 мкм и охлаждении до 2-5°C. Срок хранения таких проб – не более 2 суток.

*Выполнение анализа (схема выполнения определения представлена на рисунке 20).*

1. Ополосните градуированную пробирку несколько раз анализируемой водой или почвенной вытяжкой. Налейте в пробирку 6 мл анализируемой пробы, прибавьте дистиллированную воду до объёма 11 мл и перемешайте.

Примечание. Для точных анализов объем пробы отмерьте с помощью градуированной пипетки.

2. К содержимому пробирки пипеткой добавьте 2,0 мл свежеприготовленного реактива на нитрат-ионы, закройте пробирку пробкой и встряхните для перемешивания раствора.

3. Прибавьте в пробирку около 0,2 г порошка цинкового восстановителя, используя шпатель (0,2 г порошка заполняют примерно 1/3 объёма шпателя без горки). Закройте пробирку пробкой и перемешайте.

4. Оставьте пробирку на 5 мин. для полного протекания реакции, периодически встряхивая содержимое пробирки.

5. Перелейте раствор из пробирки в склянку для колориметрирования до метки «10 мл», стараясь не допустить попадания осадка в склянку.

6. Проведите колориметрирование пробы. При визуально-колориметрическом определении склянку с пробой поместите на белое поле контрольной шкалы. Освещая склянку рассеянными белым светом достаточной интенсивности, наблюдайте окраску раствора сверху вниз. Определите ближайшее по окраске поле контрольной шкалы и соответствующее ему значение концентрации нитрат-ионов (С) в мг/л.

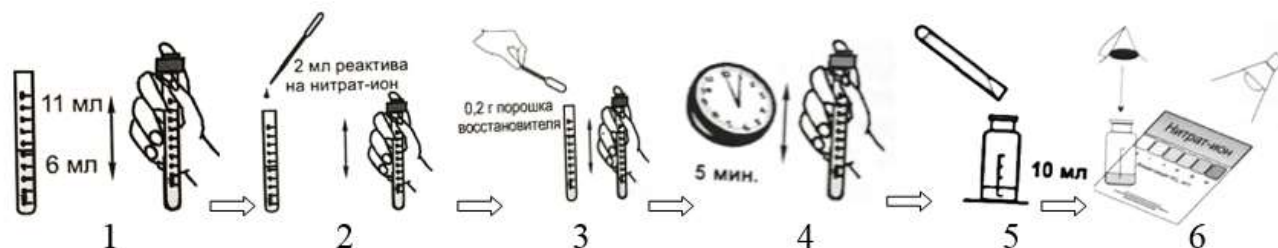


Рисунок 20. Схема выполнения анализа

#### *Контроль точности анализа*

Контроль точности анализа может быть выполнен путём анализа стандартного раствора нитрат-иона при концентрациях, равных значениям, приведённым для образцов на контрольной шкале.

#### **2. Тест-комплект «Нитриты»**

ПДК нитритов (по  $\text{NO}_2^-$ ) в воде водоёмов составляет 3,3 мг/л (или 1 мг/л нитритного азота), лимитирующий показатель вредности – санитарно-токсикологический.

#### Метод определения

Метод определения нитрит-иона является визуально-колориметрическим и пригоден для анализа питьевой, природной и нормативно-очищенной сточной воды (МВИ-10-149-10). Определение основано на реакции нитрит-иона с реактивом Грисса (смесью винной и сульфаниловой кислот, а также  $\alpha$ -нафтиламина). При этом протекают реакции диазотирования и азосочетания, в результате которых образуется азосоединение, имеющее розово-фиолетовую окраску.

Окрашенная проба колориметрируется визуально по цветовой контрольной шкале либо фотометрически.

Диапазон определяемых концентраций нитрит-иона: при визуально-колориметрическом определении – от 0,02 до 2 мг/л; при фотоколориметрическом определении (525 нм) – от 0,02 до 0,6 мг/л.

Объём пробы составляет 5 мл, продолжительность анализа – не более 20 мин.

*Перечень используемого оборудования, принадлежностей, растворов из состава тест-комплекта.*

Пипетка градуированная на 10 мл, пробирка колориметрическая с меткой «5 мл» с пробкой (2 шт.).

Реактив Грисса в капсулах по 0,04-0,05 г.

Контрольная цветовая шкала образцов окраски «Нитрит-ион» (0; 0,02; 0,10; 0,50; 2,0 мг/л).

При фотоколориметрическом определении: фотоколориметр с кюветой 10 мм.

#### *Отбор проб*

Для отбора проб при определении нитрит-ионов используются бутылки из полимерного материала или стекла. Предпочтительно выполнение определений на месте отбора проб.

Допускается хранение проб в течение не более 1 суток при условии их консервации подкислением до pH менее 2 и охлаждении до 2-5°C.

Допускается также хранение проб в течение не более 2 суток при условии их консервации добавлением 2-4 мл хлороформа на 1 л воды и хранения в холодильнике (2-5°C).

Примечание. Не допускается использование азотной кислоты для подкисления проб. *Выполнение анализа (схема выполнения определения представлена на рисунке 21).*

1. Ополосните колориметрическую пробирку несколько раз анализируемой водой. Налейте в пробирку пробу воды до метки «5 мл».

Примечание. Для точных анализов объем пробы отмерьте с помощью градуированной пипетки.

2. Добавьте в пробирку к пробе содержимое одной капсулы реактива Грисса.

3. Закройте пробирку пробкой и перемешайте раствор в пробирке встряхиванием до растворения кристаллов реактива.

4. Пробирку с раствором оставьте на 20 мин. до полного завершения реакции.

5. Проведите колориметрирование пробы. При визуальном колориметрическом определении пробирку поместите на белое поле контрольной шкалы. Освещая пробирку рассеянными белым светом достаточной интенсивности, наблюдайте окраску раствора сверху вниз. Определите ближайшее по окраске поле контрольной шкалы и соответствующее ему значение концентрации нитрит-ионов в мг/л.

6. При фотоколориметрическом определении окрашенную пробу поместите в кювету (10 мм) и определите значение её оптической плотности на фотоколориметре при длине волны 525 нм относительно холостой пробы.

Далее, с использованием градуировочной характеристики, заблаговременно построенной, рассчитайте массовую концентрацию нитрит-ионов в мг/л.



Рисунок 21. Схема выполнения анализа

#### *Контроль точности анализа*

Контроль точности при определении нитритов проводят путём анализа стандартного раствора с известным содержанием нитрит-ион (ГСО).

#### **1. Тест-система «Нитрат-тест»**

Тест-система «Нитрат-тест» применяется при предварительном оценочном экспресс-определении уровня концентрации нитратов в растворе модельного загрязнения.

*Выполнение анализа (Схема выполнения анализа представлена на рисунке 24)*

1. Отрежьте ножницами от индикаторной полоски рабочий участок размером не менее 5×5 мм.

Примечание. Внимательно изучите порядок проведения тестирования на обложке тест-системы.

2. Не снимая полимерного покрытия, зажмите кусочек полоски пинцетом и опустите его в раствор. Выдержите кусочек полоски в растворе 5-10 секунд.

3. Через 3 мин. сравните окраску кусочка полоски с окраской контрольной шкалы цветных образцов на этикетке теста, выбрав образец, ближайший по интенсивности и характеру окраски тестируемого кусочка (при промежуточной окраске – соответствующий интервал концентраций). Определите ориентировочную величину концентрации нитрат ионов в растворе.



Рисунок 24. Схема выполнения анализа

## 2. Тест-система «Нитрит-тест»

Тест-система «Нитрит-тест» применяется при предварительном оценочном экспресс-определении уровня концентрации нитритов в растворе модельного загрязнения.

*Выполнение анализа (Схема выполнения анализа представлена на рисунке 25)*

1. Отрежьте ножницами от индикаторной полоски рабочий участок размером не менее 5×5 мм.

Примечание. Внимательно изучите порядок проведения тестирования на обложке тест-системы.

2. Не снимая полимерного покрытия, зажмите кусочек полоски пинцетом и опустите его в раствор. Выдержите кусочек полоски в растворе 5-10 секунд.

3. Через 3 мин. сравните окраску кусочка полоски с окраской контрольной шкалы цветных образцов на этикетке теста, выбрав образец, ближайший по интенсивности и характеру окраски тестируемого кусочка (при промежуточной окраске – соответствующий интервал концентраций). Определите ориентировочную величину концентрации нитрат ионов в растворе.



Рисунок 25. Схема выполнения анализа

### Содержание отчета

*Расчет эффективности очистки*

Расчет эффективности очистки (ЭО) производится по формуле (11):

$$ЭО = \frac{C_n - C_k}{C_n} \times 100\%, \quad (11)$$

где:  $C_n$  – концентрация химического вещества-загрязнителя в исходной воде;

$C_k$  – концентрация того же вещества в очищенной воде.

Если задание предусматривает установление влияния скорости подачи водопроводной воды на эффективность очистки, то проводят опыты при нескольких значениях скоростей (трёх-четырёх) и оценивают влияние скорости подачи на эффективность очистки.

Для сравнительной оценки эффективности очистки и качества питьевой воды используются величины ПДК в питьевой воде.

### Контрольные вопросы

1. Для каких видов сточных вод рекомендуется применение адсорбционный метод очистки?
2. В чем отличие химической адсорбции от физической?
3. Какие факторы влияют на величину адсорбции?
4. Что определяет динамическую емкость адсорбента?
5. Что такое статическая емкость адсорбента?
6. Каково влияние температуры на величину адсорбции?
7. Какие отходы используются для адсорбционной очистки сточных вод?
8. Чем определяется конкретная форма изотермы адсорбции?

**Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме**

**Основная литература:**

1. Тулякова, О. В. Экология [Электронный ресурс] : учебное пособие / О. В. Тулякова. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Вузовское образование, 2014. — 181 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21904.html>
2. Челноков, А. А. Общая и прикладная экология [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. А. Челноков, К. Ф. Саевич, Л. Ф. Ющенко ; под ред. К. Ф. Саевич. — Электрон. текстовые данные. — Минск : Вышэйшая школа, 2014. — 655 с. — 978-985-06-2400-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35508.html>

**Дополнительная литература:**

1. Степановских, А. С. Общая экология [Электронный ресурс] : учебник для вузов / А. С. Степановских. — Электрон. текстовые данные. — М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2012. — 687 с. — 5-238-00854-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8105.html>
2. Большаков, В. Н. Экология [Электронный ресурс] : учебник / В. Н. Большаков, В. В. Качак, В. Г. Коберниченко ; под ред. Г. В. Тягунов, Ю. Г. Ярошенко. — Электрон. текстовые данные. — М. : Логос, 2013. — 504 с. — 978-5-98704-716-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14327.html>

**Интернет-ресурсы:**

- 1 <http://window.edu.ru/> – единое окно доступа к образовательным ресурсам
- 2 <http://biblioclub.ru/> — ЭБС «Университетская библиотека онлайн».
- 3 <http://catalog.ncstu.ru/> — электронный каталог ассоциации электронных библиотек учебных заведений и организаций СКФО
- 4 <http://www.iprbookshop.ru> — ЭБС.
- 5 <https://openedu.ru> – Открытое образование
- 6 <http://ecograde.bio.msu.ru> – Информационная система «Фундаментальные проблемы оценки состояния экосистем и экологического нормирования»

*МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ*

по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Экология»  
для студентов очной/заочной формы обучения  
направления подготовки  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

*Составители*  
*Отв. редактор*

*К.С. Сытко, ассистент.*  
*А.Л. Проскурнин, канд.хим.наук, доцент.*

Редактор Л.Д. Бородастова

---

Подписано в печать

Формат 60 × 84 1/16

Уч.-изд. л. 0,4 п.л.

Усл. печ. л. 0,5 п.л.

Тираж 50 экз.

---

Северо-Кавказский федеральный университет

Невинномысский технологический институт (филиал)

357108, г. Невинномысск, ул. Гагарина, 1

---