

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И  
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

**Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга**  
**(РЭТЭМ)**

**Т.В. Денисова**

## **МОНИТОРИНГ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ**

**Методические указания к лабораторному практикуму**  
**для студентов направления**  
**280700.62 «Техносферная безопасность»**

**2013**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И  
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга  
(РЭТЭМ)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой РЭТЭМ

\_\_\_\_\_ В.И. Туев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2013 г.

**МОНИТОРИНГ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ**

Методические указания к лабораторному практикуму  
для студентов направления  
280700.62 «Техносферная безопасность»

Разработчик:

доцент каф. РЭТЭМ

\_\_\_\_\_ Т.В. Денисова

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2013 г.

Мониторинг среды обитания: методические указания к лабораторному практикуму для студентов направления 280700.62 «Техносферная безопасность»/ Денисова Т.В. – Томск: ТУСУР, 2013. – 35 с.

Содержит описания трех лабораторных работ по дисциплине «Мониторинг среды обитания», правила работы и требования по технике безопасности при проведении лабораторных работ, требования к оформлению отчетов. В описании работ содержатся необходимые теоретические аспекты и методика выполнения, контрольные вопросы. Ко всему циклу лабораторных работ прилагается общий список рекомендуемой литературы.

© Денисова Т.В., 2013

© ТУСУР, 2013

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
Порядок оформления работ.....	6
Лабораторная работа №1. Качественное определение содержания железа в воде.....	7
Лабораторная работа №2. Мониторинг состояния снежного покрова урбанизированной территории.....	14
Лабораторная работа №3. Оценка экологического состояния почвы.....	22
Список литературы.....	34
Приложение А. Пример оформления титульного листа.....	35

## **ВВЕДЕНИЕ**

Потребность изучения антропогенного воздействия на экосистемы вызвана необходимостью создания эколого-теоретических основ и разработки практических мер по сохранению, восстановлению и использованию природной среды, принятия неотложных мер по регулированию отрицательного влияния промышленности на природные компоненты и комплексы. Управление взаимодействием общества и природы на основе познанных закономерностей этого процесса позволяет избежать значительных отрицательных изменений природной среды. Важнейшим инструментом получения информации о состоянии окружающей природной среды в настоящее время стал мониторинг среды обитания.

Дисциплина «Мониторинг среды обитания» нацелена на повышение уровня теоретических знаний в области информационного обеспечения предотвращения отрицательных последствий антропогенного воздействия на природную среду, на взаимоотношения человека с окружающей средой и естественными экосистемами.

Пособие содержит 3 лабораторных работы по дисциплине «Мониторинг среды обитания». К каждой лабораторной работе дано теоретическое введение, в котором кратко обоснованы основные понятия и закономерности, связанные с работой.

Выполнение лабораторных работ имеет большое значение для усвоения теоретического курса и получения необходимых практических навыков.

## ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТ

В процессе выполнения лабораторной работы студент должен наблюдать за ходом эксперимента, отмечая все его особенности: изменение цвета, тепловые эффекты, выделение газа и т.д. Результаты наблюдений записывают в лабораторный журнал, придерживаясь определенной последовательности:

- название лабораторной работы, дата выполнения;
- цель работы;
- краткая теория вопроса;
- результаты эксперимента;
- выводы по результатам работы.

Отчет оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ ОС ТУСУР 6.1-97. Пример оформления титульного листа приводится в приложении А.

Для оформления Отчета также необходимо ознакомиться со следующими стандартами:

ГОСТ 7.12-93. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила.

ГОСТ 7.32-91. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

ГОСТ 2.105-95. Общие требования к текстовым документам.

Лабораторная работа №1  
**КАЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛЕЗА В ВОДЕ**  
(4 ч, самостоятельная работа - 3 ч)

***Цель работы:***

1. закрепить теоретические знания по физическим свойствам воды и содержанию катионов и анионов в природной воде;
2. экспериментально определить присутствие катионов железа в воде;
3. ознакомиться с работой фотоэлектроколориметра ФЭК КФК-3-01;
4. привить навыки построения градуировочного графика (зависимости оптической плотности раствора соли железа от концентрации катионов);
5. определить количественное содержание катионов железа в исследуемой пробе.

***Общие положения***

Существование биосферы и человека было основано на использовании воды. Человечество постоянно стремилось к увеличению водопотребления, оказывая на гидросферу огромное влияние.

В процессе водопотребления происходит не только истощение поверхностных и подземных вод, но и их *загрязнение*.

Под *загрязнением водоемов* понимают снижение их биологических функций и экологического значения в результате поступления в них вредных веществ.

При формировании химического состава природных вод принято классифицировать факторы воздействия на прямые и косвенные, главные и второстепенные.

*Прямыми* называют факторы, которые оказывают непосредственное влияние на химический состав воды и связаны с химическим составом контактирующих с данной природной водой веществ (минералов, горных пород, почв и др.)

*Косвенные* факторы оказывают влияние на состав природных вод через посредство прямых факторов; к ним относятся температура, давление и т.п.

*Главные* факторы определяют содержание главных анионов и катионов (т.е. класс и тип воды по классификации О.А. Алекина).

Второстепенные факторы вызывают появление некоторых особенностей данной воды (цвета, запаха и др.), но не влияют на ее класс и тип.

По характеру воздействия на формирование состава природных вод все факторы делят на 5 групп:

- 1) физико-географические (рельеф, климат);
- 2) геологические (вид горных пород, гидрогеологические условия и т.п.);
- 3) биологические (деятельность живых организмов);
- 4) антропогенные (состав сточных вод, состав твердых отходов и т.п.);
- 5) физико-химические (химические свойства соединений, кислотно-основные и окислительно-восстановительные условия и др.).

***Главные загрязнители вод***

*Загрязнитель* – любой физический агент, химическое вещество или биологический вид (главным образом микроорганизмы), поступающий в окружающую среду или возникающий в ней в количестве, выходящем за рамки обычного, и вызывающий загрязнение среды.

Установлено, что более 400 веществ могут вызвать загрязнение вод. В случае превышения допустимой нормы хотя бы по одному из трех показателей вредности: санитарно-токсикологическому, обще-санитарному или органолептическому, вода считается загрязненной.

Различают следующие загрязнители (табл. 1.1):

- химические;
- биологические;
- физические.

Таблица 1.1 Главные загрязнители вод

Химические загрязнители	Биологические загрязнители	Физические загрязнители
Кислоты	Вирусы	Радиоактивные элементы
Щелочи	Бактерии	Взвешенные твердые частицы
Соли	Другие болезнетворные организмы	Тепло (цвет, запах и т.п.)
Нефть и нефтепродукты	Водоросли	Органолептические
Пестициды	Лигнины	Шлам
Диоксины	Дрожжевые и плесневые грибки	Песок
Тяжелые металлы		Ил
Фенолы		Глина
Аммонийный и нитритный азот		
СПАВ		

*Химическое загрязнение* – наиболее распространенное, стойкое и далеко распространяющееся. Оно может быть *органическим* (фенолы, нафтенновые кислоты, пестициды и др.), *неорганическим* (соли, кислоты, щелочи), *токсичным* (соединения мышьяка, ртути, свинца, кадмия и т.п.) и нетоксичным.

При осаднении на дно водоемов или при фильтрации в пласте вредные химические вещества сорбируются частицами пород, окисляются и восстанавливаются, выпадают в осадок и т.п., однако, как правило, полного самоочищения загрязненных вод не происходит. Очаг химического заражения подземных вод в сильно проницаемых грунтах может распространиться до 10 км и более.

Металлы в очень высокой степени вовлечены в антропогенную деятельность. Они отличаются настолько высокой технофильностью, что говорят о современной «металлизации» биосферы. Особое значение приобрела проблема загрязнения «тяжелыми металлами» (ТМ). К ним относятся более 40 химических элементов периодической системы с атомными массами выше 50 а.е.м. Иногда тяжелыми металлами называют элементы, имеющие плотность 7 – 8 г/см<sup>3</sup>. Однако, указанные критерии условны.

К группе «тяжелых металлов» относят железо, свинец, хром, марганец, кобальт, никель, германий, молибден, медь, цинк, таллий, теллур и др. Указанные элементы активно участвуют в биологических процессах, а многие из них входят в состав ферментов.

Железо относится к числу сидерофильных элементов (типичных металлов), имеющих химическое сродство к углероду (с образованием карбонатов), фосфору (фосфатов), сере и кремнию (сульфата, сульфиды, силикаты). При окислительном выветривании и почвообразовании в биосфере накапливаются минералы железа (III), преимущественно оксиды и гидроксиды. В почвах обнаружены многие минералы соединения железа (III) и железа (II).

Природные воды являются важнейшим компонентом окружающей среды, возобновляемым, ограниченным и уязвимым природным ресурсом.

Основными показателями состояния поверхностных вод являются: объем стока, уровень воды, расход воды, температура воды, БПК (биохимическая потребность в кислороде), ХПК (химическая потребность в кислороде), сухой остаток, содержание хлоридов, сульфатов, азота нитритного, азота нитратного, нефтепродуктов, СПАВ, *железа общего*.

Для определения наличия железа в пробе могут быть использованы качественные реакции: взаимодействие с роданидом калия или образование комплексных соединений. Фотоколориметрический метод позволяет проводить *количественное определение* содержания железа.

*Фотоколориметрические методы анализа*



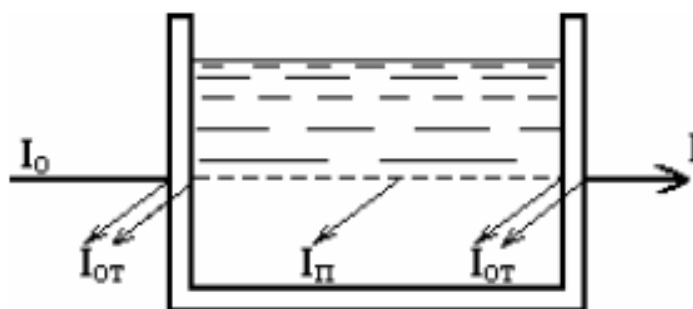
Данные методы определения концентрации вещества основаны на сравнении поглощения или пропускания света стандартным и исследуемым окрашенным раствором. При прохождении света через слой окрашенного вещества часть его отражается, часть поглощается, часть проходит через раствор.

Интенсивность падающего светового потока при прохождении через окрашенный раствор составляет

$$I_0 = I + I_{\text{п}} + I_{\text{от}}, \quad (1.1)$$

где  $I_0$  – интенсивность падающего светового потока;  $I$  – интенсивность светового потока, прошедшего

через раствор;  $I_{\text{от}}$  – интенсивность отраженного светового потока;  $I_{\text{п}}$  – интенсивность поглощенного потока.



**Рис. 1.1** Прохождение светового потока через окрашенный раствор

Связь между интенсивностями падающего светового потока  $I_0$  и светового потока, прошедшего через слой окрашенного вещества  $I$ , устанавливается *законом Бугера-Ламберта*, согласно которому однородные слои одного и того же вещества одинаковой толщины поглощают одну и ту же долю падающей на них энергии:

$$I = I_0 e^{-\alpha l}, \quad (1.2)$$

где  $\alpha$  – коэффициент поглощения;  $l$  – толщина поглощающего слоя.

Связь между концентрацией поглощающего раствора и его оптической плотностью ( $D$ )

выражается *законом Бера*, согласно которому оптическая плотность раствора прямо пропорциональна концентрации растворенного вещества при постоянной толщине слоя:

$$\lg \frac{I_0}{I} = k_1 C \quad (1.3)$$

где  $k_1$  – коэффициент пропорциональности;  $C$  – молярная концентрация растворенного вещества.

Основным законом светопоглощения является объединенный закон Ламберта-Бугера-Бера, устанавливающий зависимость интенсивности монохроматического светового потока, прошедшего через слой окрашенного вещества, от интенсивности падающего потока, концентрации окрашенного вещества и толщины слоя раствора:

$$I = I_0 \cdot 10^{-kCl} \quad (1.4)$$

где  $k$  – коэффициент поглощения, величина которого зависит от природы вещества;  $C$  – концентрация;  $l$  – толщина поглощающего слоя.

Если концентрация выражена в г-моль/л, а толщина слоя в см, то  $k$  называется *молярным коэффициентом поглощения* (экстинции) и обозначается  $\epsilon_{\lambda}$ .

При соблюдении основного закона светопоглощения оптическая плотность раствора ( $D$ ) прямопропорциональна концентрации поглощающего вещества, толщине слоя и молярному коэффициенту поглощения:

$$D = \varepsilon_{\lambda}Cl, \quad (1.5)$$

При графическом изображении зависимости оптической плотности от концентрации (при постоянной толщине слоя) получается прямая, проходящая через начало координат (при отсутствии поглощения света растворителем и систематических ошибок).

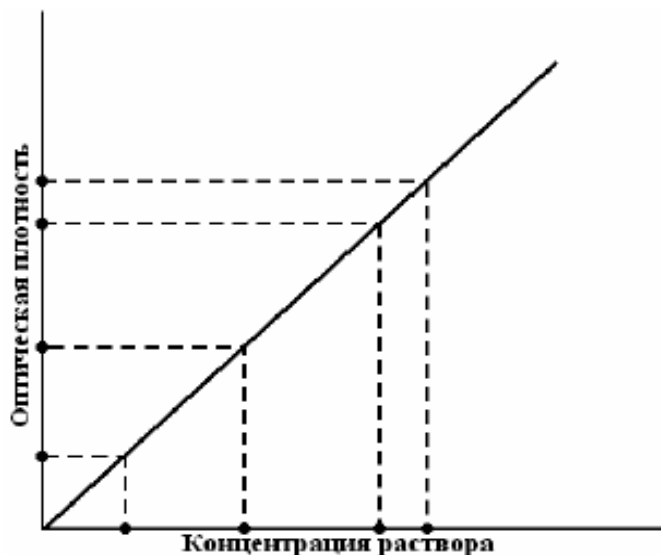


Рис. 1.2 Зависимость оптической плотности от концентрации раствора

Молярный коэффициент поглощения  $D$  равен  $\varepsilon_{\lambda}$  при концентрации  $C = 1$  г·моль/л и толщине слоя (кюветы)  $l = 1$  см, т.е. оптическая плотность 1 М раствора при толщине кюветы 1 см.

*Величина молярного коэффициента поглощения  $\varepsilon_{\lambda}$  зависит от длины волны проходящего света, температуры раствора и природы растворенного вещества и не зависит от толщины поглощающего слоя и концентрации растворенного вещества.*

Молярный коэффициент поглощения отражает индивидуальные свойства соединений и является определяющей характеристикой.

Все окрашенные соединения характеризуются избирательным поглощением света. Молярный коэффициент поглощения и оптическая плотность раствора различны для разных длин волн света. Для полной характеристики окрашенных растворов пользуются спектрами поглощения (кривыми светопоглощения), т.е. строят график зависимости оптической плотности раствора или молярного коэффициента поглощения при различной длине волны.

#### *Фотоэлектроколориметр КФК-3-01*

Указанный прибор применяется для измерения оптической плотности и светопропускания растворов в области спектра 315...990 нм. В качестве источников света в приборе используют лампу накаливания, дающую сплошной спектр испускания в видимой области, и ртутно-кварцевую лампу с линейчатым спектром испускания в УФ и видимой областях.



Рис. 1.3 Внешний вид фотоколориметра

#### *Порядок выполнения работы*

Включив питающее устройство в сеть переменного напряжения 220 В прогревают прибор в течение 20...30 мин. При работе с ртутно-кварцевой лампой усилитель прогревают при выключенной лампе, включая ее за 5 минут до начала измерений.

Подготовка фотометра к работе осуществляется в автоматическом режиме:

- на верхнем индикаторе отображается символ завода-изготовителя "ОАО "ЗОМЗ", на нижнем - "ПРОГРЕВ ПРИБОРА" и показания таймера;

- по истечении 2,5 мин на верхнем индикаторе отображается надпись - шифр фотометра "КФК-3-01";

- по истечении 5 мин автоматически учитывается "нулевой отсчет", включается источник излучения; на верхнем индикаторе отображается значение длины волны в нм, на нижнем - надпись "ПРОГРЕВ ЛАМПЫ" и показания таймера; по истечении 10 мин фотометр выдает звуковой сигнал готовности к работе и на нижнем индикаторе отображается надпись "ГОТОВ К РАБОТЕ ВВЕДИТЕ РЕЖИМ". Фотометр готов к работе.

#### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

##### **П о с у д а и п р и б о р ы**

1 ФЭК КФК-3-01.

2 Пробирки.

3 Мерные колбы на 50 см<sup>3</sup> (6 шт).

4 Мерная колба на 1000 см<sup>3</sup> (1 шт).

5 Мерные пипетки 10 – 20 см<sup>3</sup>.

##### **Р а с т в о р ы и р е а к т и в ы**

1 Железо-аммонийные квасцы (тв.).

2 Персульфат калия (тв.).

3 Раствор роданида калия (1%).

4 раствор серной кислоты (2 М).

5 раствор сульфосалициловой кислоты (0,01 М).

6 Ацетатный буфер.

7 Дистиллированная вода.

##### *Методика выполнения*

#### **1 Качественное определение содержания железа**

В пробирку поместите 10 см<sup>3</sup> пробы, добавьте 2 – 4 капли HCl, несколько кристаллов персульфата калия K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> и 4 – 5 капель раствора KCNS. Содержимое пробирки тщательно перемешайте.

Качественное и приблизительное содержание железа определите в соответствии с табл.

1.2.

Таблица 1.2 Определение приблизительного содержания железа

Окрашивание при рассмотрении сбоку	Окрашивание при рассмотрении сверху	Содержание железа, мг/дм <sup>3</sup>
окрашивания нет	окрашивания нет	< 0,05
едва заметное желтовато-розовое	очень слабое желтовато-розовое	0,1
очень слабое желтовато-розовое	слабое желтовато-розовое	0,25
слабое желтовато-розовое	светло желтовато-розовое	0,5
светло желтовато-розовое	желтовато-розовое	1
сильное желтовато-розовое	желтовато-красное	2
светло желтовато-розовое	ярко-красное	> 2

## 2 Количественное определение содержания железа

### 2.1 Приготовление рабочего раствора

В качестве рабочего раствора используйте раствор  $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  (железоаммонийные квасцы) с концентрацией 0,1 мг железа в 1 см<sup>3</sup>. Для этого растворите 0,8636 г соли (х.ч.) в 25 см<sup>3</sup> 2 М раствора серной кислоты, доведите объем до 1 дм<sup>3</sup>.

В мерную колбу на 50 см<sup>3</sup> прилейте 1 см<sup>3</sup> рабочего раствора, 30 см<sup>3</sup> 0,01 М раствора сульфосалициловой кислоты, 5 см<sup>3</sup> ацетатного буфера. Объем в мерной колбе доведите дистиллированной водой до метки (50 см<sup>3</sup>) и тщательно перемешайте.

### 2.2 Приготовление стандартных растворов

В мерные колбы (50 см<sup>3</sup>) мерной пипеткой отмерьте определенный объем рабочего раствора: 1 см<sup>3</sup>; 2 см<sup>3</sup>; 3 см<sup>3</sup>; 4 см<sup>3</sup>; 5 см<sup>3</sup>.

Объем в каждой мерной колбе доведите дистиллированной водой до метки (50 см<sup>3</sup>) и тщательно перемешайте.

### 2.3 Измерение оптической плотности

ФЭК-56 подготовьте к работе, предварительно прогрев лампы и прибор в течение 30 мин. Затем в кюветодержатель, расположенный справа, поместите две кюветы: с разбавленным раствором (1) и самым концентрированным раствором (2). В кюветодержатель, расположенный слева, можете поместить аналогичную кювету с водой или оставить пустым.

Предварительно подберите размер кюветы. Для определения содержания железа используйте кюветы объемом 3...5 см<sup>3</sup>.

Для подбора светофильтра снимите показания прибора по шкале, расположенной слева (черные цифры шкалы – % пропускания света, красные цифры – светопропускание А). На правой шкале пропускание должно быть установлено на 100 %.

При снятии показаний меняйте светофильтры (3 – 6), измеряя показания прибора. При снятии показаний в зеленом индикаторе, расположенном в нижней части прибора, обе части должны сомкнуться без просветов (плавно перемещайте ручку до полного совмещения сторон). Измерив показания для разбавленного раствора, переместите кюветы, чтобы луч проходил через другой раствор. Полученные по шкале данные запишите в таблицу:

Таблица 1.3

Светофильтр	3	4	5	6	7
А (раствор 1)					
А (раствор 2)					

Выберите светофильтр, в котором значения светопропускания составляет 0,3 – 1. Указанный светофильтр используйте для дальнейших измерений.

## 2.4 Построение градуировочного графика

С выбранным светофильтром фотометрируйте все стандартные растворы, начиная с самого разбавленного. Полученные результаты запишите в таблицу:

Таблица 1.4

$C$ , мг/мл (концентрация)					
$A$					

$C$  – концентрация раствора железа в данной пробе;  $A$  – поглощение.

По полученным экспериментальным данным постройте график зависимости  $A(C)$ :

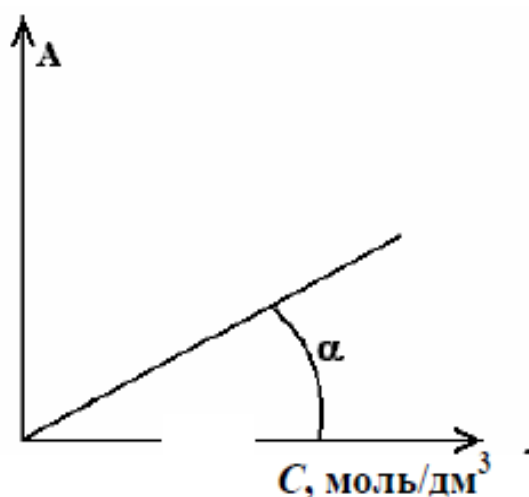


Рис. 1.4 Зависимость поглощения от концентрации раствора

## 2.5 Количественное определение содержания железа в исследуемой пробе

К исследуемой пробе прилейте 30 см<sup>3</sup> раствора сульфосалициловой кислоты и 5,0 см<sup>3</sup> ацетатного буфера, доведите объем раствора до 50 см<sup>3</sup> дистиллированной водой и тщательно перемешайте (в течение 10 мин.). Приготовленный раствор фотометрируйте с выбранным светофильтром и кюветой.

По градуировочному графику определите концентрацию железа в исследуемой пробе.

Общее содержание железа рассчитайте по формуле:

$$m_{\text{Fe}} = CVM, \quad (1.6)$$

где  $C$  – концентрация (моль/л);  $V$  – объем пробы (л);  $M$  – молярная (атомная) масса железа.

## 3 Вывод о пригодности воды

Делают вывод о пригодности воды, если  $\text{ПДК}_{\text{Fe}} < 0,3 \text{ мг/дм}^3$ .

### Контрольные вопросы

1. Какие меры техники безопасности следует соблюдать при проведении исследований?
2. Приведите характеристику гидросферы.
3. Укажите основные источники загрязнения гидросферы.
4. Приведите классификацию загрязнений гидросферы.
5. Малый и большой круговороты воды в природе.
6. Охарактеризуйте антропогенное влияние на гидросферу.
7. Методика качественного определения железа. Уравнения реакций.
8. Реактивы для количественного определения  $\text{Fe}^{3+}$  в воде.
9. Приготовление стандартных растворов для фотометрирования.
10. Построение градуировочного графика.
11. Методика проведения фотометрирования растворов  $\text{Fe}^{3+}$ .

12. Выбор светофильтра для определения  $Fe^{3+}$  в пробе.
13. Определение концентрации  $Fe^{3+}$  в пробе по градуировочному графику.
14. Расчеты определения массы железа в пробе.
15. Очистка воды от солей  $Fe^{3+}$ .
16. Проблема пресной воды.
17. Влияние загрязнения гидросферы на здоровье населения.

Лабораторная работа №2  
**МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА  
УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ**

(4 ч, самостоятельная работа - 4 ч)

***Цель работы:***

- 1) провести отбор проб снега на основных перекрестках г. Томска;
- 2) гравиметрическим методом определить содержание примесей (мг/г);
- 3) проанализировать состояние снега по органолептическим показателям (цвет, цветность, мутность, запах);
- 4) провести качественное определение наличия в пробе ионов свинца, железа, сульфат-анионов;
- 5) провести сравнение содержания примесей в снежном покрове на перекрестках г. Томска и в зонах отдыха;
- 6) сделать вывод о степени загрязненности снежного покрова от автотранспортных средств.

***Общие положения***

Оценка состояния окружающей среды по степени загрязнения снежного покрова является распространенным приемом проведения мониторинга. Подобные исследования не требуют дорогостоящего оборудования и позволяют проводить экспресс-анализ загрязнений. Поэтому во многих странах мира, например в Финляндии, этот метод широко распространен и позволяет получать характеристики экологической обстановки на значительных территориях.

Проблема чистоты атмосферы не нова. Она возникла вместе с появлением промышленности и транспорта, работающих на угле, а затем на продуктах переработки нефти. Быстрый и повсеместный рост промышленности и транспорта в XX столетии привел к резкому росту объемов и токсичности выбросов, которые уже не могут быть «растворены» в атмосфере до безвредных для природной среды и человека концентраций.

Загрязнение атмосферы имеет естественное и искусственное происхождение (рис. 4.1).



Рис. 4.1 Источники загрязнения воздуха

Среди *естественных* факторов выделяются:

- 1 внеземное загрязнение воздуха космической пылью и космическим излучением;
- 2 земное загрязнение атмосферы при извержении вулканов, выветривании горных пород, пыльных бурях, лесных пожарах, возникающих от ударов молний, выносе морских солей.

Условно разделяют естественное загрязнение атмосферы на континентальное и морское; органическое и неорганическое. К органическим относят аэро-планктон-бактерии, в том числе болезнетворные, споры грибов, пыльцу растений (включая ядовитую пыльцу амброзии) и т.п.

На долю естественных факторов в конце XX в. приходилось 75 % общего загрязнения атмосферы, остальные 25 % – результат антропогенной деятельности.

*Искусственное* загрязнение атмосферы разделяют на радиоактивное, электромагнитное, шумовое, дисперсное и газообразное, а также по отраслям промышленности и видам технологических процессов.

Главными и наиболее опасными источниками загрязнений являются промышленные, транспортные и бытовые выбросы.

По особенностям строения и характеру влияния на атмосферу загрязнители подразделяют на механические и химические.

Основными химическими выбросами антропогенного происхождения являются оксиды углерода (CO и CO<sub>2</sub>), диоксид серы SO<sub>2</sub>, метан CH<sub>4</sub>, оксиды азота (NO, NO<sub>2</sub>). При использовании фреонов в атмосферу поступают хлорфторуглеводороды (ХФУ), а в результате работы транспорта – углеводороды (самый токсичный бенз(а)пирен и его производные). В табл. 4.1 представлены данные по основным загрязнителям атмосферного воздуха в России.

Среди загрязнителей воздуха особую группу образуют вещества, обладающие канцерогенной активностью. Это в первую очередь бенз(а)пирен и его производные, другие ароматические углеводороды, поступающие от котельных промышленных предприятий и с выхлопными газами автотранспорта.

Неблагоприятное воздействие на организм человека оказывают и соединения свинца, содержащиеся в выхлопных газах автомобилей. Присутствие таких соединений в крови человека возрастает с увеличением его содержания в воздухе, что приводит к снижению активностей ферментов, к нарушению обменных процессов.

Проблема загрязнения окружающей среды характерна и для Томской области. По данным Госкомстата общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по Томской области в 2003 г. составил 193,28 тыс. т в год (в 2002 г. – 191,71 тыс. т), в том числе от стационарных источников – 25,639 тыс. т (в 2002 г. – 24,069 тыс. т), от передвижных источников (автотранспорта) – 167,641 тыс. т (в 2002 г. – 167,641 тыс. т). Выбросы в атмосферу от автотранспорта составили – 86,7 % от общего объема выбросов в атмосферу (в 2002 г. – 87,4 %).

Таблица 4.1 Основные загрязнители атмосферы

Загрязнители	Основные искусственные источники	Среднегодовая концентрация в воздухе мг/м <sup>3</sup>	Воздействие на окружающую среду и здоровье человека
Твердые частицы (пыль, зола и т.п.)	Сжигание топлива (около $2,4 \cdot 10^8$ т)	0,04-0,4	Снижение солнечного освещения и видимости, увеличение облачности, туманности. Разрушение и загрязнение материков. Возможное снижение температуры земли в результате длительного воздействия
Сернистый ангидрид SO <sub>2</sub>	Сжигание топлива (около $1,5 \dots 1,75 \cdot 10^8$ т)	0,5-0,1	Хроническое поражение растений, снижение урожайности, уничтожение лесов, заболевания дыхательных путей
Оксиды азота NO <sub>x</sub>	Окисление атмосферного азота и топлива при высокой температуре (около $5,5 \cdot 10^7$ т)	0,05-0,2	Поглощение солнечного света, образование фотохимического смога, «кислотных дождей». Разрушение материалов, снижение урожайности, уничтожение лесов, уменьшение содержания гемоглобина в крови
Оксид углерода CO	Неполное сгорание топлива (около $2,5 \dots 3,5 \cdot 10^8$ т)	1...50	Уменьшение содержания гемоглобина в крови
Летучие углеводороды и их продукты	Неполное сгорание топлива (около $8 \cdot 10^7$ т)	До 3	Поражение растений при концентрации выше 0,02 мг/м <sup>3</sup> , раздражающее действие на глаза

Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников (в тыс.т/год) на территории Томской области за период 1995 – 2003 гг., по данным статотчетности 2-ТП (воздух), представлены на рис. 4.2.



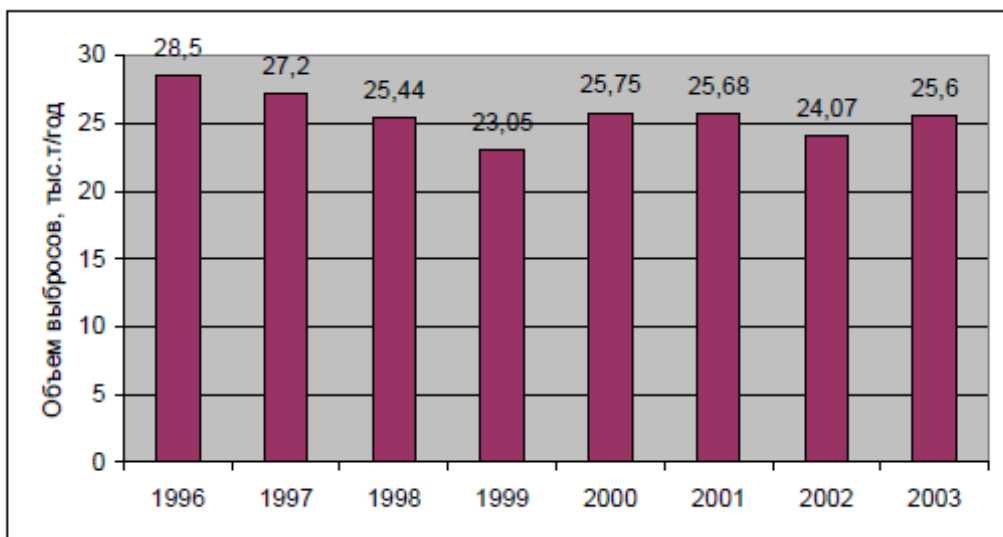


Рис. 4.2 Диаграмма выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников, 1995 – 2003 гг.

На предприятиях области уловлено 14,097 тыс.т/год вредных веществ (35,48 % от отходящих), утилизировано 4,288 тыс.т/год.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников на душу населения в Томской области представлены на рис. 4.3.

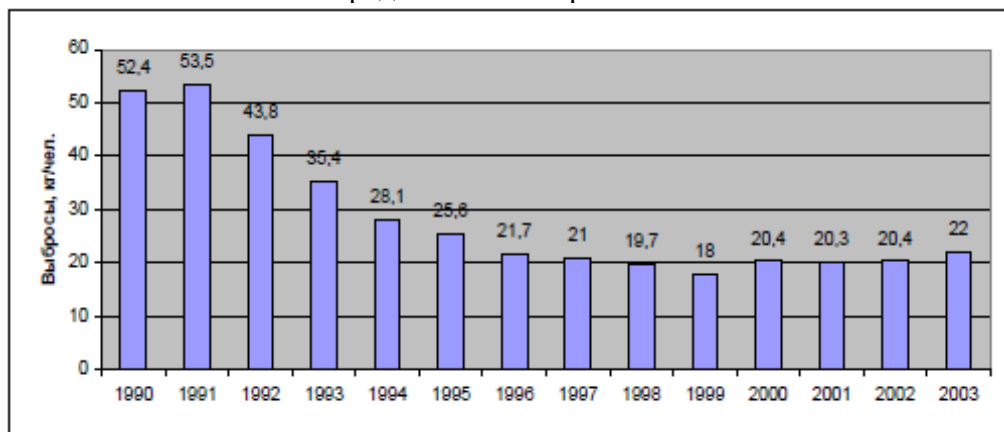


Рис.4.3 Диаграмма выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников на душу населения Томской области

На предприятиях г. Томска уловлено 6,86 тыс.т/год загрязняющих веществ, из них утилизировано 1,16 тыс.т/год. Степень улавливания составляет 53,06 %. К сожалению, автотранспорт продолжает загрязнять окружающую среду продуктами неполного сгорания топлива. В 2003 г. центрами Госсанэпиднадзора на автомагистралях в зоне жилой застройки было исследовано 1769 проб атмосферного воздуха, из них 13,7 % оказались нестандартными. Основными ингредиентами, по которым отмечалось наибольшее количество проб, не отвечающих гигиеническим нормативам, были: окись углерода – 14,9 %, пыль – 16,3 %, формальдегид – 3,5 %, окислы азота – 3,8 %, сернистый газ – 1,1 %, свинец – 1,2 %.

Одним из способов экспресс-анализа загрязнения атмосферы выбросами антропогенного происхождения может служить анализ содержания примесей в снежном покрове.

При проведении исследований снежного покрова магистралей возможно качественное определение запыленности воздуха (общая масса примесей), загрязнения солями тяжелых металлов (свинца, железа и т.п.), сульфатами, хлоридами, органическими веществами (перманганатная и бихроматная пробы) и т.д.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### П о с у д а и п р и б о р ы

- 1 Весы аналитические.
- 2 Емкости для проб снега (15 шт.).
- 3 Пробирки.
- 4 Чашки для выпаривания.
- 5 Шкала цветности.
- 6 Спиртовка.
- 7 Держатель.
- 8 Универсальная индикаторная бумага.
- 9 Электроплитка.
- 10 Фильтры бумажные.
- 11 Колбы плоскодонные.
- 12 Стеклянные палочки.

### Р е а к т и в ы и р а с т в о р ы

- 1 Раствор  $\text{AgNO}_3$  (1 %).
- 2 Раствор  $\text{BaCl}_2$  (5 %).
- 3 Раствор  $\text{Na}_2\text{S}$  (1 %).
- 4 Раствор  $\text{KSCN}$  (1%).
- 5 Раствор  $\text{HCl}$  (1:5).
- 6 Персульфат калия (крист.).

### Методика выполнения

#### 1 Отбор проб

На оживленных перекрестках автомобильных магистралей г. Томска отберите пробы снега на выбранных площадках размером не менее  $1 \text{ м}^2$ . Общая масса образца должна составлять 600...800 г. Пробы пронумеруйте, поместите в тару с пробками. Полученные данные отбора проб оформите в виде табл. 4.2.

Таблица 4.2

№ пробы	Время	Место (перекрестки улиц)
1		Кирова и Ленина
2		Городской сад
3		Герцена и Ленина
4		Нахимова и Ленина
5		Фрунзе и Ленина
6		Ост. 4 Поликлиника
7		Лагерный сад
8		Ленина и пер. 1905 г.
9		Пл. Южная
10		Автовокзал Томск-1

#### 2 Опыт № 1: Общее содержание примесей

В предварительно взвешенную чашечку для выпаривания ( $m_1$ ) поместите часть пробы и взвесьте чашечку с пробой ( $m_2$ ). Чашечку нагрейте на плитке до полного испарения воды и достижения постоянной массы, после охлаждения до комнатной температуры ( $m_3$ ).

Рассчитайте по формуле (4.1) содержание примесей:

$$\omega = \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1)} \cdot 1000 \quad (4.1)$$

где  $m_1$  – масса чашечки для выпаривания,  $m_2$  – масса чашечки с пробой,  $m_3$  – масса чашечки с пробой после удаления воды.

Полученные данные оформите в виде табл. 4.3.

Таблица 4.3

№ пробы	$m_1$ , г	$m_2$ , г	$m_3$ , г	$\omega$ , %	Примечание
1					
...					
10					

Небольшое количество пробы (около 200 г) оставьте при комнатной температуре для полного расплавления снега. Полученную жидкость проанализируйте (определите цветность, мутность, запах, pH, содержание свинца, железа, сульфатов, хлоридов).

### 3 Опыт № 2: Определение pH с помощью универсального индикатора

Полоску индикаторной бумаги поместите в пробирку, содержащую примерно 5 см<sup>3</sup> исследуемой талой воды. Окраску индикаторной бумаги сравните со шкалой.

### 4 Опыт № 3: Цветность

В колбу поместите 5 см<sup>3</sup> исследуемой пробы и, просматривая сверху, на белом фоне при достаточном боковом освещении (дневном, искусственном), сравните со шкалой цветности.

Для приготовления шкалы смешайте растворы № 1 и № 2 в следующих соотношениях:

Раствор №1, см <sup>3</sup>	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	16
Раствор №2, см <sup>3</sup>	100	99	98	97	96	95	94	92	90	88	84
Градусы цветности	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50

*Раствор № 1:* 0,0875 г бихромата калия, 2 г сульфата кобальта и 1 см<sup>3</sup> серной кислоты (плотность 1,84 г/см<sup>3</sup>) и довести объем до 1 дм<sup>3</sup> (соответствует цветности 500°).

*Раствор № 2:* 1 см<sup>3</sup> концентрированной серной кислоты (плотность 1,84 г/см<sup>3</sup>) и довести в мерной колбе дистиллированной водой до объема 1 дм<sup>3</sup>.

### 5 Опыт № 4: Мутность

В пробирку поместите 10 см<sup>3</sup> исследуемой воды. Определите мутность воды, рассматривая пробирку сверху на белом и, соответственно, темном фоне при достаточном боковом освещении (дневном, искусственном).

Мутность: слабо опалесцирующая, опалесцирующая, слабо мутная, мутная, очень мутная.

### 6 Опыт № 5: Запах

Заполните колбу исследуемой водой на 1/3 объема и закройте пробкой. Взболтайте содержимое колбы. Откройте колбу и осторожно, неглубоко вдыхая воздух, сразу же определите характер запаха.

Если запах сразу не ощущается, испытание можно повторить, нагрев воду в колбе до температуры 60 °С.

Интенсивность запаха определяйте по 5-бальной шкале: 0 – не ощущается; 1 – обнаруживается только опытным исследователем; 2 – слабый, обнаруживается только в том случае, если обратить на него внимание; 3 – заметный, обнаруживается потребителем и вызывает неодобрительные отзывы; 4 – отчетливый, обращающий на себя внимание и делающий воду непригодной для питья; 5 – очень сильный, делающий воду совершенно непригодной.

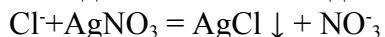
Естественные запахи описывают, придерживаясь следующей терминологии:

Символ	Характер запаха
А	ароматный
Б	болотный
Г	гнилостный
Д	древесный

З	землистый
П	плесневый
Р	рыбный
С	сероводородный
Т	травянистый
Н	неопределенный

**7 Опыт № 6: Качественное определение содержания хлоридов с приближенной количественной оценкой**

Метод основан на осаждении хлорида серебра:



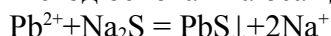
В пробирку поместите 5 см<sup>3</sup> исследуемой воды, если проба мутная, ее следует отфильтровать. В пробирку с пробой (или фильтратом) добавьте 3 капли раствора нитрата серебра. Используя табл. 4.4, определите приближенное содержание хлорид-анионов.

Таблица 4.4

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

**8 Опыт № 7: Определение катионов свинца**

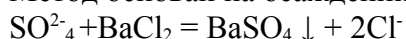
Метод основан на осаждении сульфида свинца:



В пробирку поместите 5 см<sup>3</sup> исследуемой воды, если проба мутная, ее следует отфильтровать. Добавьте 1 см<sup>3</sup> соляной кислоты (1:5) и 3 капли раствора сульфида натрия. Выпадение черного осадка свидетельствует о наличии в пробе солей свинца.

**9 Опыт № 8: Определение содержания сульфатов-анионов**

Метод основан на осаждении сульфата бария:



В пробирку внесите 10 см<sup>3</sup> исследуемой воды, если проба мутная, ее следует отфильтровать. Добавить 5 см<sup>3</sup> соляной кислоты (1:5) и 2 см<sup>3</sup> раствора хлорида бария, полученный раствор перемешать.

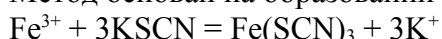
Приблизительное содержание сульфатов определить по аналитическому эффекту, используя данные табл. 4.5.

Таблица 4.5

Характер осадка	Концентрация SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>
Отсутствие осадка	< 5
Слабая муть, проявляющаяся через несколько мин	5-10
Слабая муть, проявляющаяся сразу после добавления хлорида бария	10-100
Сильная муть, быстро осаждающаяся	> 100

**10 Опыт № 9: Определение содержания катионов железа**

Метод основан на образовании роданида железа по уравнению:



В пробирку налейте приблизительно 10 см<sup>3</sup> исследуемой воды, если проба мутная, ее следует отфильтровать. Добавьте 2 – 4 капли HCl, несколько кристаллов персульфата калия и 4 – 5 капель раствора KSCN. После внесения каждого реактива содержимое пробирки тщательно перемешайте.

Приблизительное содержание солей железа определите в соответствии с табл. 4.6.

Таблица 4.6

Окрашивание при рассмотрении сбоку	Окрашивание при рассмотрении сверху вниз	Содержание железа, мг/дм <sup>3</sup>
Окрашивания нет	Окрашивания нет	< 0,05
Едва заметное желтовато-розовое	Очень слабое желтовато-розовое	0,10
Очень слабое желтовато-розовое	Слабое желтовато-розовое	0,25
Слабое желтовато-розовое	Светло-желтовато-розовое	0,50
Светло-желтовато-розовое	Желтовато-розовое	1,00
Сильное желтовато-розовое	Желтовато-красное	2,00
Светло-желтовато-красное	Ярко-красное	> 2,00

Полученные экспериментальные данные по анализу образца снега оформите в виде табл. 4.7.

Таблица 4.7

№ пробы	Цветность	Мутность	pH	Запах	Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	Содержание железа, мг/дм	Наличие солей свинца
1								
...								
10								

### 11 Выводы

*Образец вывода:* Проведен отбор проб снега на 10 перекрестках основных транспортных магистралей г. Томска. Проанализированы пробы по органолептическим показателям (цветность, мутность, запах, pH-среды). К числу самых загрязненных участков следует отнести: \_\_\_\_\_. Большинство проб имеет запах или бензина или машинных масел, исключение: участки \_\_\_\_\_. Практически во всех пробах присутствуют в количестве от \_\_\_\_\_ хлорид-анионы (концентрация) и сульфат-анионы, максимальное содержание на участках \_\_\_\_\_; минимальное содержание на участках \_\_\_\_\_. Количественное определение содержания железа показало, что максимальное количество солей железа содержится на участке \_\_\_\_\_.

Во всех пробах (кроме \_\_\_\_\_) отмечено содержание солей свинца, что подтверждает вывод о наибольшей загрязненности солями тяжелых металлов придорожных территорий. Гравиметрическим методом определено количественное содержание примесей: в меньшей степени загрязнены пробы \_\_\_\_\_ (данные), в наибольшей – \_\_\_\_\_. В результате проведенных опытов было выявлено, что самыми загрязненными участками г. Томска являются \_\_\_\_\_. Наиболее благоприятными по экологической обстановке являются районы \_\_\_\_\_.

### Контрольные вопросы

- 1 Какие меры техники безопасности следует соблюдать при проведении исследований?
- 2 Укажите основные источники загрязнения атмосферы.
- 3 Приведите классификацию загрязнений атмосферы.
- 4 Охарактеризуйте антропогенное влияние на атмосферу.
- 5 Приведите методику определения содержания примесей.
- 6 Укажите загрязнители, которые вызывают изменение pH среды снега.
- 7 Приведите методики определения и укажите источник загрязнения снега: а) хлорид-анионами; б) сульфат-анионами; в) соединениями свинца; г) солями железа.

8 Проанализируйте содержание примесей и укажите самые загрязненные участки г. Томска (по полученным экспериментальным данным).

9 Какие меры по охране окружающей среды можно использовать для улучшения экологической обстановки?

10 Охарактеризуйте экологическую обстановку в России, Томской области.

11 Какие международные соглашения регламентируют выбросы загрязнителей в окружающую среду?

Лабораторная работа №3  
**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ**  
(4 ч, самостоятельная работа - 3 ч)

### **3.1. Оценка экологического состояния почвы по кислотности**

#### ***Цель работы:***

- 1 провести отбор проб почвы на различных земельных участках г. Томска;
- 2 определить рН водной вытяжки почвы и сделать вывод об актуальной кислотности почв;
- 3 приготовить солевую вытяжку из почвы, определить ее рН и сделать вывод о потенциальной кислотности почв;
- 4 привить навыки работы на рН-метре;
- 5 закрепить знания о видах кислотности и щелочности почв, путях их возникновения и способах устранения.

#### ***Общие положения***

Кислотность почвы – важный экологический фактор, определяющий условия жизнедеятельности почвенных организмов и высших растений, а также подвижность загрязнителей в почве (в первую очередь металлов).

На рост растений оказывает значительное влияние реакция почвенного раствора (рН), связанная с содержанием в почве кислот или щелочей, которая сильно зависит от состава ионов, входящих в почвенный поглощающий комплекс (ППК). Диапазон кислотно-основных условий почвенного покрова широк. Выделено множество классов почв от сильнокислых (рН 3...4) до сильнощелочных (рН 8...9). Более 50 % почв России отличается повышенной кислотностью. Кислая реакция в некоторых случаях встречается в подзолистых, серых лесных почвах, красноземах, желтоземах, торфяно-болотных почвах.

Щелочная реакция обычна для почв сухих степей, полупустынь и пустынь (каштановые, солонцеватые, сероземы, серо-бурые). Нейтральная и щелочная реакции характерны для черноземов, почв на известняках.

Почвенный раствор – раствор химических веществ в воде, который находится в квазиравновесии с твердыми и газообразной фазами почвы.

Почвенный раствор можно рассматривать как гомогенную жидкую фазу, имеющую переменный состав. На формирование состава почвенного раствора влияют атмосферные осадки, состав грунтовых вод, водный режим почв, климат, растительность. Состав почвенного раствора зависит от его взаимодействия с твердыми фазами в результате процессов осаждения-растворения, сорбции-десорбции, ионного обмена, комплексообразования, растворения газов почвенного воздуха, разложения животных и растительных остатков. Количественными характеристиками состава и свойств почвенного раствора служат ионная сила, минерализованность, электропроводность, окислительно-восстановительный потенциал, титруемая кислотность (щелочность), активности и концентрации ионов, рН. Химические элементы могут находиться в составе почвенного раствора в форме свободных ионов, аквакомплексов, гидроксокомплексов, комплексов с органическими и неорганическими лигандами, в виде ионных пар и других ассоциатов.

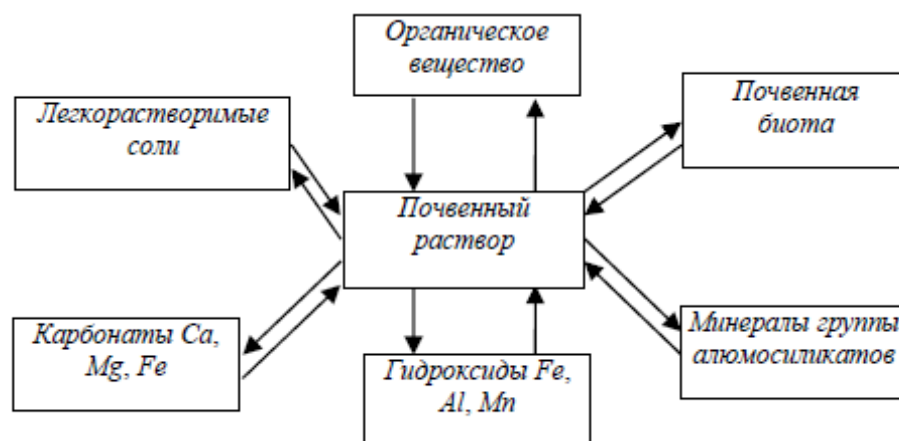


Рис. 2.1 Почвенный раствор

Методы выделения почвенного раствора затруднительны и несовершенны. В сравнительно неизменном виде его можно выделить:

- давлением сжатого газа;
- прессом;
- замещением различными жидкостями (этиловым спиртом);
- центробежной силой.

Практически применяются второй и третий методы. Это первая группа методов.

Вторая группа методов включает лизиметрические методы, когда собирают просачивающуюся через почву атмосферную влагу в специальном приемнике.

Третья группа включает методы выделения почвенного раствора водой. Чаще применяют водные вытяжки при соотношении почва: вода = 1 : 5.

Четвертая группа включает в себя ионометрические методы, позволяющие определить в полевых условиях рН, электропроводность, окислительно-восстановительный потенциал, активность ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $-\text{NO}_3$  и других, используя селективные электроды.

Почвенный поглощающий комплекс (ППК) – совокупность органических, минеральных и органно-минеральных коллоидов и тончайших частиц ила, способных к поглощению и обмену ионов. В большинстве почв преобладают минеральные коллоиды. К ним относятся глинистые минералы (каолинит, монтмориллонит, галлуазит, гидрослюда, иллит, вермикулит и другие); гидроксиды железа ( $\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), алюминия ( $\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), марганца ( $\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ); кремния ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) и их комплексные соли-коагелы. К органическим относятся аморфные гумусовые вещества, некоторые полисахариды, и клетки наиболее мелких бактерий. Органо-минеральные коллоиды представлены сложными образованиями гумусовых веществ с минеральными коллоидами.

Основное свойство коллоидов – способность к поглощению веществ из растворов как в виде молекул, так и в виде ионов. Поглощенные из растворов вещества могут обмениваться на другие, находящиеся в растворе. Это свойство определяется высокой реакционной способностью, обусловленной большой суммарной и удельной поверхностью коллоидов, которая тем больше, чем выше дисперсность коллоидов. Если в почве содержится 10 % коллоидных частиц, то сумма их поверхности на площади 1 га составит 70 тыс. га. С увеличением суммарной поверхности растет суммарная поверхностная энергия и возрастает химическая активность коллоидов. Удельная поверхность выше в суглинистых почвах, чем в песках и супесях, и выше в гумусовом горизонте, чем в нижележащем. Удельная поверхность коллоидов в гумусовых горизонтах суглинистых дерново-подзолистых почв составляет 29 м<sup>2</sup>/г, серых лесных – 33 м<sup>2</sup>/г, черноземах – 48 м<sup>2</sup>/г.

Поглощение ионов обусловлено наличием заряда, который возникает в результате следующих процессов: механическое разрушение решетки минералов и разрыв связей между ионами; гетеровалентное изоморфное замещение (например, замещение в структуре  $\text{Si}^{4+}$  на

$Al^{3+}$ , а  $Al^{3+}$  на  $Fe^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ); адсорбция ионов на поверхности ППК; диссоциация ионов ППК (например, протонов из гидроксогрупп алюмосиликатов, а также из карбоксильных групп и фенольных гидроксогрупп органических веществ); ориентация полярных молекул вблизи поверхности раздела твердой и жидкой фаз.

В связи с тем, что в естественных условиях ППК имеет отрицательный заряд, поглощаются преимущественно катионы. Положительный заряд в ППК возникает на поверхности гидроксидов железа и алюминия, за счет амино-групп органических веществ. Компенсируется положительный заряд ППК поглощением анионов. Количество поглощенных веществ, прочность их удерживания зависят от свойств ППК (дисперсность, минералогический состав, состав органических и органно-минеральных веществ), от кислотности-основности и окислительно-восстановительных условий, от свойств поглощаемых химических веществ.

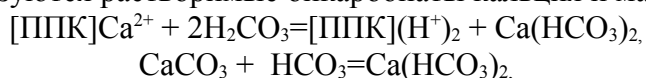
Главная функция ППК – участие в обменных реакциях с загрязняющими веществами, поступающими в почву. Реакции обмена с этими веществами протекают в эквивалентных количествах и обратимы, если не сопровождаются хемосорбцией. Скорость и соотношение обменивающихся ионов зависят от валентности ионов загрязняющих веществ в растворе, их радиуса, концентрации. С повышением pH увеличивается поглощение катионов Cd, Pb, Zn, Hg и других, уменьшение pH ведет к большему поглощению As, Se, Sb, Mo. Результаты вегетационных и полевых опытов, исследование почв техногенно-нарушенных территорий показывают, что при одном и том же уровне содержания в почвах тяжелых металлов признаки угнетения растений в наибольшей степени проявляются на тех почвах, где ППК имеет мало активных центров, способных к обменным реакциям с металлами, где низка емкость катионного обмена (ЕКО). Почвы с ЕКО меньше 20 мг·экв/100 г наиболее подвержены загрязнению тяжелыми металлами, пестицидами и другими химическими веществами; при ЕКО выше 50 мг·экв/100 г почвы более устойчивы к загрязнению. Защитные функции ППК проявляются в способности обменных катионов за счет ионообменных реакций нейтрализовать кислые осадки и ограничить миграцию тяжелых металлов.

#### *Кислотность почв*

Носителем кислотности могут быть почвенный раствор и почвенные коллоиды. Кислотность делится на два вида: актуальную (активную) и потенциальную (скрытую), которая, в свою очередь, подразделяется на обменную и гидролитическую.

Актуальная кислотность – кислотность почвенного раствора (водной вытяжки). Характеризуется двумя показателями: активностью ионов  $H^+$  (pH) и содержанием кислотных компонентов (количество кислотности). pH определяют потенциометрически со стеклянным электродом непосредственно в почвенном растворе. Количество кислотности находят путем титрования почвенных растворов или водных вытяжек щелочью.

На величину pH почвенного раствора влияют свободные органические кислоты: винная, щавелевая, лимонная, муравьиная, масляная, коричная, уксусная, фульвокислоты и другие, что связано с высокой степенью их диссоциации. Из минеральных кислот большое значение имеет угольная кислота, которая диссоциирует на ионы  $H^+$  и  $-HCO_3^-$ , на ее количество влияет растворение в почвенном растворе  $CO_2$ . Величина pH почвенного раствора зависит от парциального давления  $CO_2$  в почвенном воздухе, степени диссоциации образующейся  $H_2CO_3$ , наличием кислых солей и общей ионной силы раствора. Только за счет  $CO_2$  величина pH может снизиться до 4...5. На значение актуальной кислотности может повлиять состав твердых фаз почвы, что связано с диссоциацией и обменом катионов ППК. Если почва насыщена катионами кальция и магния и в ней появляются карбонаты этих металлов, то в почве образуются растворимые бикарбонаты кальция и магния:





Реакция рН в этом случае устанавливается в пределах 7 –8, т.е. близка к нейтральной или щелочной среде. Эта реакция характерна для обыкновенных и мощных черноземов.

Классификация почв по уровням актуальной кислотности почвы следующая (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Сильнокислые	рН 3-4	Слабощелочные	рН 7-8
Кислые	рН 4-5	Щелочные	рН 8-9
Слабокислые	рН 5-6	Сильнощелочные	рН 9-11
Нейтральные	рН 7		

Актуальная кислотность почв, имеющих рН < 7, под действием кислых дождей снижается на 1 –2 единицы. Избыточная кислотность токсична для многих растений и микроорганизмов. Для большинства культурных растений оптимум рН почвенного раствора находится в пределах 5,5...7,0, и только люпин, чайный куст и некоторые другие предпочитают кислую реакцию. Оптимальные значения рН почвы для выращивания основных сельскохозяйственных культур приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

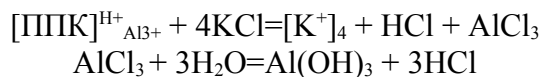
### Оптимальные значения рН почвы для некоторых растений

Растение	рН	Растение	рН
овес	5,0-7,7	картофель	5,0-5,5
рожь озимая	5,5-7,5	сахарная свекла	7,0-7,5
пшеница яровая	6,0-7,5	люцерна	7,0-8,0
пшеница озимая	6,3-7,6	клевер	6,0-7,0
ячмень	6,8-7,5	донник	6,5 и более
кукуруза	6,0-7,0	люпин	4,5-6,0
просо	5,5-7,5	тимофеевка	5,6 и более
гречиха	4,7-7,5	капуста	6,7-7,4
горох	6,0-7,0	свекла столовая	6,8-7,5
соя	6,5-7,1	томаты	6,3-6,7
горчица	около 7	редис, репа	5,5 и более
лен	5,9-6,5	морковь	5,5-7,0
подсолнечник	6,0-6,8	огурцы	6,0-7,9
конопля	7,1-7,4	салат	6,0-7,0
чай	4,8-6,2	хлопчатник	6,5-9,0

Прямое отрицательное действие кислотности ведет к повреждению корневой системы растений, нарушению обмена веществ между растением и средой. Уменьшение рН почвенного раствора вызывает увеличение подвижности Al, Mn, Fe, Cu, Zn, что обуславливает снижение активности ферментов и ухудшение свойств протоплазмы растений. Для устранения избыточной кислотности в почвы вносят известь, органические удобрения, гипс, силикатные и фосфорные удобрения.

*Потенциальная кислотность* – кислотность твердой фазы почвы, проявляющаяся только при взаимодействии почвы с солевыми растворами.

Обменная кислотность обусловлена наличием в ППК, в поглощенном состоянии ионов водорода и алюминия, способных обмениваться на катионы нейтральных солей, например KCl. Эту реакцию можно представить так:



Многие исследователи считают, что соотношения между обменными  $\text{H}^+$  и  $\text{Al}^{3+}$  зависят от генезиса почв, состава ППК. В почвах, богатых органическим веществом, обменная кислотность обусловлена  $\text{H}^+$ , а бедные гумусом минеральные почвы содержат преимущественно обменный  $\text{Al}^{3+}$ .

У почв с повышенной обменной кислотностью неблагоприятные агрономические свойства, которые могут быть улучшены известкованием и внесением органических удобрений.

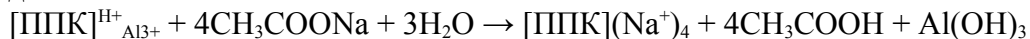
Обменная кислотность регулирует реакцию почвенного раствора. Она подкисляет нейтральный почвенный раствор или увеличивает актуальную кислотность благодаря взаимодействию твердой фазы почвы с катионами растворимых солей.

Проявляется при загрязнении почв растворимыми солями промышленного или сельскохозяйственного происхождения. При этом  $\text{H}^+$  вытесняется из ППК. Особенно токсичен  $\text{Al}^{3+}$ , переходящий в раствор в результате обменных реакций. В связи с этим уровень обменной кислотности подлежит обязательному контролю при почвенном мониторинге и характеристике загрязненных почв.

Обменная кислотность наиболее ярко выражена в подзолистых и красноземных почвах (рН 3–4).

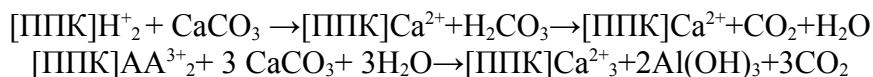
Она не проявляется или слабо проявляется в оподзоленных и выщелоченных черноземах, а в почвах с нейтральной или щелочной реакцией не обнаруживается и не определяется.

Гидролитическая кислотность определяется наличием в почве поглощенных ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{Al}^{3+}$ , способных обмениваться на катионы гидролитически щелочных солей. Для ее определения используют 1 М раствор  $\text{CH}_3\text{COONa}$  с рН = 8,2. Катионы натрия вытесняют из ППК водород и алюминий по схеме:



Поскольку при однократной обработке раствором вся гидролитическая кислотность не извлекается, в расчеты вводят коэффициент 1,75 на неполноту вытеснения. В этом случае определяется вся кислотность почвы как актуальная, так и потенциальная, поэтому уровень гидролитической кислотности значительно больше обменной.

Гидролитическая кислотность является первой формой кислотности, появляющейся при обеднении почвы основаниями. Собственно она (при отсутствии обменной) не вредна для растений, но важна для установления доз извести при известковании. Обычно к почве добавляют карбонат кальция (известь), который нейтрализует различные формы кислотности:



Дозы извести рассчитывают по величине рН солевой вытяжки с учетом грануметрического состава почв.

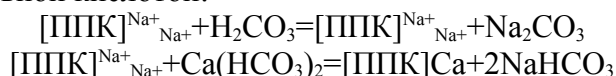
#### *Щелочность почв*

Различают актуальную и потенциальную щелочность. Актуальная щелочность обусловлена наличием в почвенном растворе гидролитических щелочных солей: карбонатов и гидрокарбонатов калия и натрия, кальция и магния. Кроме того, причиной ее может быть присутствие боратов, фосфатов, сульфидов, силикатов и солей некоторых органических кислот, преимущественно гуматов. Большой вклад в формирование щелочности вносит карбонатно-кальциевая система  $\text{CaCO}_3 - \text{H}_2\text{O} - \text{CO}_2$ . Карбонат кальция присутствует в твердой части почвы, вода в почве имеется почти всегда (за исключением сильных засух), а  $\text{CO}_2$  всегда есть в почвенном воздухе.

Почвенный раствор такой системы содержит разные количества  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , и величина рН регулируется, по сути, только парциальным давлением  $\text{CO}_2$ . Эта система

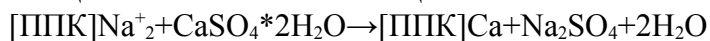
работает до тех пор, пока в твердой части почвы присутствует  $\text{CaCO}_3$ , и обуславливает величины pH почвенных суспензий до 7,5...10,0 в зависимости от парциального давления  $\text{CO}_2$  в почвенном воздухе.

Потенциальная щелочность обусловлена наличием поглощенного натрия и проявляется при взаимодействии с угольной кислотой:



Как и кислотность, щелочность почв выражается в миллиэквивалентах на 100 г почвы и ее принято оценивать по значению актуальной кислотности, которая определяется в водной вытяжке.

Щелочная реакция неблагоприятна для большинства растений, а почвы приобретают неблагоприятные физические и химические свойства. При pH 9 –10 они отличаются вязкостью и липкостью, во влажном состоянии – расплываются, теряют структурность, а затем при высыхании сливаются в плотные, очень прочные глыбы, которые часто не поддаются действию плуга. Таковы солонцы, каштановые, бурые, засоленные почвы. Устраняют щелочность гипсованием. При гипсовании происходит реакция вытеснения поглощенного натрия, обуславливающего неблагоприятные физические и химические свойства таких почв, и замещение его на катион кальция:



Образующийся  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  удаляют из почвенной толщи путем промывок. Насыщенная кальцием почва приобретает благоприятные физические свойства: структурность, водопроницаемость и водоудерживающую способность, достаточную пористость; улучшаются и химические свойства – снижается pH, удаляется токсичный для растений ион  $\text{Na}^+$ , уменьшается щелочность.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### П о с у д а и п р и б о р ы

- 1 Весы аналитические.
- 2 Весы технические.
- 3 pH-метр.
- 4 Центрифуга
- 5 Конические колбы вместимостью 250 см<sup>3</sup> (2 шт.).
- 6 Мерный цилиндр вместимостью 100 см<sup>3</sup> (2 шт.).
- 7 Образцы почв.
- 8 Фильтровальная бумага.
- 9 Химический стакан вместимостью 50 см<sup>3</sup> (2 шт.).

### Р е а к т и в ы и р а с т в о р ы

- 1 Стандарт-титры 4,01; 6,86; 9,81.
- 2 Раствор KOH (100 г/дм<sup>3</sup>).
- 3 Раствор HCl (10 %).
- 4 Раствор KCl (1 н.).

### Опыт 1: Приготовление водной вытяжки из почвы

Пробу воздушно-сухой почвы массой 30 г, взвешенную на аналитических весах с погрешностью не более 0,1 г, поместите в коническую колбу. К пробе прилейте мерным цилиндром 150 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, не содержащей углекислоты, закройте пробкой. Перемешайте в течение 3 мин в центрифуге и оставьте на 5 мин для отстаивания.

### Опыт 2: Измерение pH водной вытяжки

Почвенную суспензию объемом 15 –20 см<sup>3</sup>, полученную в опыте 1, перелейте в химический стакан и измерьте pH. Показания pH-метра считывайте не раньше, чем через 1,5 мин после погружения электродов в измеряемую среду, после прекращения дрейфа pH-метра.

### Опыт 3: Приготовление солевой вытяжки из почвы

Пробу воздушно-сухой почвы массой 30 г, взвешенную на аналитических весах с погрешностью не более 0.1 г, поместите в коническую колбу. К пробе прилейте мерным цилиндром 75 см<sup>3</sup> 1 н. раствора KCl<sub>3</sub>, закройте пробкой и перемешайте в течение 1 мин.

#### **Опыт 4: Измерение рН солевой вытяжки**

Почвенную суспензию объемом 15 –20 см<sup>3</sup>, полученную в опыте 3, перелейте в химический стакан и измерьте рН. Показания рН-метра считывайте не ранее чем через 1 мин после погружения электродов в суспензию.

Занесите полученные результаты в таблицу.

Таблица 2.3

№ пробы	Место отбора пробы	рН водной вытяжки	рН солевой вытяжки

#### **5 Выводы**

*Образец вывода:* В результате лабораторной работы определено: рН водной вытяжки почвы (рН = \_\_\_ ), рН солевой вытяжки почвы (рН = \_\_\_ ). Изученный образец почвы пригоден (непригоден) для выращивания следующих сельскохозяйственных культур ( \_\_\_\_\_ ), нуждается (не нуждается) в проведении мелиоративных работ.

#### *Контрольные вопросы*

- 1 Что такое почвенный раствор?
- 2 Какие существуют методы выделения почвенного раствора?
- 3 Что представляет собой ППК?
- 4 В чем проявляются защитные функции ППК?
- 5 Что такое актуальная кислотность? Чем она обусловлена?
- 6 Какова классификация почв по уровням актуальной кислотности?
- 7 К чему приводит избыточная кислотность?
- 8 Как можно устранить избыточную кислотность?
- 9 Что такое потенциальная кислотность?
- 10 Чем отличается обменная и гидролитическая кислотность?
- 11 Что такое щелочность почв?
- 12 Как работает карбонатно-кальциевая система в почве?
- 13 Чем отличается актуальная и потенциальная щелочность?
- 14 К чему приводит избыточная щелочность в почвах?
- 15 Как можно устранить избыточную щелочность?

### **3.2. Оценка экологического состояния почвы по солевому составу водной вытяжки**

#### ***Цель работы:***

- 1 определить общее содержание солей в почвах по величине плотного остатка водной вытяжки;
- 2 качественно определить содержание хлорид-ионов, сульфат-ионов, кальция и нитратов в водной вытяжке почвы;
- 3 по полученным экспериментальным данным сделать вывод о типе и степени засоленности исследуемых почв;
- 4 закрепить теоретические знания по химическим свойствам почв.

#### ***Общие положения***

Засоленность почвы характеризуется повышенным содержанием легко- и среднерастворимых минеральных солей, что неблагоприятно сказывается на физических и химических свойствах почвы и создает неблагоприятные условия для развития и роста растений. Сильнозасоленные почвы обычно непригодны для выращивания сельскохозяйственных культур.

Легкорастворимые соли в почвах представлены группой соединений, относящихся к классам хлоридов, нитратов, сульфатов и карбонатов и характеризующихся высокой растворимостью в воде – более 2 г/л.

Наиболее вредными для растений солями являются сода ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), хлориды ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ) и сульфат натрия ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). Легкорастворимые соли, повышающие плодородие почв – нитраты. Из средн ерастворимых солей безвредными являются карбонаты кальция и магния, а также сульфат кальция (гипс). Вредное влияние на растения оказывает закись железа, а гидраты окиси железа – безвредны.

Наиболее широко распространены в почвах следующие минералы и группы легкорастворимых солей: галит ( $\text{NaCl}$ ), мирабилит ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), трона ( $\text{NaHCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3$ ), сода ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) и другие.

Общее содержание легкорастворимых солей в почвах и количество отдельных катионов и анионов оценивают по данным химического анализа водной вытяжки. Об общем количестве солей в почвах судят по удельной электропроводности жидкой фазы почвы или по величине плотного остатка.

Суммарное содержание солей в почвенном растворе (плотный остаток, мг/дм<sup>3</sup>) связано с электропроводностью (ЭП, мСм/см) эмпирической формулой

$$\text{Плотный остаток} = 0,64 \cdot \text{ЭП}$$

Большая часть зерновых культур снижает урожайность при электропроводности, составляющей 4...6 мСм/см. Для овощных культур и плодовых деревьев эти величины еще ниже 1 –2 мСм/см. Отрицательный эффект влияния легкорастворимых солей на растения связан с совокупным действием трех различных механизмов. Преобладающую роль играет обычно высокое осмотическое давление почвенного раствора, возникающее из-за содержания растворенных солей и приводящее к плохой усваиваемости влаги растениями. Поэтому растения в засоленных почвах часто страдают от засухи даже при высокой влажности почвы. Еще один фактор, препятствующий нормальному росту растений – специфическое воздействие ионов  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , иногда  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{K}^+$ . Когда в листьях накапливается более 0,5 %  $\text{Cl}^-$  или более 0,2 %  $\text{Na}^+$  (в расчете на сухую массу), то происходит обгорание листьев, они приобретают бронзовую окраску, возникают некрозы.

Предполагается, что при возникновении высокой концентрации в растворе ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$  в растениях нарушается процесс транспирации. Высокая концентрация в почвенном растворе солей  $\text{Ca}^{2+}$  приводит к нарушению питания растений катионами  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{K}^+$ . Высокое содержание в растворе ионов натрия ухудшает условия питания растений кальцием и магнием, ухудшает физические свойства почв, а присутствие в почвах соды обуславливает щелочную реакцию среды, что препятствует нормальному развитию большинства сельскохозяйственных культур.

Основной мелиоративный прием, направленный на повышение продуктивности засоленных почв, – промывки водой, приводящие при наличии дренажа к удалению из почвенного профиля легкорастворимых солей. Особенно плохо поддаются мелиорации почвы содового засоления, не содержащие гипса, так как они имеют плохую водопроницаемость.

В естественных условиях засоление почв происходит за счет выпадения солей из засоленных грунтовых вод или приносом солей из морей и океанов и с территорий, где широко распространены соляные озера. Важным источником солей в ландшафте, в том числе и в грунтовых водах и в почвах, служат засоленные материнские породы, особенно – соляные купола. Некоторое количество солей может поступать в верхние горизонты почвы с опадом растений – галофитов (солянок). На орошаемых массивах существенным источником солей в почвах могут быть оросительные воды.

По составу солей, принимающих участие в процессах засоления почв, В.А. Ковда выделяет следующие провинции соленакопления:

- хлоридного соленакопления (Прикаспийская);
- сульфатно-хлоридного засоления (Туранская, Причерноморская, Балхаш-Зайсанская);
- хлоридно-сульфатного соленакопления (Поволжско-Уральская, Центрально-Казахстанская, некоторые районы Средней Азии);
- сульфатно-содового засоления (Придунайская, Среднеукраинская, Среднерусская, Средневолжская, Западносибирская, Восточносибирская, Якутская).

Степени и типы засоленности почв в зависимости от концентрации солей приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Степень засоленности почв	Типы засоленности в зависимости от типа и массовой доли солей в сухой почве, %		
	Хлориды	Сульфаты	Гидрокарбонаты
Для хлоридо-сульфатного засоления			
Незасоленные	< 0,01	-	-
Слабозасоленные	0,01-0,05	-	-
Среднезасоленные	0,005-0,10	-	-
Сильнозасоленные	0,1-0,2	-	-
Солончаки	> 0,2	-	-
Для сульфатного и хлоридно-сульфатного засоления			
Незасоленные	0-0,1	< 0,10	-
Слабозасоленные	0-0,1	0,1-0,4	-
Среднезасоленные	0,05	0,4-0,6	-
Сильнозасоленные	0-1,0	0,6-0,8	-
Солончаки	-	> 0,8	-
Для содового и смешанного засоления			
Незасоленные	0,001	0,02	< 0,6
Слабозасоленные	0,001	0,05-0,1	0,1-0,2
Среднезасоленные	0,1	0,2	0,2-0,3
Сильнозасоленные	0,2	0,2	0,3-0,4
Солончаки	0,2	0,2	> 0,4

#### *Вторичное засоление почв*

При накоплении в почвах легкорастворимых солей, происходящем вследствие искусственного изменения водно-солевого режима, чаще всего при неправильном орошении, реже – при неумеренном выпасе на лугах, при неправильном регулировании паводков, неправильном осушении территории и так далее, возникает вторичное засоление почв.

Процесс вторичного засоления может накладываться на почвы естественно засоляющиеся, остаточно-засоленные, исходно незасоленные или глубокорассоленные. Основные механизмы этого процесса – принос солей с оросительными водами в растворенном или взвешенном состоянии и выпадение солей в почвенной толще из минерализованных грунтовых вод, уровень которых при орошении часто поднимается. При недостаточном дренаже вторичное засоление может иметь катастрофические последствия, так как из-за большого накопления солей в почвах обширные массивы орошаемых земель становятся непригодными для земледелия.

Вторичное засоление почв на орошаемых участках часто сопровождается загрязнением почв тяжелыми металлами, пестицидами, гербицидами, нитратами, соединениями бора.

При вторичном засолении происходят существенные изменения многих химических свойств почв: одновременно с накоплением легкорастворимых солей аккумулируются гипс и карбонаты, оказывающие благоприятное воздействие на физические свойства почв; в неблагоприятную сторону изменяется состав почвенного поглощающего комплекса, в

котором  $\text{Ca}^{2+}$  замещается ионами  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Na}^+$ , возрастает подвижность соединений калия, кремния и железа.

Избежать многих из перечисленных отрицательных последствий орошаемого земледелия можно на основе применения более современной технологии с использованием закрытых трубопроводов, дождевания малой интенсивности, дренажа грунтовых вод, кондиционирования оросительных вод и так далее. При орошении необходима высокая культура земледелия, строгое соблюдение технологических норм, учет влажности почв.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

##### П о с у д а и п р и б о р ы

- 1 Весы технические.
- 2 Образцы почв.
- 3 Бюкс для взвешивания почвы.
- 4 Конические колбы вместимостью  $250 \text{ см}^3$  (2 шт.).
- 5 Центрифуга.
- 6 Фильтровальная бумага.
- 7 Стеклоанальная воронка.
- 8 Мерный цилиндр вместимостью  $25 \text{ см}^3$ .
- 9 Пипетка  $25 \text{ см}^3$ .
- 10 Фарфоровая чашка.
- 11 Водяная баня.
- 12 Сушильный шкаф.
- 13 Пробирки.

##### Р е а к т и в ы и р а с т в о р ы

- 1  $\text{HNO}_3$  (конц.).
- 2 Раствор  $\text{AgNO}_3$  (20 %).
- 3 Раствор  $\text{BaCl}_2$  (20 %).
- 4  $\text{HCl}$  (конц.).
- 5 Раствор  $\text{HCl}$  (10 %).
- 6 Раствор  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  (4 %).
- 7 Раствор дифениламина в серной кислоте.

#### **Опыт 1: Приготовление водной вытяжки из почвы и фильтрование почвенной суспензии**

Приготовьте водную вытяжку из почвы. После чего вытяжку отфильтруйте через двойной складчатый фильтр. Фильтр поместите в воронку диаметром 15...20 см так, чтобы он лежал на 0,5...1 см ниже края воронки. Содержимое колбы встряхните, чтобы взмутить навеску, и на фильтр старайтесь перенести всю почву. Струю суспензии направьте на боковую стенку воронки, чтобы не порвать фильтр. Первую порцию фильтрата объемом до  $10 \text{ см}^3$  отбросьте и только затем соберите фильтрат в чистый сухой приемник (колбу). Мутный фильтрат перефильтруйте. Измерьте мерным цилиндром количество фильтрата.

#### **Опыт 2: Определение плотного остатка водной вытяжки**

Отберите пипеткой  $25 \text{ см}^3$  фильтрата, поместите в высушенную и взвешенную с погрешностью не более 0,001 г фарфоровую чашку и выпаривайте фильтрат на водяной бане. По окончании выпаривания чашку с сухим остатком протрите снаружи фильтровальной бумагой и высушите в сушильном шкафу при  $105 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение трех часов, охладите, взвесьте с погрешностью не более 0,001 г.

Для того, чтобы удалить из сухого остатка растворимые органические вещества, прокалите чашку с сухим остатком в муфеле при  $600 \text{ }^\circ\text{C}$  до белого цвета: 10...15 мин с момента достижения указанной температуры. Если озоление не произошло, то чашку охладите, добавьте несколько капель дистиллированной воды и снова прокалите.

Массовую долю плотного остатка водной вытяжки в анализируемой почве, в %, вычислите по формуле:

$$\text{Плотный остаток} = \frac{(m - m_1) \cdot 500}{25} \quad (2.1)$$

где  $m$  – масса чашки с остатком, г;  $m_1$  – масса пустой чашки, г; 500 – коэффициент пересчета в проценты; 25 – объем пробы вытяжки,  $\text{см}^3$ .

Содержание водорастворимых солей в большинстве почв колеблется от сотых до десятых долей процента. Засоленными считаются почвы с содержанием солей более 0,2 %. Если в почвах содержание солей превышает 1 %, то их относят к солончакам.

### Опыт 3: Качественное определение хлорид-иона, сульфат-иона, кальция и нитратов в водной вытяжке

#### Определение хлорид-ионов

Налейте в пробирку  $5 \text{ см}^3$  фильтрата водной вытяжки, подкислите азотной кислотой (1 –2 капли) для разрушения бикарбонатов, прибавьте несколько капель азотнокислого серебра, перемешайте. По характеру осадка хлорида серебра сделайте вывод о содержании хлорид-ионов в почве:

Осадок	Содержание $\text{Cl}^-$	
	мг на $100 \text{ см}^3$ вытяжки	г на 100 г почвы, %
Большой хлопьевидный	> 10	Десятые доли
Сильная муть	5-10	Сотые доли
Опалесценция	0,1-1	Тысячные доли

#### Определение сульфат-ионов

Налейте в пробирку  $2 \text{ см}^3$  фильтрата водной вытяжки, добавьте несколько капель концентрированной соляной кислоты и  $1 - 2 \text{ см}^3$  раствора хлористого бария. Раствор в пробирке нагрейте до кипения.

При наличии сульфатов выпадает белый мелкокристаллический осадок. По характеру осадка сделайте вывод о содержании сульфат-ионов в почве:

Осадок	Содержание $\text{SO}_4^{2-}$	
	мг на $100 \text{ см}^3$ вытяжки	г на 100 г почвы, %
Большой, быстро оседающий на дно	50	Десятые доли
Муть, появляющаяся сразу	1-10	Сотые доли
Медленно появляющаяся слабая муть	0,5-1	Тысячные доли

#### Определение кальция

Налейте в пробирку  $2 \text{ см}^3$  фильтрата водной вытяжки, подкислите 1 –2 каплями соляной кислоты и добавьте  $1,5 \dots 2 \text{ см}^3$  раствора оксалата аммония. По характеру осадка сделайте вывод о содержании кальция в почве:

Осадок	Содержание $\text{Ca}^{2+}$	
	мг на $100 \text{ см}^3$ вытяжки	г на 100 г почвы, %
Большой, выпадающий сразу	50	Десятые доли
Муть, выделяющаяся при перемешивании	1-10	Сотые доли
Слабая муть, выделяющаяся при стоянии	0,1-1	Тысячные доли

#### Определение нитратов

Налейте в пробирку  $2 \text{ см}^3$  фильтрата водной вытяжки и по каплям добавьте раствор дифениламина в серной кислоте. При наличии нитратов раствор окрашивается в синий цвет.

Занесите полученные результаты в табл. 3.2.

Таблица 3.2

№ пробы	Место	Плотный	Содержание ионов (г) на 100 г	Содержание
---------	-------	---------	-------------------------------	------------



	отбора проб	остаток, %	почвы, %			нитратов
			Cl <sup>-</sup>	SO <sup>2-</sup> <sub>4</sub>	Ca <sup>2+</sup>	

#### 4 Выводы

Проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы о содержании в почве растворимых солей. По величине плотного остатка определите степень засоленности почв.

#### *Контрольные вопросы*

1. Чем вызвана засоленность почв?
2. Как можно оценить содержание солей в почве?
3. С чем связан отрицательный эффект влияния солей на растения?
4. Каковы последствия засоленности почв?
5. Перечислите естественные источники засоления почв.
6. Какие выделяют провинции соленакопления?
7. Каким образом возникает вторичное засоление почв? Как изменяются при этом химические свойства почв?
8. Как избежать отрицательных последствий при засолении почв? Какие мелиоративные приемы применяют?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Майстренко Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей: Учебное пособие для ВУЗов/ В.Н. Майстренко, Н.А. Клюев.- М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004.-322с. (50 экз.)
2. Садовникова Л.К. Экология и охрана окружающей среды: Учеб. пособие/Л.К. Садовникова, Д.С. Орлов, Лозановская И.Н. 3-е изд., перераб..-М.: Высшая шк., - 2006.-334с. (50 экз.)
3. Природопользование: Учебник для вузов / Э. А. Арустамов, А. Е. Волощенко, Г. В. Гуськов и др. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Дашков и К°, 2003. - 312 с.
4. Попечителей Е.П. Аналитические исследования в медицине, биологии и экологии : Учебное пособие для вузов / Е. П. Попечителей, О. Н. Старцева. - М.: Высшая школа, 2003. - 278 с.
5. Астафьева Л.С. Экологическая химия: Учебник для среднего профессионального образования / Л. С. Астафьева. - М.: Academia, 2006. - 222 с.
6. Карташев А.Г. Биоиндикация экологического состояния окружающей среды : монография / А. Г. Карташев. - Томск: Водолей, 1999. - 193 с.
7. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: учебное пособие: В 2 ч. / Ред. Ю. А. Афанасьев, Ред. С. А. Фомин. - М.: МНЭПУ, 2001.

## Приложение А

### Пример оформления титульного листа

#### **МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И  
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга  
(РЭТЭМ)

Наименование темы работы (прописными буквами)

Лабораторная работа по дисциплине  
«Мониторинг среды обитания»

Студенты гр. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Ф.И.О.

\_\_\_\_\_ /Подпись/

Руководитель работы

\_\_\_\_\_ /Должность/

\_\_\_\_\_ Ф.И.О.

\_\_\_\_\_ /Подпись/

\_\_\_\_\_ /Дата/