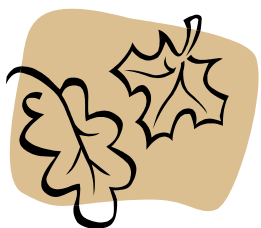


**Г.Б. ВОЛОДИНА, И.В. ЯКУНИНА**

**ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ**



**ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ**

Учебное издание

ВОЛОДИНА Галина Борисовна  
ЯКУНИНА Ирина Владимировна

**ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ**

Лабораторный практикум

Редактор Е.С. Мордасова  
Компьютерное макетирование М.А. Филатовой

Подписано в печать 29.12.05  
Формат 60 × 84 / 16. Бумага офсетная. Печать офсетная  
Гарнитура Times New Roman. Объем: 6,04 усл. печ. л.; 6,22 уч.-изд. л.  
Тираж 200 экз. С. 905

Издательско-полиграфический центр  
Тамбовского государственного технического университета,  
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14  
Министерство образования и науки Российской Федерации  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**"Тамбовский государственный технический университет"**

**Г.Б. ВОЛОДИНА, И.В. ЯКУНИНА**

**ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ**

Утверждено Ученым советом университета в качестве учебного пособия



Тамбов  
◆ Издательство ТГТУ ◆  
2005

УДК 624.011.1:620.1(075)  
ББК Н662  
В68

Рецензенты:  
Кандидат химических наук, доцент  
*С.В. Романцова*  
Кандидат химических наук, доцент  
*Н.Н. Быкова*

**Володина Г.Б., Якунина И.В.**

В68    Общая экология: Лабораторный практикум. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 104 с.

Практикум включает небольшое теоретическое введение, связанное с экспериментом и облегчающее усвоение материала; типовые прописи лабораторных работ по важнейшим аспектам экологических проблем. С целью оптимизации контроля подготовленности к занятию в конце каждой лабораторной работы приведены контрольные вопросы.

Предназначен для студентов специальностей 280202, 240401, 240802, 240801, 260601, 240902, 261201, 200402, 140211, 210201, 220301, 080502, 090105, 270102, 270105, 270205, 200503, 151001, 230104.

УДК 624.011.1:620.1(075)  
ББК Н662

ISBN 5-8265-0448-X

© Володина Г.Б., Якунина И.В.,  
2005  
© Тамбовский государственный  
технический университет (ТГТУ),  
2005

## ВВЕДЕНИЕ

Чтобы сохранить природу и ее ресурсы для потомков, будущим специалистам необходим комплекс знаний, построенный на единой научной основе.

Экология в процессе своего развития в настоящее время выступает как мировоззренческая наука, как специальная наука и как наука, реализующаяся в междисциплинарной области знаний<sup>1</sup>.

Овладение практическими навыками по экологии позволит лучше усвоить материал, разобраться в вопросах прикладной экологии, а также дать возможность реализации научных исследований в самых разных областях экологии: экологического мониторинга загрязнения окружающей среды, агроэкологии, санэкологии и др.

Практикум включает в себя 8 лабораторных работ, которые посвящены мониторингу и контролю качества природных и сточных вод, атмосферных осадков (снега), содержания йода в поваренной соли, физических, биологических и химических свойств почв. Закреплению учебного материала способствуют приводимые после каждой работы контрольные вопросы.

### Лабораторная работа 1

## КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛЕЗА В ВОДЕ

### *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-56;
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.

Еще академик А.П. Карпинский писал: «вода – это самое драгоценное ископаемое».

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:

---

<sup>1</sup> Цель изучения экологии – формирование у будущих инженеров современного экологического мышления, понимания остроты экологических опасностей и реальных путей их устранения, воспитание способности оценки своей профессиональной деятельности с точки зрения охраны биосферы.

- 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, общесанитарному или органолептическому, вода считается загрязненной.

Различают следующие загрязнители (табл. 1.1):

- химические;
- биологические;
- физические.

### 1.1 Главные загрязнители вод

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

*Химическое загрязнение* – наиболее распространенное, стойкое и далеко распространяющееся. Оно может быть *органическим* (фенолы, нефтяные 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  $7 - 8 \text{ г/см}^3$ . 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).

### *Водные ресурсы Тамбовской области*

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

Водные ресурсы Тамбовской области представлены поверхностными и подземными водными объектами. К поверхностным водным объектам относятся 1400 рек и ручьев, 900 прудов и водохранилищ, 300 небольших озер. Общая протяженность рек на территории области 6,8 тыс. км. К рекам федерального значения относятся наиболее крупные реки: Цна, Ворона, Воронеж, Матыра, Битюг, Савала, Карачан. Наиболее крупные озера – Рамза в Кирсановском районе, Красное в Моршанском районе, Чистоозерное, Святовское, Чистое и Княжное в Тамбовском районе. Ресурсы поверхностных вод на территории области составляют около 3 км<sup>3</sup>, реальные объемы забора составляют от 350 до 400 млн. м<sup>3</sup>.

В связи с маловодностью тамбовских рек и относительно низким качеством воды в них, связанным с размещением на берегах рек городов и поселков, не оборудованных сооружениями по очистке ливневых вод от сбросов неочищенных вод, поверхностные водные объекты не используются для удовлетворения питьевых нужд населения (поверхностные воды используются только в промышленных целях).

Поэтому для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Тамбовской области используются исключительно *подземные источники*. В зависимости от особенностей геологического строения местности для водоснабжения населения используются подземные воды разных водоносных комплексов. Прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод Тамбовской области составляют 717 млн. м<sup>3</sup> в год. Тамбовская область расположена на водоразделе двух рек Волги и Дона. Водосборные площади бассейна реки Дон составляют 20,1 тыс. км<sup>2</sup>, реки Волга – 14,2 тыс. км<sup>2</sup>.

Поверхностные водные объекты области имеют следующие категории использования: промышленное, коммунально-бытовое, рыбное хозяйство; орошаемое земледелие, энергетическое и общее пользование; 30% водоемов выполняют функцию борьбы с водной эрозией гидрохимического состояния основных рек.

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*. Например, качество воды в реке Ворона (данные 2002 г.) по сравнению с прошлыми годами улучшилось. Индекс загрязнения воды (ИЗВ) снизился с 1,33 до 1,22. Среднегодовые концентрации снизились по железу общему с 2,8 до 2,5 ПДК или с 0,28 до 0,25 мг/дм<sup>3</sup>, по БПК с 1,6 до 1,5 ПДК или с 3,2 до 3,0 мг/дм<sup>3</sup>, по нефтепродуктам с 1,3 до 0,9 ПДК или с 0,07 до 0,04 мг/дм<sup>3</sup>; увеличились по фосфору фосфатов с 0,22 до 0,9 ПДК или с 0,172 до 0,206 мг/дм<sup>3</sup>. По остальным нормируемым ингредиентам среднегодовые концентрации не превышали ПДК. Качество воды в створе большинства рек относится к 3 классу (умеренно-загрязненная), кроме сульфатов, БПК и железа общего. Поэтому для Тамбова и Тамбовской области определение качества воды является актуальной проблемой.

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

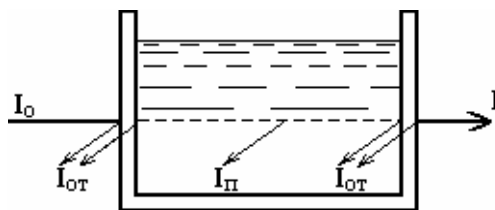
### *Фотокolorиметрические методы анализа*

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 ( $\lg \frac{I_0}{I}$ ) 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:

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

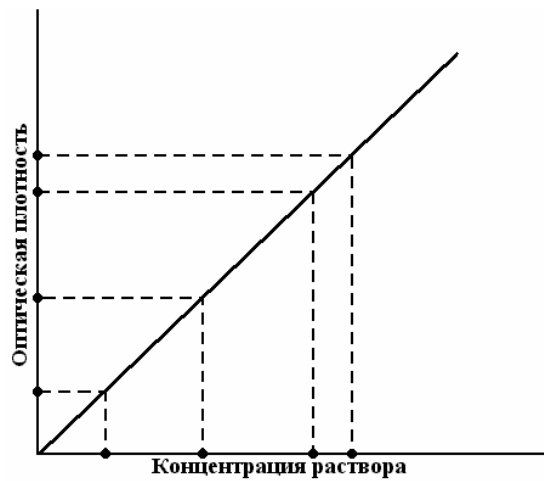
где  $k$  – коэффициент поглощения, величина которого зависит от природы вещества;  $C$  – концентрация;  $l$  – толщина поглощающего слоя.

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

При соблюдении основного закона *светопоглощения оптическая плотность раствора ( $D$ ) прямо пропорциональна 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  $\epsilon_\lambda$  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.

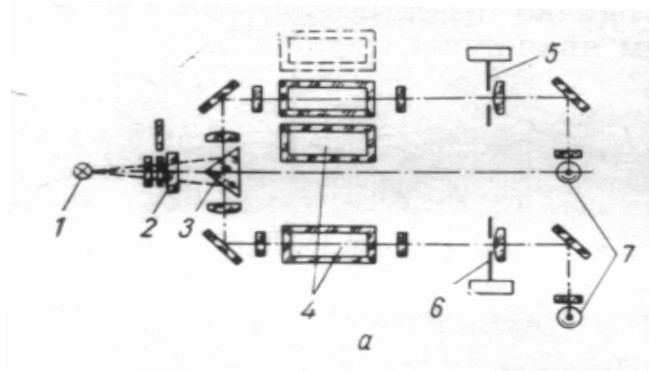
*Величина молярного коэффициента поглощения  $\epsilon_\lambda$  зависит от длины волны проходящего света, температуры раствора и природы растворенного вещества и не зависит от толщины поглощающего слоя и концентрации растворенного вещества.*

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.

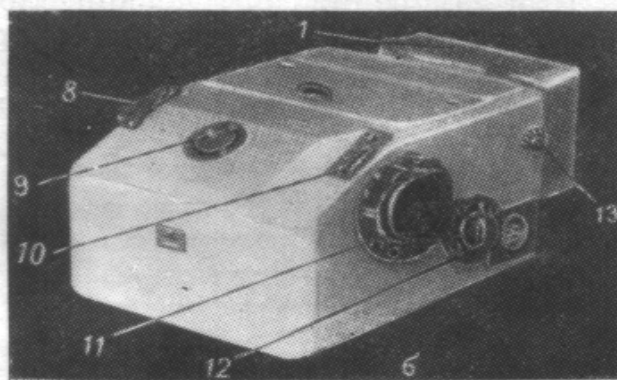
*Фотоэлектроколориметр ФЭК-56*

Указанный прибор применяется для измерения оптической плотности и светопропускания растворов в области спектра 315...630 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. Приемниками служат два сурьмяно-цезиевых фотоэлемента.



a)





б)

**Рис. 1.3** Принципиальная схема (а) и внешний вид (б) фотоколориметра:  
 1 – источник света; 2 – светофильтр; 3 – призма; 4 – кюветы; 5 – измерительная диафрагма «кошачий глаз»; 6 – компенсационная диафрагма; 7 – фотоэлементы; 8 – рукоятка компенсационной диафрагмы; 9 – индикаторная лампа; 10 – шкала измерительной диафрагмы; 11 – рукоятка отсчетного барабана; 12 – рукоятка перемещения кювет; 13 – рукоятка шторки для перекрытия световых потоков  
*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.

Сначала устанавливают электрический нуль прибора, для чего рукояткой 13 перекрывают световые потоки в положение «З» (закрыто) и приводят сектор индикаторной лампы в сомкнутое положение. Затем открывают защитную шторку, поставив рукоятку 13 в положение «О» (открыто) и измеряют оптическую плотность или светопропускание.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### Посуда и приборы

- 1 ФЭК-56.
- 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>.

### Растворы и реактивы

- 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.

## 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	0,10
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

## 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)					

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  $A(C)$ :

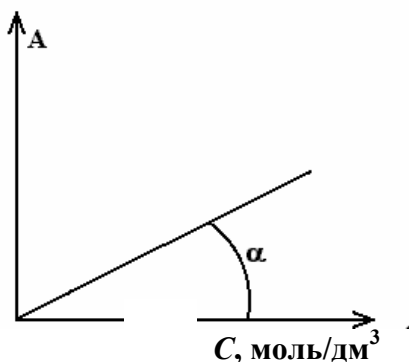


Рис. 1.4 Зависимость поглощения от концентрации раствора

#### 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:

$$m_{Fe} = CVM, \tag{1.6}$$

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 ПДК<sub>Fe</sub> < 0,3 мг/дм<sup>3</sup>.

*Образец вывода:* в результате лабораторной работы построен градуировочный график зависимости оптической плотности от содержания железа, количественное содержание железа в исследуемой пробе составляет

$C =$  \_\_\_\_\_ мг/дм<sup>3</sup> (указать относительно ПДК), общее содержание железа равно \_\_\_\_\_ г. Указанная проба воды пригодна (не пригодна) для \_\_\_\_\_ целей.

### 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  $Fe^{3+}$  в воде.
9. Приготовление стандартных растворов для фотометрирования.
10. Построение градуировочного графика.
11. Методика проведения фотометрирования растворов  $Fe^{3+}$ .
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 ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ: АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ПРИМЕСЕЙ СНЕЖНОГО ПОКРОВА МАГИСТРАЛЕЙ Г. ТАМБОВА**

#### ***Цель работы:***

- 1) провести отбор проб снега на основных перекрестках г. Тамбова;
- 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. Тамбова 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. 2.1).



**Рис. 2.1** 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. 2.1 представлены данные по основным загрязнителям атмосферного воздуха в России.

### 2.1 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 2,4·10 <sup>8</sup> 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...1,75·10 <sup>8</sup> т)	0,5...0,1	Хроническое поражение растений, снижение урожайности, уничтожение лесов, заболевания дыхательных путей
------------------------------------	---	-----------	--

Продолжение табл. 2.1

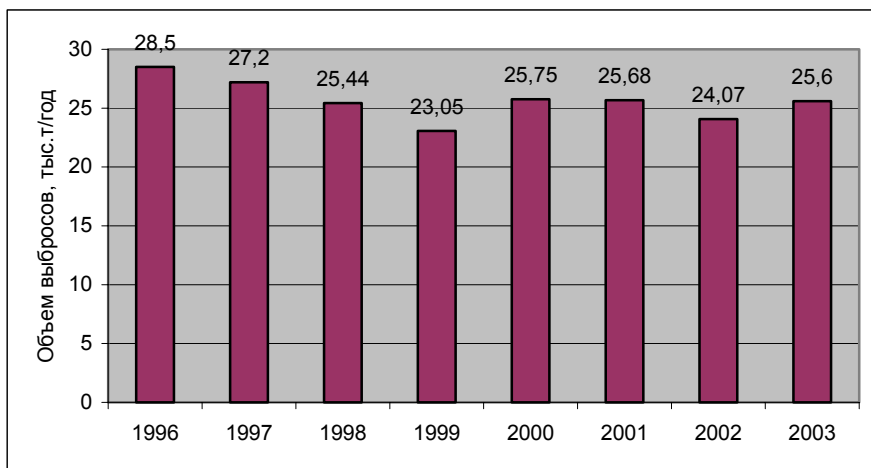
Загрязнители	Основные искусственные источники	Среднегодовая концентрация в воздухе мг/м <sup>3</sup>	Воздействие на окружающую среду и здоровье человека
Оксиды азота NO <sub>x</sub>	Окисление атмосферного азота и топлива при высокой температуре (около 5,5·10 <sup>7</sup> т)	0,05...0,2	Поглощение солнечного 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 – 3,5·10 <sup>8</sup> т)	1...50	Уменьшение содержания гемоглобина в крови
Летучие углеводороды и их продукты	Неполное сгорание топлива около 8·10 <sup>7</sup> т)	До 3	Поражение растений при концентрации выше 0,02 мг/м <sup>3</sup> , раздражающее действие на глаза

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 Тамбовской области. По данным Госкомстата общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по Тамбовской 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 %).

Большая часть предприятий, имеющих выбросы в атмосферу, и основное количество автотранспорта сосредоточено в крупных городах и районных центрах области: г. Рассказово, г. Мичуринск, г. Тамбов, г. Котовск, г. Моршанск, г. Кирсанов, г. Жердевка, пос. Первомайский, что приводит к ежегодно высокому уровню загрязнения атмосферы на их территории. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников (в тыс.т/год) на территории Тамбовской области за период 1995 – 2003 гг., по данным статотчетности 2-ТП (воздух), представлены на рис. 2.2.



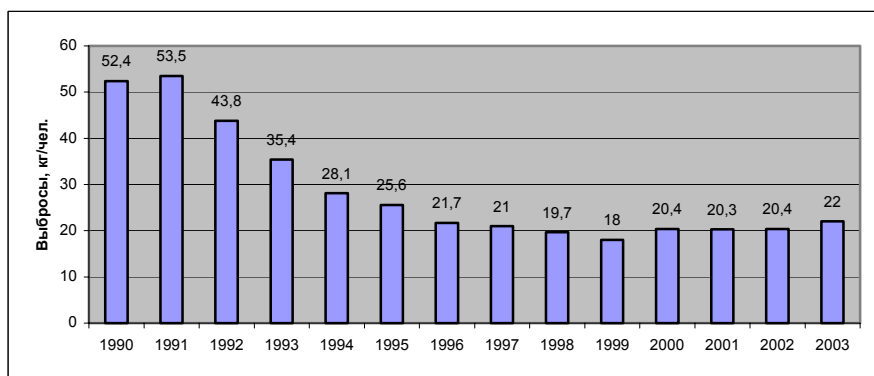
**Рис. 2.2** Диаграмма выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников, 1995 – 2003 гг.

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 Тамбовской области представлены на рис. 2.3.

На предприятиях г. Тамбова 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.



**Рис. 2.3** Диаграмма выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников на душу населения Тамбовской области

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

### Посуда и приборы

- 1 Весы (технохимические) 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 Стеклопалочки.

#### Реактивы и растворы

- 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. Тамбова отберите пробы снега на выбранных площадках размером не менее  $1 \text{ м}^2$ . Общая масса образца должна составлять 600...800 г. Пробу пронумеруйте, поместите в тару с пробками. Полученные данные отбора проб оформите в виде табл. 2.2.

Таблица 2.2

№ пробы	Время	Место (перекрестки улиц)
1		Мичуринской и Магистральной
2		Мичуринской и Чичканова
3		Чичканова и К. Маркса
4		Чичканова и Советской
5		Магистральной и Рылеева
6		Советской и пр. 50-летия ВЛКСМ
7		Советской и Интернациональной
8		Советской и Московской
9		Район Ц. рынка
10		район нового автовокзала
11		Торгово-ярмарочный комплекс
12		Мичуринской и б. Энтузиастов
13		Пригородный лес
14		р. Цна
15		Парк «Дружба»

#### 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 (2.1) содержание примесей:

$$\omega = \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1)} \cdot 1000, \quad (2.1)$$



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. 2.3.

Таблица 2.3

№ пробы	$m_1$ , Г	$m_2$ , Г	$m_3$ , Г	$\omega$ , %	Примечание
1					
.					
.					
15					

Небольшое количество пробы (около 200 г) оставьте при комнатной температуре для полного плавления 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:

#### 2.4 Хромово-кобальтовая шкала цветности

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.

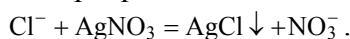
Естественные запахи описывают, придерживаясь следующей терминологии:

## 2.5 Естественные запахи

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:



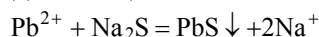
В пробирку поместите 5 см<sup>3</sup> исследуемой воды, если проба мутная, ее следует отфильтровать. В пробирку с пробой (или фильтратом) добавьте 3 капли раствора нитрата серебра. Используя табл. 2.6, определите приближенное содержание хлорид-анионов.

Таблица 2.6

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

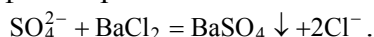
Метод основан на осаждении сульфида свинца:



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. Добавьте 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. 2.7.

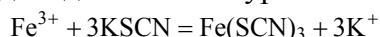
Таблица 2.7

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.

Приближенное содержание солей железа определите в соответствии с табл. 2.8.

Таблица 2.8

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. 2.9.

Таблица 2.9

№ пробы	Цветность	Мутность	pH	Запах	Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	Содержание железа, мг/дм <sup>3</sup>	Наличие солей свинца
1								
.								
.								
15								

### 11 Выводы

*Образец вывода:* Проведен отбор проб снега на 15 перекрестках основных транспортных магистралей г. Тамбова. 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. Тамбова 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. Тамбова (по полученным экспериментальным данным).
- 9 Какие меры по охране окружающей среды можно использовать для улучшения экологической обстановки?
- 10 Охарактеризуйте экологическую обстановку в России, Тамбовской области.
- 11 Какие международные соглашения регламентируют выбросы загрязнителей в окружающую среду?

Лабораторная работа 3

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭПИДЕМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ

### Цель работы:

- 1 закрепить теоретические знания по основным свойствам воды и содержанию катионов и анионов в природной воде;
- 2 провести отбор проб на различных участках рек г. Тамбова и Тамбовской области;
- 3 методом перманганатометрии экспериментально определить присутствие органических веществ в воде;
- 4 закрепить навыки работы на фотоэлектроколориметра ФЭК-56;
- 5 закрепить навыки построения калибровочного графика (зависимости оптической плотности от концентрации соединений азота нитратного и нитритного);
- 6 определить количественное содержание нитратного и нитритного азота в исследуемой пробе;
- 7 закрепить навыки самостоятельной работы с литературой и умения формулировать выводы.

### Общие положения

Вода – химическое соединение кислорода с водородом, формула воды  $H_2O$ . Важнейшее составляющее живого вещества, первая среда жизни.

Вода обладает уникальными свойствами:

- 1 *Аномальный вид температурной зависимости плотности воды.* Максимальное значение при  $4\text{ }^{\circ}\text{C} - 0,999973\text{ кг/м}^3$ , при  $0\text{ }^{\circ}\text{C} - 0,999841\text{ кг/м}^3$ ; при  $25\text{ }^{\circ}\text{C} - 0,9977047\text{ кг/м}^3$ .

Поэтому при наступлении морозов поверхностный слой при 4 °С, как самый тяжелый, опускается на дно водоема, вытесняя более теплые и легкие слои на поверхность. При дальнейшем охлаждении будет изменяться только верхний слой льда, который более легкий и находится на поверхности воды. Лед и снег на его поверхности являются хорошей защитой от дальнейшего замерзания водоема.

Свежевыпавший снег при температуре 273 К имеет теплопроводность  $\lambda = 90 \cdot 10^{-3}$  Вт/(м·К), а теплопроводность уплотненного снега близка к теплопроводности строительного войлока и составляет  $\lambda = 44 \cdot 10^{-3}$  Вт/(м·К). Это способствует сохранению жизни в водоемах средних и высоких широт в зимнее время.

#### 2 *Теплоемкость воды* (при 273 К $C = 75,3$ Дж/моль·К)

По этому показателю вода превосходит твердые и жидкие вещества, за исключением жидкого аммиака и водорода. Такое высокое значение удельной теплоемкости позволяет сглаживать колебания температуры, перепад температур от экватора до полюса ( $\Delta T = 30$  К).

#### 3 *Удельная энтальпия плавления* ( $\Delta H_{пл} = 6,012$ кДж/моль при 273 К)

Благодаря высокому значению данного показателя на Земле сглаживаются сезонные переходы. Сравнительно легко нагреваясь и охлаждаясь, при фазовых переходах воды из одного состояния в другое требуется значительное количество энергии, поэтому такие переходы затягиваются во времени.

Например, при замерзании 1 м<sup>3</sup> воды выделяется столько тепла, сколько при сжигании примерно 10 кг угля.

#### 4 *Удельная энтальпия испарения* ( $\Delta H_{кип} = 40,683$ кДж/моль при 273 К)

Высокое значение данного показателя приводит к расходованию большей части солнечной энергии, достигающей Земли, на испарение воды, что препятствует перегреву ее поверхности.

При конденсации паров воды в атмосфере происходит выделение части поглощенной энергии, вызывая *ураганные ветры*.

#### 5 *Поверхностное натяжение* ( $\sigma = 71,9 \cdot 10^{-3}$ Дж/м<sup>2</sup> при 298 К)

Аномально высокое значение данного показателя приводит к появлению ряби и волн на поверхности уже при слабом ветре. В результате этого возрастает площадь водной поверхности и интенсифицируются процессы теплообмена между атмосферой и гидросферой.

Высокое поверхностное натяжение обуславливает проявление капиллярных сил, действием которых объясняется возможность поднятия воды на высоту 10 – 12 м от уровня грунтовых вод.

#### 6 *Диэлектрическая проницаемость* (78,3 при 298 К)

Данный показатель определяет самую большую растворяющую способность воды по отношению к веществам с полярной и ионной структурой.

Поэтому в природе нет химически чистой воды. Даже самые чистые атмосферные осадки над Антарктидой содержат до 5 мг/дм<sup>3</sup> растворенных солей. А содержание солей в дождевой воде в районах с интенсивной вулканической деятельностью достигает 1000 мг/дм<sup>3</sup>. Главнейшими природными соединениями, определяющими состав природных вод, являются:

- Галит NaCl;
- Гипс CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O;
- Кальцит CaCO<sub>3</sub>;
- Доломит CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

При контакте природной воды с галитом в раствор переходят катионы натрия и анионы хлора. При этом резко увеличивается общее содержание растворенных веществ в природных водах. При контакте с гипсом появляются катионы кальция и сульфат-анионы. Общее содержание таких солей обычно составляет 2...3 г/дм<sup>3</sup>. Однако галит и гипс в совместном присутствии увеличивают общее солесодержание до 6...7 г/дм<sup>3</sup>.

Кальцит и доломит увеличивают содержание в природных водах катионов кальция и магния и гидрокарбонат-анионов. Общее содержание солей может достигать 1 г/дм<sup>3</sup>.

В океанической воде обнаружены практически все элементы, но их содержание различно. На 8 элементов приходится 99,78 % от массы воды Мирового океана: кислород – 85,7 %; водород – 10,8 %; хлор – 1,3 %; натрий – 1,03 %; магний – 0,13 %; сера – 0,09 %; кальций – 0,04 %; калий – 0,039 %. Все остальные элементы составляют менее 1 % массы гидросферы.

В воде открытого океана независимо от абсолютной концентрации **количественные соотношения между главными компонентами основного солевого состава всегда постоянны (закон Дитмара)**.

Эта зависимость была впервые доказана экспериментально по результатам многочисленных анализов проб воды, взятых в различных частях мирового океана, У. Дитмаром.

Благодаря закону Дитмара можно, определив экспериментально концентрацию одного «реперного» компонента, рассчитать содержание остальных ионов.

В качестве такого компонента выбрана легко определяемая величина – **хлорность**.

Под **хлорностью** воды понимают число граммов ионов хлора, эквивалентное сумме ионов галогенов, осаждаемых нитратом серебра, содержащееся в 1 кг воды.

В качестве единицы измерения хлорности принято использовать **промилле** (тысячная доля %) – количество граммов на кг раствора.

В речной воде среди катионов наиболее распространены:

$\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ \geq \text{другие катионы}$ . Среди анионов:

$\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- \geq \text{другие анионы}$ .

Для дождевой воды (в среднем) преобладающим катионом является ион натрия, а анионом – сульфат-анион. Однако, соотношения между катионами и анионами меняются в широких пределах в зависимости от местности.

Поскольку ионы натрия, кальция, магния и калия встречаются чаще других, их относят к **главным катионам**, к **главным анионам** – гидрокарбонат, сульфат и хлорид-анионы.

Для измерения содержания главных компонентов и примесей применяют массовые концентрации: млн<sup>-1</sup>; ‰; г/дм<sup>3</sup>; мг/дм<sup>3</sup>; моль/дм<sup>3</sup>; мкг/дм<sup>3</sup>; мг-экв/дм<sup>3</sup>; ‰-экв.

Одной из важных характеристик природных вод, во многом определяющих возможности использования их человеком, является **жесткость воды**.

**Жесткость воды** – совокупность свойств воды, обусловленная наличием в ней катионов кальция  $\text{Ca}^{2+}$  и магния  $\text{Mg}^{2+}$ .

Единицей жесткости воды является градус жесткости.

- В России моль (моль жесткости на кубический метр моль/м<sup>3</sup>).
- Градус жесткости 1 моль/м<sup>3</sup> = 2,804 немец. градусов жесткости.
- 1 моль/м<sup>3</sup> = 5,005 французских градусов жесткости.
- 1 моль/м<sup>3</sup> = 50,050 американских градусов жесткости.

Значение жесткости, выраженное в градусах жесткости различных стран, легко получить, зная величину жесткости в моль/дм<sup>3</sup>.

Числовое значение жесткости, выраженное в моль/дм<sup>3</sup>, равно числовому значению жесткости, выраженному в миллиграмм-эквивалентах на литр (мг-экв./дм<sup>3</sup>); 1 мг-экв./дм<sup>3</sup> соответствует содержанию в воде 20,04 мг/дм<sup>3</sup> ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и 12,16 мг/дм<sup>3</sup> ионов  $\text{Mg}^{2+}$ .

В эпидемиологических исследованиях в Тамбовской области было установлено, что частота болезней органов пищеварения зависит от общей жесткости питьевой воды. Минимум заболеваемости приходится на показатель жесткости, равный 6...8 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

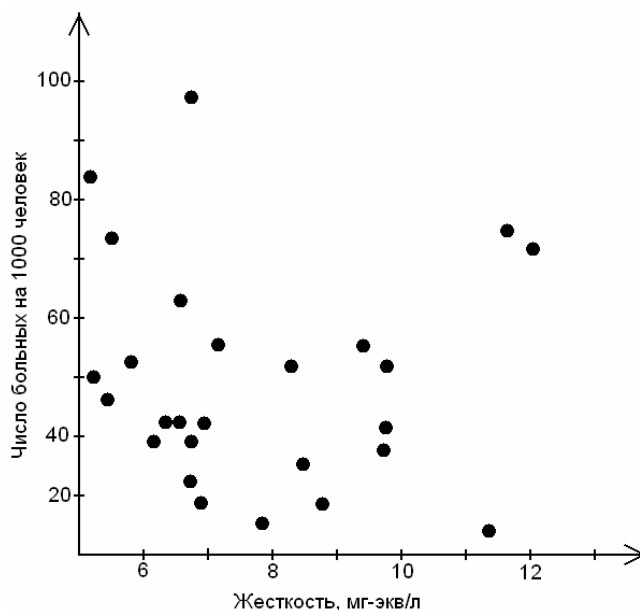
Вода обеспечивает от 10 до 30 % суточной потребности в кальции и магнии, являясь одним из важных источников указанных ионов для человека. Известно, что суточная потребность для взрослого человека составляет соответственно 800 и 500...600 мг.

Уникальные свойства воды очень значимы для всех природных процессов, а также вода является главным биотопом Земли, занимающим свыше 70 % всей ее площади. Вода служит неотъемлемой частью всех живых организмов, в частности тело человека содержит около 60 % воды, утки – 70 %, рыб – 75 % и более, у растений содержание воды колеблется от 40 до 90 % (особенно богаты водой плоды, мягкая листва и корни – до 80...95 %), а у медуз – более 99 % от веса тела.

В результате антропогенного влияния на гидросферу заметно изменяется состав природных вод. Это связано с большой растворяющей способностью воды, а так же тем, что водоемы являются конеч-

ным пунктом движения сточных вод и естественным аккумулятором большинства загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу и литосферу.

Общая масса загрязнителей гидросферы огромна – около  $15 \text{ см}^3$  млрд. т. в год. Воздействие загрязнителей на природные водоемы различно. Тепловое



**Рис. 3.1 Частота болезней органов пищеварения населения Тамбовской области в зависимости от общей жесткости питьевой воды**

загрязнение вызывает интенсификацию процессов жизнедеятельности, что нарушает равновесие экосистемы. Взвешенные частицы уменьшают прозрачность воды, снижают процессы фотосинтеза и аэрацию водной среды, способствуют заилению дна при малой скорости течения. Кроме того, на таких частицах возможны процессы сорбирования загрязнителей, которые затем оседают на дно и вызывают вторичное загрязнение.



**Рис. 3.2 Экологические последствия загрязнения мирового океана (по Ю.А. Израэлю, 1984)**

К наиболее опасным загрязнителям относятся соли тяжелых металлов, фенолы, пестициды и другие органические яды, нефтепродукты, насыщенная бактериями биогенная органика, синтетические ПАВ и другие моющие средства, минеральные удобрения. Особенно токсичными являются диоксины, которые вошли в группу так называемой «грязной дюжины».

### 3.1 Списки токсичных веществ, подлежащих запрещению

Пестициды	Промышленные продукты
Алдрин Хлордан ДДТ Диэлдрин Эндрин Гептахлор Мирекс Токсафен	Гексахлорбензол ПХБ
	Нежелательные побочные продукты
	Диоксины Фураны

В большинстве районов Тамбовской области отмечается нитрат-нитритное загрязнение подземных вод, предполагаемыми источниками которого являются загрязненные зоны санитарной охраны (ЗСО) водоемисточников, аварийные утечки стоков из канализационных систем и повсеместное использование выгребных (поглощающих) ям для сбора хозяйственно-бытовых сточных вод, наличие полей фильтрации и карт навозонакопителей.

На условия формирования химического состава подземных вод оказывает как техногенное, так и природное загрязнение окружающей среды. Природное загрязнение проявляется, в основном, в повышенном содержании железа и общей жесткости, иногда по органолептическим показателям (мутность и цветность).

Содержание некоторых показателей химического состава подземных вод, превышающих ПДК, представлены в табл. 3.2.

### 3.2 Состав природных вод

Показатели	Превышение ПДК		
	Содержание, ПДК	Количество анализов	% от общего кол-ва
Сухой остаток	1,01...18,7	54	6,6
Общая жесткость	1,01...10,7	291	35,8
Хлориды	1,1...9,84	30	37
Сульфаты	1,1...6,64	45	5,5
Железо общее	1,06...3000,0	538	66,2
Соединения азота	1,2...270,0	83	10,2
Окисляемость	1,1...2,94	40	6,6
ХПК	1,86...378,0	93	11,4
Мутность	1,1...11,7	99	12,2
Цветность	1,2...3,6	80	9,8
Анилин	2,0...2720	50	6,2

Замечательной способностью водных экосистем является их способность к *самоочищению* и установлению биологического равновесия.

Оно происходит в *результате совокупного действия физических, химических и биологических факторов*.

К *физическим* факторам относятся интенсивное течение рек, обеспечивающее хорошее перемешивание и снижение концентрации взвешенных частиц, оседание нерастворимых осадков, воздействие ультрафиолетового излучения солнца и т.п.



Из *химических* факторов следует выделить окисление органических и неорганических веществ.

Решающую роль в самоочищении водоемов играют водные биоценозы. Водные организмы сообщая обеспечивают через трофические связи многоступенчатую минерализацию органики и перевод ее в донные отложения.

Для оценки загрязненности водоемов используется величина ПДК, в основу норматива которой понимают максимальное загрязнение, при котором сохраняется при длительном использовании безопасность человека и нормативные условия водопользования. Для большинства соединений не разработано эффективного способа их удаления при очистке воды. Значение ПДК определяется экспериментально, исходя из трех критериев вредности:

1 *Влияние на общий санитарный режим водоемов.*

Имеется в виду предупреждение нарушения процесса самоочищения водоемов от органических загрязнителей, попадающих со сточными водами. При этом определяются показатели качества БПК и т.п., интенсивность процессов минерализации азотсодержащих веществ, интенсивность развития и отмирания водной микрофлоры.

Для оценки влияния используются показатели: БПК, ХПК, ВДК, ППК, ППД (МНД).

**БПК (биохимическая потребность в кислороде)** – количество кислорода, используемого при биологических процессах окисления органических веществ (без нитрификации) за определенное время (инкубации пробы – 2, 5, 10 или 20 суток), в миллиграммах  $O_2$  на миллиграмм вещества. БПК<sub>20</sub> – БПК за 20 суток.

**ХПК (химическая потребность в кислороде, определенная бихроматным методом)** – количество кислорода, эквивалентное количеству окислителя, необходимого для окисления всех восстановителей, содержащихся в воде, в миллиграммах  $O_2$  на миллиграмм вещества.

**ВДК<sub>в</sub> (ОБУВ<sub>в</sub>)** – временная допустимая концентрация в воде, устанавливается расчетным путем в мг/дм<sup>3</sup>. Утверждается на 3 года.

**ППК (МНК)** – подпороговая концентрация (максимально действующая концентрация) химического вещества при поступлении в организм с водой, мг/л.

**ППД (МНД)** – подпороговая концентрация (максимально недействующая доза) химического вещества при поступлении в организм с водой, мг/дм<sup>3</sup>.

$$\text{МНД} = \frac{\text{МНК}}{20} . \quad (3.1)$$

2 Влияние загрязнителей на органолептические свойства воды (цвет, запах, вкус).

3 Влияние на здоровье населения.

Разработаны показатели, характеризующие эпидемическую безопасность воды.

Их классифицируют на группы:

- Санитарно-микробиологические: микробное число, коли-индекс, коли-титр, наличие патогенных бактерий и вирусов. Данные показатели являются основными показателями эпидемической безопасности воды, но требуют специальной лаборатории и оборудования.

*Микробное число* – общее число колоний, вырастающих в течение 24 часов при температуре 37 °С при посеве 1 см<sup>3</sup> исследуемой воды на 1,5 % мясо-пептонный агар.

*Коли-индекс* показывает количество кишечных палочек, содержащихся в 1 см<sup>3</sup> воды. Считается, что вода безопасна по этому показателю, если коли-индекс не превышает 3. При низком содержании кишечной палочки указывают наименьшее количество воды, в котором обнаруживается хотя бы одна кишечная палочка (*коли-титр*).

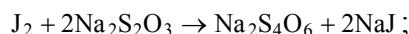
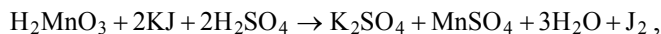
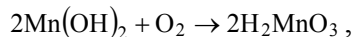
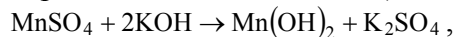
Данные показатели являются основными показателями эпидемической безопасности воды, но требуют наличия специальной лаборатории и оборудования.

- Санитарно-химические: перманганатная и бихроматная окисляемость, БПК, определение содержания азота в различных формах (нитритной, нитратной, аммонийной), метиленовой пробе на наличие поверхностно-активных веществ (ПАВ). Соли аммония, азотистой и азотной кислот могут находиться в воде как продукты разложения органических соединений, так и при интенсивном использовании минеральных удобрений. Вместе с такими веществами в воду попадают патогенные микроорганизмы, поэтому наличие в пробе азотсодержащих веществ является косвенным доказательством эпидемической опасности воды. При этом присутствие только солей аммония свидетельствует об относительно недавнем органическом загрязнении, а наличие всех перечисленных веществ указывает на постоянное поступление органических загрязнителей. Однако, подобные пробы обязательно должны быть дополнены

опытами по определению окисляемости воды (БПК и ХПК). Поэтому для полноты информации по степени загрязнения воды следует проводить комплексные исследования.

*Анализ природных и сточных вод:*

- мутность;
- содержание суспендированных твердых веществ;
- общее содержание растворенных веществ;
- кислотность (рН);
- концентрация растворенного кислорода ( $\text{млн}^{-1}$ ) определяется по количеству выделившегося йода при взаимодействии с гидроксидом марганца и йодидом калия (йод титруют тиосульфатом)



• «перманганатная проба», характеризующая концентрацию нестабильных органических веществ в миллионных долях кислорода. К пробе добавляют определенный объем подкисленного 0,01 н. раствора  $\text{KMnO}_4$ , затем приливают избыток  $\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  и оттитровывают 0,01 н. раствором  $\text{KMnO}_4$ ;

• биохимическая потребность в кислороде (БПК), характеризующая количество биологически разлагающихся веществ в сточных водах ( $\text{млн}^{-1}$ ). Проба и холостая проба перемешиваются на воздухе и выдерживаются в течение 5 дней, после чего количество кислорода определяют йодометрией.

• химическая потребность в кислороде (ХПК) характеризует общее количество органических веществ, содержащихся в образце ( $\text{млн}^{-1}$ ). Пробу вод обрабатывают горячим раствором бихромата калия, избыток окислителя оттитровывают раствором  $\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ;

• продолжительность индукционного процесса ферментации. К пробе добавляют метиленовый голубой и определяют время (в ч) до исчезновения цвета.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### Опыт 1: Определение перманганатной окисляемости.

Посуда и приборы

1. Бюретки для титрования.
2. Пипетки  $10 \text{ см}^3$ ,  $15 \text{ см}^3$ ,  $50 \text{ см}^3$ ,  $100 \text{ см}^3$ .
3. Колбы плоскодонные.
4. Воронка для фильтрования.
5. Фильтры бумажные.
6. Фильтры бумажные.
7. Стекланые палочки.

Реактивы и растворы

- 1 Раствор  $\text{KMnO}_4$  (0,01 н.).
- 2 Раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1:3).
- 3 Раствор щавелевой кислоты (0,01 н.).

Под окисляемостью воды понимают количество кислорода окислителя (перманганата калия или бихромата калия), расходующегося на окисление содержащихся в воде органических веществ.

Прямое определение содержания органических веществ в воде является трудной задачей, поэтому для экспресс-контроля используются косвенные методы, основанные на окислении. Повышенная окисляемость может указывать на загрязнение воды:

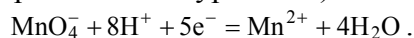
- до  $1 \dots 2 \text{ мг/дм}^3 \text{ O}_2$  – 1 класс (глубокие подземные воды);
- до  $2 \dots 5 \text{ мг/дм}^3 \text{ O}_2$  – 2 класс;
- $5 \dots 15 \text{ мг/дм}^3 \text{ O}_2$  – 3 класс.

В грунтовых водах окисляемость обычно соответствует  $2 \dots 4 \text{ мг/дм}^3 \text{ O}_2$ , причем тем больше, чем выше цветность воды. Высокая окисляемость при небольшой цветности свидетельствует о загрязнении воды. В воде открытых водоемов окисляемость обычно составляет  $6 \dots 8 \text{ мг/дм}^3$ , а в водохранилищах –

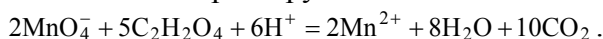
6...8 мг/дм<sup>3</sup>. Наибольшее значение окисляемости из природных вод имеют воды болот. Загрязнение воды легко окисляющимися органическими соединениями увеличивает бактериальное загрязнение.

Количество окислителя (перманганата калия) может варьироваться в широких пределах и, как правило, составляет 40...50 % от истинной окисляемости органических веществ до углекислого газа. В реакцию могут вступать и неорганические примеси, например, содержащие ионы NO<sup>2-</sup>, Fe<sup>2+</sup>, S<sup>2-</sup> и другие. При значительном присутствии неорганических восстановителей их влияние учитывают при расчетах.

Метод перманганатометрии позволяет быстро и достаточно точно определять окисляемость воды. Данный способ основан на реакции (приведена полуреакция):



Непрореагировавший перманганат калия реагирует со щавелевой кислотой по уравнению:



Избыток щавелевой кислоты оттитровывают перманганатом калия в соответствии с этим же уравнением.

Точность метода составляет 0,4 мг/дм<sup>3</sup> (если окисляемость до 4 мг/дм<sup>3</sup>), при более высокой окисляемости ошибка может составлять до 10 %.

Вода считается пригодной для хозяйственных и питьевых целей, если перманганатная окисляемость не превышает 3,0 мг/дм<sup>3</sup>.

### Методика выполнения

Взятие пробы воды осуществляется из открытых водоемов с глубины около 50 см. Воду для анализа отбирают в чистую посуду с пробкой, споласкивают исследуемой водой, а затем наполняют на указанной глубине. Желательно такие пробы использовать не позднее 12 часов после отбора или хранить при низкой температуре (для уменьшения развития микроорганизмов).

В плоскодонную колбу поместите 100 см<sup>3</sup> пробы, прилейте 5 см<sup>3</sup> серной кислоты (1:5) и 15 см<sup>3</sup> раствора перманганата калия (0,01н.). Пробу прокипятите в электроплитке в течение 10 мин. Во избежание разбрызгивания следует контролировать температуру нагрева или в горловину колбы поместить стеклянную воронку.

Если в процессе кипячения:

- жидкость обесцвечивается (нехватка окислителя при высоком значении окисляемости), то опыт повторяют, уменьшая объем исследуемой воды;
- смесь приобретает коричневый цвет, то к смеси следует добавить 3 – 5 см<sup>3</sup> серной кислоты и повторить нагревание;
- смесь приобретает красноватый оттенок или остается фиолетового цвета – условия эксперимента подобраны правильно.

После кипячения смесь слегка охладите до 50...60 °С и прилейте пипеткой 15 см<sup>3</sup> 0,01 н. раствора щавелевой кислоты (объем раствора кислоты должен быть равен объему раствора перманганата). При этом смесь обесцвечивается и выделяется углекислый газ (уравнение 3.3).

Избыток щавелевой кислоты оттитруйте из бюретки раствором перманганата калия до появления устойчивой слабо-розовой окраски от одной капли перманганата. Запишите суммарный объем раствора окислителя, израсходованного на окисление органических веществ в пробе и избыток щавелевой кислоты.

Перед проведением расчетов определите поправочный коэффициент нормальности раствора перманганата калия, затраченного на титрование 15 см<sup>3</sup> раствора щавелевой кислоты. Для определения такого коэффициента (В) произведите холостую пробу:

В плоскодонную колбу поместите пипеткой 15 см<sup>3</sup> стандартного 0,01н. раствора щавелевой кислоты, нагрейте до 50...60° и пробу оттитруйте раствором перманганата калия до появления устойчивой слабо-розовой окраски от одной капли перманганата.

Поправочный коэффициент (К) рассчитайте по формуле:

$$K = \frac{V_{\text{щав.к-ты}}}{V_{\text{KMnO}_4}}, \quad (3.2)$$

где  $V_{\text{щав.к-ты}}$  – объем щавелевой кислоты;  $V_{\text{KMnO}_4}$  – объем перманганата калия.

Расчет перманганатной окисляемости воды проведите по формуле:

$$O = \frac{8C_{\text{KMnO}_4}K(A-B) \cdot 1000}{V_{\text{H}_2\text{O}}} \text{ мг/дм}^3 \text{ O}_2, \quad (3.3)$$

где  $O$  – окисляемость;  $8$  – эквивалентная масса кислорода,  $C_{\text{KMnO}_4}$  – концентрация раствора перманганата калия (нормальность);  $A$  – объем раствора перманганата калия, пошедшего на титрование органических веществ и  $15 \text{ см}^3$  раствора щавелевой кислоты;  $B$  – объем раствора перманганата калия, пошедшего на титрование  $15 \text{ см}^3$  раствора щавелевой кислоты;  $V_{\text{H}_2\text{O}}$  – объем исследуемой пробы воды.

### Вывод

Образец вывода:

- Проведено взятие пробы с \_\_\_\_\_ (указать место отбора пробы воды).
- Рассчитан поправочный коэффициент концентрации раствора перманганата калия. ( $K =$  \_\_\_\_\_).
- Проведено титрование взятой пробы стандартным раствором перманганата калия.
- Проведен расчет окисляемости взятой пробы, которая составляет  $O =$  \_\_\_\_\_.

Вода исследуемого водоема относится к \_\_\_\_\_ классу и пригодна (или непригодна) для хозяйственных и питьевых целей.

### Опыт 2: Определение нитритного азота

Посуда и приборы

- 1 ФЭК-56.
- 2 Мерные колбы  $25 \text{ см}^3$ ,  $100 \text{ см}^3$ ,  $1000 \text{ см}^3$ .
- 3 Стакан  $100 - 150 \text{ см}^3$ .
- 4 Пипетки  $1 \text{ см}^3$ ,  $5 \text{ см}^3$ .
- 5 Колбы плоскодонные.
- 6 Стекланные палочки.

Реактивы и растворы

- 1 Нафтиламин (тв.).
- 2 Уксусная кислота (лед.).
- 3 Раствор уксусной кислоты (12 %).
- 4 Раствор сульфаниловой кислоты (1 %).
- 5 Активированный уголь.
- 6 Нитрит натрия.
- 7 Реактив Грисса (10 %).
- 8 Хлороформ.
- 9 Вода дистиллированная.
- 10 Исследуемая проба.

Метод основан на взаимодействии солей азотистой кислоты с первичными ароматическими аминами в кислой среде с образованием окрашенных диазо- и азосоединений.

Чувствительность метода  $0,5 \text{ мкг/дм}^3$ .

Определению мешают окраска, мутность воды и т.п. Поэтому такие пробы предварительно фильтруют или отстаивают (удаление мутности), обесцвечивают активированным углем (к  $300 \text{ см}^3$  пробы добавляют  $0,5 \text{ г}$  активированного угля). Сильно загрязненные пробы разбавляют дистиллированной водой.

*Приготовление растворов*

**Раствор Грисса.**  $0,1 \text{ г}$  нафтиламина растворите в  $100 \text{ см}^3$  дистиллированной воды при кипячении продолжительностью  $15$  минут. После охлаждения в раствор добавьте  $5 \text{ см}^3$  ледяной уксусной кислоты и  $100 \text{ см}^3$  1 % раствора сульфаниловой кислоты. Смесь должна храниться в склянке темного стекла.

**Основной стандартный раствор.** В мерной колбе емкостью  $1 \text{ дм}^3$  растворите  $4,927 \text{ г}$  (предварительно высушенного при  $110 \text{ }^\circ\text{C}$ ) нитрита натрия в дистиллированной воде, доведите до метки.  $1 \text{ см}^3$  раствора содержит  $1000 \text{ мкг}$  азота нитритного.

**Рабочий стандартный раствор.** В мерную колбу объемом  $1000 \text{ см}^3$  внесите пипеткой (или из бюретки)  $2 \text{ см}^3$  основного стандартного раствора и доведите объем смеси дистиллированной водой до метки.

ки. (Разбавление в 500 раз). 1 см<sup>3</sup> стандартного рабочего раствора содержит 2 мкг азота нитритного. Раствор консервируйте 1 см<sup>3</sup> хлороформа. Храните в склянке темного стекла.

#### Построение калибровочного графика

В мерные колбы (100 см<sup>3</sup>) мерной пипеткой отмерьте определенный объем рабочего раствора.

Объем в каждой мерной колбе доведите дистиллированной водой до метки (100 см<sup>3</sup>), тщательно перемешайте и прибавьте 5 см<sup>3</sup> 10 % раствора реактива Грисса. Вновь тщательно перемешайте, выдержите 40 минут и фотометрируйте (см. лабораторную работу 1) в кюветах толщиной 5 см с зеленым светофильтром (длина волны 530 нм).

Полученные результаты занесите в таблицу:

Таблица 3.3

№ пробы	Объем рабочего раствора, Мл	Содержание азота нитритного, мкг	Оптическая плотность (D)
1	0,1	0,2	
2	0,2	0,4	
3	0,4	0,8	
4	0,8	1,6	
5	1,0	2,0	

*Продолжение табл. 3.3*

№ пробы	Объем рабочего раствора, Мл	Содержание азота нитритного, мкг	Оптическая плотность (D)
6	1,2	2,4	
7	1,5	3,0	
8	1,8	3,6	
9	2,0	4,0	

Калибровочный график постройте в координатах: оптическая плотность – содержание азота нитритов (мкг).

При отсутствии ФЭКа можно использовать полученные растворы в качестве шкалы для нитритного азота.

#### Методика выполнения

100 см<sup>3</sup> исследуемой пробы воды поместите в колбу или стакан и прилейте 5 см<sup>3</sup> реактива Грисса, тщательно перемешайте. Пробу выдержите 40 минут (окраска сохраняется в течение 3-х часов) и фотометрируйте в кюветах толщиной 5 см с зеленым светофильтром (длина волны 530 нм) по отношению к кювете сравнения. В кювету сравнения прилейте раствор, приготовленный при смешивании 100 см<sup>3</sup> дистиллированной воды и 5 см<sup>3</sup> реактива Грисса.

Количество азота нитритов найдите по калибровочному графику или визуальным сравнением окраски пробы и шкалы стандартных растворов нитритного азота.

Содержание азота нитритов (мг/дм<sup>3</sup>) рассчитайте по формуле:

$$C_{\text{NO}_2} = \frac{m}{V} \text{ мг/дм}^3, \quad (3.4)$$

где  $C_{\text{NO}_2}$  – концентрация азота нитритного;  $m$  – масса азота нитритного по экспериментальным данным;  $V$  – объем исследуемой пробы.

#### Вывод

##### Образец вывода

- Проведено взятие пробы с \_\_\_\_\_ (указать место отбора пробы воды).
- Приготовлены стандартные рабочие растворы (шкала нитритного азота).

- Построен калибровочный график зависимости оптической плотности от концентрации нитритного азота.

- Определено содержание нитритного азота в исследуемой пробе.

Исследуемая проба содержит \_\_\_\_\_ мкг нитритного азота.

### Опыт 3 Определение нитратного азота

#### Посуда и приборы

- 1 ФЭК-56.
- 2 Мерные колбы 100 см<sup>3</sup>, 1000 см<sup>3</sup> (2 шт).
- 3 стакан 100 – 150 см<sup>3</sup>.
- 4 Пипетки 1 см<sup>3</sup>, 5 см<sup>3</sup>.
- 5 Колбы плоскодонные.
- 6 Стеклянные палочки.
- 7 Водяная баня.
- 8 Обратный холодильник.
- 9 Колба круглодонная.
- 10 Чашка для выпаривания (5 шт.).

#### Реактивы и растворы

- 1 Фенол (тв.).
- 2 Уксусная кислота (лед).
- 3 Раствор уксусной кислоты (12 %).
- 4 Сульфат серебра (тв.).
- 5 Активированный уголь.
- 6 Нитрат калия.
- 7 Фенолдисульфокислота.
- 8 Серная кислота (конц., плотностью 1,84 г/см<sup>3</sup>).
- 9 Раствор аммиака (25 %).
- 10 Хлороформ.
- 11 Вода дистиллированная.
- 12 Исследуемая проба.

Метод основан на взаимодействии нитратов с фенолдисульфокислотой с образованием нитропроизводных фенола, которые в щелочной среде образуют соли аци-формы желтого цвета.

Чувствительность метода 0,1 мг/л азота нитратного.

Определению мешают:

- хлорид-анионы в концентрациях более 10 мг/дм<sup>3</sup>, которые осаждают ацетатом серебра или сульфатом серебра;
- цветность более 20°, которая снижается при добавлении активированного угля (к 300 см<sup>3</sup> пробы добавьте 0,5 г активированного угля) или коагуляцией суспензией гидроксида аммония

ПДК нитратов в воде водоемов составляет 10 мг/дм<sup>3</sup> (по азоту).

#### Приготовление растворов

**Фенолдисульфокислота.** 25 г кристаллического бесцветного фенола (если препарат окрашен, очистите его перегонкой) растворите в 150 см<sup>3</sup> концентрированной серной кислоты и нагревайте в течение 6 ч на водяной бане в колбе с обратным холодильником. Раствор храните в склянке темного стекла (осторожно, сильная кислота).

**Раствор сульфата серебра.** 4,4 г сульфата серебра растворите в мерной колбе в дистиллированной воде, доведите объем до 1 дм<sup>3</sup>. Раствор храните в склянке темного стекла.

**Стандартный раствор нитрата калия.** 0,7216 г нитрата калия, предварительно высушенного до постоянной массы при температуре 105 °С, растворите в мерной колбе в дистиллированной воде, дове-

дите объем до 1 дм<sup>3</sup>. Для консервации добавьте 1 см<sup>3</sup> хлороформа. Раствор храните в склянке темного стекла. В 1 см<sup>3</sup> раствора содержится 0,1 мг нитратного азота.

#### Построение калибровочного графика

В фарфоровые чашки для выпаривания поместите: 0,2 см<sup>3</sup>; 0,5 см<sup>3</sup>; 1,0 см<sup>3</sup>; 1,5 см<sup>3</sup>; 2,0 см<sup>3</sup> стандартного раствора нитрата калия. На электроплитке пробы упарьте до полного удаления воды. После охлаждения сухого остатка в чашку прилейте 1 см<sup>3</sup> раствора фенолдисульфокислоты и перемешайте стеклянной палочкой. Затем добавьте 15...20 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, выдержите 10...15 минут и прилейте 5 см<sup>3</sup> концентрированного раствора аммиака. Раствор перенесите в мерную колбу на 100 см<sup>3</sup>, ополаскивая чашку небольшими порциями дистиллированной воды, и доведите объем до метки.

Получите шкалу растворов с содержанием 0,02; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20 мг азота нитратного. Фотометрируйте (см. лабораторную работу 1) в кюветках толщиной 2 см с синим светофильтром (длина волны 480 нм) по отношению к дистиллированной воде с добавлением соответствующих реактивов.

Полученные результаты занесите в таблицу:

Таблица 3.4

№ пробы	Объем рабочего раствора, см <sup>3</sup>	Содержание азота нитратного, мг	Оптическая плотность ( <i>D</i> )
1	0,2	0,02	
2	0,5	0,05	
3	1,0	0,1	
4	1,5	0,15	
5	2,0	0,2	

Калибровочный график постройте в координатах: оптическая плотность – содержание азота нитратов (мг).

При отсутствии ФЭКа можно использовать полученные растворы в качестве шкалы для нитратного азота.

#### Методика выполнения

Для анализа отберите 100 см<sup>3</sup> пробы, добавьте раствора сульфата серебра в количестве, эквивалентном содержанию хлора в пробе. Полученную смесь отфильтруйте, если содержание хлоридов превышает 150 мг/дм<sup>3</sup>. Фильтрат (или пробу) поместите в фарфоровую чашку и выпарьте досуха. После охлаждения сухого остатка в чашку прилейте 1 см<sup>3</sup> раствора фенолдисульфокислоты и перемешайте стеклянной палочкой. Затем добавьте 15 – 20 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, выдержите 10 – 15 минут и прилейте 5 см<sup>3</sup> концентрированного раствора аммиака. Раствор перенесите в мерную колбу на 100 см<sup>3</sup>, ополаскивая чашку небольшими порциями дистиллированной воды, и доводят объем до метки.

Содержание азота нитратного определите по калибровочному графику или визуальным сравнением окраски пробы и шкалы стандартных растворов нитратного азота.

Содержание азота нитратов (мг/л) рассчитайте по формуле:

$$C_{\text{NO}_3} = 1000 \frac{m}{V} \text{ мг/дм}^3, \quad (3.5)$$

где  $C_{\text{NO}_3}$  – концентрация азота нитратного;  $m$  – масса азота нитратного по экспериментальным данным (мг);  $V$  – объем исследуемой пробы.

#### Вывод

##### Образец вывода

- Проведено взятие пробы с \_\_\_\_\_ (указать место отбора пробы воды).
- Приготовлены стандартные рабочие растворы (шкала нитратного азота).
- Построен калибровочный график зависимости оптической плотности от концентрации нитратного азота.
- Определено содержание нитратного азота в исследуемой пробе.

Исследуемая проба содержит \_\_\_\_\_ мкг нитратного азота.

### Контрольные вопросы

- 1 Какие меры техники безопасности следует соблюдать при проведении исследований?
- 2 В чем уникальность воды как растворителя?
- 3 Приведите примеры последствий загрязнения природных водоемов.
- 4 Расшифруйте термин «грязная дюжина».
- 5 Перечислите механизмы самоочищения водоемов.
- 6 Понятие ПДК, ПДВ, БПК, ХПК, ППД.
- 7 Понятие ассимиляционной емкости.
- 8 Перечислите критерии для определения ПДК.
- 9 Приведите классификацию методов для определения эпидемической безопасности воды.
- 10 По каким параметрам анализируют воду природных источников и стоки.
- 11 Понятие окисляемости и ее определение методом перманганатометрии.
- 12 Расчет окисляемости методом перманганатометрии.
- 13 Почему рассчитывают поправочный коэффициент концентрации перманганата калия?
- 14 Методика приготовления шкалы для нитратного и нитритного азота.
- 15 Методика экспериментального определения содержания в пробе азота (нитратного и нитритного).
- 16 Укажите источники загрязнения водоемов соединениями азота.
- 17 Проанализируйте состояние водоемов по окисляемости, соединениям азота в г. Тамбове и Тамбовской области.
- 18 Укажите основные способы очистки вод от соединений азота.
- 19 Проблема чистой пресной воды .
- 20 Влияние загрязнений гидросферы на здоровье населения.

Лабораторная работа 4

### ОЦЕНКА УРОВНЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЙОДА С ЙОДИРОВАННОЙ СОЛЬЮ

#### **Цель работы:**

- 1 закрепить теоретические знания по важнейшим экологическим проблемам: оценка качества пищевых продуктов;
- 2 экспериментально определить присутствие йода в поваренной соли;
- 3 качественно определить наличие йодидов и йодатов в поваренной соли;
- 4 определить количественное содержание йодидов и йодатов в поваренной и йодированной соли;
- 5 оценить уровень потребления йода жителями г. Тамбова.

#### *Общие положения*

Профилактика неблагоприятных последствий недостатка незаменимых компонентов пищи: йода, витамина А и железа имеет важнейшее значение для развития человека. Йодная недостаточность требует наиболее срочных мер устранения, так как она является основной причиной не только заболеваний щитовидной железы, но и умственной отсталости. Основными гормонами щитовидной железы, оказывающими влияние на все процессы метаболизма, являются йодсодержащие гормоны *тироксин* и *трийодтироксин*. Указанные йодсодержащие гормоны оказывают выраженное влияние на умственное и физическое развитие человека, регулируют метаболические процессы в нервной, сердечно-сосудистой, мышечной системах, влияют на иммунную систему. Снижение функции щитовидной железы (в том числе и хроническая недостаточность йода в питании) могут привести к остановке роста, нарушению полового развития, к снижению метаболизма белков, жиров и углеводов.



Питание является одним из важнейших факторов, определяющих здоровье населения. Правильное питание формирует нормальный рост и развитие человека, способствует профилактике различных заболеваний, продлению жизни, повышению работоспособности и создает условия для адекватной адаптации к окружающей среде. С другой стороны, недостаточность или избыток как продуктов питания, так и отдельных их компонентов, употребление пищи, загрязненной *контаминантами* (чужеродными загрязнителями) биологической и химической природы, приводит к возникновению острых кишечных инфекционных заболеваний, пищевых отравлений, а также способствует снижению продолжительности жизни населения, влияет на физическое и психологическое развитие детей и подростков.

Проблема загрязнений окружающей среды и нехватки отдельных микроэлементов в продуктах питания является актуальной и для Тамбовской области. На протяжении последних лет наблюдений только нитраты остаются наиболее значимыми загрязнителями. В основном это является результатом невыдерживания сроков ожидания после азотных подкормок растений, так как нитраты являются составной частью удобрений. В целом по области отмечается ежегодный рост распространенности среди населения мочекаменной болезни, болезней крови и кроветворных органов, болезней эндокринной системы.

Особая роль в решении проблемы йодной недостаточности отводится пищевым продуктам, особенно поваренной соли. Эффективность использования йодированной соли не нуждается в комментариях и признается во всем мире.

Технология приготовления йодированной соли хорошо отработана, а вопросы хранения такого продукта нуждаются в доработке и строгом контроле. Это связано с летучестью соединений йода: наиболее летучи йодиды (KI), а менее летучи йодаты (KIO<sub>3</sub>). Поэтому даже при соблюдении технологических режимов соль нужного состава по содержанию йода может не соответствовать стандартам вследствие потери йода при хранении.

Йод, как и все минеральные компоненты организма, относится к незаменимым пищевым факторам. Суточная потребность в йоде составляет 100...200 мкг. За всю жизнь человек потребляет одну чайную ложку йода.

Йод – элемент, сравнительно мало распространенный в земной коре. Почти треть населения мира обитает в районе с повышенной опасностью йододефицитных заболеваний. Наиболее выраженной формой недостаточности йода является эндемический зоб, т.е. увеличение размеров щитовидной железы. Для предупреждения развития зоба в эндемичных районах добавляют соли йода в пищевые продукты (25 – 50 г йодида или йодата калия на тонну поваренной соли).

Задачей настоящего исследования является качественная и количественная оценка содержания йода в каменной, поваренной и йодированной соли и расчет уровня потребления микроэлемента населением.

## Экспериментальная часть

### Посуда и приборы

- 1 Весы (технохимические) аналитические.
- 2 Часовые стекла.
- 3 Мерные колбы 25, 50, 100 и 1000 см<sup>3</sup>.
- 4 Бюретки.
- 5 Электроплитка.
- 6 Фильтры бумажные.
- 7 Колбы плоскодонные.
- 8 Стекланные палочки.
- 9 Пипетки.

### Реактивы и растворы

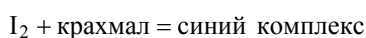
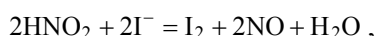
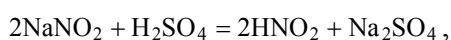
- 1 Каменная соль (тв.).
- 2 Поваренная соль (тв.).
- 3 Йодированная соль.
- 4 Нитрит натрия (1 %).
- 5 Крахмал растворимый (0,5 %).
- 6 Соляная кислота (5 н.).
- 7 Серная кислота (20 %).

- 8 Серная кислота (2 н.).
- 9 Серная кислота (1 н.).
- 10 Йодид калия (10 %).
- 11 Йодид калия (12 %).
- 12 Тиосульфат натрия (0,05 М).
- 13 Метиловый оранжевый (0,1 %).
- 14 Сульфит натрия (1 %).
- 15 Фенол (5 %).

## 1 Качественное определение соединений йода в каменной, поваренной и йодированной соли

### 1.1 Опыт 1: Метод «пятна» для йодида

Данный метод основан на реакциях:



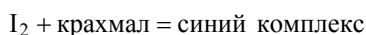
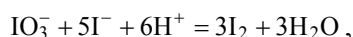
50 см<sup>3</sup> 0,5 % раствора крахмала смешайте с 10 каплями (0,5 см<sup>3</sup>) 1 % раствора нитрита натрия и 10 каплями 20 % раствора серной кислоты. Полученный раствор пригоден для анализа в течение 2 – 3 дней (раствор 1).

На три часовых стекла поместите исследуемые пробы каменной, поваренной и йодированной соли и увлажните 2 каплями раствора 1.

*Аналитический эффект:* появление синей окраски свидетельствует о присутствии йодид-иона.

### 1.2 Опыт 2: Метод «пятна» для йодата

Данный метод основан на реакциях:



25 см<sup>3</sup> 0,5 % раствора крахмала смешайте с 25 см<sup>3</sup> 12 % раствора йодида калия и 12 каплями (0,6 см<sup>3</sup>) 5 н. раствора соляной кислоты. Полученный раствор пригоден для анализа в течение 2 – 3 дней (раствор 2).

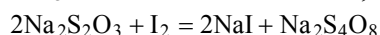
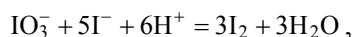
На три часовых стекла поместите исследуемые пробы каменной, поваренной и йодированной соли и увлажните 2 каплями раствора 2.

*Аналитический эффект:* появление серой/синей окраски свидетельствует о присутствии в пробе йодатов.

## 2 Количественное определение соединений йода в каменной, поваренной и йодированной соли

### 2.1 Опыт 3: Количественное определение содержания йода в виде йодата

Данный метод основан на реакциях:



$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  – тиосульфат натрия;  $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_8$  – тетраионат натрия.

Растворите 1 г соли в 30 см<sup>3</sup> дистиллированной воды и доведите объем до 50 см<sup>3</sup>. Добавьте 1 см<sup>3</sup> 2 н. серной кислоты, 5 см<sup>3</sup> 10 % раствора йодида калия – при наличии йода появляется желтое окрашивание. Плотнo закройте колбу и оставьте на 10 мин в темном месте. При этом происходит выделение йода из йодата, который хорошо растворяется в избытке раствора йодида калия.

До начала титрования реакционную массу следует хранить в темном месте из-за побочных процессов, происходящих на свету. Титрование следует проводить при температуре не выше 30 °С, так как при более высокой температуре точность определения понижается.

К 10 см<sup>3</sup> пробы прибавьте 0,05 М раствора тиосульфата натрия до получения светло-желтого окрашивания, затем прилейте 2 см<sup>3</sup> раствора крахмала (образуется темно-пурпурное окрашивание) и титруйте до обесцвечивания. Индикаторный раствор не следует прибавлять перед началом реакции, т.к. происходит образование прочного комплекса йода с крахмалом, который титруется медленнее и это приводит к завышению результатов.

Количество йода определите по табл. 4.1.

#### 4.1 Показания шкалы бюретки и соответствующая концентрация йода в пробе

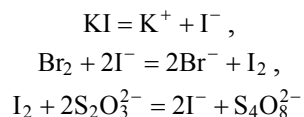
Показания шкалы	мкг/г	Показания шкалы	мкг/г	Показания шкалы	мкг/г
0,0	0,0	3,4	36	6,8	71,9
0,1	1,1	3,5	37	6,9	73
0,2	2,1	3,6	38,1	7,0	74,1
0,3	3,2	3,7	39,1	7,1	75,1
0,4	4,2	3,8	40,2	7,2	76,2
0,5	5,3	3,9	41,3	7,3	77,2
0,6	6,3	4,0	42,3	7,4	78,3
0,7	7,4	4,1	43,4	7,5	79,4

*Продолжение табл. 4.1*

Показания шкалы	мкг/г	Показания шкалы	мкг/г	Показания шкалы	мкг/г
0,8	8,5	4,2	44,4	7,6	80,4
0,9	9,5	4,3	45,5	7,7	81,5
1,0	10,6	4,4	46,6	7,8	82,5
1,1	11,6	4,5	47,6	7,9	83,6
1,2	12,7	4,6	48,7	8,0	84,6
1,3	13,8	4,7	49,7	8,1	85,7
1,4	14,8	4,8	50,8	8,2	86,8
1,5	15,9	4,9	51,9	8,3	87,8
1,6	16,9	5,0	52,9	8,4	88,9
1,7	18,0	5,1	54,0	8,5	89,9
1,8	19,0	5,2	55,0	8,6	91,0
1,9	20,1	5,3	56,1	8,7	92,0
2,0	21,2	5,4	57,1	8,8	93,1
2,1	22,2	5,5	58,2	8,9	94,2
2,2	23,3	5,6	59,2	9,0	95,2
2,3	24,3	5,7	60,3	9,1	96,3
2,4	25,4	5,8	61,4	9,2	97,3
2,5	26,5	5,9	62,4	9,3	98,4
2,6	27,5	6,0	63,5	9,4	99,5
2,7	28,6	6,1	64,5	9,5	100,5
2,8	29,6	6,2	65,6	9,6	101,6
2,9	30,7	6,3	66,7	9,7	102,6
3,0	31,7	6,4	67,7	9,8	103,7
3,1	32,8	6,5	68,8	9,9	104,7
3,2	33,9	6,6	69,8	10,0	105,8
3,3	34,9	6,7	70,9	10,1	106,9

#### 2.2 Опыт 4: Количественное определение содержания йода в виде йодида

Данный метод основан на реакциях:



В мерной колбе на 50 см<sup>3</sup> растворите 1 г пробы соли. К полученному раствору добавьте 6 капель метилового оранжевого до появления бледно-оранжевой окраски. К раствору по каплям добавьте 1 н. раствор серной кислоты до появления розовой окраски и затем 1 – 2 капли бромной воды (раствор должен стать желтого цвета). Полученную смесь оттитруйте раствором сульфита натрия до светло-желтого цвета. Затем добавьте 3 капли раствора фенола, 1 см<sup>3</sup> 2 н. раствора серной кислоты и 5 см<sup>3</sup> раствора йодида калия. Смесь окрашивается в желтый цвет. Полученную смесь оттитруйте раствором тиосульфата натрия до светло-желтой окраски, добавьте 1 см<sup>3</sup> крахмала (появляется темно-пурпурная окраска) и продолжите титрование до обесцвечивания смеси.

По объему тиосульфата определите содержание йода (см. табл. 4.1).

### 3 Оформление результатов исследования

Полученные результаты всех опытов оформите в виде таблицы:

Таблица 4.2

№	Наименование, изготовитель	Содержание йода в виде йодата		Содержание йода в виде йодида	
		Качественное	Количественное, мкг/кг	Качественное	Количественное, мкг/кг
1	Каменная соль				
2	Поваренная соль				
3	Йодированная соль				

### 4 Приготовление растворов

*Крахмал растворимый (водный раствор 0,5 %).* 0,5 г растворимого крахмала прокипятите в 100 см<sup>3</sup> дистиллированной воды;

*Нитрит натрия (водный раствор 1 %).* 0,25 г соли растворите в 25 см<sup>3</sup> воды;

*Соляная кислота 5 н.* 10 см<sup>3</sup> концентрированной кислоты смешайте с 15 см<sup>3</sup> дистиллированной воды;

*Йодид калия (водный раствор 10 %).* 10 г йодида калия растворите в дистиллированной воде в мерной колбе на 100 см<sup>3</sup>;

*Йодид калия (водный раствор 12 %).* 3 г йодида калия растворите в дистиллированной воде в мерной колбе на 25 см<sup>3</sup>;

*Серная кислота (водный раствор 10 %).* 2 см<sup>3</sup> концентрированной серной кислоты разбавьте в 8 см<sup>3</sup> воды;

*Серная кислота 2 н.* 6 см<sup>3</sup> концентрированной кислоты растворите в мерной колбе на 100 см<sup>3</sup>;

*Серная кислота 1 н.* 3 см<sup>3</sup> концентрированной серной кислоты растворите в дистиллированной воде до объема 100 см<sup>3</sup>;

*Тиосульфат натрия 0,05 М.* 1,24 г Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 5H<sub>2</sub>O кристаллогидрата в мерной колбе доведите до объема 1 дм<sup>3</sup>;

*Метилловый оранжевый (водный раствор 0,1 %).* 0,01 г растворите в мерной колбе на 100 см<sup>3</sup> в дистиллированной воде;

*Сульфит натрия (водный раствор 1 %).* 1 г соли растворите в дистиллированной воде в мерной колбе на 100 см<sup>3</sup>;

*Фенол (водный раствор 5 %).* 5 г фенола растворите в дистиллированной воде с применением мерной колбы на 100 см<sup>3</sup>.

### 5 Выводы

Сделайте вывод о проведенной лабораторной работе и полученных результатах.

### Контрольные вопросы

- 1 Какие меры техники безопасности следует соблюдать при проведении исследований?
- 2 Укажите значение йода в организме человека.
- 3 Почему необходимо контролировать содержание йода в йодированной соли?
- 4 Методика качественного обнаружения йодида в составе поваренной соли.
- 5 Методика количественного обнаружения йодида в составе поваренной соли.
- 6 Методика качественного обнаружения йодата в составе поваренной соли.
- 7 Методика количественного обнаружения йодата в составе поваренной соли.
- 8 Какие соединения йода используют для йодирования поваренной соли и как определяют их содержание (уравнения реакций)?
- 9 Какие ионы входят в состав йодсодержащих веществ в исследуемом образце соли (по полученным экспериментальным данным)?
- 10 Почему титрование не проводят при высокой температуре?
- 11 Почему нельзя сразу добавлять раствор крахмала для выявления конца титрования?
- 12 Укажите микроэлементы, которые необходимы для нормальной жизнедеятельности организма человека.
- 13 Укажите, какие из исследуемых образцов соли содержат наибольшее количество йода и в какой форме.
- 14 Проблемы Тамбовской области (вашей местности) по содержанию йода.
- 15 Какие пищевые продукты могут восполнить нехватку йода в организме?
- 16 Какие показатели необходимо определять в пищевых продуктах и почему?
- 17 В чем опасность использования продуктов и воды, содержащих нитриты, нитраты, соли тяжелых металлов, остатки пестицидов и т.п.?
- 18 Как влияет загрязнение окружающей среды (почва, воздух, вода) на здоровье человека?
- 19 Какие международные организации контролируют проведение исследований по влиянию загрязнений на здоровье людей?

Лабораторная работа 5

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПО ВЛАЖНОСТИ, СОСТАВУ, СТРУКТУРЕ, ПЛОДОРОДИЮ ПОЧВЫ. ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ОСНОВАМИ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ

#### **Цель работы:**

- 1 познакомить с условиями отбора пробы почвы;
- 2 определить влажность почвы весовым методом;
- 3 определить гранулометрический состав и структуру почвы простейшим методом;
- 4 определить плодородие почвы по ее цвету;
- 5 ознакомить с основными типами почв Европейской части России и Тамбовской области;
- 6 научить использовать почвенные карты и картограммы для решения практических задач;
- 7 закрепить теоретические знания по физическим, физико-механическим и биологическим свойствам почв.

#### *Общие положения*

Основоположником учения о почвах является русский ученый В.В. Докучаев (1846 – 1903), который дал первое научное определение почвы (1879): «Почва – это те дневные или близкие к ним горизонты горных пород (все равно каких), которые были более или менее естественно изменены взаимным влиянием воды, воздуха и различного рода организмов – живых и мертвых, что и сказывается известным образом на составе, структуре и цвете таких образований». Докучаев В.В. доказал, что почвы яв-

ляются результатом сложного взаимодействия горных пород, климата, растительных и животных организмов, рельефа и возраста страны, (рис. 5.1).

Докучаевым В.В. был открыт закон мировой зональности почв. Суть этого закона: распространение почв на Земле подчиняется в общих чертах закону природной широтной зональности и каждой природной зоне соответствует свой «зональный» тип почвы. Причем каждая природная зона характеризуется не одним каким-то типом почвы, а определенным набором весьма многочисленных, сопряженных между собой, но генетически не связанных почвенных типов.

Почва – биокосное тело природы. Располагаясь на границе соприкосновения литосферы, атмосферы и гидросферы, она формирует особую геосферу – педосферу, или почвенный покров Земли. Одновременно почва является одним из главных и сложных компонентов биосферы – области распространения жизни на Земле.

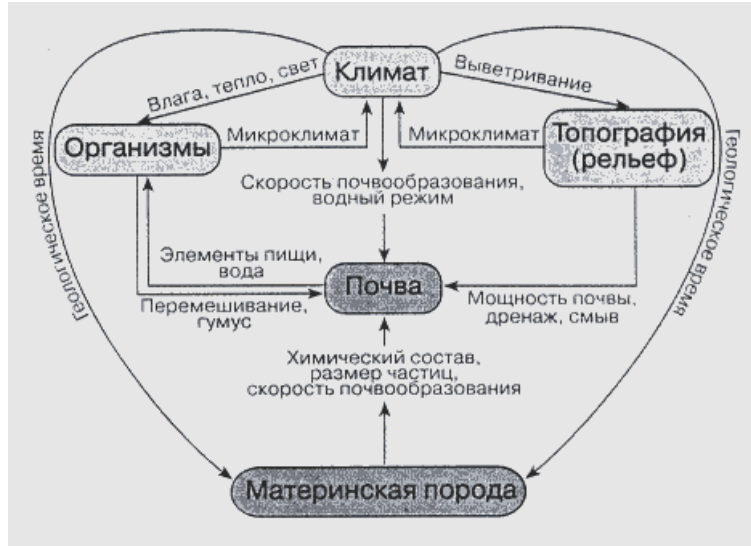


Рис. 5.1 Взаимосвязь почвообразующих факторов и почвы во времени

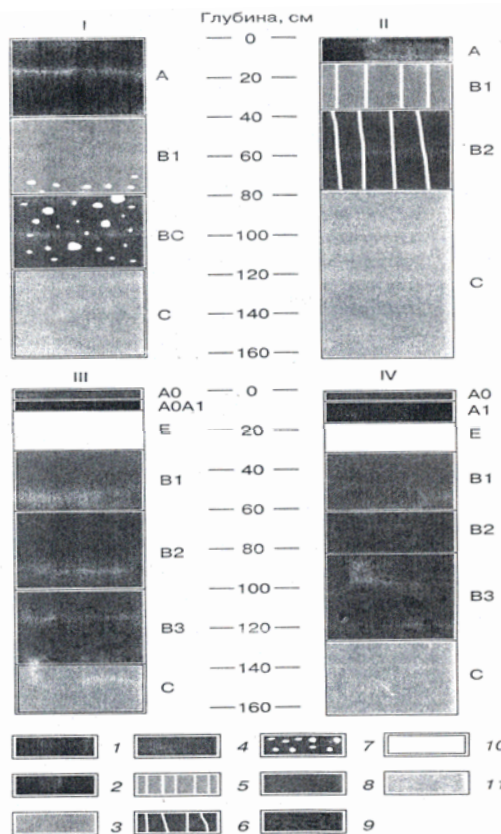
Строение почвы

Любую почву можно рассматривать как гетерогенную, многофазную систему, состоящую из трех фаз: твердой, жидкой и газообразной. В твердой фазе преобладают минеральные образования (50...60 % от общего состава почвы), которые представлены первичными (кварц, полевые шпаты) и вторичными (глинистые минералы: монтмориллонит, гидрослюды, смешанослойные оксиды железа, алюминия, минералы – соли: доломит, сода, гипс, ангидрит, мирабилит, галит, сульфиды и др.) минералами. К различным органическим веществам относятся гумус или перегной, а также имеющие органическое, органоминеральное происхождение. (почвенный раствор, 25...30 %) растворенными в ней органическими соединениями, а

Жидкую фазу почвы составляет вода с органическими и неорганическими газами.

Газовую фазу почвы «воздух», включающий свободные от адсорбированные коллоидными веществами газы, а также газы, растворенные в почвенном растворе.

Слоистая структура почвы возникает в результате взаимных перемещений в ней продуктов органического и неорганического происхождения. Почва состоит из



газообразной фазы (15...25 %) составляет «почвенный раствор», 25...30 % растворенными в ней органическими соединениями, а также газы, растворенные в почвенном растворе.

Почва возникает в результате взаимных перемещений в ней продуктов органического и неорганического происхождения. Почва состоит из

Рис. 5.2 Строение некоторых почв

нескольких горизонтов (слоев с одинаковыми признаками), возникающих в результате сложного взаимодействия материнских горных пород (подпочвы), климата, растительных и животных организмов (особенно бактерий), рельефа местности. Если заложить почвенный разрез с вертикальной передней стенкой, то на ней станет отчетливо видна последовательность генетических горизонтов, (рис. 5.2).

Буквами (см. рис. 5.2) обозначены генетические горизонты. I – чернозем типичный, II – солонец, III – подзол, IV – дерново-подзолистая; 1-A<sub>0</sub> – подстилка, 2-A<sub>1</sub> – перегнойно-элювиальный горизонт, 3-B<sub>1</sub> – переходный горизонт в черноземах, 4, 8, 9-B<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>3</sub> – иллювиальные горизонты подзолистых почв, 5-B<sub>1</sub> – иллювиальный солонцовый горизонт, 6-B<sub>2</sub> – переходный горизонт солонца, 7-BC – переходный карбонатный горизонт чернозема, 10-E – элювиальный горизонт, 11-C – материнская порода.

В почве выделяют три основных горизонта, различающихся по морфологическим и химическим свойствам.

1 Верхний перегнойно-аккумулятивный горизонт (A), в котором накапливается и преобразуется органическое вещество и из которого промывными водами часть соединений выносятся вниз.

2 Иллювиальный горизонт (B), где оседают и преобразуются вымытые сверху вещества.

3 Материнскую породу, или горизонт (C), материал которой в результате процессов физического, химического, биологического выветривания преобразуется в почву.

В пределах каждого горизонта выделяют более дробные слои, также сильно различающиеся по свойствам. Если границы между горизонтами нечеткие, то могут отмечаться переходные горизонты.

Система генетических горизонтов, последовательно сменяющая друг друга по вертикали образует *почвенный профиль*. По строению почвенный профиль может быть простым и сложным, отличаться набором дифференцированных и недифференцированных генетических горизонтов. По составу горизонты бывают органогенные, гумусированные, карбонатные, железистые и другие; по свойствам – кислые, нейтральные, щелочные, насыщенные, выщелоченные, ненасыщенные и другие. Сочетание этих признаков определяет общий внешний вид почвенного профиля и различия между генетическими горизонтами.

В профиле чернозема (рис. 5.2; I) верхнюю часть занимает горизонт A – перегнойно-аккумулятивный, он имеет темно-серую окраску, содержит много гумуса, азота, фосфора. Аналогичные горизонты имеются во всех почвах, но обычно они значительно меньшей мощности, более светлые по окраске и содержат меньше гумуса. Такие качества позволили В.В. Докучаеву назвать чернозем царем русских почв. Ниже горизонта A располагается переходный горизонт B<sub>1</sub>, затем горизонт BC и неизменная порода – горизонт C. В подзолистых и дерново-подзолистых почвах (рис. 5.2; III, IV) горизонт A мал и обеднен элементами питания, он делится на два подгоризонта: A<sub>1</sub> – темноокрашенный (перегнойно-элювиальный) и E – светлоокрашенный (подзолистый или элювиальный). Кроме того, неразложившаяся лесная подстилка или дернина, покрывающая поверхность почвы, обозначается A<sub>0</sub>. Из горизонта E нисходящими токами влаги вынесены Fe, Al, K, Mg и другие элементы, а накапливаются преимущественно оксиды кремния SiO<sub>2</sub>. Многие элементы, особенно Fe, скапливаются в следующем горизонте B. Если горизонт E называют элювиальным (от латинского *eluo* – вымывать), то горизонт B – иллювиальным (от латинского *illuo* – вмывать). В зависимости от внешних признаков (окраски, структуры) могут выделяться подгоризонты B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> и т.д. Еще ниже могут быть горизонты с интенсивным развитием восстановительных процессов, их называют глеевыми и обозначают буквой G. Для солонца (рис. 5.2; II) очень характерен плотный, столбчатый горизонт B, который обычно содержит много натрия и легко набухает при увлажнении.

К внешним морфологическим признакам относятся строение, мощность профиля и отдельных горизонтов, окраска, гранулометрический состав, структура, сложение, новообразования, включения.

*Мощность почвенного профиля* – общая протяженность всех горизонтов до материнской породы. У различных почв она колеблется от 40...50 см до 2,5 м (у черноземов).

*Мощность почвенного горизонта* – протяженность от верхней до нижней границы. Например, A<sub>0</sub> = 0 – 5 см, A<sub>1</sub> = 5 – 25 см и т.д., т.е. видна как мощность, так и глубина расположения горизонта.

*Структура почвы* – это те отдельности (комочки, агрегаты), на которые она самопроизвольно распадается в состоянии оптимальной влажности. Размер, форма, такие внутренние свойства этих отдельностей, как механическая прочность и водопрочность, во многом определяются количеством и качеством органического вещества в почвах. С морфогенетической точки зрения различают три вида структуры (по С.А. Захарову): кубовидную, призмовидную и плитовидную. Внутри каждого типа, в зависимости от размера агрегатов и степени выраженности граней и ребер, выделяют виды. Например, кубовидная структура бывает: глыбистая, комковатая, пылеватая, ореховатая, зернистая и др. Кубовидный тип

структуры характеризуется примерным равенством горизонтальной и вертикальной осей отдельностей. Кубовидный тип структуры также характеризуется высокой устойчивостью в природе. Высокая устойчивость характерна для верхних горизонтов плодородных почв, так как обеспечивает благоприятные водно-воздушные свойства для роста растений. Другие типы структур не способны противостоять размывающему действию воды, а плитовидные отдельности отличаются низкой механической прочностью. С агрономической точки зрения структурными являются только почвы, обладающие кубовидной структурой (зернистой, средне- и мелкоореховатой, среднекомковатой). Процесс почвообразования включает явления вымывания (элювиирования) веществ из верхней части профиля и накопления (иллювиирования) их в средней и/или нижней части почвы. Причем элювиирование обычно сопровождается формированием структуры плитовидного типа, а иллювиирование – призмовидного типа.

С агрономической точки зрения важны не только форма структуры, сколько ее водопрочность, пористость, механическая прочность и размер.

Под *водопрочностью* понимают способность почвенных агрегатов противостоять размывающему действию воды. Целинные почвы содержат больше водопрочных агрегатов, чем старопашотные.

Почва считается структурной, если комковато-зернистые водопрочные агрегаты, размером от 10 до 0,25 мм, составляют более 55 %. При этом для почв северных районов лучшими являются агрегаты больших размеров, так как они хорошо обеспечивают водо- и воздухопроницаемость почвы. В центрально-черноземной зоне оптимальный размер агрегатов 1 – 5 мм.

Значение структуры в плодородии почв весьма существенно. В структурной почве, через крупные поры, происходит быстрое и полное впитывание осадков, благодаря чему создаются запасы влаги и уменьшается поверхностный сток и водная эрозия почвы. В этих почвах лучше воздушный режим, они не заплывают после дождя и не образуют корку, их легче обрабатывать, здесь меньше опасность ветровой эрозии.

Количество и прочность почвенных агрегатов постоянно изменяется. Часть их разрушается из-за неумелой обработки, переуплотнения, под влиянием химических процессов и др.

*Гранулометрический состав.* Твердая фаза почвы (скелет, основа почвы) состоит из частиц различной формы и размеров, которые различаются по минералогическому и химическому составу и называются механическими элементами. По Н.А. Качинскому – это обособленные кусочки, куски (осколки) пород и минералов, аморфных соединений. По происхождению они делятся на минеральные (95...98 %), органические и органоминеральные. Элементарные частицы, близкие по свойствам и размерам, объединяются в группы, фракции, на основе чего производится классификация механических элементов.

### 5.1 Классификация механических элементов

Фракции	Диаметр частиц, мм
Камни	> 3
Гравий	1...3
Песок:	
Мелкий	0,05...0,25
Средний	0,25...0,5
Крупный	0,5...1
Пыль	
Мелкая	0,005...0,01
Крупная	0,01...0,05
Ил	
Тонкий	0,0005...0,001
Грубый	0,001...0,005
Коллоиды	0,0001...0,0005

Частицы размером более 1 мм называют почвенным скелетом или крупноземом, менее 1 мм – мелкоземом.

Сумму всех частиц размером менее 0,01 мм называют физической глиной, а более 0,01 мм – физическим песком. Сумму всех частиц размером менее 0,001 мм называют илистой или тонкодисперсной фракцией.

Породы и почвы будут иметь различные свойства, зависящие от соотношений между теми или иными фракциями механических элементов.



Гранулометрическим (или механическим) составом называется относительное содержание в почве или породе фракций механических элементов.

Классификация по гранулометрическому составу проводится объединением пород и почв в несколько групп с характерными для них физическими и химическими свойствами.

В основу классификации почв по гранулометрическому составу положено содержание в ней физической глины и физического песка (табл. 5.2).

## 5.2 Классификация по механическому составу (по Н.А. Качинскому)

Краткое название почвы по механическому составу	Содержание физической глины (частицы 0,01 мм), %	Содержание физического песка (частицы 0,01 мм), %
Песок рыхлый	0...5	100...95
Песок связный	5...10	95...90
Супесь	10...20	90...80
Суглинок легкий	20...30	80...70
Суглинок средний	30...45	70...55
Суглинок тяжелый	46...60	55...40
Глина легкая	60...75	40...25
Глина средняя	75...85	25...15
Глина тяжелая	85	15

Идеальная почва должна содержать приблизительно равные количества глины и песка с частицами промежуточных размеров. В этом случае образуется пористая, крупитчатая структура, и почва называется *суглинками*.

Гранулометрический состав почв имеет большое агрономическое значение. От него зависят все свойства и режимы: водный, тепловой, воздушный, питательный; все физические и физико-механические свойства. Песчаные и супесчаные почвы хорошо водопроницаемы, обладают благоприятным тепловым и воздушным режимом, легко обрабатываются, но бесструктурны, бедны гумусом и зольными элементами, имеют низкую поглотительную способность и буферность, плохо удерживают воду. Глинистые почвы, наоборот, медленно прогреваются, высоко влагоемкие, поэтому аэрации недостаточно, тяжелые при обработке, но богатые элементами питания, имеют высокую поглотительную способность и буферность. Такие культуры как пшеница, ячмень, горох, сахарная свекла, подсолнечник довольно требовательные к условиям произрастания и хорошо развиваются только на почвах средних по механическому составу (легко- и среднесуглинистых). Картофель, арбуз, эспарцет предпочитают легкие супесчаные почвы. Хорошо переносят легкие почвы рожь, люпин, вика озимая. А рис и овес могут хорошо расти и на тяжелосуглинистых почвах.

### *Классификация почв*

С изменением географического положения территории существенно меняется климат и растительность. Это приводит к развитию разнообразных по характеру почвообразовательных процессов, следствием которых является образование групп почв, обладающих специфическими признаками.

Для более детального изучения почв, повышения их плодородия и эффективного использования все почвы *классифицированы*, т.е. объединены в группы по происхождению, свойствам и уровню плодородия. В настоящее время приняты следующие классификационные единицы: тип, подтип, род, вид и разновидность.

Под *типом* подразумевают группу почв, сформировавшихся в одинаковых природных условиях, обладающих сходными свойствами и уровнем плодородия. Примером типа могут служить дерновоподзолистые почвы, черноземы, солонцы, каштановые почвы и т.д.

*Подтипы* – выделяют в пределах типа. Например, черноземы могут подразделяться на оподзоленные, выщелоченные, типичные и др.

*Роды* – почвы характеризуют состав почвообразующих пород, химизм грунтовых вод и т.д. (например, чернозем, выщелоченный на легких породах, чернозем южный солонцевато-солончаковый и т.д.).

*Виды* почв выделяют в пределах рода, в зависимости от степени развития почвообразовательного процесса – степени подзолистости, глубины гумусированности и др. (например, чернозем мощный тучный).

*Разновидность* – характеризует механический состав верхней части профиля почвы (супесчаная, тяжелосуглинистая почва и др.).

Почвенный покров Тамбовской области представлен, в основном, черноземными почвами глинистого и тяжелосуглинистого механического состава.

Общая площадь в административных границах составляет 3446,2 тыс. га. Структура земельного фонда включает следующие категории земель:

- 1 Земли сельскохозяйственного назначения (79,5 %);
- 2 Земли поселений (6,2 %);
- 3 Земли промышленности, транспорта, связи и иного назначения (1,4 %);
- 4 Земли особо охраняемых территорий (0,3 %);
- 5 Земли лесного фонда (10,9 %);
- 6 Земли водного фонда (0,2 %);
- 7 Земли запаса (1,5 %).

На долю черноземов приходится 86,8 % общей площади сельскохозяйственных угодий. Из них: мощные черноземы составляют 23,3 %; слабо выщелоченные 32 %; средне- и сильно выщелоченные 31,5 %. На остальной площади расположены серые лесные и песчаные почвы (2,6 %); солонцеватые (0,3 %) и прочие (10,3 %).

### *Почвенные карты и картограммы*

Разнообразие почвенного покрова требует дифференцированного подхода при разработке мероприятий по сельскохозяйственному использованию земель. С этой целью проводят почвенные обследования и составляют почвенные карты.

Почвенные карты бывают мелкомасштабные, на которые наносят почвы республик, краев, областей и крупномасштабные, для характеристики почв отдельных хозяйств. На крупномасштабную карту наносят типы и виды почв, их механический состав, основные агрохимические данные, характеризующие почву.

Для производственных целей, в дополнение к почвенной карте, составляют специальные картограммы, на которых отмечают содержание в почве гумуса, азота, фосфора, калия, микроэлементов (В, Сu, Мп и др.), почвенную кислотность или степень засоленности, участки, подверженные водной и ветровой эрозии и степень эродированности.

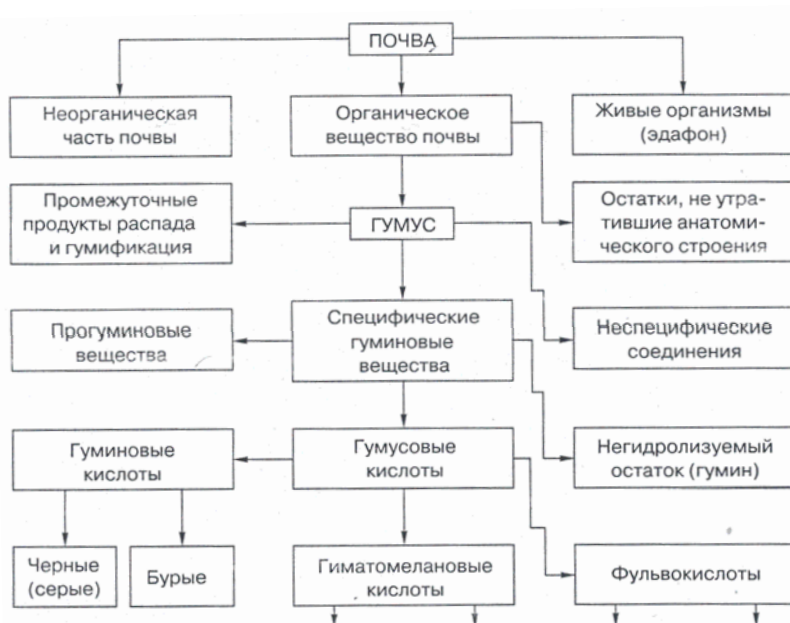
Почвенная характеристика учитывается при разбивке севооборотов, выделении участков под застройку, размещении ценных полевых культур, выделении сенокосов и пастбищ.

Почвенная карта необходима при установлении последовательности весенних полевых работ и сроков посева на разных участках, для определения потребности в удобрении и известковании.

### *Органическое вещество почв*

*Органическое вещество почв* – это совокупность живой биомассы (эдафон), органических остатков растений, микроорганизмов и животных различной степени разложения, продуктов их метаболизма и гумуса. Наземные и внутренние почвенные организмы после своего отмирания в виде безжизненного органического вещества поступают в почву. В результате микробиологических и частично химических и физико-химических процессов это вещество подвергается сложным биохимическим преобразованиям. Органические соединения, поступающие в почву в составе остатков растительных и животных организмов, либо разрушаются до простых неорганических соединений (углекислый газ, вода и др.), либо преобразуются в новые органические соединения. Комплекс новообразованных специфических почвенных органических соединений получил название почвенного перегноя, или *гумуса*. Таким образом, гумус – совокупность всех органических соединений, находящихся в почве, но не входящих в состав живых организмов или образований, сохраняющих анатомическое строение, не участвующих в построе-

нии тканей растительных и животных остатков. В состав гумуса входят гуминовые вещества, к которым относятся гуминовые кислоты, гумусовые кислоты, гиматомелановые кислоты, фульвокислоты, гумин, различного рода индивидуальные органические соединения биологического происхождения, а также техногенные органические соединения, попадающие в почву при внесении удобрений, пестицидов, обработке почвы и ее техногенном загрязнении (рис. 5.3).



**Рис. 5.3 Номенклатура (перечень) гуминовых веществ**

Гумус в различных типах почв неодинаков, и его характер определяется рядом условий и факторов, среди которых основная роль принадлежит жизнедеятельности микроорганизмов – бактерий, актиномицетов и грибов. Важное значение имеет состав поступающих в почву растительных остатков, а также режим кислорода, определяющий аэробную или анаэробную среду превращения растительных остатков. Кроме того, большое значение для процесса превращения растительных остатков в почве имеют степень влажности, температурные условия, механический и минеральный состав почвы.

Гумус является наиболее характерной и существенной частью почвы, с которой в основном связано плодородие. В гумусе сохраняются основные элементы питания растений, в первую очередь азот, сера, фосфор, калий, а также микроэлементы (кобальт, молибден, медь и др.). Эти элементы освобождаются в результате деятельности микроорганизмов и становятся доступными растениям. Отдельные компоненты гумуса участвуют в процессе выветривания, переводя в усвояемую растениями форму новые порции зольных элементов. Гумус частично определяет поглощательную способность почв. Гумус влияет на ряд морфологических и физических свойств почв (влагоемкость, аэрацию, тепловые свойства), обуславливая их цвет и структуру.

Важнейшим свойством почвы является ее плодородие – способность обеспечивать растения водой, элементами питания и воздухом. Мощность гумусового слоя и содержание гумуса в почве являются одним из важнейших показателей уровня плодородия почв. В подзолистых почвах северных районов России содержится 1...3 % гумуса, в более плодородных почвах лесостепной зоны 4...6 %. Наиболее богаты гумусом черноземы (обыкновенные 7...8 %, тучные 8...12 %).

Одним из главных признаков плодородной почвы является наличие в ней гумусовых веществ, которые обуславливают черную, темно-серую и серую окраски. Помимо этих цветов соединения окислов железа придают почве красноватый и бурый оттенок, от закисей железа формируются голубовато-зеленоватые тона; кремнезем, углекислый кальций, каолинит обуславливают белую и белесую окраску. Эти же тона формируются при наличии в почве гипса и некоторых легкорастворимых солей.

Уменьшение содержания гумусовых веществ в почве приводит к их дегумификации. Этот процесс обусловлен резкой сменой баланса почв по органическому веществу при освоении целинных земель, или при длительной распашке почв без применения органических удобрений, или без посева многолетних трав. Ухудшаются физические свойства, структура, водопроницаемость почв, что способствует усилению процессов эрозии, особенно опасной для пахотных земель. Эрозия усиливает процесс дегу-

мификации. Резко сокращается содержание в почве наиболее ценных зернистых агрегатов размером 1...5 мм.

В общем случае воздействие на почву при сельскохозяйственном использовании может быть сбалансированным – без коренных перестроек почвенного профиля, с севооборотом, с различным внесением органических и минеральных удобрений, с формированием высокого уровня плодородия; а может быть экстенсивным – с изъятием органических веществ без их восполнения, с быстрым расходом естественных питательных ресурсов, с потерей плодородия и физическим разрушением и изменением почвенного профиля.

В Тамбовской области с ее разнообразными природными и климатическими условиями практически не осталось почв, которые бы в настоящее время не нуждались в коренном улучшении, в повышении уровня эффективного плодородия.

183 тыс. га сельскохозяйственных угодий и земель фонда перераспределения подвержены эрозии, 19,0 тыс. га представлены засоленными и солонцеватыми комплексами, 1628,4 тыс. га закислены, 273 тыс. га переувлажнены и заболочены.

### Почвенная влага

Одно из условий формирования почвы – наличие в ней воды. Воде принадлежит основная роль как в выветривании горных пород, так и в развитии почв. Благодаря воде в почве протекают многие биологические, физические и химические процессы, совершается транспортировка веществ, происходит развитие растений и микроорганизмов. Почвенная влага является терморегулирующим фактором, в значительной степени определяющим баланс тепла в почве и ее температурный режим, от ее количества зависят физико-механические свойства почв (структура, плотность твердой фазы, плотность сложения почв, пористость почв, пластичность, липкость, набухание, усадка, связность почвы, твердость и др.), а в конечном итоге – и их плодородие.

При этом как недостаток, так и избыток влаги отрицательно сказывается на плодородии почв, снижает окупаемость минеральных и органических удобрений, уменьшает эффективность агротехнических мероприятий.

В природных условиях в почве всегда содержится то или иное количество влаги. Если массу этой влаги выразить в процентах от массы сухой почвы, то можно рассчитать *абсолютную влажность почвы*

$$W = 100 \cdot \frac{M_{\text{в}}}{M_{\text{п}}}, \quad (5.1)$$

где  $W$  – абсолютная влажность почвы (в %);  $M_{\text{в}}$  – масса воды;  $M_{\text{п}}$  – масса абсолютно сухой почвы.

Для характеристики степени насыщения почв водой введено понятие *относительной влажности*, которая рассчитывается как процент абсолютной влажности от полной влагоемкости:

$$W_{\text{отн}} = 100 \cdot \frac{W}{\text{ПВ}}, \quad (5.2)$$

где  $W_{\text{отн}}$  – относительная влажность (в %); ПВ – полная влагоемкость (в %).

Для большинства культурных растений оптимальная относительная влажность почвы находится в пределах 70...100 % от полной влагоемкости.

Основной источник воды в почве – атмосферные осадки. Однако обеспеченность растений водой зависит не только от количества осадков, но и от водных свойств самой почвы, от способности почвы испарять, впитывать, поднимать по капиллярам влагу, удерживать и отдавать ее растениям.

При одинаковых осадках разные почвы могут содержать различное количество доступной для растений влаги, что во многом зависит от их гранулометрического и минералогического составов, структурного состояния и гумусированности. В связи с этим важно знать не только общие запасы воды в почве, но и состояния, в которых она может находиться, ее доступность растениям, законы передвижения воды в почвенном профиле, водопроницаемость, водные свойства почв (водоудерживающая и водоподъемная способность) и их водные режимы.

*Вода в почве (жидкая фаза почвы)* – природные воды, включающие пленочную (адсорбированную), капиллярную (поровую) и гравитационную воду. Это деление условное, резких границ между указанными формами воды в почве нет. Вода в почве может находиться в свободном состоянии и связанном состоянии. В свободном состоянии в пространстве между частицами почвы она подчиняется силам земного притяжения (гравитации) либо частично удерживается в капиллярах пород менисковыми силами. Растения легко усваивают гравитационную воду, когда она находится в зоне корневой системы (поэто-

му важен полив почвы). Растения легко поглощают капиллярную воду, играющую наибольшую роль в регулярном снабжении их водой.

В связанном состоянии вода в почвах может быть либо в пленочном, либо в адсорбированном виде, удерживаясь между зернами пород адсорбционными силами. Известны две формы связанной воды: физическая и химическая. Химически связанная вода – это кристаллизационная вода. Она прочно связана с кристаллами. Физически связанная вода может быть как прочносвязанной, так и рыхлосвязанной. Прочносвязанная вода удерживается физическими законами – громадным давлением в недрах. Эта вода называется гигроскопической. Она совершенно недоступна растениям. Рыхлосвязанная вода обволакивает частицы породы. Она представляет собой дополнительную водную пленку, расположенную вокруг прочносвязанной воды. Она обладает повышенной вязкостью, может очень медленно передвигаться по поверхности частиц породы, как жидкость. На эту воду не оказывает влияние гравитация, и замерзает она не при 0 °С, а при –1,5 °С. Высвобождается при температуре 105...110 °С и физиологически практически недоступна растениям. Ее количество зависит от содержания в почве коллоидных частиц. В глинистых почвах ее содержится около 15 %, в песчаных – около 5 % массы почвы. Она образует так называемый «мертвый запас» воды. К почвенному раствору можно условно отнести капиллярную воду, которая занимает меж- и внутри-агрегатные капилляры, и гравитационную воду, с которой связано перемещение химических веществ по почвенному профилю.

Для растений очень важно, насколько хорошо удерживает почва полученную влагу и отдает ее корням. Наибольшее количество воды, которое может быть удержано почвой, называется общей (или полной) *влагоемкостью* почвы. Она зависит от механического состава почвы, содержания в ней гумуса и от общей пористости.

Свойство почвы впитывать и пропускать через себя воду называется *водопроницаемостью*. При плохой водопроницаемости (на тяжелых почвах) вода осадков стекает по поверхности почвы. В то же время при очень высокой водопроницаемости, которой, например, обладает песчаная почва, осадки слишком быстро проникают через почву и не используются растениями.

Свойство почвы поднимать воду вверх называется *водоподъемной способностью*. Наибольший этот показатель у глинистых и суглинистых почв.

### *Отбор проб почв и подготовка их к анализу*

Отбор проб проводится в соответствии с нормативными документами [18, 19].

1 Точечные пробы отбирают на пробной площадке из одного или нескольких слоев или горизонтов методом конверта, по диагонали или любым другим способом с таким расчетом, чтобы каждая проба представляла собой часть почвы, типичной для генетических горизонтов или слоев данного типа почвы. В зависимости от цели исследования, размера пробной площадки, количество точечных проб должно соответствовать указанному в табл. 5.3.

Точечные пробы отбирают ножом или шпателем из прикопок или почвенным буром.

2 Объединенную пробу составляют путем смешивания точечных проб, отобранных на одной пробной площадке.

3 Для химического анализа объединенную пробу составляют не менее, чем из пяти точечных проб, взятых с одной пробной площадки. Масса объединенной пробы должна быть не менее 1 кг.

Для контроля загрязнения поверхностно распределяющимися веществами – нефть, нефтепродукты, тяжелые металлы и др. точечные пробы отбирают послойно с глубины 0 – 5 и 5 – 20 см массой не более 200 г каждая.

Таблица 5.3

Цель исследования	Размер пробной площадки, га		Количество проб
	однородный почвенный покров	неоднородный почвенный покров	
Определение содержания в почве химических веществ	От 1 до 5	От 0,5 до 1	Не менее одной объединенной пробы

Определение содержания физических свойств и структуры почвы	От 1 до 5	От 0,5 до 1	От 3 до 5 точечных проб на один почвенный горизонт
Определение патогенных организмов и вирусов	От 0,1 до 0,5	0,1	10 объединенных проб, состоящих из 3 точечных проб каждая

Для контроля загрязнения легко мигрирующими веществами точечные пробы отбирают по генетическим горизонтам на всю глубину почвенного профиля.

4 При отборе точечных проб и составлении объединенной пробы должна быть исключена возможность их вторичного загрязнения.

Точечные пробы почвы, предназначенные для определения тяжелых металлов, отбирают инструментом, не содержащим металлов. Перед отбором точечных проб стенку прикопки или поверхности керна следует зачистить ножом из полиэтилена или полистирола, или пластмассовым шпателем.

Точечные пробы почвы, предназначенные для определения летучих химических веществ, следует сразу поместить во флаконы или стеклянные банки с притертыми пробками, заполнив их полностью до пробки.

Точечные пробы почвы, предназначенные для определения пестицидов, не следует отбирать в полиэтиленовую или пластмассовую тару.

5 Все объединенные пробы должны быть зарегистрированы в журнале и пронумерованы. На каждую пробу должен быть заполнен сопроводительный талон (см. прил.). В процессе транспортировки и хранения почвенных проб должны быть приняты меры по предупреждению возможности их вторичного загрязнения.

6 Пробы почвы для химического анализа высушивают до воздушно-сухого состояния. Воздушно-сухие пробы хранят в матерчатых мешочках, в картонных коробках или в стеклянной таре.

Пробы почвы, предназначенные для определения летучих и химически нестойких веществ, доставляют в лабораторию и сразу анализируют.

7 Для подготовки почв к анализу пробу почвы рассыпают на бумаге или кальке и разминают пестиком крупные комки. Затем выбирают включения – корни растений, насекомых, камни, стекло, уголь, кости животных, а также новообразования – друзы гипса, известковые журавчики и др. Почву растирают в ступке пестиком и просеивают через сито с диаметром отверстий 1 мм.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### Посуда и приборы

1. Весы технические.
2. Весы аналитические.
3. Сушильный шкаф.
4. Чашка.
5. Лопатка.
6. Пакеты полиэтиленовые с образцами почвы.
7. Стеклянный бюкс с пришлифованной крышкой.
8. Шпатель.
9. Эксикатор.
10. Почвенная карта России и Тамбовской области.
11. Почвенные карты и агрохимические картограммы хозяйств.

### Опыт 1: Определение влажности, состава и структуры почвы

Лопаткой отберите пробу в пяти точках участка (рис. 5.4), на глубине 0 – 20 см.

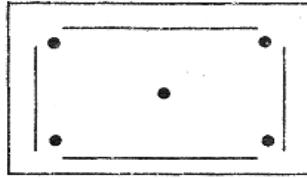


Рис. 5.4 Точки взятия проб на участке

Поместите пробы в пакеты. Каждый пакет герметично завяжите. Заполните сопроводительный талон.

На аналитических весах взвесьте чистый стеклянный бюкс с пришлифованной крышкой, доведенный в сушильном шкафу при температуре 100...105 °С до постоянной массы, с точностью 0,0001 г. Навеску почвы поместите в бюкс. Для высокогумусных глинистых почв с высокой влажностью достаточно 15...20 г, навеска для более бедных и сухих почв должна быть 15...50 г. Ориентировочную массу навески определите на технических весах, точный вес определите на аналитических весах. Затем бюкс откройте, крышку установите в вертикальное положение, и поместите в сушильный шкаф. Температура нагрева составляет 105 °С в течение 6 ч. Песчаные почвы нагревают 3 ч при той же температуре, заглинованные – 8 ч при 80±2 °С. Высушенные навески перенесите в эксикатор с концентрированной H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> или безводным CaCl<sub>2</sub>. Закройте бюкс с навеской. После остывания навески взвесьте бюкс с навеской на аналитических весах и снова поместите в сушильный шкаф на 1 ч для песчаных почв, и на 2 ч для остальных почв при той же температуре. Сушите и взвешивайте до тех пор, пока разница между последними взвешиваниями не будет меньше 0,0003 г.

Рассчитайте влажность образца (W, %) по формуле:

$$W = 100 \cdot \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m}, \quad (5.3)$$

где  $m_1$  – масса влажной почвы с бюксом;  $m_0$  – масса высушенной почвы с бюксом;  $m$  – масса бюкса.

Опишите состав, структуру, влажность почвы и занесите полученные результаты в табл. 5.4.

Таблица 5.4

№ пробы	Место отбора пробы	Структура почвы	Состав почвы	Влажность почвы			
				$m_1$ , г	$m_0$ , г	$m$ , г	W, %
1							
.							
.							
.							

Необходимо указать: в графе «структура почвы» – рассыпчатая, комковатая, ореховатая, зернистая и др.; в графе «состав почвы» – наличие песка, глины, камней, инородных включений.

### Опыт 2: Определение плодородия почвы по ее цвету. Установление типа почв

1 Почву по содержанию гумуса и цвету можно условно разделить на следующие категории по плодородию:

#### 5.5 Категории почв по плодородию

Окраска почв	Содержание гумуса, %	Категории
Очень черная	10...15	Высокогумусная, очень плодородная
Черная	7...10	Гумусная, плодородная
Темно-серая	4...7	Среднегумусная, среднеплодородная
Серая	2...4	Малогумусная, среднеплодородная
Светло-серая	1...2	Малогумусная, малоплодородная





- 27 Что указывается на почвенных картах? Для чего нужны почвенные карты в хозяйстве?
- 28 Что указывают на картограммах, как их используют?
- 29 Что такое органическое вещество почв, как оно образуется?
- 30 Что такое гумус? Перечислите номенклатуру гуминовых веществ.
- 31 Значение гумуса в почвообразовании, плодородии, питании растений.
- 32 Что является причиной дегумификации почв?
- 33 Что такое влажность почвы?
- 34 В каких состояниях находится вода в почве?
- 35 От чего зависит содержание доступной влаги в почве?
- 36 В каком состоянии вода доступна для растений?
- 37 Что такое «мертвый запас воды»?
- 38 Что такое влагоемкость, водопроницаемость, водоподъемная способность? От чего зависят эти показатели?
- 39 Для чего нужно знать влажность почвы? Как определяется влажность почвы?
- 40 Как осуществить отбор проб почвы и подготовить пробы к анализу?
- 41 Что такое «деградация почв» и каковы ее причины?
- 42 Какой экологический ущерб наносит эрозия почв?
- 43 Что такое «опустынивание» и почему оно «смерть ландшафта»?
- 44 Почему заболачивание почв ухудшает экологическую ситуацию?
- 45 Как защищают почвы от прогрессирующей антропогенной деградации?

## Лабораторная работа 6

### ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ ПО КИСЛОТНОСТИ

#### **Цель работы:**

- 1 провести отбор проб почвы на различных земельных участках г. Тамбова и Тамбовской области;
- 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*

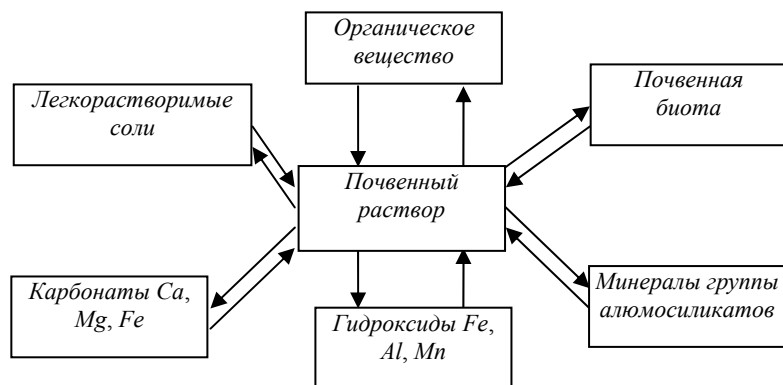
Кислотность почвы – важный экологический фактор, определяющий условия жизнедеятельности почвенных организмов и высших растений, а также подвижность загрязнителей в почве (в первую очередь металлов).

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 взаимо-

действия 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. 6.1 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 органо-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. Органоминеральные 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  $29 \text{ м}^2/\text{г}$ , серых лесных –  $33 \text{ м}^2/\text{г}$ , черноземах –  $48 \text{ м}^2/\text{г}$ .

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  $\text{Al}^{3+}$ , а  $\text{Al}^{3+}$  на  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ); 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 кислотно-основных и окислительно-восстановительных условий, от свойств поглощаемых химических веществ.

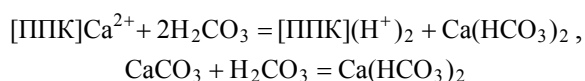
Главная функция ППК – участие в обменных реакциях с *загрязняющими веществами*, поступающими в почву. Реакции обмена с этими веществами протекают в эквивалентных количествах и обратимы, если не сопровождаются хемосорбцией. Скорость и соотношение обменивающихся ионов зависят от валентности ионов загрязняющих 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  $\text{H}^+$  (pH) и содержанием кислотных компонентов (количество кислотности). pH определяют потенциометрически со стеклянным электродом непосредственно в почвенном растворе [20]. 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  $\text{H}^+$  и  $\text{HCO}_3^-$ , на ее количество влияет растворение в почвенном растворе  $\text{CO}_2$ . Величина pH почвенного раствора зависит от парциального давления  $\text{CO}_2$  в почвенном воздухе, степени диссоциации образующейся  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , наличием кислых солей и общей ионной силы раствора. Только за счет  $\text{CO}_2$  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 pH 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. 6.1).

#### **6.1 Классификация почв по уровням актуальности кислотности**

Сильнокислые	pH 3–4	Слабощелочные	pH 7–8
--------------	--------	---------------	--------

Кислые	pH 4–5	Щелочные	pH 8–9
Слабокислые	pH 5–6	Сильнощелочные	pH 9–11
Нейтральные	pH 7		

Актуальная кислотность почв, имеющих pH < 7, под действием кислых дождей снижается на 1 – 2 единицы. Избыточная кислотность токсична для многих растений и микроорганизмов. Для большинства культурных растений оптимум pH почвенного раствора находится в пределах 5,5...7,0, и только люпин, чайный куст и некоторые другие предпочитают кислую реакцию. Оптимальные значения pH почвы для выращивания основных сельскохозяйственных культур приведены в табл. 6.2.

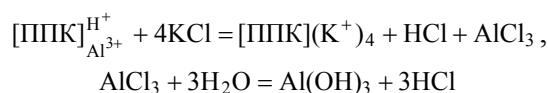
## 6.2 Оптимальные значения pH почвы для некоторых растений

Растение	pH	Растение	pH
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 pH 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  $\text{Al}^{3+}$ .

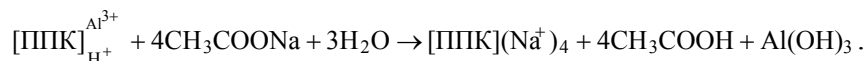
У почв с повышенной обменной кислотностью неблагоприятные агрономические свойства, которые могут быть улучшены известкованием и внесением органических удобрений.

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  $H^+$  вытесняется из ППК. Особенно токсичен  $Al^{3+}$ , переходящий в раствор в результате обменных реакций. В связи с этим уровень обменной кислотности подлежит обязательному контролю при почвенном мониторинге и характеристике загрязненных почв [21].

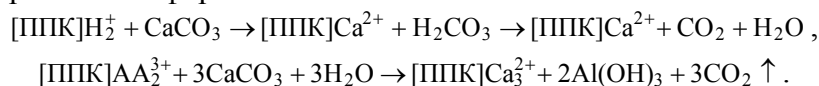
Обменная кислотность наиболее ярко выражена в подзолистых и красноземных почвах (рН 3 – 4). Она не проявляется или слабо проявляется в оподзоленных и выщелоченных черноземах, а в почвах с нейтральной или щелочной реакцией не обнаруживается и не определяется.

*Гидролитическая кислотность* определяется наличием в почве поглощенных ионов  $H^+$  и  $Al^{3+}$ , способных обмениваться на катионы гидролитически щелочных солей. Для ее определения используют 1 М раствор  $CH_3COONa$  с рН = 8,2 [22]. 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:



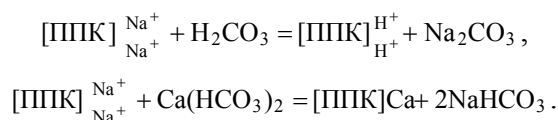
Дозы иAl ести рассчитывают по величине рН солевой вытяжки с учетом грануметрического состава почв.

### *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  $CaCO_3 - H_2O - CO_2$ . Карбонат кальция присутствует в твердой части почвы, вода в почве имеется почти всегда (за исключением сильных засух), а  $CO_2$  всегда есть в почвенном воздухе.

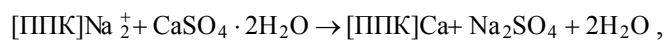
Почвенный раствор такой системы содержит разные количества  $Ca^{2+}$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $H^+$ ,  $HCO_3^-$ , и величина рН регулируется, по сути, только парциальным давлением  $CO_2$ . Эта система работает до тех пор, пока в твердой части почвы присутствует  $CaCO_3$ , и обуславливает величины рН почвенных суспензий до 7,5...10,0 в зависимости от парциального давления  $CO_2$  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 рН 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 рН, удаляется токсичный для растений ион  $\text{Na}^+$ , уменьшается щелочность.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### Посуда и приборы

- 1 Весы аналитические.
- 2 Весы технические.
- 3 Весы технические.
- 4 рН-метр.
- 5 Взбалтыватель.
- 6 Конические колбы вместимостью  $250 \text{ см}^3$  (2 шт.).
- 7 Мерный цилиндр вместимостью  $100 \text{ см}^3$  (2 шт.).
- 8 Образцы почв.
- 9 Фильтровальная бумага.
- 10 Химический стакан вместимостью  $50 \text{ см}^3$  (2 шт.).

### Реактивы и растворы

- 1 Стандарт-титры 4,01; 6,86; 9,81.
- 2 Раствор КОН ( $100 \text{ г/дм}^3$ ).
- 3 Раствор НСl (10 %).
- 4 Раствор КСl (1 н.).

### Опыт 1: Приготовление водной вытяжки из почвы

Пробу воздушно-сухой почвы (см. лабораторную работу № 5 «Отбор проб почв и подготовка их к анализу») массой 30 г, взвешенную на аналитических весах с погрешностью не более 0,1 г, поместите в коническую колбу. К пробе прилейте мерным цилиндром  $150 \text{ см}^3$  дистиллированной воды, не содержащей углекислоты, закройте пробкой. Перемешайте в течение 3 мин на взбалтывателе и оставьте на 5 мин для отстаивания.

### Опыт 2: Измерение рН водной вытяжки

Почвенную суспензию объемом  $15 - 20 \text{ см}^3$ , полученную в опыте 1, перелейте в химический стакан и измерьте рН. Показания рН-метра считывайте не раньше, чем через 1,5 мин после погружения электродов в измеряемую среду, после прекращения дрейфа рН-метра<sup>2</sup>.

### Опыт 3: Приготовление солевой вытяжки из почвы

Пробу воздушно-сухой почвы (см. лабораторная работа 5 «Отбор проб почв и подготовка их к анализу») массой 30 г, взвешенную на аналитических весах с погрешностью не более 0,1 г, поместите в коническую колбу. К пробе прилейте мерным цилиндром  $75 \text{ см}^3$  1 н. раствора КСl<sup>3</sup>, закройте пробкой и перемешайте в течение 1 мин.

### Опыт 4: Измерение рН солевой вытяжки

<sup>2</sup> Настройку рН-метра проводят по трем буферным растворам с рН 4,01; 6,86; 9,18. Во время работы настройку прибора периодически проверяют по буферному раствору с рН 6,86

<sup>3</sup> 1 н. раствор КСl должен иметь рН (5,6 – 6,0). При необходимости заданное значение рН получают прибавлением раствора КОН или раствора НСl

Почвенную суспензию объемом 15 – 20 см<sup>3</sup>, полученную в опыте 3, перелейте в химический стакан и измерьте рН. Показания рН-метра<sup>4</sup> считывайте не ранее чем через 1 мин после погружения электродов в суспензию.

Занесите полученные результаты в таблицу.

Таблица 6.3

№ про-бы	Место отбора пробы	рН водной вытяж-ки	рН солевой вы-тяжки

## 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?

Лабораторная работа 7

## 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.

<sup>4</sup> Во время работы настройку прибора периодически проверяют по буферному раствору с рН 4,01.

## 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 *среднерастворимых 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 [20, 23, 24, 25, 26, 27]. 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,  $\text{мг/дм}^3$ ) связано с электропроводностью (ЭП,  $\text{мСм/см}$ ) эмпирической формулой

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

Большая часть зерновых культур снижает урожайность при электропроводности, составляющей 4...6  $\text{мСм/см}$ . Для овощных культур и плодовых деревьев эти величины еще ниже 1 – 2  $\text{мСм/см}$ . 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, Средневожская, Западносибирская, Восточносибирская, Якутская).

Степени и типы засоленности почв в зависимости от концентрации солей приведены в табл. 7.1.

### 7.1 Степени и типы засоленности почв в зависимости от концентрации солей

Степень засоленности почв	Типы засоленности в зависимости от типа и массовой доли солей в сухой почве, %		
	Хлориды	Сульфаты	Гидрокарбонаты
<i>Для хлоридо-сульфатного засоления</i>			
Незасоленные	< 0,01	–	–
Слабозасоленные	0,01 – 0,05	–	–
Среднезасоленные	0,005 – 0,10	–	–
Сильнозасоленные	0,1 – 0,2	–	–
Солончаки	> 0,2	–	–

*Продолжение табл. 7.1*

Степень засоленности почв	Типы засоленности в зависимости от типа и массовой доли солей в сухой почве, %		
	Хлориды	Сульфаты	Гидрокарбонаты
<i>Для сульфатного и хлоридо-сульфатного засоления</i>			
Незасоленные	0 – 0,1	< 0,10	–
Слабозасоленные	0 – 0,1	0,1 – 0,4	–
Среднезасоленные	0 – 0,5	0,4 – 0,6	–
Сильнозасоленные	0 – 1,0	0,6 – 0,8	–
Солончаки	–	> 0,8	–
<i>Для содового и смешанного засоления</i>			
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, остаточного засоления, 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

### Посуда и приборы

- 1 Весы технические.
- 2 Весы аналитические.
- 3 Образцы почв.
- 4 Бюкс для взвешивания почвы.
- 5 Конические колбы вместимостью  $250 \text{ см}^3$  (2 шт.).
- 6 Взбалтыватель.
- 7 Фильтровальная бумага по ГОСТ 12026–76.
- 8 Стеклянная воронка.
- 9 Мерный цилиндр вместимостью  $25 \text{ см}^3$ .
- 10 Пипетка  $25 \text{ см}^3$ .
- 11 Фарфоровая чашка.
- 12 Водяная баня.
- 13 Сушильный шкаф.
- 14 Эксикатор.
- 15 Муфель.
- 16 Пробирки.

### Реактивы и растворы

- 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 (см. лабораторную работу № 6, опыт 1). 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<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Водные вытяжки анализируйте сразу же после их получения, так как под влиянием микробиологической деятельности может измениться их состав (щелочность, окисляемость). Хранят вытяжку в колбе с закрытой пробкой.

## Опыт 2: Определение плотного остатка водной вытяжки

Отберите пипеткой 25 см<sup>3</sup> 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 °С в течение трех часов, охладите в эксикаторе, 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 °С 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:

$$\text{Плотный остаток} = \frac{(m - m_1) \cdot 500}{25}, \quad (7.1)$$

где  $m$  – масса чашки с остатком, г;  $m_1$  – масса пустой чашки, г; 500 – коэффициент пересчета в проценты; 25 – объем пробы вытяжки, см<sup>3</sup>.

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 см<sup>3</sup> 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.

## 7.2 Характеристика осадка

Осадок	Содержание Cl <sup>-</sup>	
	мг на 100 см <sup>3</sup> 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 см<sup>3</sup> фильтрата водной вытяжки, добавьте несколько капель концентрированной соляной кислоты и 1 – 2 см<sup>3</sup> 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.

## 7.3 Характеристика осадка

Осадок	Содержание SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
	мг на 100 см <sup>3</sup> 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 см<sup>3</sup> фильтрата водной вытяжки, подкислите 1 – 2 каплями соляной кислоты и добавьте 1,5...2 см<sup>3</sup> раствора оксалата аммония. По характеру осадка сделайте вывод о содержании кальция в почве.

#### 7.4 Характеристика осадка

Осадок	Содержание Ca <sup>2+</sup>	
	мг на 100 см <sup>3</sup> 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 см<sup>3</sup> 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. 7.5.

Таблица 7.5

№ пробы	Место отбора пробы	Плотный остаток, %	Содержание ионов (г) на 100 г почвы, %			Содержание нитратов
			Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	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.

*Образец вывода:* В результате лабораторной работы определено: плотный остаток водной вытяжки ( \_\_\_\_\_ ); качественное содержание ионов (г) на 100 г почвы, % (Cl<sup>-</sup>: \_\_\_\_; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>: \_\_\_\_; Ca<sup>2+</sup>: \_\_\_\_); наличие (отсутствие) нитратов, степень засоленности почв (несоленая; слабозасоленная; средnezасоленная; сильнозасоленная; солончак).

#### 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?

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ

### *Цель работы:*

- 1 провести отбор проб почв на участках, загрязненных нефтепродуктами;
- 2 определить содержание нефтепродуктов в почве весовым методом;
- 3 сформулировать предложения по снижению антропогенных воздействий на почву и восстановлению почвенного покрова;
- 4 определить экологические последствия выявленных нарушений;
- 5 закрепить знания об охране земельных ресурсов.

### *Общие положения*

Важнейшее значение почв состоит в аккумуляции органического вещества, различных химических элементов, а также энергии. Почвенный покров выполняет функции биологического поглотителя, разрушителя и нейтрализатора различных загрязнений. Если это звено биосферы будет разрушено, то сложившееся функционирование биосферы необратимо нарушится. Именно поэтому чрезвычайно важно изучение глобального биохимического значения почвенного покрова, его современного состояния и изменения под влиянием антропогенной деятельности.

Насчитывается не менее 6 типов антропогенно-технических воздействий, которые могут вызвать разного уровня ухудшение почв. В их числе:

- 1 водная и ветровая эрозия;
- 2 засоление, подщелачивание, подкисление;
- 3 заболачивание;
- 4 физическая деградация, включая уплотнение и коркообразование;
- 5 разрушение и отчуждение почвы при строительстве и добыче полезных ископаемых;
- 6 химическое загрязнение почв, которое может быть вызвано следующими причинами:
  - атмосферным переносом загрязняющих веществ (тяжелые металлы, кислые дожди, фтор, мышьяк, радионуклиды, пестициды);
  - сельскохозяйственным загрязнением (удобрения, пестициды);
  - наземным загрязнением – отвалы крупнотоннажных производств, отвалы топливно-энергетических комплексов, мусор;
  - загрязнением нефтью и нефтепродуктами.

### *Загрязнение почвы нефтью и нефтепродуктами*

Нефтяное загрязнение почв относится к числу наиболее опасных, поскольку оно принципиально изменяет свойства почв, а очистка от нефти очень сильно затруднена. Нефть попадает в почву при различных обстоятельствах: при разведке и добыче нефти, при авариях на нефтепроводах, при авариях речных и морских нефтеналивных судов. Различные углеводороды попадают в почву на нефтебазах, бензозаправках и т.п. Последствия для почв, вызванные нефтезагрязнением, можно без преувеличения назвать чрезвычайными.

С поступлением в почвы сырой нефти и нефтепродуктов начинается процесс их естественного фракционирования и разложения. При этом легкие фракции нефти постепенно испаряются в атмосферу, некоторая часть нефти механически выносится водой за пределы площади загрязнения. Часть нефти подвергается химическому и биологическому окислению. Нефть – это сложные смеси газообразных, жидких и твердых углеводородов, различных их производных и органических соединений других классов. Основные элементы в составе нефти...углерод (83...87 %) и водород (12...14 %). Из других элементов в ее состав в заметных количествах входят сера, азот и кислород. Содержание серы колеблется в широких пределах: от тысячных и сотых долей процента до 6...14 %. Содержание азота и кислорода составляет соответственно 0,02...1,7 % и 0,005...3,6 %. Кроме того, нефть содержит незначительные количества микроэлементов. В составе нефти идентифицировано свыше 1000 индивидуальных соединений. Из них 250 содержат серу, около 85 – кислород и свыше 30 – азот. Более 700 индивидуальных углеводородов, входящих в состав нефти, имеют углеродный скелет от C<sub>1</sub> до C<sub>40</sub>. В жидких углеводородах нефти растворены смолисто-асфальтеновые вещества, которые представляют высокомолекулярные ор-

ганические соединения, содержащие в среднем до 88 % углерода, до 10 % водорода и до 14 % гетероатомов.

Количество легких фракций ( $t_{\text{кип}} < 200$  °С) в нефти оказывает влияние на ее плотность, вязкость, количество смолистых компонентов, углеводородный состав. Легкие фракции обладают повышенной токсичностью для живых организмов, в то же время их высокая испаряемость способствует быстрому самоочищению компонентов природной среды. Парафин не оказывает сильного токсичного действия на живые организмы, но благодаря высокой температуре застывания существенно влияет на физические свойства почв. С увеличением сернистости нефти возрастает опасность сероводородного загрязнения почв.

Основные загрязняющие вещества для почв: пластовая жидкость, состоящая из сырой нефти, газа, нефтяных вод; газ газовых шапок нефтяных залежей, законтурные воды нефтяных пластов; нефть, газ и сточные воды, полученные в результате отделения пластовой жидкости и первичной подготовки нефти; подземные воды; буровые растворы; нефтепродукты.

Нефтяные вещества способны накапливаться в донных отложениях, а затем с течением времени включаться в физико-химическую, механическую и биогенную миграции вещества. Преобладание тех или иных процессов превращения, миграции и аккумуляции нефтепродуктов чрезвычайно сильно зависит от природно-климатических условий и свойств почв, в которые поступают эти загрязненные вещества.

Нефть обволакивает почвенные частицы, почва не смачивается водой, гибнет микрофлора, растения не получают должного питания, частицы почвы слипаются, а сама нефть постепенно переходит в иное состояние, ее фракции становятся более окисленными, затвердевают, и при высоких уровнях загрязнения почва напоминает асфальтоподобную массу. Бороться с таким явлением очень трудно. При малых уровнях загрязнения помогает внесение удобрений, стимулирующих развитие микрофлоры и растений. В результате нефть частично минерализуется, некоторые ее фракции входят в состав гуминовых веществ и почва восстанавливается.

Но при больших дозах и длительных сроках загрязнения в почве происходят глубокие, необратимые изменения морфологических, физических, физико-химических, микробиологических свойств, а иногда и существенные изменения почвенного профиля, что приводит к потере загрязненными почвами плодородия и отторжению территорий из сельскохозяйственного использования. Тогда наиболее загрязненные слои приходится просто удалять.

По территории Тамбовской области проходит ряд нефтепроводов, газопроводов и аммиакопроводов высокого давления. Беспокоит техническое состояние ниток магистральных проводов, так как ввод в эксплуатацию их осуществлялся в 1961 – 1975 гг. Из-за аварий на магистральных нефтепроводах земли на местах аварий загрязнены нефтепродуктами. Так, на территории Тамбовской области в 1992 г. произошла утечка нефти больше 10 т. В 1993 г. в Бондарском районе – около 1000 т, в 1994 г. в Тамбовском районе, Малиновке – утечка 550 т. Затраты на ликвидацию аварий превзошли в несколько раз затраты на их предупреждение.

Процесс рекультивации земель контролируется по ГОСТ 17.5.3.04-83 [28], ГОСТ 17.5.3.06–85 [29], ГОСТ 17.5.3.05–84 [30], РД 39–00147105–006–97 [31], РД 39–0147098–015–90 [32] и др.

### *Требования к контролю за загрязнением почв*

Указанные требования отражены в нормативном документе [33].

1 Основными критериями, используемыми для оценки степени загрязнения почв, должны быть *предельно допустимые количества* (концентрации) (ПДК) и *ориентировочно допустимые количества* (ОДК) химических веществ в почве [34, 35], нормативы допустимых количеств загрязняющих веществ в смежных природных средах и в сельскохозяйственной продукции, показатели санитарного состояния почв по ГОСТ 17.4.2.01–81 [36].

2 К категории загрязненных следует относить почвы, в которых количество загрязняющих веществ находится на уровне или выше ПДК.

3 Почвы, отнесенные к категории загрязненных, должны находиться под постоянным контролем внутриведомственных и государственных служб контроля. Почвы выводятся из этой категории, и постоянный контроль заменяется на периодический, когда количество в них загрязняющих веществ становится ниже допустимого уровня.

4 Особое внимание следует уделять почвам, прилегающим к предприятиям и объектам промышленности, жилищно-коммунальным, сельского хозяйства, транспорта, которые по характеру своей деятельности могут загрязнять почву посредством выбросов, сбросов, отходов, стоков и осадков сточных вод.

5 При проведении контроля за загрязнением почв следует учитывать класс опасности химических веществ по ГОСТ 17.4.1.02–83 [37], степень опасности патогенных и условно патогенных организмов и соблюдать требования:

- использовать физико-химические и биологические методы, позволяющие получить достоверную качественную и количественную информацию о наличии загрязнителей в почве. Пределы обнаружения контролируемых веществ должны быть не выше нормативов ПДК в почве;
- регистрировать в журналах качественный и количественный состав, объемы и даты выбросов, сбросов, отходов, стоков и осадков сточных вод, применение средств химизации с указанием объема и ассортимента фактически применяемых химических веществ, размеров обрабатываемой территории, способов и даты их внесения;
- определять количество загрязняющих веществ, способных придавать почве фитотоксические свойства, а также оказывать отрицательное воздействие на качество почвы и растительной продукции в почвах, предназначенных для возделывания сельскохозяйственных культур в условиях защищенного грунта.

Загрязняющие вещества нормируются:

- 1 в пахотном слое почвы сельскохозяйственных угодий;
- 2 в почве территорий предприятий;
- 3 в почвах жилых районов в местах хранения бытовых отходов.

Нормирование химического загрязнения почв устанавливается по предельно допустимым концентрациям (ПДК<sub>п</sub>). По своей величине ПДК<sub>п</sub> значительно отличаются от принятых допустимых концентраций для воды и воздуха. Это отличие объясняется тем, что поступление вредных веществ в организм человека из почвы происходит через контактирующие с почвой объекты (воздух, вода, растения). ПДК<sub>п</sub> - это такая концентрация химического вещества (в мг на кг почвы в пахотном слое), которая не должна вызывать прямого или косвенного отрицательного влияния на соприкасающиеся с почвой среды и здоровье человека, а также на способность почвы к самоочищению. Существуют 4 разновидности ПДК<sub>п</sub> в зависимости от путей миграций химических веществ в сопредельные среды: ТВ – транслокационный показатель, характеризующий переход вещества из почвы через корневую систему в зеленую массу и плоды растений; МА – миграционный воздушный показатель, характеризующий переход химического вещества из почвы в атмосферу; МВ – миграционный водный показатель, характеризующий переход химического вещества из почвы в подземные грунтовые воды и водоисточники; ОС – общесанитарный показатель, характеризующий влияние химического вещества на способность почвы к самоочищению и на живое население почвы.

Допустимая концентрация вещества в почвенном слое (ПДК<sub>п</sub>) устанавливается с учетом его фоновой концентрации, стойкости и токсичности. ПДК<sub>п</sub> устанавливается экспериментально в зависимости от допустимой остаточной концентрации (ДОК) в пищевых, кормовых растениях и в продуктах питания. ДОК – это максимальное количество вещества в продуктах питания, которое, поступая в организм в течение всей жизни, не вызывает никаких нарушений в здоровье людей.

Далее определяется ПДК<sub>п</sub>, которая должна гарантировать:

- переход в атмосферный воздух вредных веществ в количествах, не превышающих установленную ПДК;
- то же для грунтовых вод;
- обеспечение процессов самоочищения почвы и почвенный микробоценоз.

В случае применения новых химических соединений, для которых отсутствует ПДК, проводят расчет временно допустимых концентраций (ВДК<sub>п</sub>) по формуле:

$$\text{ВДК}_{\text{п}} = 1,23 + 0,48 \cdot \text{ПДК}_{\text{пр}}, \quad (8.2)$$

где ПДК<sub>пр</sub> – предельно допустимая концентрация для продуктов (овощные и плодовые культуры), мг/кг.

Классификацию почв по степени загрязнения проводят по предельно допустимым количествам (ПДК) химических веществ и их фоновому загрязнению [38]. По степени загрязнения почвы подразделяются на:

- сильнозагрязненные;
- среднезагрязненные;
- слабозагрязненные.

К сильнозагрязненным относят почвы, в которых содержание загрязняющих веществ в несколько раз превышает ПДК, имеющие низкую биологическую продуктивность, существенное изменение физико-химических, химических и биологических характеристик.

К среднезагрязненным относят почвы, в которых установлено превышение ПДК без существенных изменений в свойствах почв.

К слабозагрязненным относят почвы, в которых содержание химических веществ не превышает ПДК, но выше естественного фона.

Коэффициент концентрации загрязнения почвы  $H_C$  вычисляется по формуле:

$$H_C = \frac{C}{C_{\text{ф}}} \quad \text{или} \quad H_C = \frac{C}{C_{\text{пдк}}}, \quad (8.3)$$

где  $C$  – общее содержание загрязняющих веществ;  $C_{\text{ф}}$  – среднее фоновое содержание загрязняющих веществ;  $C_{\text{пдк}}$  – предельно-допустимое содержание загрязняющих веществ.

Степень устойчивости почвы к химическим загрязняющим веществам оценивают по отношению к конкретному загрязняющему веществу или группе веществ, которыми загрязнена исследуемая почва.

По степени устойчивости к химическим загрязняющим веществам и по характеру ответных реакций почвы подразделяют на:

- 1 очень устойчивые;
- 2 среднеустойчивые;
- 3 малоустойчивые.

Степень устойчивости почвы к химическим загрязняющим веществам характеризуется следующими основными показателями:

- гумусного состояния почв;
- кислотно-основными свойствами;
- окислительно-восстановительными свойствами;
- катионно-обменными свойствами;
- биологической активности;
- уровня грунтовых вод;
- доли веществ в почве, находящихся в растворимой форме.

#### *Охрана почв*

Современное состояние почвенного покрова неудовлетворительно и продолжает ухудшаться. Это следует из официальных данных (по России). 40 млн. га представлены низко-плодородными засоленными и солонцовыми почвами, 26 млн. га переувлажнены и заболочены, 5 млн. га загрязнены радионуклидами, из 186 млн. га сельскохозяйственных угодий около 60 млн. га эродированы, в некоторых южных районах России (например, в Калмыкии) идет опустынивание.

Охрана почв предусматривает комплекс мероприятий по сохранению, улучшению, целенаправленному изменению и рациональному использованию почв как одного из важнейших ландшафтообразующих компонентов и объектов антропогенного воздействия.

Включает в себя защиту почв от эрозии, загрязнения, истощения, мероприятия по восстановлению нарушенных земель, повышению плодородия почв, рационализации их использования. Охрану почв необходимо проводить без отрыва от защиты сопредельных с почвой сред – вод, атмосферы, растительности, животного мира.

Охрана почв и почвенного покрова регулируется рядом правовых и общественных актов. Разрабатываются международные программы и соглашения. Из международных программ следует назвать «Всемирную почвенную хартию», принятую ФАО в 1982 г., «Основы мировой почвенной политики», принятые ЮНЕП в 1983 г. В 1992 г. правительство РФ приняло постановление «Об утверждении Положения о порядке осуществления государственного контроля за использованием и охраной земель».

Для обеспечения рационального использования и охраны земель, защиты прав собственников земли, землепользователей и арендаторов и создания объективной основы для установления цены на землю, земельного налога, арендной платы в Российской Федерации ведется Государственный земельный кадастр. В 1996 г. постановлением правительства РФ утверждена федеральная целевая программа «Соз-



дание автоматизированной системы ведения Государственного земельного кадастра». Цель программы – развертывание государственной информационной системы, обеспечивающей на всей территории России регистрацию, количественный и качественный учет, сплошную оценку земель; поддержку землеустройства, мониторинг земель, рациональное использование земельных ресурсов, оптимальное развитие территорий, установление границ с особым правовым режимом (природоохранный, заповедный, рекреационный).

*Требования к охране почв от загрязнения [33]:*

1 Охране от загрязнения подлежат почвы сельскохозяйственных и лесных угодий, включая пашню, сенокосы, пастбища, почвы под многолетними насаждениями, а также заповедников, национальных природных парков, зон рекреации, населенных пунктов.

2 Охрана почв от загрязнения должна осуществляться с учетом следующих требований: определение норм, сроков и техники внесения удобрений, химических мелиорантов и других средств химизации с учетом данных агрохимического обследования почв, прогнозов появления вредителей и болезней, фактического засорения посевов; использование в качестве удобрений и химических мелиорантов отходов промышленности и жилищно-коммунального хозяйства после длительного изучения их химического состава, не допуская внесения в почву отходов, содержащих тяжелые металлы и другие токсичные элементы и соединения; включение в проекты на новые предприятия и технологические линии очистных сооружений от всех загрязняющих почву компонентов; утилизация и захоронение выбросов, сбросов, отходов, стоков и осадков сточных вод с соблюдением мер по предотвращению загрязнения почв.

Таким образом, защита почв от загрязняющих ее продуктов техногенеза должна быть основана на совершенствовании технологии и принципов организации производства. Создание замкнутых технологических систем, организация производства без отходов приводит к резкому сокращению поступления в почву продуктов техногенеза. Охрана почв от различных форм деградации возможна только на основе хорошо налаженной системы почвенного мониторинга, дающего необходимую информацию о состоянии почвенного покрова в различных пунктах страны.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### Посуда и приборы

- 1 Весы аналитические.
- 2 Фильтрационная колонка высотой 12 – 15 см.
- 3 Конические колбы вместимостью 150 и 250 см<sup>3</sup>.
- 4 Химический стакан вместимостью 50 см<sup>3</sup>.
- 5 Фарфоровая чашка.
- 6 Водяная баня.
- 7 Сушильный шкаф.
- 8 Мерный цилиндр вместимостью 10 см<sup>3</sup>.

### Реактивы

- 1 н-Гексан (х.ч.);
- 2 Хлороформ (х.ч.);
- 3 Оксид алюминия (безводный, ч. активированный при  $t = 600 \pm 10^\circ\text{C}$  в течение 4 часов);
- 4 Стекловолоконная вата.

### Опыт 1: Определение содержания нефтепродуктов в почве весовым методом

Отберите пробу воздушно-сухой почвы массой 30...100 г (см. лабораторную работу 5 «Отбор проб почвы и подготовка их к анализу») и высушите до постоянной массы. Навеску почвы поместите в колбу, добавьте хлороформ до влажного состояния почвы. Затем несколько раз проведите экстракцию хлороформом. Для этого добавьте 10...15 см<sup>3</sup> хлороформа и перемешайте. Делайте до получения в последней порции бесцветного экстракта. Экстракт соберите в колбу и закройте резиновой пробкой. Полученную хлороформную вытяжку перенесите в фарфоровую чашку и выпарите на водяной бане или в вытяжном шкафу.

Для очистки полученного экстракта приготовьте колонку, представляющую собой стеклянную трубку высотой 12...15 см диаметром 1 см. В нижнюю часть колонки поместите слой стеклянной ваты

толщиной 1 см, затем заполните колонку оксидом алюминия на 2...8 см и прикройте слоем стеклянной ваты. Закрепите колонку в штативе и с помощью пипетки добавьте в нее 3...5 см<sup>3</sup> гексана. Под носик колонки поместите взвешенный на аналитических весах пустой стаканчик вместимостью 50 см<sup>3</sup>. Фильтрационная колонка готова к работе.

Оставшийся в стаканчике после испарения хлороформа осадок растворите в 5...10 см<sup>3</sup> гексана и перенесите в колонку, стаканчик ополосните 3 раза 2 см<sup>3</sup> гексана перенесите в колонку. После окончания фильтрации колонку промойте 2...3 порциями гексана (по 2...3 см<sup>3</sup>). При получении гексанового раствора нефтепродуктов, освобожденного от полярных соединений, гексан испаряется при комнатной температуре. После полного удаления гексана взвесьте стаканчик. Через некоторое время (0,5 ч) повторите взвешивание. Если массы стаканчиков совпадают, анализ закончен.

Содержание нефтепродуктов ( $X$ , мг/кг почвы) вычислите по формуле:

$$X = \frac{A}{B} \cdot 1000, \quad (8.4)$$

где  $A$  – найденное количество нефтепродуктов, мг;  $B$  – навеска почвы, г.

Из-за отсутствия установленных ПДК при загрязнении почв нефтью и нефтепродуктами объективная оценка загрязнения проводится путем сравнения с фоном (естественное состояние).

### **Вывод**

Сделайте вывод о загрязнении почвы нефтепродуктами.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Какими факторами обусловлено разнообразие почв на земном шаре?
- 2 От чего зависит способность почв сопротивляться антропогенному изменению окружающей среды?
- 3 Назовите и дайте краткую характеристику антропогенно-технических воздействий, способных вызвать ухудшение качества почв.
- 4 Какими причинами может быть вызвано химическое загрязнение почв?
- 5 Охарактеризуйте почвенные процессы, вызванные нефтезагрязнением.
- 6 Каковы экологические последствия при загрязнении почвы нефтью и нефтепродуктами?
- 7 Какие требования предъявляют к контролю за загрязнением почв?
- 8 Как нормируются загрязняющие вещества в почве?
- 9 Как классифицируют почвы по степени их загрязнения?
- 10 Какие выделяют почвы по степени устойчивости их к загрязняющим веществам?
- 11 Каковы основные причины загрязнения почв?
- 12 Какими показателями характеризуется почва?
- 13 Какие вещества относятся к пестицидам? Какую роль они выполняют?
- 14 Основные мероприятия по охране почв.
- 15 Какие предъявляются требования к охране почв от загрязнения?
- 16 Какими правовыми документами регулируется охрана почв и почвенного покрова?
- 17 В чем сущность мониторинга земельных ресурсов?
- 18 Каким образом рекультивируют нарушенные территории?
- 19 Что такое особо охраняемые природные территории?
- 20 Как ликвидируют и перерабатывают твердые и бытовые промышленные отходы?
- 21 Как обезвреживают радиоактивные и диоксинсодержащие отходы?

## СОПРОВОДИТЕЛЬНЫЙ ТАЛОН

- 1 Дата и час отбора пробы \_\_\_\_\_  
 2 Адрес \_\_\_\_\_  
 3 Номер участка \_\_\_\_\_  
 4 Номер пробной площадки \_\_\_\_\_  
 5 Номер объединенной пробы, горизонт (слой), глубина взятия пробы

6 Характер метеорологических условий в день отбора пробы \_\_\_\_\_

7 Особенности, обнаруженные во время отбора пробы (освещение солнцем, применение средств химизации, виды обработки почвы сельскохозяйственными машинами, наличие свалок, очистных сооружений и т.д.) \_\_\_\_\_

8 Прочие особенности \_\_\_\_\_

Исполнитель, должность	Личная подпись	Расшифровка под- писи
---------------------------	----------------	--------------------------

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Лебедева М.И., Анкудинова И.А. и др. Экология: Лабор. работы. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн ун-та, 2001.
- 2 Лебедева М.И., Исаева Б.И., Якунина И.В. Практикум по аналитической химии. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн ун-та, 2002.
- 3 Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотоколориметрическим и спектрометрическим методам анализа. М.: Химия, 1988. С. 382.
- 4 Степановских А.С. Прикладная экология. М.: ЮНИТИ. С. 750.
- 5 Экология / Под ред. В.В. Денисова, Ростов н/Д: МарТ, 2002, С. 630.
- 6 Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. М.: Владос, 2003. С. 286.

- 7 Голубкина Н.А., Шамина М.А. Лабор. практикум по экологии. М.: Форум-Инфра-М, 2004. С. 54.
- 8 Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. Ростов н/Д.: «Феникс», 2003. 576 с.
- 9 Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология: Учебник для вузов М.: ЮНИТИ, 2002. 566 с.
- 10 Экология: Учеб. пособие / Под ред. проф. В.В. Денисова. Сер. «Учебный курс». Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2002. 640 с.
- 11 Горелов А.А. Экология: Учеб. пособие для вузов. М.: «Юрайт-М», 2002. 312 с.
- 12 Одум Ю. Экология / Пер. с англ. Т. 1-2. М.: Мир, 1986.
- 13 Гусакова Н.В. Химия окружающей среды. Ростов н/Д: Феникс, 2004. С. 180.
- 14 Охрана окружающей среды / Под ред. С.В. Белова. М., 1991.
- 15 Охрана окружающей среды / Авт.-сост. А.С. Степановских, М., 2001. С. 751.
- 16 Скурлатов Ю.И. Введение в экологическую химию: Учеб. пособие / Ю.И. Скурлатов, Г.Г. Дука, А. Мизити и др. М.: Высш. шк., 1994. 400 с.
- 17 Почвоведение с основами геологии: Учеб. пособие / А.И. Горбылева, Д.М. Андреева, В.Б. Воробьев, Е.И. Петровский; Под. ред. А.И. Горбылевой. М.: Новое знание, 2002. 480 с.
- 18 ГОСТ 17.4.3.01–83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.
- 19 ГОСТ 17.4.4.02–84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
- 20 ГОСТ 26423–85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки.
- 21 ГОСТ 26483–85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИ-НАО.
- 22 ГОСТ 26212–91. Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу КАППЕНА в модификации ЦИНАО.
- 23 ГОСТ 26424–85. Почвы. Метод определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке.
- 24 ГОСТ 26425–85. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке.
- 25 ГОСТ 26426–85. Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке.
- 26 ГОСТ 26427–85. Почвы. Методы определения натрия и калия в водной вытяжке.
- 27 ГОСТ 26428–85. Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке.
- 28 ГОСТ 17.5.3.04–83. Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель.
- 29 ГОСТ 17.5.3.06–85. Охрана природы. Земли. Требования к определению снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ.
- 30 ГОСТ 17.5.3.05–84. Охрана природы. Рекультивация земель. Общие требования к землеванию.
- 31 РД 39–00147105–006–97. Инструкция по рекультивации земель, нарушенных и загрязненных при аварийном и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов.
- 32 РД 39–0147098–015–90. Инструкция по контролю за состоянием почв на объектах предприятий Миннефтегазпрома. М. 1990.
- 33 ГОСТ 17.4.3.04–85. Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.
- 34 Перечень ПДК и ориентировочно допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почве. М.1991. №6229–01.
- 35 ГН 2.1.7.020–94. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах (Дополнение №1 к перечню ПДК и ОДК №6229–91).
- 36 ГОСТ 17.4.2.01–81. Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния.
- 37 ГОСТ 17.4.1.02–83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.
- 38 ГОСТ 17.4.3.06–86. Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ.