

**Федеральная целевая программа «Культура России»  
(Подпрограмма «Поддержка полиграфии  
и книгоиздания России»)**

*Авторский коллектив:* Ашихмина Т.Я., Кантор Г.Я., Васильева А.Н., Тимоноук В.М., Кондакова Л.В., Ситяков А.С.

*В подготовке отдельных разделов книги приняли также участие:* Колчанов В.И. (разделы 3.1, 3.4.1), Охорзин Н.Д. (раздел 11.2), Копысов В.А. (разделы 5.1.3 — 5.1.5, 6.1.2, 6.1.3 (приложение 1.1.8), Носкова Т.С. 6.1.2 (приложение 1.1.8), Воронина Г.А. (разделы 10.1–10.4), Исупов В.П. (раздел 8.2, приложение 1.1.1, 1.1.5, 1.1.7), Алалыкина Н.М. (раздел 5.2.1), Сюткин В.М. (3.3, 9.2 и приложение 3), Жданов Н.В. (раздел 5.2.5), Штина Э.А. (7.1).

*Рецензенты:*

**Н.А. Воронков** — д. б. н., проф., заслуженный деятель РФ (кафедра биологии и экологии МГОПУ).

**Л.В. Кузнецова** — к. б. н. (кафедра химии МГОПУ).

**И.О. Бушманова** — учитель биологии школы №1013 (г. Москва).

Э 40 Экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие. Изд. 3-е, испр. и доп. / Под ред. Т.Я. Ашихминой. М.: Академический Проект, 2006. — 416 с. — («*Gaudeamus*»).

ISBN 5-8291-0708-2 (Академический Проект)

ISBN 5-902844-14-2 (Константа)

В книге впервые изложены основные принципы организации исследовательской работы студентов и школьников по изучению природных сред и объектов, предлагается программа экспериментальной деятельности в форме экопаспорта территории микрорайона школы, приведены апробированные методики.

В первой и второй главах помещены методические основы организации школьного экомониторинга. Основной материал книги ориентирован на студентов педагогических вузов, учащихся и учителей. Он включает методики, необходимые для реализации программы школьного экомониторинга и проведения других видов исследовательской работы в школе и вузе.

УДК 574  
ББК 28.080

© Ашихмина Т.Я., 2006

© Академический Проект, оригинал-макет, оформление, 2006

© Константа, 2006

ISBN 5-8291-0708-2

ISBN 5-902844-14-2

## **И ПРЕДИСЛОВИЕ**

Одной из эффективных форм работы по изучению экологии является исследовательская деятельность, в ходе которой происходит непосредственное общение обучающихся с природой, приобретаются навыки научного эксперимента, развивается наблюдательность, пробуждается интерес к изучению конкретных экологических вопросов.

Ориентированность школ на экологическое воспитание детей в природной обстановке позволяет обучающимся активно приобщаться к исследовательской работе по изучению природных сред и экосистем своего родного края, побуждает к участию в экологических конкурсах, олимпиадах, научных студенческих конференциях, летних лагерях, экологических экспедициях, обмениваться результатами исследований через современные телекоммуникационные средства.

Имеется опыт объединения усилий ученых, преподавателей, студентов и учащихся при изучении вопросов, связанных с защитой окружающей среды, в рамках международной научно-образовательной программы «ГЛОУБ».

Эффективность исследовательской работы по экологии может быть значительно выше, если она будет проводиться по единым или скоординированным программам и методикам, которые в настоящее время практически отсутствуют. Восполнить этот пробел — основная цель данного учебно-методического пособия.

В данной книге предложена концепция, описаны методические подходы по организации школьного экологического мониторинга. Материал книги представляет собой своеобразную программу исследовательской и

деятельности ученических коллективов по изучению экологического состояния природных сред и экосистем.

В книге даны рекомендации по описанию исследуемой территории, составлению ее физико-географической характеристики, картографированию. Методы мониторинга биоты, почвы, воды, воздушной среды и обработка результатов исследований описаны в 4—10 главах книги. Итоговым разделом книги является экологический паспорт территории микрорайона школы или других объектов, за которыми проводились наблюдения.

Предлагаемые в данном издании программа и методики мониторинговых исследований впервые опубликованы в книге «Экология родного края» (под ред. Т.Я. Ашихминой, Вятка, 1996), учебно-методическом пособии «Школьный экологический мониторинг» (под ред. Т.Я. Ашихминой) и положены в основу данного учебного пособия. Программа реализуется в течение ряда лет в учреждениях образования Кировской области и других регионов.

В приложение книги включены информационные материалы по экологическим проблемам, предлагается словарь терминов школьного экомониторинга.

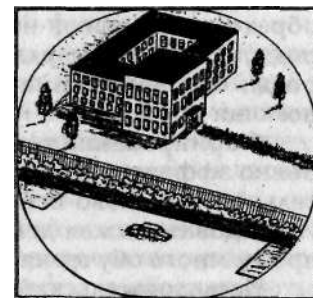
## ГЛАВА 1

### ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ШКОЛЬНИКОВ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Сегодня, как никогда, перед человечеством стоит вопрос о необходимости изменения своего отношения к природе и обеспечения соответствующего воспитания и образования нового поколения. Основой как национального, так и мирового развития общества должна стать гармония человека и природы. Каждый человек должен понимать, что только в гармонии с природой возможно его существование на планете Земля.

Человечество подошло к порогу, за которым нужны и новая нравственность, и новые знания, новый менталитет, новая система ценностей. Безусловно, их нужно создавать и воспитывать с детства. С детства надо учиться жить в согласии с природой, ее законами и принципами [1].

Экологическое образование должно охватывать все возрасты, оно должно стать приоритетным, опережающим все другие области хозяйственной деятельности. Экологическими знаниями, подобно арифметике, должны обладать все — независимо от специальности, характера учебы и работы. Поэтому важным звеном современного образования в последние годы все в большей степени являются экологическое образование и воспитание.



Содержательным ядром экологического образования являются три взаимосвязанных его части [2]:

- знание экологических законов, правил, теорий, научных фактов; осознание единства в системе «природа — человек»;
- эмоционально-эстетическое и нравственное восприятие природы, художественные образы ее выражения и отношение человека к ней;
- деятельность в реальных социоприродных ситуациях, связанных с решением экологических проблем.

Задача общеобразовательной школы состоит не только в том, чтобы сформировать определенный объем знаний по экологии, но и способствовать приобретению навыков научного анализа явлений природы, осмыслению взаимодействия общества и природы, осознанию значимости своей практической помощи природе.

Формирование таких качеств у школьников особенно эффективно происходит в процессе самостоятельной поисково-исследовательской деятельности. Исследовательская деятельность — один из методов проблемного обучения.

Исследовательский характер деятельности способствует воспитанию у школьников инициативы, активного, добросовестного отношения к научному эксперименту, увеличивает интерес к изучению экологического состояния своей местности, экологических проблем родного края. Экологическая исследовательская работа должна стать одной из наиболее массовых и перспективных форм практической деятельности школьников в рамках образовательного процесса.

Перспективы для развития этого вида деятельности существенно увеличиваются при установлении тесных контактов школьных образовательных учреждений с вузами, непосредственном участии вузовских преподавателей, ученых и специалистов в проведении исследовательских практикумов и факультативов по экологии, работы по руководству отдельными экспериментальными темами. Большое значение при этом имеет практическая направленность проводимых исследований. Тематика ученических исследовательских работ может быть предложена учителями, сотруднича-

ми и преподавателями экологических лабораторий, кафедр вузов, отдельными исследователями и выполняться в школе под руководством учителя или на базе вузов под руководством ученых.

Ученическое исследование по экологии сочетает в себе использование теоретических знаний и эксперимента, требует умения моделировать, строить план исследования, осуществлять эксперимент, иметь навыки экологического картографирования, построения схем, диаграмм. При возникновении неожиданных результатов в эксперименте юный исследователь должен уметь подтвердить их в нескольких повторных экспериментах, добиваясь хорошей воспроизводимости полученных результатов, помня о том, что единичный результат не есть в действительности научный факт.

Если изучаемая тема исследовательской работы является коллективной, то важно, чтобы каждый учащийся чувствовал себя членом исследовательского коллектива, имел определенные обязанности перед ним и особую ответственность за результаты своей работы.

В процессе исследовательской деятельности ученик должен научиться сам формулировать изучаемую экологическую проблему, выдвигать и обосновывать причины ее возникновения, разрабатывать и проводить эксперимент, делать выводы и предложения. Хорошо организованная исследовательская деятельность по экологии способствует формированию у учащихся экологических знаний по общим, региональным и локальным проблемам; углубляет и закрепляет знания по общетеоретическим гуманитарным и естественно-научным предметам.

Большое воспитательное значение имеет эмоциональное воздействие экологического эксперимента. Исследовательский эксперимент, воздействуя на учащихся, возбуждает интерес к решению экологических проблем и, в особенности, к изучению проблем своей местности, вызывает чувство удовлетворения полученными результатами; возникает чувство сопричастности за судьбу природных объектов, осознание значимости практической помощи природе родного края. В процессе такой деятельности учащиеся учатся находить возможности, позволяющие реализовать зна-



ния, умения и навыки в решении реальных экологических проблем; участвовать в работе, приносящей пользу природе как общему дому; понимать, что знания и умения по изучению местности, по охране окружающей среды, которые они получают в школе, будут полезны в их дальнейшей жизни.

Такой подход к организации исследовательской деятельности способствует повышению качества экологического образования, обеспечению преемственности образовательных уровней. Аккуратность в эксперименте, творческая закалка, полученные в процессе исследовательской деятельности в школе, не пропадают бесследно. В вузах такие учащиеся, как правило, продолжают самостоятельную научно-исследовательскую работу, становятся активными членами студенческих научных обществ.

В связи с этим в основу школьного экологического образования следует положить методологические подходы, активизирующие данный вид деятельности учащихся. В педагогической практике многие годы складывается целенаправленная работа по организации системы различных форм и видов деятельности по приобщению школьников к природе и ее исследованию. В учреждениях образования развивается достаточно большое разнообразие видов учебно-исследовательской деятельности учащихся по изучению и охране окружающей среды. Это различные виды поисково-исследовательской работы, эколого-краеведческой, историко-этнографической, теоретико-исследовательской, опытной, экспериментальной и др.

Основными формами экологической работы, в которых реализуются эти виды деятельности, являются: школьные экологические кружки, научно-исследовательские группы, лаборатории, экологические отряды, клубы, центры, Дома творчества, экологические летние лагеря, практики, экспедиции, школьные научные общества, научно-практические конференции и многое другое. Данные формы экологической работы действу-

ют не только в учебных учреждениях, но и в условиях системы учреждений дополнительного образования.

Из всего многообразия видов исследовательской деятельности учащихся по экологии можно выделить три основных:

- теоретические исследования;
- прикладные, опытно-проблемные;
- системные, комплексные исследования по единой программе школьного экологического мониторинга.

Теоретико-исследовательская работа прежде всего направлена на изучение литературы, подготовку докладов, статей, тематических конференций по проблемам экологии. Сюда входит эколого-краеведческая деятельность, способствующая выявлению особенностей отношений природы, истории и культуры родного края.

Большинство прикладных, опытно-проблемных исследований проводится в виде индивидуальных экспериментальных заданий и самостоятельных исследований по прикладной региональной, проблемной тематике, например, по изучению и описанию природных ресурсов родного края, видового состава растительности, животного мира; составлению кадастра и инвентаризации памятников природы; изучению редких и исчезающих видов животных и растений; типов почв; динамики процессов в ландшафте; оценке роли отдельных компонентов в природе; изучению состояния и санитарной расчистке родников; разработке экологических троп; опытной работе и многое другое. Практика педагогической деятельности показывает, что наиболее приемлемыми и активно применяемыми видами исследовательской работы по экологии в базовых школах являются пока прикладные и опытно-проблемные исследования.

Третий вид деятельности, включающий системные, комплексные исследования, вводится в практику работы школ лишь в последние годы. Он предусматривает организацию экологических исследований по единой программе школьного экологического мониторинга с участием учителей и школьников среднего и старшего звена. Это коллективная экспериментальная работа, проводимая по определенным пространственным, параметрическим и временным по-



казателям с целью оценки, изучения состояния и слежения за изменениями окружающей среды своей местности, одновременно выполняющая образовательную и воспитательную функцию.

Характер исследовательских работ по экологии отличается от других видов исследовательской деятельности рядом особенностей:

1. Исследовательская работа по экологии чаще других имеет проблемный характер и поисковую направленность. Учащиеся в процессе эксперимента пытаются найти ключ к решению поставленной проблемы, аргументируя его полученными результатами или данными из литературных источников.
2. Высокая степень достоверности и объективности в экологическом эксперименте обеспечивается только за счет систематических, программных, комплексных исследований, что позволяет на основе большого банка данных делать взвешенные оценки, прогнозы, правильные выводы по состоянию изучаемого объекта.
3. Экологические исследования представляют собой сочетание теоретических знаний в области различных дисциплин, экологической культуры и практических действий.

В настоящее время пока отсутствуют педагогически обоснованные требования к организации и осуществлению исследовательской деятельности по экологии и критерии ее оценки. Некоторые подходы к ним с учетом образовательного и психолого-возрастного уровня развития учащихся предлагаются в настоящей работе.

На уровень ученического исследования влияет то, как учащийся умеет организовать свою работу, поставить эксперимент, просчитать вперед свои действия, производить моделирование и прогнозирование изучаемых явлений и процессов. Выполняя исследовательскую работу, учащиеся должны понимать, что важно не только провести наблюдения, поставить экспери-

мент, но и установить сущность исследуемых явлений, проанализировать результаты эксперимента и наблюдений, проследить, что изменилось по сравнению с предыдущими исследованиями, а что осталось неизменным, соотнести результаты с целями и сделать выводы.

Для учащихся такой вид деятельности — первая проба сил в исследовательской работе. Это, безусловно, большой, творческий и серьезный труд, в процессе которого вырабатывается характер, настойчивость, кропотливость, ответственность за результаты исследования, вырабатываются навыки природоохранной деятельности, происходит осознание самого себя. В этой работе необходим достаточно большой запас знаний, навык общения с литературой, умение вести самостоятельно экспериментальную работу.

Темы экологических исследований для учащихся следует подбирать исходя из реалий жизни. Все, что изучается, должно стать для ученика лично значимым, повышать его интерес и уровень знаний. Однако предлагаемые темы и рекомендуемые ученику методы исследования не должны выходить за зону его ближайшего развития, не должны превышать его психолого-физиологические возможности. Исследовательская деятельность должна вызывать желание работать, а не отталкивать своей сложностью и непонятностью. Учителю необходимо возбудить познавательный интерес к предложенным темам исследований, показать их важность как для решения проблем своего села, города, хозяйства, так и для развития личности самих учащихся, совершенствования их умственных способностей и практических навыков.

Основным объектом исследовательской деятельности школьника необходимо считать экосистему и процессы, в которых она участвует. Учащиеся должны научиться изучать экосистему, ее компоненты, связи, отношения, уровни и этапы развития, пространственно-временные характеристики. Уметь доказательно объяснять функции, природные и антропогенные изменения экосистемы, формулировать выводы, приводить примеры, комментировать графики, таблицы, схемы, уметь применять методы исследования в оценке состояния экосистем, предсказывать возможные изме-

нения экосистем, собирать и анализировать экологическую информацию.

При организации исследовательской работы учитель должен помочь учащемуся:

- в выборе темы исследования, обосновании необходимости данной работы, формулировке цели, выдвижении гипотез и постановке конкретных задач;
- в выборе объекта экологических исследований, в приемах и методах работы;
- в отработке и разработке методик исследований, отборе и подготовке необходимого оборудования, приборов, реактивов;
- в составлении плана и последовательности работ, включая планирование эксперимента;
- в организации дневника наблюдений, регистрации хода работ;
- в обработке собранного и полученного материала, формулировке выводов, рекомендаций, написании отчета.

Если работа запланирована не на один год, то в процессе ее постепенно усложняется исследовательская деятельность учащихся и увеличивается доля их самостоятельной работы. В ходе выполнения исследовательской работы учитель должен стремиться развивать у учащихся понимание уникальной ценности природной среды, формировать экологическую ответственность, которая тесно связана с таким качеством личности, как самоконтроль, умение предвидеть ближайшие и отдаленные последствия своих действий в природной среде, критическое отношение к себе, другим и т. д.

Исследовательская деятельность по экологии предполагает наличие нескольких основных этапов:

### Этап 1. Подготовительный

Учащиеся изучают литературу, занимаются сбором предварительных данных об объекте изучения, подбирают методики и необходимое оборудование, заводят дневники.

### Этап 2. Экспериментальный

В процессе полевых исследований, экспедиций, экологических практик, лагерей и других видов экологической деятельности учащиеся проводят системные наблюдения, сбор информации, закладывают опытные ключевые участки, делают их описание.

### Этап 3. Камеральный

Осуществляется обработка образцов экспедиционных материалов, определяется видовой состав, создаются коллекции и гербарии, составляются таблицы, проводится математическая обработка результатов, построение карт, диаграмм, графиков.

### Этап 4. Аналитический

Проводится работа по выявлению причинно-следственных связей, закономерностей, экологических проблем, составляются рекомендации и предложения.

### Этап 5. Отчетный

Составляется отчет об исследовательской работе по следующим разделам:

- актуальность темы;
- цель и задачи исследования;
- литературный обзор;
- экспериментальная часть (описание методик исследования, постановки эксперимента, использование и комментарий чертежей, диаграмм, таблиц, фотографий);
- выводы и предложения по работе;
- список литературы.

Результаты исследования вносятся в экопаспорт школьного мониторинга. Заполненный экопаспорт микрорайона школы направляется в районную опорную по экологической работе школу, а оттуда — в региональный эколого-биологический центр школьников.

На основе полученных материалов готовятся доклады на конференции, оформляются творческие работы на конкурсы.

### Этап 6. Информационный

Этот этап деятельности предусматривает ознакомление коллектива школы, населения микрорайона, органов власти, ведомств и служб, печати с полученными результатами, предложениями и рекомендациями.

## Этап 7. Практический

Личное участие школьников в практической работе по охране природы. Важными видами природоохранной работы учащихся, к которой побуждает исследовательская деятельность являются:

- участие в реализации высказанных в работе предложений и рекомендаций;
- участие с докладами на научно-практических конференциях школьников, в конкурсах, олимпиадах, выставках;
- пропаганда экологических знаний (подготовка лекций, бесед, устных журналов, проведение экскурсий, разработка листовок, плакатов, издание стенных и печатных газет, оформление выставок, проведение тематических вечеров, праздников, посвященных Дню окружающей среды, Дню здоровья и другие);
- участие в практических делах по озеленению улиц, парков, восстановлению и охране родников, зон отдыха и т. д.;
- сохранение и использование эстетических ценностей природы;
- пропаганда здорового образа жизни, предупреждение дурных поступков по отношению к природе;
- овладение знаниями основных законов по охране природы.

Практическая деятельность школьников в природе многообразна и разнопланова. Широко известны кампании, акции, различные месячники, декады, деятельность экологических патрулей, трудовых экологических лагерей, школьные лесничества, объединения подростковых клубов, экологические дружины и другие формы природоохранной работы. Участие в природоохранной деятельности, знание основных законов по охране природы как на федеральном, так и на региональном уровне позволяют учащимся более грамотно делать выводы, предложения и рекомендации по итогам исследовательской работы, понимать причины, порождающие проблемы охраны природы, и основные

направления экологической политики как в регионе, так и на государственном уровне. Использование активных форм экологического образования и, в первую очередь, исследовательской деятельности, связанной с непосредственным общением с природой, способствует получению учащимися прочных экологических знаний и превращению этих знаний в мировоззрение.

3. Производится подсчет числа импульсов (бросков стрелки микроамперметра) в каждом секторе. Для уменьшения статистической погрешности измерений общее время подсчета должно быть не менее 20 — 30 минут.

4. Результаты подсчета числа импульсов в каждом секторе, полученные в данном эксперименте и занесенные в таблицу, сравниваются:

- с результатами, полученными во время предыдущего измерения радиационного фона;
- со средними результатами, полученными в прошлом, за некоторый период измерений (например, средние за месяц, год).

5. Делается расчет показателя «сходства» спектров и вывод об изменении изотопного состава.

### ***Оформление результатов измерений***

1. Рассчитывается общий радиационный фон за время 20 — 30 минут. Уровень общего фона (в имп/мин), дату и место измерения (помещение класса, подвал) заносят в журнал мониторинга.
2. По результатам измерений строится график (оценка спектра энергии гамма-квантов). Вдоль горизонтальной оси откладывают номера секторов с первого по одиннадцатый (или интервалы амплитуд в делениях шкалы прибора), а по вертикальной оси — количество отсчетов (бросков стрелки). Отмечаются следующие результаты, с занесением в лабораторный журнал радиологического мониторинга.
  - а) Положение максимума в спектре количества отсчетов (индикатор средних значений энергии гамма-квантов в данных условиях).
  - б) Положение верхней границы спектра (индикатор максимальной энергии гамма-квантов ионизирующего излучения в данных условиях).
3. Проводят (по лабораторному журналу) сравнение со средними данными и предыдущими измерениями.
4. Делается вывод о динамике изменений радиологической обстановки, который записывается в лабораторный журнал.

## • 10.1. Влияние экологических факторов на здоровье населения

Для XXI века характерны как несомненные достижения в науке, так и трагические события (природные катаклизмы, смена политических и экономических режимов, смертоносные войны, эпидемии неизвестных и известных заболеваний и т. д.). Естественная смена поколений проходит в сложных экологических, экономических и социальных условиях, что отрицательно сказывается на здоровье и ухудшает генофонд нации.

Известно, что здоровье зависит от биологических возможностей человека, социальной среды, природно-климатических условий. Многочисленные исследования отечественных и зарубежных специалистов показали, что влияние экологических факторов на здоровье человека оценивается примерно в 20 — 25% всех воздействий, 20% составляют биологические (наследственные) факторы, на долю организации здравоохранения отводится 10%. 50 — 55% удельного веса факторов, обуславливающих здоровье населения, составляет образ жизни человека [47. 45].

Неоспоримо, что только здоровый человек с хорошим самочувствием, психологической устойчивостью, высокой умственной и физической работоспособностью способен активно жить, успешно преодолевать трудности.



В Государственном докладе «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2002 году» [43] отмечалось, что десятки миллионов человек проживают в условиях постоянного превышения ПДК токсических веществ в атмосферном воздухе. Большая нагрузка ложится на жителей санитарно-защитных зон (СЗЗ) промышленных предприятий, численность которых составляет около 100 000 человек.

Согласно данным Федерального центра Госсанэпиднадзора Минздрава России, основными загрязняющими веществами в атмосферном воздухе населенных мест остаются взвешенные вещества: диоксид азота, оксид углерода, фенол, формальдегид, углеводороды, свинец.

Содержание вредных веществ в атмосферном воздухе до 5 ПДК не зарегистрировано в Ивановской, Орловской, Белгородской, Калужской, Брянской, Смоленской, Тверской, Новгородской, Курганской, Пензенской, Мурманской, Ленинградской, Омской, Оренбургской областях, Ставропольском крае, республиках Карелия, Дагестан, Марий-Эл, Кабардино-Балкария и в ряде других субъектов Российской Федерации. Доля проб, превышающих ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе в 5 раз и более, снизилась в Архангельской, Владимирской, Воронежской, Астраханской, Саратовской областях. Однако в ряде регионов Российской Федерации загрязнение атмосферного воздуха все еще превышает гигиенические нормативы. В 2002 г. зарегистрировано число проб с превышением ПДК в 5 раз и более в Калининградской, Ростовской, Московской, Магаданской, Иркутской, Челябинской, Свердловской, Нижегородской, Пермской областях, Краснодарском и Красноярском краях.

Одной из основных причин загрязнения окружающей среды является рост численности автотранспорта, вклад которого в валовые выбросы вредных веществ в атмосферу составляет в ряде регионов 50 — 90%. Кроме того, большинство источников загрязнения атмосферного воздуха не оборудовано очистными установками, а строительство новых установок ведется крайне медленными темпами. В Тамбовской области всего 5 очистных сооружений, в Смоленской, Ярославской, Тульской, Астраханской, Новгород-

ской областях, Республике Удмуртия по одному очистному сооружению, а в 35 субъектах ни одного очистного сооружения (Курганская, Ульяновская, Магаданская, Томская области и др.).

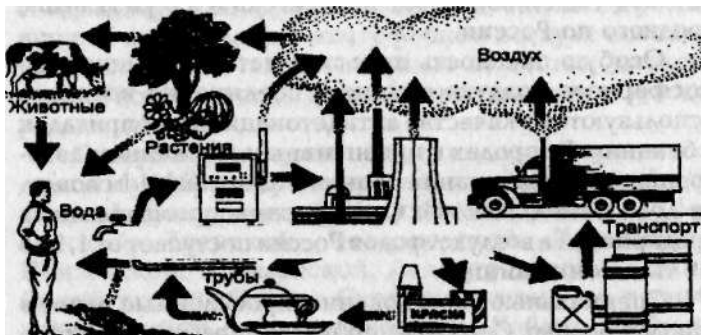
На территориях, где загрязнение воздушной среды определяют выбросы от предприятий химической, нефте- и газоперерабатывающей промышленности, наблюдается повышенная детская смертность от пневмоний. Так, в Пермской и Тюменской областях у детей первого года жизни этот показатель в 1,5 раза выше среднего по России.

Особую опасность представляет загрязнение атмосферного воздуха свинцом, соединения которого используются в качестве антидетонационных присадок к бензину. В городах с интенсивным движением автотранспорта содержание свинца в атмосферном воздухе достигает 6 мкг/м<sup>3</sup>. С выбросами промышленных предприятий в воздух городов России поступает от 1,1 до 1,6 тыс. тонн свинца.

Специальные исследования, проведенные ранее в городах Белово, Санкт-Петербурге, Карабаше, Красноуральске, Саратове, Перми, Чусовой, подтверждают прямую зависимость между содержанием свинца в объектах окружающей среды и в организме детей. Показано выраженное влияние свинца на детский организм, его нервную, кроветворную системы и зрение. Результаты расчетов свидетельствуют о том, что почти у 2 млн. детей в городах России могут возникать проблемы в поведении и обучении, обусловленные воздействием свинца. В настоящее время почти 400 тыс. детей нуждается в лечении, в опасности находится около 10 тыс. детей и примерно 500 требуют неотложной медицинской помощи.

Биохимический цикл свинца показан на рис. 10.1. Человек, представляющий одно из последних звеньев пищевой цепи, испытывает на себе наибольшую опасность нейротоксического воздействия свинца. Соединения свинца поступают в организм через кожу и слизистые оболочки, через дыхательные пути и пищевой тракт. При интоксикации свинцом развивается поражение мозга (энцефалопатия), нарушается дыхательная функция крови вследствие разрушения эрит-

роцитов, возможно развитие импотенции, нарушение функции пищеварительного тракта в результате атрофии слизистой оболочки тонкого кишечника и угнетения целого ряда ферментов за счет вытеснения свинцом из последних цинка и меди. Содержание свинца в крови не приходит к норме даже спустя три года после нормализации его уровня в воздухе. Установлена зависимость между уровнями свинца и кадмия в волосах школьников и степенью умственного развития. [86]



Земная кора Глазирванная посуда Краски Нефтепродукты

Рис. 10.1. Биогеохимический цикл свинца  
(по Р.Р. Бруксу)

Серьезную опасность для здоровья населения представляет состав питьевой воды, наличие в источниках централизованного водоснабжения солей тяжелых металлов и хлорорганических соединений создает серьезную опасность для здоровья населения. Отмечено, что у взрослых может возникнуть до 13 видов заболеваний. Высокое природное содержание бора, брома, магния в питьевой воде ведет к росту заболеваний сердечно-сосудистой системы и органов пищеварения.

Нарушения в состоянии здоровья могут быть связаны также с недостатком определенных химических элементов. Две трети территории нашей страны испытывают недостаток йода, одна треть — фтора и селена, что приводит к развитию у населения этих мест так называемых эндемических заболеваний. Известно, что недостаток йода приводит к нарушению функций щи-

товидной железы, снижению иммунитета, обмена веществ.

В 2002 г. санитарное состояние водоемов как I (используемых для питьевого водоснабжения), так и II (используемых для рекреации) категории водопользования оставалось неудовлетворительным: доля «нестандартных» проб составляет соответственно 29,25 и 26,22% по санитарно-химическим показателям, 23,74 и 21,80% — по микробиологическим, при этом наблюдается ухудшение качества воды по санитарно-химическим показателям по сравнению с 2001 г. (за исключением водоемов II категории).

Воды рек: Волги, Дона, Кубани, Оби, Лены, Печоры, являющихся основными источниками питьевого водоснабжения, оцениваются как «загрязненные»; воды их притоков: Оки, Камы, Томи, Иртыша, Тобола, Миасса, Исети, Туры, а также р. Урал — как «очень загрязненные». Наибольшее антропогенное воздействие испытывают р. Волга и ее притоки, из которых отбирается 38,5% общего объема водозабора Российской Федерации.

Высокий уровень химического и микробного загрязнения водоемов в результате сброса неочищенных производственных и бытовых сточных вод имеет место в следующих областях Российской Федерации: Архангельская (70,0 и 40,3% «нестандартных» проб, соответственно), Кировская (79,2 и 34,4%), Ивановская (42,5 и 60,3%), Ростовская (40,8 и 35,24%). Остается крайне неудовлетворительным качество волжской воды в Ивановской области в районе г. Кинешма (до 80—100% «нестандартных» проб как по санитарно-химическим, так и микробиологическим показателям).

В Архангельской области загрязнение р. Северная Двина и ее притоков обусловлено в основном сбросом неочищенных сточных вод целлюлозно-бумажных предприятий (Котласского, Соломбальского и Архангельского ЦБК). Вода указанных водоемов содержит в повышенных концентрациях лигнин, фенол, метанол, формальдегид. В 2002 г. в районе питьевых водозаборов г. Архангельск, Соломбальского ЦБК и Маймаксанского лесного порта 100% исследованных проб воды р. Северная Двина не отвечали гигиеническим нормативам по показателю ХПК (хи-

мическое потребление кислорода), содержание лигнинов составило от 2 до 3,3 ПДК. В воде р. Вычегда (приток р. Северная Двина) обнаружены фенолы с трех- и девятикратным превышением гигиенического норматива, при этом имели место более 50% «нестандартных» проб по показателю БПК<sub>5</sub>.

Санитарное состояние акватории г. Санкт-Петербург, используемой одновременно и как источник питьевого водоснабжения, и как рекреационная зона, и как приемник сточных вод, продолжает оставаться тревожным: до 60 — 80% исследованных проб воды не отвечает гигиеническим требованиям по микробиологическим показателям. В зонах рекреации г. Санкт-Петербург в период купального сезона 2002 г. из-за неудовлетворительных результатов лабораторных исследований госсанэпидслужба выносила постановления о закрытии для купания 5 из 26 имеющихся пляжей (в 2001 г. по этой причине было закрыто 15 пляжей). Вопрос о переносе питьевых водозаборов на Ладожское озеро остается актуальным. Наряду с этим наблюдается некоторое улучшение качества воды внутригородских водоемов и р. Нева по санитарно-химическим показателям: содержание нефтепродуктов, СПАВ, солей тяжелых металлов не превышает нормативных величин. В последние годы отмечено некоторое улучшение микробиологических показателей воды в рекреационной зоне Калининградской области, а также г. Санкт-Петербург.

Уровень загрязнения водоемов пестицидами невелик: доля проб воды с превышением гигиенических нормативов в среднем по стране составляет 0,31 %. На этом фоне обращают на себя внимание Ярославская область, где этот показатель на уровне 12,34%, а также Красноярский (3,57%) и Приморский (2,19%) края, Саратовская область (1,92%). Не соответствуют гигиеническим нормативам радиологические показатели 0,2% проб питьевой воды.

На территории Российской Федерации в рекреационных целях используются прибрежные воды Черного, Азовского, Каспийского и Балтийского морей, а также Японского моря, омывающего Приморский край.

Основными причинами загрязнения прибрежных вод Черного моря в Краснодарском крае продолжают

оставаться неудовлетворительное санитарно-техническое состояние глубоководных выпусков сточных вод; неэффективная работа существующих сооружений канализации, вследствие чего происходит поступление в море неочищенных ливневых вод; аварийные ситуации на судах и береговых объектах, наличие неканализованных населенных пунктов и оздоровительных учреждений, расположенных на побережье Черного и Азовского морей.

В 1,4% проб воды открытых водоемов и в 3,7% проб почвы населенных мест содержались возбудители гельминтозов. Результатом загрязнения гельминтами почвы в Российской Федерации является высокая заболеваемость аскаридозом, которая составляет 66,1 на 100 тыс. населения.

При радиологических исследованиях 210 проб почвы в 11 выявлены нарушения гигиенических нормативов. Они характерны для зон влияния промышленных предприятий, транспортных магистралей, мест производства растениеводческой продукции.

Высокий уровень загрязнения воды и почвы способствует загрязнению выращиваемой продукции и продовольственного сырья. По данным Уфимского НИИ медицины труда и экологии человека, анализ овощей в хозяйствах выявил повышенную концентрацию нитратов (2 — 3 ПДК), превышение до 10 — 100 ПДК содержания хрома, никеля, ртути, свинца в молоке и молокопродуктах, мясе и мясопродуктах.

Наряду с экологическими проблемами с начала 1990-х годов наблюдается тенденция ухудшения демографического состояния. Численность населения страны на 1 января 2004 г. составила 144,2 млн, предполагаемая численность на 1 января 2005 г. 143,5 млн человек. Уменьшение населения происходило в основном в результате естественной убыли, которая суммарно за 1989 — 2002 гг. составила 7,7 млн человек. В 2002 г. число умерших превысило число родившихся на 935,3 тыс. человек, или в 1,7 раза (2001 г. — соответственно на 943,3 тыс. человек, или также в 1,7 раза). В 24 субъектах Российской Федерации в предыдущем году число умерших превышало число родившихся в 2 — 3 раза. Естественный прирост населения зафиксирован только в 16 субъектах Федерации. После длительного спада по-

явилась тенденция к увеличению числа родившихся, в 2001 г. этот процесс отмечался в 84 субъектах Федерации. В 2002 г. общий показатель рождаемости в стране был наибольшим за последние 10 лет и составил 9,8 родившихся на 1000 населения (2001 г. — 9,1). Тенденция роста рождаемости сохраняется и в настоящий период (2003 г. — 10,2).

В тоже время остается высоким уровень смертности населения. В 2002 г. общий коэффициент смертности (число умерших на 1000 населения) составил 16,3% и был самым высоким в Европе (1994 г. — 15,7; 1995 г. — 15,0; 1998 г. — 13,6; 2000 г. — 15,4; 2001 г. — 15,6). За последние четыре года (1999 — 2003) этот показатель увеличился на 20%. Подъем смертности фиксируется практически по всем основным классам причин смерти.

Коэффициент смертности населения в трудоспособном возрасте в середине 90-х годов по сравнению с началом 60-х увеличился более чем в 2 раза. Высокая смертность населения в трудоспособном возрасте сокращает продолжительность трудоспособного периода мужчин на 5 лет, у женщин — на 1 год. Смертность мужчин трудоспособного возраста была в 4 раза выше смертности женщин. Мужская сверхсмертность всегда была характерной для России, но сейчас она особенно выросла.

Одним из индикаторов здоровья населения является младенческая смертность. Позитивных сдвигов в уровне младенческой смертности в Российской Федерации не наблюдалось длительное время. Уровень младенческой смертности был в 3 — 4 раза выше, чем в развитых странах. Растет число больных новорожденных детей. На здоровье новорожденных отражается рост патологии беременности и родов. Остается высоким уровень материнской смертности. В последнее время он составляет 50 умерших женщин на 100 тыс. родов. В западноевропейских странах этот показатель в 8—10 раз меньше, чем в России.

Негативные демографические тенденции сопровождаются ухудшением здоровья нации, 20% детей дошкольного возраста страдает хроническими заболеваниями, только 15% выпускников школ считаются практически здоровыми. За последние 10 лет число здоровых девушек — выпускниц школ уменьшилось с 28,3% до 6,3%, т. е. более чем в 3 раза. Соответственно

с 40 до 75% увеличилось количество девушек, имеющих хронические заболевания. А это будущие мамы — носительницы генофонда нации. По данным Минздрава РФ, из 6 млн. подростков 15—17 лет, прошедших профессиональные осмотры, у 94,5% были зарегистрированы различные заболевания. При этом треть заболеваний ограничивает выбор профессии. Почти 40% юношей по медицинским показателям не годятся для службы в Вооруженных силах.

Значителен рост социально значимых заболеваний. За последние 6 лет заболеваемость туберкулезом выросла почти в 2 раза, сифилисом — в 49 раз. Наркомания по сравнению с 1990 годом увеличилась в 6,5 раз, алкогольные психозы — в 4,2 раза.

В 2003 г. продолжительность жизни мужчин составила 58,82 лет, женщин — 71,99 [90].

К 2010 г. ожидаемая продолжительность жизни мужчин составит 59,7 лет, для женщин 73,1 года, что будет примерно соответствовать 1992 г. По прогнозу Госкомстата России за период 1997 — 2010 гг. численность населения России уменьшится на 6,4 млн. человек и составит к концу прогнозного периода 141,0 млн. человек. Положительный миграционный прирост не компенсирует естественных потерь. Его суммарная величина за тот же период составит около 3,3 млн. человек.

Таким образом, общие и местные экологические проблемы начинают сказываться на глубоких процессах формирования здоровья, включая изменения процессов возрастной динамики, появление сдвигов в клинике и характере заболеваний, длительности течения и разрешения патологических процессов, что встречается повсеместно и затрагивает биологию человека.

При современной социальной нестабильности воздействия экологических неблагоприятных ситуаций усугубляются сочетанием со стрессовыми нагрузками. Эти наслоения могут служить пусковыми механизмами формирования отклонений в состоянии здоровья различных возрастных групп населения.

В 2001 г. появилась тенденция снижения младенческой смертности. В 2002 г. умерших детей в возрасте до 1 года по сравнению с 2001 г. было на 697 человек меньше, а показатель младенческой смертности на 1000 родившихся снизился на 1,3 пункта, или почти на 9%

(с 14,6 до 13,3%). Одновременно отмечается рост смертности.

Показатели здоровья являются наиболее объективными и надежными критериями благоприятного и неблагоприятного влияния факторов внешней среды на рост и развитие организма. Пренебрежительное отношение к здоровью, незнание и нежелание вести здоровый образ жизни говорит о болезни общества, его экономики, экологии, производства, социального быта и здравоохранения. Чтобы сохранить главную ценность жизни — здоровье человека, его надо оберегать смолоду, с первых дней жизни ребенка.

В связи со сложившейся неблагополучной ситуацией в 2001 — 2005 гг. приняты федеральные законы, которые изменили подход к организации Госсанэпиднадзора в стране. В структуре центров Госсанэпиднадзора Минздрава России увеличивается число отделов социально-гигиенического мониторинга и оценки риска здоровью населения. Разрабатываются и осуществляются целевые программы, утверждено свыше 10 тыс. региональных программ, направленных на улучшение санитарно-эпидемиологической обстановки и охраны здоровья населения.

Ведение социально-гигиенического мониторинга позволяет определять причинно-следственные связи между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания. По предварительному анализу данных мониторинга, в ряде регионов определены территории с онкологической заболеваемостью, превышающей средние показатели по Российской Федерации; с повышенной заболеваемостью врожденными пороками развития у детей и с загрязнением среды обитания веществами, влияющими на репродуктивную функцию; с превышением более чем в 5 раз нормативных показателей загрязнения атмосферного воздуха канцерогенными веществами. Ежегодно проводится радиационно-гигиеническая паспортизация объектов и территорий субъектов Российской Федерации.

Мониторинг по оценке здоровья детей и подростков позволяет понимать и находить причины болезней. Экзогенные и эндогенные факторы находятся вблизи нас, задача в том, чтобы найти способы воздействия на эти факторы, оценить свое здоровье, образ

жизни и подумать о том, как его изменить. Участие в мониторинге поможет формированию у учащихся положительной мотивации и жизненной позиции, нацеленной на здоровый образ жизни, стремление не только самому быть здоровым, но иметь здоровое будущее поколение — детей, внуков и правнуков.

## • 10.2. Мониторинг физического развития учащихся

---

Для изучения влияния факторов окружающей среды на состояние здоровья человека используют различные группы признаков: демографические показатели (рождаемость, средняя продолжительность жизни, смертность); уровень заболеваемости и травматизма; оценка функционального состояния организма, соответствующая его возрасту, и др.

Одним из важных показателей здоровья является физическое развитие человека. Физическое развитие осуществляется по объективным законам: единства организма и условий жизни, условий наследственности и изменчивости, взаимной связи функциональных и морфологических характеристик, по законам онтогенеза. В первую очередь оно оценивается по состоянию опорно-двигательной системы. Антропометрические исследования включают измерения длины тела (роста), массы, окружности грудной клетки показатели физического развития, их соответствия возрастным нормам.

### **Правила выполнения антропометрических измерений [46, 47]**

1. Измерения желательно проводить в утренние часы в одни и те же месяцы года. Учащиеся работают в парах. Обследуемый находится без верхней одежды и обуви.
2. При измерении роста обследуемый должен стоять на платформе ростомера, выпрямившись и касаясь вертикальной стойки пятками, ягодицами, межлопаточной областью и затылком. Голова должна располагаться так, чтобы нижний край глазницы и верхний край козелка уха находились на одной вертикальной линии.

3. Окружность грудной клетки измеряется в состоянии покоя с помощью сантиметровой ленты. Лента накладывается сзади по нижним углам лопаток при отведенных в сторону руках. Обследуемый опускает руки, и лента ложится под углы лопаток. Спереди она проходит по среднегрудной точке. Лента должна плотно прилегать к телу.
4. Масса тела определяется с помощью медицинских весов, можно воспользоваться напольными весами.

### Правила физиометрических исследований [46, 47]

Физиометрия включает измерение мышечной силы кисти, стантовую силу (динамометрия), а также жизненной емкости легких (ЖЕЛ).

1. Для оценки мышечной силы кисти используется ручной динамометр. Можно воспользоваться динамометром, который имеется в кабинете физкультуры школы. Мышечная сила характеризует степень развития мускулатуры. Обследуемый стоит прямо, отводит руку вперед и в сторону и, обхватив динамометр кистью, максимально сжимает его. Никаких дополнительных движений в плечевом и локтевом суставах при этом допускать не следует. Производят 2 — 3 измерения, записывают наибольший показатель. Отсчет ведут по шкале в килограммах.

2. Жизненная емкость легких является показателем вместимости легких и силы дыхательных мышц. Измеряется она с помощью водяного или воздушного спирометра. Спирометр должен быть в оборудовании медицинского кабинета или кабинета биологии. Перед исследованием предлагается сделать максимальный вдох и медленно выдохнуть в трубку спирометра воздух. Исследование проводят 2 — 3 раза и фиксируется наибольший результат в литрах или миллилитрах. Точность измерения 50 — 100 мл. Мундштук после каждого обследуемого следует дезинфицировать в растворе пероксида водорода.

Для оценки и характеристики физического развития различных возрастно-половых групп учащихся класса (школы) сгруппируйте показатели роста, массы тела, окружности грудной клетки в табл. 24 — 26 экопаспорта (гл. 12), с указанием количества наблюдаемых мальчиков и девочек. Подведите итог по классу, не забудьте указать возраст учащихся, месяц и год обследования.

При наличии приборов спирометра и динамометра определите показатели жизненной емкости легких (ЖЕЛ) и мышечной силы левой и правой кисти и данные занесите в табл. 27 и 28 экопаспорта.

Для оценки физического развития известен ряд методов. В последние годы широко используется центильный метод, метод нахождения индекса массы тела (весо-ростового показателя) [47] и индекса гармоничности морфологического развития [48].

**Для определения весо-ростового показателя**, который характеризует соотношение веса и роста, необходимо вес (в кг) разделить на квадрат роста (в м).

Должная величина индекса массы тела составляет:

— для детей 6 — 8 лет обоего пола	— 16;
— 9 — 10 лет	— 17;
— Плет	— 18;
— 12 лет	— 19;
— 13—16 лет мальчики	— 20;
— 17 лет мальчики	— 21;
— 13—14 лет девочки	— 20;
— 15—17 лет девочки	— 21;
— взрослые	— 20 — 25.

Наприме: мальчик Алеша, 9 лет (от 8 лет 6 мес. до 9 лет 5 мес. 29 дней), рост 135 см, масса 31 кг.

Рост = 135 см = 1,35 м;  $рост^2 = 1,35 \times 1,35 = 1,8 (м^2)$ .

Индекс массы тела =  $31 : 1,8 = 17$ .

Таким образом, обследуемый мальчик развит гармонично, масса его тела соответствует росту.

Верхняя граница нормы, т. е. величина, с которой индекс массы тела считается избыточным, определяется путем прибавления к должной величине 2 единиц, что составляет примерно 10% от приведенных возрастно-половых норм. Так, избыток массы тела для 6-летних детей начинается с 18 (16 + 2), для 9-10 летних — с 19 (17 + 2) и т. д.

Снижение индекса на 2 единицы свидетельствует о дефиците массы тела.

Метод ИГМР — индекса гармоничности морфологического развития — позволяет определить конституцию ребенка. Конституция — совокупность индивидуальных, относительно устойчивых морфологических и функциональных (в том числе и психических, особен-

ностей человека. Конституция в значительной мере определяется наследственными свойствами (генотипом), но в ее формировании заметную роль играют и внешние факторы. При отсутствии надлежащих условий происходит задержка в росте и развитии (ретардация), если же существующие условия стимулируют реализацию всех возможностей организма, развитие идет ускоренно (акселерация). Систематические антропометрические измерения позволяют своевременно выявить нарушения физического развития (отставания в росте, отсутствие прибавки в весе), которые являются ранними признаками заболеваний или свидетельствуют о нарушении режима жизни. Каждому человеку соответствует его индивидуальный тип конституции.

ИГМР рассчитывают по формуле:

$$ИГМР = \frac{L \times P}{K \times 2 T}$$

где L — длина тела (рост), в см,

P — масса (вес) тела, в кг,

T — окружность грудной клетки,

K — коэффициент развития, который находится по табл. 10.1.

Таблица 10.1.

#### Коэффициенты развития детей школьного возраста (K)

Возраст, лет	Девочки	Мальчики	Возраст, лет	Девочки	Мальчики
7	1,038	1,017	13	1,121	1,146
8	1,060	1,045	14	1,091	1,158
9	1,093	1,076	15	1,067	1,139
10	1,117	1,094	16	1,036	1,134
11	1,150	1,139	17	0,992	1,106
12	1,145	1,138			

Показатель ИГМР снижается с увеличением массы тела и окружности грудной клетки и повышается с увеличением длины тела.

На основании предложенных методик и результатов антропометрических измерений можно дать индивидуальную оценку физического развития и оценить физическое развитие учащихся класса и школы (табл. 10.2).

Таблица 10.2.

#### Индивидуальная оценка физического развития

учащихся \_\_\_\_\_ класса \_\_\_\_\_ школы \_\_\_\_\_

Месяц и год исследования \_\_\_\_\_

#### Определение соматотипа и гармоничности физического развития детей по центильным величинам

В последние годы ряд исследователей определяет соматотип по схеме Р.Н. Дорохова и И.И. Бахраха, которые выделяют три соматотипа: микросоматический, мезосоматический, макросоматический.

Ф.И.О.	Возраст	Рост, см	Вес, кг	Окружность грудной клетки, см	Индекс Кегле (весо-ростовой показатель)	ИГМР

Определение соматотипа производится согласно сумме «коридоров» центильной шкалы, полученных для длины, массы тела, окружности грудной клетки. При сумме баллов (номеров) до 10 ребенок относится к микросоматическому типу, при сумме от 11 до 15 к мезосоматическому типу, при сумме от 16 до 21 к макросоматическому типу.

Определение гармоничности развития проводится на основании тех же результатов центильных оценок. В случае, если разность номеров областей или «коридоров» между любыми из трех показателей не превышает 1, можно говорить о гармоничности развития. Если эта разность составляет 2, то развитие ребенка считается дисгармоничным, а если разность равняется 3 и более — развитие резко дисгармоничное. Определение соотношения массы и длины тела, окружности грудной клетки позволяет судить о состоянии здоровья и ориентировочно о питании человека. Центильные величины для мальчиков и девочек дана в таблицах 10.4 и 10.5.

Проведите исследования физического развития, полученные результаты занесите в таблицу 10.3.

Таблица 10.3.

Показатель	Величина показателя	«Коридор»	Гармоничность развития	Соматотип
Длина тела, см				
Масса тела, кг				
Окружность груди, см				

Таблица 10.4.

Центильные величины мальчиков по возрасту  
(6-17 лет)

Возраст	Центили					
	3	10	25	75	90	97
	1	2	3	4	5	6
Длина тела (см.)						
6	107,8	109,9	114,0	120,1	123,7	126,8
7	111,6	113,8	117,4	125,4	128,4	132,2
8	116,4	120,8	124,5	133,0	135,9	139,5
9	122,6	125,6	128,4	135,8	139,0	140,9
10	123,1	128,4	133,2	141,4	145,4	146,8
11	131,1	134,7	139,3	147,8	150,9	155,7
12	135,4	140,1	143,6	152,9	158,6	163,3
13	140,8	146,7	151,7	163,8	170,7	175,6
14	142,5	148,2	154,5	168,5	173,3	177,5
15	149,3	153,2	158,0	172,0	178,0	181,0
16	154,0	158,0	162,2	177,4	182,0	185,0
17	159,3	163,0	168,1	181,2	185,1	187,9
Масса тела (кг)						
6	16,9	18,7	20,0	23,4	26,0	28,9
7	18,6	19,6	20,9	24,7	29,2	31,4
8	18,9	20,6	23,2	29,0	32,3	38,5
9	20,8	23,8	25,3	30,1	32,6	39,3
10	23,0	25,7	28,8	35,7	40,0	44,5
11	25,3	28,7	31,3	39,2	43,2	49,9
12	29,7	32,5	34,6	44,5	49,9	58,4
13	33,5	37,4	42,3	55,3	63,2	67,2
14	33,8	38,6	43,0	60,0	67,7	77,3
15	37,8	40,8	46,9	60,2	65,1	76,5
16	41,2	45,4	51,8	65,9	73,0	82,5
17	46,4	50,5	56,8	70,6	78,0	86,2
Окружность груди (см.)						
6	52,6	54,8	56,8	61,2	64,1	66,7
7	54,1	56,3	58,2	62,6	66,7	68,7
8	55,1	56,8	58,7	64,6	67,9	71,6
9	57,6	59,3	61,0	65,8	68,3	73,7
10	58,5	61,1	63,3	68,9	72,3	78,5
11	61,3	63,5	65,6	72,0	76,2	80,4
12	64,9	66,3	68,6	76,1	81,2	88,6
13	65,3	69,4	72,9	83,1	87,4	91,7
14	66,8	70,2	74,8	85,2	91,5	99,3
15	70,0	72,6	76,3	85,7	90,1	94,2
16	73,3	76,1	80,0	89,9	93,6	97,0
17	77,0	80,1	82,9	92,2	95,5	98,4

Таблица 10.5.

Центильные величины девочек по возрасту  
(6-17 лет)

Возраст	Центили					
	3	10	25	75	90	97
	1	2	3	4	5	6
Длина тела (см.)						
6	103,7	109,9	113,6	121,2	124,0	129,2
7	111,9	115,5	118,8	125,6	129,1	131,6
8	115,8	120,3	125,1	131,6	135,1	137,1
9	122,1	125,2	127,6	136,6	139,9	144,6
10	126,1	128,9	133,4	141,9	147,3	150,9
11	130,9	135,2	139,7	149,5	155,7	161,1
12	133,7	140,4	146,5	156,7	161,6	165,9
13	136,4	146,5	149,2	162,3	167,1	169,2
14	147,6	152,3	155,3	164,2	168,6	173,2
15	148,1	151,6	156,3	167,0	170,3	172,6
16	151,7	155,0	158,3	169,0	172,0	174,1
17	154,1	157,3	161,2	170,0	173,1	175,5
Масса тела (кг)						
6	14,9	18,1	19,2	22,7	24,7	26,0
7	17,8	18,9	20,0	24,4	25,9	29,6
8	18,8	19,6	21,4	26,7	29,1	34,4
9	19,3	21,2	24,1	30,4	33,7	38,2
10	23,1	24,7	28,1	35,8	40,6	45,6
11	25,1	28,4	30,6	41,6	48,4	59,6
12	28,3	30,9	35,5	47,7	55,1	65,8
13	30,7	34,8	41,2	52,4	62,3	68,4
14	35,6	40,0	43,0	55,2	61,5	71,4
15	39,4	43,7	47,6	58,0	63,9	73,6
16	42,2	46,8	51,0	61,0	66,2	76,1
17	45,2	48,4	52,4	52,0	68,0	79,0
Окружность груди (см.)						
6	52,1	53,8	56,0	60,2	62,9	64,7
7	52,6	54,2	56,4	61,0	63,1	68,1
8	53,4	55,1	56,8	61,5	63,8	69,7
9	55,2	56,5	59,1	63,7	67,4	75,1
10	56,5	58,7	60,8	67,9	73,2	79,3
11	59,5	61,8	64,9	72,9	80,1	84,1
12	59,6	64,7	69,1	77,3	83,4	87,8
13	67,3	67,2	70,1	80,9	86,2	89,6
14	69,8	73,0	76,0	83,9	88,2	92,8
15	70,0	72,9	76,2	85,5	89,3	92,6
16	73,0	75,9	78,8	87,1	90,6	93,9
17	75,4	78,0	80,7	88,0	91,1	94,6

Сделайте выводы о соматотипе и гармоничности развития.



## 1 10.3. Характеристика заболеваемости

Одним из основных методов оценки здоровья является изучение динамики заболеваемости. Заболеваемость отражает число всех имеющихся у населения болезней. Она может характеризовать отдельную возрастную, профессиональную, социальную группу и все население. Например, заболеваемость учащихся школ Юго-Западного района Москвы, заболеваемость учителей этого же района. На основании сведений из классных журналов, справок от врача заполняется табл. 10.6 и рассчитываются: «показатель временной нетрудоспособности» (за четверть, год); «показатель уровня здоровья» и «индекс здоровья». Так например, «показатель временной нетрудоспособности» (за четверть, год) определяется по отношению числа дней, пропущенных по болезни детьми, к общему числу всех наблюдаемых детей. Он характеризует среднее число пропусков дней по болезни одним учащимся и коллективом класса. «Индекс здоровья» оценивается в % по отношению детей, не болевших ни разу в году, к общему числу наблюдаемых детей.

Таблица 10.6.

Характеристика заболеваемости учащихся школы

Классы	Кол-во учащихся	Число дней, пропущенных по болезни за год	Число детей, болеющих				Число болевших детей	Медицинская группа по культуре		
			1-2 раз в год	3-4 раз в год	4-6 раз в год	8-12 раз в год		основная	подготовительная	специальная
1-е классы										
2-е классы										
3-й классы										
5-е классы										
6-е классы										
7-е классы										
8-е классы										
9-е классы										
10-е классы										
11-е классы										

На основании приведенных Вами данных будет дана характеристика уровня здоровья и заболеваемости коллектива учащихся школы. Если таблицу заполнять каждую учебную четверть, то можно проследить динамику заболеваемости учащихся в течение учебного года. На основании анализа данных сделать выводы о возможных причинах заболеваемости.

## • 10.4. Характеристика социальных условий проживания

Показатели социальных условий проживания получают путем анкетирования или устного опроса учащихся класса (школы) о численности и составе семьи, жилищных условиях и доходах семей. Оценивается возрастной и социальный состав, доходы на душу населения и условия проживания. С учетом психологии личности методика рекомендует проведение анонимного анкетирования.

Для выявления социальных условий проживания предлагаются следующие вопросы анкеты:

1. Условия проживания семьи оцениваются по наличию квартиры (отдельной, коммунальной, общежития, частного дома); благоустройства (без благоустройства, с частичным или полным благоустройством).
2. Количество проживающих, их возраст, пол, социальный состав выявляется по группам, указанным в табл. 10.7.
3. Жилая площадь на одного человека определяется путем деления общей площади жилья на количество членов семьи, проживающих на этой площади.
4. Доходы на душу населения вычисляются по формуле и определяются с учетом минимальных окладов.

$$\text{доход на 1 человека} = \frac{\text{суммарный доход семьи}}{\text{количество членов семьи X минимальн. оклад}}$$

5. Данные индивидуальных опросов обобщите и занесите в табл. 10.7. и 10.8.

Таблица 10.7.

**Социальный и возрастно-половой  
состав семьи учащихся**

№ п/п	Показатели	Количество человек	Результаты в %
1	Возрастно-половой состав семьи: мужчины 0-20 лет 21-40 41-60 старше 60 женщины 0-20 21-40 41-60 старше 60		
2	Социальный состав: - дети до 7 лет - учащиеся - рабочие - крестьяне - служащие - предприниматели - пенсионеры - безработные		

Таблица 10.8.

**Социальные условия проживания учащихся  
класса (школы)**

п/п	Показатели	Количество анкет	Результаты в %
1	Условия проживания: - частный дом - коммунальная квартира - отдельная квартира - общежитие		
2	Благоустройство: - без благоустройства - с частичным благоустройством - с полным благоустройством		
3	Жилая площадь на одного человека (м <sup>2</sup> ): менее 6 6-12 12-19 19-26 более 26		
4	Доходы на душу населения (по сумме от минимального оклада): менее 4 4-8 8-12 более 12		

Таблица 10.7.

Социальный и возрастно-половой  
состав семьи учащихся

№ п/п	Показатели	Количество человек	Результаты в %
1	Возрастно-половой состав семьи: мужчины 0-20 лет 21-40 41-60 старше 60 женщины 0-20 21-40 41-60 старше 60		
2	Социальный состав: - дети до 7 лет - учащиеся - рабочие - крестьяне - служащие - предприниматели - пенсионеры - безработные		

Таблица 10.8.

Социальные условия проживания учащихся  
класса (школы)

№ п/п	Показатели	Количество анкет	Результаты в %
1	Условия проживания : - частный дом - коммунальная квартира - отдельная квартира - общежитие		
2	Благоустройство: - без благоустройства - с частичным благоустройством - с полным благоустройством		
3	Жилая площадь на одного человека (м <sup>2</sup> ): менее 6 6-12 12-19 19-26 более 26		
4	Доходы на душу населения (по сумме от минимального оклада): менее 4 4-8 8-12 более 12		

## Глава 11

### ОБРАБОТКА ДАННЫХ И ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

#### • 11.1. Обработка данных и получение статистических оценок

Для проведения мониторинга его участникам необходимо владеть основными методами статистической обработки материалов. Эти методы позволяют оценить точность и достоверность полученных результатов, избежать ошибочных выводов.

##### 11.1.1. Оценка среднего значения и его погрешности

При наблюдениях или измерениях возникает необходимость установления их точности (достоверности, насколько полученное среднее значение отражает истинное значение измеряемой величины).

Рассмотрим конкретный пример. Предположим, что мы занимаемся изучением влияния загрязнений крупного завода на прирост сосны. Предположим, что мы измерили прирост в высоту 100 сосен и получили следующие значения в сантиметрах:

34, 26, 30, 43, 33, 37, 22, 28, 35, 39, 30, 30, 29, 42, 34, 43, 32, 29, 38, 35, 36, 42, 26, 36, 35, 38, 38, 38, 34, 36, 44, 36, 40, 34, 22, 41, 40, 53, 40, 33, 32, 20, 27, 15, 21, 24, 23, 27, 25, 34, 17, 29, 28, 10, 25, 18, 40, 29, 27, 43, 26, 26, 31, 31, 29, 42, 31, 20, 35, 36, 31, 22, 33, 14, 21, 23, 23, 41, 20, 35, 12, 22, 27, 14, 20, 17, 30, 25, 13, 41, 37, 42, 13, 27, 36, 42, 40, 40, 21.

Таблица 11.1.

Коэффициент  $t$  для расчета погрешности среднего  
выборочного значения

Количество измерений	Число $t$	Количество измерений	Число $t$
3	4,3	8	2,4
4	3,2	9-10	2,3
5	2,8	11-14	2,2
6	2,6	15-30	2,1
7	2,5	более 30	2,0

Найдем погрешность средней величины прироста  
сосны:

$$\text{ДМ} = -t = x_{2,1} = 3,4 \text{ см.}$$

Среднее значение обычно записывают вместе с  
величиной погрешности:

$$M = 32,5 \pm 3,4 \text{ см.}$$

Эта запись означает, что истинное среднее значе-  
ние лежит в пределах от 29,1 до 35,9 см.

Следует еще раз подчеркнуть, что при расчете  
среднего значения какой-либо величины в отчете не-  
обходимо привести четыре числа:

- 1) само среднее значение;
- 2) погрешность среднего значения;
- 3) среднеквадратическое отклонение;
- 4) количество измерений.

Если какой-либо из этих параметров отсутствует,  
ценность работы значительно снижается, поскольку  
становится трудно оценить достоверность полученных  
данных.

При многократном проведении одного и того же  
эксперимента результаты измерений можно считать  
выборкой из бесконечного множества всех возможных  
результатов. Среднее значение измеренной величины  
и его погрешность вычисляются точно так же, как в  
предыдущем примере.

### 11.1.2. Оценка достоверности различий средних значений

В экологических исследованиях важнейшим мо-  
ментом является сравнение различных объектов (на oil

Среднее значение прироста оказалось равным  
30,51 см. При таком количестве измерений можно счи-  
тать, что среднее значение мало изменится, если число  
наблюдений будет увеличиваться. Возникает вопрос: а  
можно ли использовать меньшее число измерений?  
Оказывается, можно. Существует раздел математики,  
называемый математической статистикой, в котором  
разрабатываются способы оценки погрешностей и  
обосновывается необходимая повторность наблюдений  
(число измерений).

Выпишем для примера из рассмотренного списка  
прирост каждой пятой сосны. Мы получим случайную  
выборку из 20 деревьев:

34, 37, 30, 43, 36, 38, 36, 22, 33, 21, 34, 25, 43, 29, 36,  
21, 35, 20, 41, 36.

Среднее из этих значений равно 32,5 см. Чтобы  
определить, насколько оно может отличаться от истин-  
ного, за которое принят средний прирост из 100 изме-  
рений, в соответствии с правилами статистики найдем  
сначала отклонения измеренных высот прироста от их  
среднего значения:

1,5 4,5 -2,5 10,5 3,5 5,5 3,5 - 10,5 0,5 - 11,5  
1,5 -7,5 10,5 -3,5 3,5 - 11,5 2,5 -12,5 8,5 3,5.

Вычислим сумму квадратов этих отклонений. Она  
равна 1009.

Полученное значение делим на число измерений,  
уменьшенное на единицу ( $20 - 1 = 19$ ). Результат называ-  
ется дисперсией выборки ( $D$ ). Она равна  $1009:19 = 53,1$ .

Квадратный корень из дисперсии называется сред-  
неквадратическим отклонением и обозначается гречес-  
кой буквой  $\sigma$  («сигма»). Это не менее важный пара-  
метр, чем среднее значение, и его всегда следует  
приводить в отчетах о наблюдениях и измерениях.

$$\sigma = \sqrt{D} = 7,3 \text{ см.}$$

Теперь можно найти погрешность оценки сред-  
него АМ. Для этого необходимо вычислить величину

$$\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

и умножить ее на коэффициент  $t$ , который зави-  
сит от количества измерений и может быть найден из  
табл. 11.1:

пример, ключевых участков мониторинга, различающихся степенью антропогенной нагрузки). При этом очень важно уметь доказать, что обнаруженное различие действительно существует, а не обусловлено статистической погрешностью оценки.

В большинстве случаев бывает необходимо сравнить средние значения выборок, полученных из двух разных генеральных совокупностей (в нашем примере — средние значения прироста сосны в двух лесных массивах, произрастающих на разных расстояниях от завода).

Для этого сначала нужно найти среднее значение и его погрешность для каждой выборки, после чего вычислить величину  $t$  по формуле

$$t = \frac{|M_1 - M_2|}{m_1 + m_2}$$

где  $M_1$  и  $M_2$  — средние значения сравниваемых

$$m_1 = \frac{s_1}{\sqrt{N_1}}, \quad m_2 = \frac{s_2}{\sqrt{N_2}}$$

Затем полученное значение сравнивается с числом  $t$  из табл. 11.1. Если вычисленное значение  $t$  больше табличного, то различие между выборками считается достоверным, в противном случае — нет. -

## 11.2. Экологическое картографирование микрорайона шкody

Результаты экологических исследований должны быть отражены на картах местности. Картографирование позволит зафиксировать положение объектов мониторинга на местности, выделить наиболее неблагоприятные в экологическом отношении участки.

Картографической основой служит топокарта или план местности масштаба 1:10000 или 1:25000. Для небольших участков удобнее пользоваться масштабами 1:1000, 1:2000, 1:5000. План местности или топокарту можно получить в администрации населенного пункта, у руководителя сельхозпредприятия, в лесничестве и т. д. Если такой возможности нет, то план местности

необходимо составить самостоятельно с помощью глазомерной съемки.

Основными требованиями для получения наиболее точных результатов глазомерной съемки являются:

- а) точное определение и соблюдение линейного масштаба шагов;
- постоянное ориентирование планшета по линии север-юг при визировании и откладывании расстояний.

Важным условием является то, что план местности полностью составляется во время полевых работ, и все объекты изображаются на плане только тогда, когда съемщик их видит.

Начальную точку хода на планшете следует выбрать так, чтобы изображение всего участка съемки уложилось на одном листе, либо нужно предусмотреть переход на другой лист планшета. Съёмочный ход прокладывается по дорогам, просекам, вдоль линии связи, границ полей и других линейных объектов. Точки поворота хода служат пунктами, с которых ведется съемка ситуации. При этом можно использовать следующие способы съемки: обхода, полярный и ординат (рис. 11.1).

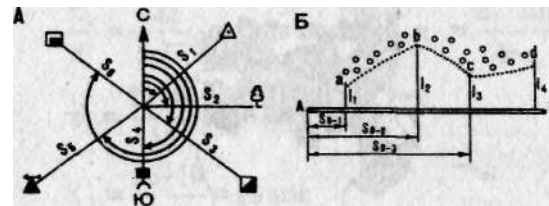


Рис. 11.1. Способы съемки: а) полярный; б) ординат

**Способ обхода** используется для съемки дорог в лесу, улиц в селениях и других замкнутых контуров. Съёмщик обходит контур по снимаемой линии, измеряет длины сторон хода шагами, а их направление определяет по компасу. При **полярном способе** положение точек местности определяется через измеренное расстояние от известной точки (объекта), расположенной на возвышении, а направление — по магнитному азимуту. **Способ ординат** применяется для съемки небольших объектов от прямой базовой линии

(прямолинейный участок дороги, улицы, реки). На характерные точки контура объекта прочерчиваются и измеряются шагами перпендикуляры от базовой линии.

Полученная топографическая основа служит для фиксации изучаемых показателей окружающей среды.

Чтобы отобразить количественную и качественную стороны фиксируемых явлений, их перемещение в пространстве и во времени, можно использовать способы картографирования методами ареалов, изолиний, значков, локализованных диаграмм, картограмм и точечным способом [49, 50, 51].

**Способ ареалов** отражает площадь распространения явления. Технически ареалы изображаются в виде обведенной линией или покрытой краской площади с применением словесного пояснения. Выделяются они по признаку наличия явления без количественной характеристики (рис. 11.2). Способ ареалов удобно использовать для фиксирования объектов, медленно меняющихся во времени (площади лесов, лугов, пашен и т. д.).



Рис. 11.2. Способ ареалов

**Способ изолиний** применяется для изображения пространственного развития, которое имеет сплошное распространение на данной территории. Изолиния соединяет точки с одинаковым значением исследуемого параметра окружающей среды. Построение осуществляется методом интерполяции с использо-

ванием значений, полученных в точках фиксации параметра.

Пример построения изолинии

Задача. При исследовании химического состава снежного покрова были взяты пробы снега в точках А, В, С и D. Анализ показал, что содержание аэрозольной фазы в пробах составляет 47, 60, 32 и 35 мг/л соответственно. Построить изолинию содержания аэрозольной фазы 50 мг/л.

**Решение.**

1. На план местности наносим точки А, В, С и D.
2. Соединяем соседние точки, между которыми находится значение 50 мг/л. Это отрезки АВ, СВ и DB.
3. Измеряем линейкой длины отрезков АВ, СВ и DB. Получаем соответственно  $d_j = 21$  мм,  $d_2 = 36$  мм,  $d_3 = 25$  мм.
4. Вычисляем изменение параметра на расстояниях АВ, СВ, DB.  $A_{m_1} = 60 - 47 = 13$  мг/л,  $A_{T_2} = 60 - 32 = 28$  мг/л,  $A_{T_3} = 60 - 35 = 25$  мг/л.
5. Вычисляем изменение параметра от точки В до изолинии:  $A_m = 60 - 50 = 10$  мг/л.
6. Находим расстояние  $x$ , от точки В до пересечения соединительных линий с изолинией по формуле:

$$X_j = \frac{d_j \cdot A_m}{d_i \cdot A_{m_j}}, \text{ откуда следует: } X_j = \frac{d_j - A_m}{A_{m_j}}$$

$$x_1 = \frac{21 - 10}{13} = 16 \text{ мм;}$$

$$x_2 = \frac{36 - 10}{28} = 13 \text{ мм;}$$

$$x_3 = \frac{25 - 10}{25} = 10 \text{ мм.}$$

7. Наносим точки пересечения на рисунок и соединяем их плавной линией. Это и есть изолиния 50 мг/л (рис. 11.3).

Изолинию можно построить и «на глаз». При этом интервал между точками делится на части без измерений и вычислений, а лишь с глазомерной оценкой соотношения этих частей в соответствии с выбранным

В (60)

А (45) ^\*-Т-^у^ \

/ \* D(20)

\* С (27)

Рис. 11.3. Пример построения изолинии

интервалом отображаемого показателя. Этот способ построения изолиний самый быстрый, но требует опыта подобной работы.

**Способ локализованных диаграмм** характеризует явление в определенном пункте в виде диаграммы (рис. 11.4). Наиболее употребительны линейные (столбики, полосы и т.п.), площадные (квадраты, круги и т.п.) и объемные (кубы, шары и т.п.) диаграммы. Их размеры определяются масштабом построения, т.е. количественным содержанием явления в единице длины, площади или объема. Для этого способа важен обоснованный выбор пунктов, характеризующий прилегающее пространство.

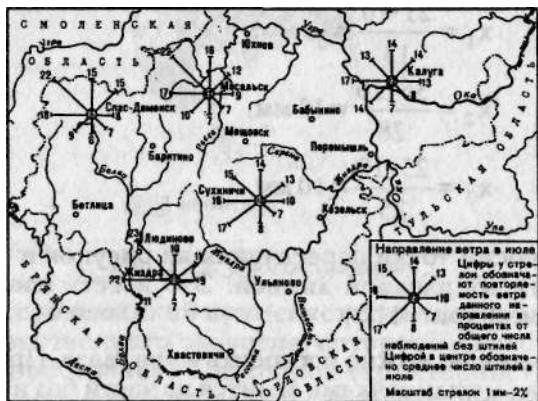
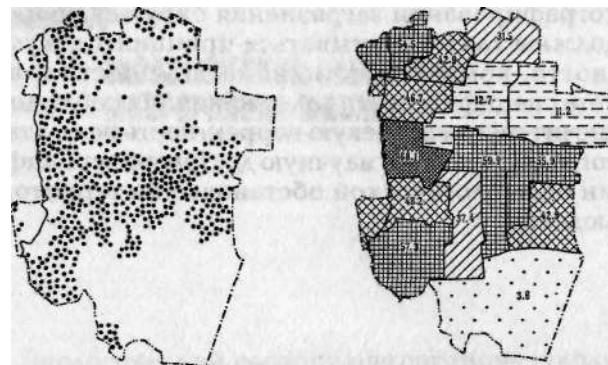


Рис. 11.4. Способ локализованных диаграмм



1 мi - » а шипит»

Л. ' БГ-1///ШШШШ Ш

а: 10% 10-20 30-40 40-50 50-60 60-70%

Рис. 11.5. Точечный способ

Рис. 11.6. Способ картограммы

**Точечный способ** применяется для изображения однородного явления, распространенного на большой площади (рис. 11.5). Технически этот способ выполняется расстановкой на карте одинаковых точек, каждой из которых соответствует определенное числовое значение (вес точки). Применяют два метода расстановки точек на карте: статистический (равномерно на всей территории) и географический (в местах фактического размещения явления). Качественная характеристика отражается цветом точки.

**Способ картограммы** отображает на карте относительные показатели явления в пределах определенных территориальных (административных) границ (рис. 11.6). Для наглядности используют цветовую (или штриховую) ступенчатую шкалу интенсивности. Расцветка (штриховка) накладывается на всю площадь единицы территориального деления в соответствии с цветом (штриховкой) интервала ступени шкалы, к которой относятся показатели данной территории. Достоинство картограммы — простота построения и восприятия.

Основным принципом экологического картографирования объективно является сочетание биоцентрического и антропоцентрического подходов в создании карт. Практически это требует подготовки двух

видов карт: базовых и оценочных. Кроме того, при картографировании загрязнения окружающей среды должны также учитываться принципы документальности, комплексности, сомасштабности и приоритета специфического содержания. Их соблюдение обеспечит географическую корректность результатов картографирования и научную достоверность информации об экологической обстановке на территории наблюдения.



**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПЙСООРТ  
МИКРОРАЙОНА ШКОЛЫ**

Экологический паспорт микрорайона школы является планом действий, т.е. программой ШЭМ, по которой проводятся исследования и делается отчет об исследовательской деятельности в рамках экологического мониторинга. Он включает в себя 4 раздела: физико-географическая характеристика исследуемой территории, характеристика ключевых участков, экологическая оценка природных сред и объектов (воздух, вода, почва, биота) на ключевых участках, оценка физического развития школьников. Каждый из разделов включает ряд таблиц, которые заполняются по результатам проведенных исследований.

***Рекомендуемая форма экопаспорта***

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ ТЕРРИТОРИИ  
МИКРОРАЙОНА . . . . . ШКОЛЫ  
. . . . . ГОРОДА (РАЙОНА)  
. . . . . ОБЛАСТИ (РЕСПУБЛИКИ)**

**1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
ИССЛЕДУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ**

- 1.1. Микроклимат (средняя температура января и июля, средняя толщина снегового покрова в конце февраля).
- 1.2. Географическое положение.
- 1.3. Макро- и мезорельеф.
- 1.4. Земельные площади в микрорайоне школы.
- 1.5. Типы почв.
- 1.6. Поверхностные воды.

## Экологическая характеристика земель в микрорайоне школы

		Д(%,	У(%/гол)
Земельные площади в микрорайоне школы	ЭМ.	100,0	
Общая площадь земель в микрорайоне школы			
<u>Земли в микрорайоне школы по классам</u>			
Природные ландшафты			
Преобразованные ландшафты			
Земли, выведенные из землепользования			
<u>Природные ландшафты</u>			
Общая площадь лесных биогеоценозов			
Площадь зон нарушенности лесных биогеоценозов			
Общая площадь зон луговых биогеоценозов			
Площадь зон нарушенности луговых биогеоценозов			
Общая площадь земель природных ландшафтов			№ 0
<u>Преобразованные ландшафты</u>			
Общая площадь земель населенных пунктов			
Площадь зон нарушенности селитебных территорий			
Общая площадь земель, занятых под пашню			
Площадь нарушенных пахотных земель			
Общая площадь земель, занятых лугами (пастбищами)			
Площадь земель под нарушенными лугами (пастбищами)			
Общая площадь рекреационных земель			
Площадь нарушенных рекреационных земель			100,0
Общая площадь земель преобразованных ландшафтов			
<u>Земли, выведенные из землепользования</u>			
Площадь земель, выведенных из землепользования			100,0

- 1.7. Типичные виды растений.
- 1.8. Типичные виды животных.
- 1.9. Социальные факторы:
  - численность и плотность населения;
  - возрастной состав по группам в процентах (0—15 лет, 16 — 30, 31 — 60, старше 60);
  - средний доход на душу населения.
- 1.10. Приложения к экопаспорту.
  - 1.10.1. План местности, на котором указаны:
    - а) антропогенные источники загрязнения:
      - промышленные предприятия;
      - сельскохозяйственные объекты;

- места складирования и захоронения бытовых и промышленных отходов;
- места захоронения ядохимикатов и химических отходов;
- б) охраняемые памятники природы и природные объекты;
- в) ландшафты, нарушенные под влиянием деятельности человека;
- г) ключевые участки по двум категориям.

## 2. ХАРАКТЕРИСТИКА КЛЮЧЕВЫХ УЧАСТКОВ

*Таблица 12.2.*

## Географические параметры ключевых участков

Параметры ключевых участков	Категории и номера участков					
	участки контроля (природный ландшафт)		опытные участки (с антропогенной нагрузкой)			
	1	2	3	4	5	
Площадь ключевого участка, кв. м Географическое положение Макрорельеф Мезорельеф (долина, балка, надпойменная терраса и т.д.) Микрорельеф (понижение, грива) Тип питания (грунтовый, смешанный, верховой) Тип почвы Расстояние от населенного пункта или источника воздействий, км Вид этого источника воздействий (город, село, ферма и т.д.) Расстояние от дороги, км Вид этой дороги (железная дорога, шоссе, проселок, лесная) Расстояние от водоема, км Вид этого водоема— озеро, река, визуальная оценка их размеров Расстояние от леса, км Тип этого леса (хвойный, смешанный, вырубка и т.д.) Расстояние от полей, км Виды культур на этих полях С какого года ключевой участок изучается в ситгеме мониторинга						

Таблица 12.3.

**Фитоценозы ключевых участков**

Параметры растительных ассоциаций на ключевых участках:	Категории и номера участков					
	Участки контроля (природный ландшафт)		Опытные участки (с антропогенной нагрузкой)			
	1	2	3	4	5	
а) Древостой: - формула леса - проективное покрытие, % - число видов						
б) Кустарниковый ярус: - проективное покрытие, % - число видов						
в) Кустарниковый ярус и травянистый покров: - проективное покрытие, % - число видов						
г) Моховой и лишайнико- вый покров: - проективное покрытие, % - число видов						
д) Эпифиты: - проективное покрытие, %						

**3. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ СРЕД И ОБЪЕКТОВ НА КЛЮЧЕВЫХ УЧАСТКАХ**

(помеченные \*) показатели определяются при наличии оборудования)

**БИОТА****3.1. Характеристика биогеоценоза леса (по каждому ключевому участку)**

1. Географическое положение\_\_\_\_\_  
(координаты или расстояние до населенного пункта)
2. Рельеф местности\_\_\_\_\_  
(вид макро- и мезорельефа)
3. тип почвы\_\_\_\_\_  
(подзолистая, серая лесная и т. д.)
4. Мертвый покров\_\_\_\_\_  
(состав опада, равномерность, лесная подстилка)
5. Название типа леса\_\_\_\_\_  
(ассоциация).
6. Влияние человека и животных\_\_\_\_\_  
(следы рубок, пожаров и др.).
7. Рекомендуемые меры по охране леса\_\_\_\_\_

*/.* **Древостой**

Таблица 12.4.

**Описание древостоя**

Дата обследования\_\_\_\_\_

№ п/п	Название видов	Диаметр (см) средн.	Высота (м) средн.	Количество деревьев на 1 га	Жизненность

Сомкнутость крон (в процентах):

- общая\_\_\_\_\_%;
- первого яруса\_\_\_\_\_%;
- второго яруса\_\_\_\_\_%. .

Формула древостоя\_\_\_\_\_

Естественные повреждения  
и болезни древесных пород:\_\_\_\_\_

Таблица 12.5.

**Возобновление леса (подрост)**

Виды деревьев	Количество особей различной высоты (м) на 100 м <sup>2</sup>				Кол-во подроста на 100 м <sup>2</sup>	Кол-во всходов на 1 м <sup>2</sup>	Оценка состояния
	Более 2	1-2	0.5-1	0,25-0,5			

Вывод о возобновлении леса\_\_\_\_\_  
(возобновляется или нет)

Прогноз развития фитоценоза\_\_\_\_\_  
(направление сукцессии)

**II. Кустарниковый ярус**

Таблица 12.6.

**Описание кустарникового яруса**

№ п/п	Название растений	Кол-во ЭКЗ. на 100 м <sup>2</sup>	Высота (м) средняя	Жизненность

Дата обследования\_\_\_\_\_

**III. Травяно-кустарниковый ярус**

Таблица 12.7.

**Описание травяного и кустарникового покрова**

№п/п	Название растений	Обилие	Фенофаза	Жизненность

Общее покрытие травяным покровом\_\_\_\_\_%.  
и\*

## IV. Моховой и лишайниковый наземный покров

Степень покрытия почвы

Характер распределения \_\_\_\_\_  
(равномерное или мозаичное)

V.

Таблица 12.8.

## Обобщенная характеристика лесных биогеоценозов

Показатели	Категории и номера участков					
	Участки контроля (природный ландшафт)		Опытные участки (с антропогенной нагрузкой)			
	1	2	3	4	5	...
Тип леса (ассоциация)						
Формула древостоя						
Сомкнутость крон (общая), %						
Характер возобновления						
- семенное или вегетативное						
- порода						
- «-ттиество всходов на 1 м						
Травяно-кустарничковый покров:						
- общее покрытие, %						
- количество видов						
Моховой покров						
общее покрытие, %						
Наличие лишайников (+):						
- накипные						
- листоватые						
- кустистые						

## 3.2. Характеристика биогеоценоза луга

(для каждого ключевого участка)

1. Географическое положение.  
(координаты или расстояние до населенного пункта)
2. Тип луга \_\_\_\_\_  
(суходольный или пойменный)
3. Рельеф местности \_\_\_\_\_ (вид макро- и мезорельефа)
4. Тип почвы \_\_\_\_\_  
(подзолистый, дерновый и т. д.)
5. Условия увлажнения  
(осадки, грунтовые и поверхностные воды)

6. Наличие деревьев \_\_\_\_\_  
(да или нет)
7. Наличие кустарников \_\_\_\_\_  
(да или нет)
8. Закочкаренность \_\_\_\_\_  
(да или нет)

Таблица 12.9.

## Характеристика ярусности луга

Ярус	Высота (см)	Преобладающие растения
I.		
II.		
III.		

## 3.3. Мониторинг зеленых насаждений

Таблица 12.10.

Количественный состав и состояние зеленых насаждений объекта \_\_\_\_\_

Дата обследования \_\_\_\_\_

№ по порядку	Порода	Общее количество, шт.	Состояние			Диаметр на высоте 1,3 м			
			Хорошее	Удовлетворительное	Неудовлетворительное	Менее 10 см	От 10 до 20 см	От 20 до 50 см	Более 50 см

## ВОЗДУХ

## 3.4. Биодиагностика чистоты воздуха по состоянию сосны обыкновенной

Таблица 12.11.

## Результаты биодиагностики

Показатели	Категории и номера участков					
	Участки контроля (природный ландшафт)		Опытные участки (с антропогенной нагрузкой)			
	1	2	3	4	5	
Состояние хвои сосны:						
- количество обследованных деревьев						

- повреждение хвои, %						
Состояние генеративных органов: - количество обследованных деревьев - количество измеренных шишек - средняя длина шишки, см - средний диаметр шишки,						
Прирост сосны: - количество обследованных деревьев						
Индекс продолжительности жизни хвои						

### 3.5. Оценка чистоты воздуха при помощи лишайников

Таблица 12.12.

#### Порода дерева

Показатели	Категории и номера участков					
	Участки контроля (природный ландшафт)		Опытные участки (с антропогенной нагрузкой)			
	1	2	3	4	5	
Накипные: - встречаемость, % - степень покрытия, %						
Листоватые: - встречаемость, % - степень покрытия, %						
Кустистые: - встречаемость, % - степень покрытия, %						
Относительная чистота атмосферы (ОЧА)						

### 3.6. Интенсивность движения автотранспорта (для оценки чистоты воздуха)

Таблица 12.13.

#### Оценка автотранспортной нагрузки

№ поста	Пост наблюдения (место нахождения)	Сезон наблюдения	Средняя интенсивность потока (авт./ч)
			_____ I

### 3.7. Анализ снегового покрова для оценки чистоты воздуха

Таблица 12.14.

#### Результаты анализа снегового покрова

Показатели	Номера точек отбора проб снега									
	с антропогенной нагрузкой					природный ландшафт				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кислотность (pH) Сульфаты, мг/л Нитраты, мг/л Нитриты, мг/л Аммиак, ионы аммония, мг/л *> Общее солесодержание, мг/л * Нерастворимые вещества, мг/л Средняя глубина снежного покрова (начало февраля), см										

### 3.8. Оценка кислотности дождевых осадков (средние значения)

Таблица 12.15.

#### Кислотность дождевых осадков

Время определения	Значение pH
июнь	
июль	
август	
сентябрь	

### 3.9. Оценка запыленности

(скорость осаждения пыли за сутки на квадратный метр поверхности листвы, г/м<sup>2</sup> в сутки, средние значения в начале июня и в сентябре)

Таблица 12.16.

#### Результаты анализа запыленности воздуха

Осаждение пыли, г/м <sup>2</sup>	Номера точек отбора проб									
	с антропогенной нагрузкой					природный ландшафт				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Июнь										
Сентябрь										

**ПОЧВА****3.10. Характеристики почвенных горизонтов  
ключевых участков***Таблица 12.17.***Характеристики почвенных горизонтов ключевого  
участка № \_\_\_\_**

Характеристики почвенных горизонтов	Номер горизонта			
	Ао	А,		С
Ключевого участка				
Мощность почвенного горизонта, см				
Окраска (для сухой почвы)				
Влажность (сухая, свежая и т.д.)				
Механический состав (песчаная, супесчаная, суглинок и т.д.)				
Структура (комковатая, бесструктурная и т. д.)				
Включения (остатки растений, угольки и т. д.)				
Новообразования (гидроксиды Fe, Мп, гумус и т. д.)				
Вскипание (капля НО на стекле)				

**3.11. Растения — биоиндикаторы различных почв**

Виды-биоиндикаторы (оценка обилия в баллах проставляется в клеточку таблицы):

0 — вид не встречается; 2 — вид встречается обычно;

1 — вид редок; 3 — вид встречается очень часто.

При отсутствии оценки обилия в клетке таблицы ставится прочерк.

*Таблица 12.18.***Биоиндикаторы почв ключевых участков**

Виды - индикаторы (оценка обилия в баллах, 0-3)	Категории и номера участков	
	Участки контроля (природный ландшафт)	Опытные участки (с антропогенной нагрузкой)
	<b>1 1 2</b>	
1. Индикаторы плодородия почв: а) высокого (эвтрофы)		
б) умеренного (мезотрофы)		
в) низкого (олиготрофы)		
2. Индикаторы водного режима: а) гигрофиты		

б) мезофиты					
в) ксерофиты					
3. Индикаторы глубины залегания грунтовых вод					
4. Индикаторы кислотности почв:					
а) ацидофилы					
б) нейтрофилы					
в) базифилы					

**3.12. Оценка загрязненности почвы  
по фенотипам белого клевера***Таблица 12.19.***Учет фенов белого клевера**

Показатели	Категории участков				
	Участки контроля (природный ландшафт)	Опытные участки (с антропогенной нагрузкой)			
	1	2	3	4	5
Процент растений с рисунком: - острый угол - тупой угол - другие рисунки					

**3.13. Определение признаков избытка микро-  
и макроэлементов в почве ключевых участков  
методом биодиагностики***Таблица 12.20.***Наличие признаков избытка химических элементов  
в почве**

Микроэлемент	Категории и номера участков				
	Участки контроля (природный ландшафт)	Опытные участки (с антропогенной нагрузкой)			
	1	2	3	4	5
Цинк					
Медь					
Марганец					
Железо					
Кобальт					
Магний					

Калий Кальций Хлор Азот(NH <sup>4+</sup> , N <sub>2</sub> ) Бор Фосфор Сера						
---	--	--	--	--	--	--

### 3.14. Характеристики почв ключевых участков

Таблица 12.21.

#### Основные характеристики почв

Показатели	Категории и номера участков					
	Участки контроля (природный ландшафт)	Опытные участки (с антропогенной нагрузкой)				
	1	2	3	4	5	
Название типа почв Кислотность Влагосодержание Степень плодородия Механический состав Общее солесодержание Микробиологическая активность: - дыхание почвы (выделение углекислого газа) - разложение целлюлозы Численность дождевых червей						

## ВОДА

### 3.15. Основные характеристики водоемов

(средние значения за сезон по трем пробам)

Таблица 12.22.

#### Основные характеристики водоемов

Показатели	Точки отбора проб воды с указанием водоема					
	1	2	3	4	5	6
Количество проб Физические свойства воды: - прозрачность - цветность - запах - взвешенные вещества Химический состав воды: - pH - сухой остаток - жесткость						

<ul style="list-style-type: none"> <li>- карбонаты</li> <li>- гидрокарбонаты</li> <li>- аммиак, ионы аммония</li> <li>- нитриты</li> <li>- нитраты</li> <li>- хлориды</li> <li>- сульфаты</li> <li>- окисляемость</li> <li>- количество растворенного кислорода</li> </ul> <p>*1 Наличие растительных индикаторов чистоты воды: - доминирующие виды водорослей - сапробность водоема</p> <p>*2 Наличие животных индикаторов чистоты водоемов: - биотический индекс - индекс Гуднаита и Уотлея</p> <p>Класс качества воды по методу автографии на фотобумаге</p>						
---	--	--	--	--	--	--

### 3.16. Биоиндикаторы состояния водоемов

Виды — биоиндикаторы (оценка обилия в баллах):

0 — вид не встречается;

1 — вид редок (единичные экземпляры);

2 — нормальное обилие;

3 — вид встречается очень часто.

При отсутствии оценки обилия в клетке таблицы ставится прочерк.

Таблица 12.23.

#### Биоиндикация чистоты водоемов

Виды - индикаторы (оценка обилия в баллах, 0-3)	Точки наблюдения с указанием водоема					
	1	2	3	4	5	6
Веснянки Поденки Стрекозы Лягушки Рак Перловица Пескарь Елец						

#### 4. ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ШКОЛЬНИКОВ

Таблица 12.24.

Показатели роста школьников \_\_\_\_\_ года рождения  
Год и месяц исследования \_\_\_\_\_

Рост, см	Количество мальчиков данного роста	Количество девочек данного роста
102-103 104-105 106-107		
180-181		

Таблица 12.25.

Показатели веса школьников \_\_\_\_\_ года рождения  
Годи месяц исследования \_\_\_\_\_

Вес, кг	Количество мальчиков данного веса	Количество девочек данного веса
14-15 16-17 18-19		
78-79 80-81		

Таблица 12.26.

Показатели окружности грудной клетки  
школьников \_\_\_\_\_ года рождения  
Год и месяц исследования \_\_\_\_\_

Окружность грудной клетки, см	Количество мальчиков	Количество девочек
50-51 52-53		
104-105 106-107		

Таблица 12.27.

Показатели мышечной силы школьников \_\_\_\_\_ года  
рождения

Год и месяц исследования \_\_\_\_\_

Сила мышц кисти, кг	Количество мальчиков	Количество девочек
<b>Правая рука</b> 10-11 12-13 14-15 15-16  47-48 49-50		
<b>Левая рука</b> 9-10 11-12 13-14  44-35 45-16		

Таблица 12.28.

Показатели жизненной емкости легких (ЖЕЛ)

Год и месяц исследования \_\_\_\_\_

Жизненная емкость легких, мл	Количество мальчиков	Количество девочек
800-900 1000-1100		
4400-4500		

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ года

Руководитель экологического совета школы \_\_\_\_\_

*подпись*



## ОРГАНИЗАЦИЯ ШКОЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

### 1 2.1. Экологический мониторинг, его цели и задачи

Мониторинг окружающей природной среды представляет собой комплексную систему долгосрочных наблюдений с целью оценки и прогноза изменений состояния биосферы или ее отдельных компонентов под влиянием антропогенных воздействий, предупреждения о создающихся критических ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей, других живых организмов и их сообществ [3, 4].

В зависимости от территории, охватываемой наблюдениями, мониторинг подразделяется на три уровня: глобальный, региональный и локальный. Главной задачей глобального мониторинга является слежение за общемировыми процессами и явлениями, включая антропогенные воздействия на биосферу. Региональный мониторинг включает в себя слежение за процессами и явлениями в пределах какого-то региона, где эти процессы и явления могут отличаться и по природному характеру, и по антропогенным воздействиям от базового фона, характерного для всей биосферы. Локальный мониторинг — это слежение за естественными природными явлениями и антропогенными воздействиями на небольших территориях.

Кроме того, в зависимости от объекта наблюдения различают мониторинг базовый (фоновый) и импактный. Целью базового мониторинга является слежение

за общебиосферными явлениями в природной среде, не подверженной региональным антропогенным воздействиям. На глобальном уровне базовый мониторинг проводится на территориях биосферных заповедников — строго охраняемых больших участков, практически не испытывающих локальных воздействий деятельности человека. Импактный мониторинг — это мониторинг региональных и локальных антропогенных воздействий в особо опасных зонах и точках [3, 4].

По методам ведения различают мониторинг дистанционный и наземный. Дистанционный мониторинг — это совокупность авиационных и космических методов наблюдения. Наземный мониторинг осуществляется физико-химическими и биологическими методами исследования компонентов природной среды (атмосферный воздух, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, растительность, животный мир, наземные и водные экосистемы в целом), на которые распространяется антропогенное воздействие.

### • 2.2. Место и роль школьных коллективов, внешкольных учреждений и вузов в программе экологического мониторинга

В настоящее время в рамках федеральной программы «Экобезопасность России» разрабатывается Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ). В ряде регионов страны составлены территориальные программы комплексного экомониторинга (ТСЭМ). Практика их реализации (например, в Кировской области) показывает, что в исследовательской деятельности по мониторингу целесообразно использовать потенциал научных кадров вузов, НИИ, а в практическую работу по системному изучению природной среды на локальном уровне вовлекать учителей естественного цикла и учащихся всей системы учреждений образования.

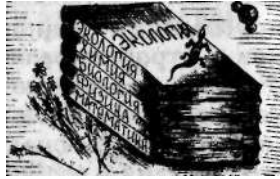
Необходимо учитывать, что возможности учебных учреждений по участию в исследовательской работе в рамках программы экологического мониторинга весьма скромны — недостаточна профессиональная подго-

товка кадров, материальная база лабораторий (отсутствие современных приборов, оборудования; нехватка и дороговизна требуемых реактивов).

В то же время, существуют достаточно простые методы экологических исследований, позволяющие без специального оборудования, приборов и дефицитных реактивов изучать экологическое состояние природных сред и объектов. Это, прежде всего, простейшие (на качественном уровне) физико-химические и биологические (биоиндикационные) методы. Проведение таких исследований по единой программе, предлагаемой в данной книге как программа школьного экологического мониторинга, позволит приобщить большое количество школьников разных возрастов к изучению своей местности. Это даст возможность формировать у учащихся более глубокие знания по общим, региональным и локальным экологическим проблемам; углублять и закреплять знания по общетеоретическим, гуманитарным и естественно-научным предметам. Наряду с этим, исследовательская деятельность учащихся позволит обеспечить массовый учет показателей экологического состояния территорий, не отслеживаемых ведомственными сетями наблюдений, и даст дополнительную информацию, которая может быть использована государственными природоохранными службами в проведении регионального экологического мониторинга (например, привлечение школьников к описанию популяций эпифитной лишайной флоры — биоиндикатора загрязнений атмосферы диоксидом серы — позволило построить карты его средних концентраций на территории ряда стран северной Европы [5]).

Участие учителей-естественников, имеющих базовую подготовку, позволит профессионально организовать исследовательскую работу школьников по реализации программы школьного экомониторинга. Эта работа даст возможность учителю совершенствовать свою профессиональную квалификацию, активнее включать в учебно-воспитательный процесс материалы о природе своего края, выступать с научными

||/<ftrmfchg\$



докладами на конференциях, готовить публикации, руководить исследовательской работой учащихся.

### 2.3. Концепция школьного экологического мониторинга

#### Общие положения

1. Школьный экологический мониторинг (ШЭМ) — это часть системы экологического образования, предназначенная для формирования экологических знаний, умений, навыков и мировоззрения на базе практической деятельности, включающей программные наблюдения за состоянием окружающей среды своей местности.
2. Целями ШЭМ являются:
  - формирование экологических знаний и культуры подрастающего поколения в ходе практической деятельности;
  - обеспечение массового учета показателей экологического состояния территорий на уровне биогеоценозов, в том числе параметров, не отслеживаемых ведомственными сетями наблюдений.
3. Правовой статус ШЭМ устанавливается Целевой комплексной программой экологического образования населения, Положением о ШЭМ, утверждаемым Департаментом образования, другими документами, принятыми для ШЭМ в регионе. При наличии территориальной системы комплексного экологического мониторинга региона школьный экомониторинг может быть включен в нее в качестве подсистемы.
4. Мониторинг проводится по единой для всего региона программе, с одинаковыми объектами контроля, методиками их исследований, одними и теми же принципами выбора контролируемой территории, с одинаковой периодичностью измерений и отчетности. Однако для сельских и городских школ могут применяться разные системы показателей с учетом особенностей их территорий.

5. Школьный экологический мониторинг осуществляется по двум направлениям:
  - на всей территории микрорайона школы (для сельской школы это территория, на которой проживают учащиеся данной школы, для городской — территория административного микрорайона школы) проводится ландшафтно-географический мониторинг, включающий также элементы социального и гигиенического мониторинга;
  - для нескольких ключевых участков с характерными для микрорайона школы природными и антропогенными условиями проводится биоиндикационный контроль природных сред, фенологический и физико-химический мониторинг.
6. Школьный мониторинг основан не на единичных исследованиях природных сред, объектов и экосистем, а на сравнении массивов данных, полученных в результате исследований опытных и контрольных территорий в течение ряда лет.
7. Суть исследований, проводимых в рамках экомониторинга, можно передать известной со времен Древнего Рима формулой «Что? Где? Когда?»:
  - что наблюдается, какие природные объекты отслеживаются в экомониторинге;
  - где, в каких местах микрорайона лучше проводить наблюдения за изменениями окружающей среды;
  - когда и как часто необходимо отслеживать параметры окружающей среды и воздействие на нее хозяйственной деятельности человека.
8. Проведение экологического мониторинга основано на использовании наиболее доступных для учащихся фенологических, геоиндикационных, биоиндикационных методов, которые хорошо индицируют изменения окружающей среды, вызванные загрязнением воды, воздуха и почвы, не требуя при этом специальных приборов, реактивов и оборудования. Однако если в школе имеются оборудованные лаборатории, то программой предусмотрено использование и физико-химических методов анализа.

9. В основу географического аспекта ШЭМ положено отслеживание пространственных характеристик экологических факторов в природных и преобразованных ландшафтах методами картографирования и оценка экологического неблагополучия земель по четырехуровневой шкале — экологическая норма, риск, кризис, бедствие.

*Эти оценки включают следующее:*

- выбор пространственной экологической единицы — «микрорайона школы» — территории, на которой проводятся наблюдения;
  - проведение инвентаризации всех объектов мониторинга. На план местности наносят ареалы ландшафтов, зон техногенного воздействия и делается расчет их доли от общей территории микрорайона;
  - формирование обобщенной экологической оценки территории по статическим признакам как доли общей нарушенной площади в микрорайоне школы. Оценка делается по четырем уровням шкалы экологического неблагополучия земель;
  - формирование обобщенной экологической оценки по динамическим признакам на основе отслеживания изменений площади зон (в процентах площади в год). Оценка делается по четырем уровням шкалы экологического неблагополучия земель.
10. В мониторинг микрорайона школы включаются наблюдения за показателями условий проживания и физического здоровья школьников.
  11. Мониторинг природных сред и биоты (фенологический, биодиагностический и физико-химический) проводится на нескольких ключевых участках с типичными условиями. На них делается описание фитоценоза, типа и механического состава почв, их физико-химических характеристик. Биодиагностика состояния почв проводится по растениям-индикаторам, животному населению и микробиологической активности.
  12. По степени антропогенного влияния ключевые участки подразделяются на две группы — опытные участки на территориях с антропогенной на-

грузкой и контрольные — в чистых «фоновых» условиях. Ключевые участки следует подбирать парами по принципу единственного различия, т. е. опытный и контрольный участки должны быть сходны по всем показателям (положение в ландшафте, типы почв, биоценозы и др.), за исключением того фактора, влияние которого изучается.

13. Диагностика воздушного загрязнения проводится по состоянию сосновых сообществ, эпифитных лишайников, данным анализа снегового покрова, оценке запыленности листвы, кислотности осадков и автотранспортной нагрузки.
14. Диагностика качества воды водоемов проводится органолептическими, биоиндикационными и физико-химическими методами.
15. Полученные в процессе исследований экологической обстановки наборы показателей ежегодно заносятся в экологический паспорт территории микрорайона школы — документ стандартного для всего региона образца, который подписывается руководителем экологического Совета школы.
16. Для обмена результатами экологических исследований, педагогическим опытом, методическим обеспечением и инновационными технологиями в области экологического образования между участниками ШЭМ создается информационная сеть, которая использует традиционные средства связи и компьютерные коммуникации. Информационная сеть ШЭМ обеспечивает сбор, анализ и передачу данных в рамках следующих задач:
  - ведение банков данных об экологической обстановке на территории региона, административного района, микрорайона школы;
  - обмен педагогическим опытом в области экологического воспитания и образования;
  - обеспечение доступности экологической информации природоохранным организациям, управленческим структурам, общественности.

В зависимости от технических и финансовых возможностей школа может пользоваться услугами

сети Интернет или участвовать в работе бесплатной телекоммуникационной сети, специально созданной для обеспечения школьного экомониторинга и имеющей выход в Интернет.

17. Кафедры вузов, занимающиеся экологическими исследованиями, лаборатории НИИ, а также региональные экологические центры школьников осуществляют координацию исследований в рамках ШЭМ, обработку поступающей информации, обратную связь с участниками мониторинга, обобщение методического опыта и научно-методическую поддержку.
18. Общая организация и координация проведения мониторинга осуществляется департаментом образования и департаментом охраны окружающей среды и природопользования в регионе.

## 2.4. Организационная структура школьного экомониторинга

Исследовательская деятельность в рамках ШЭМ может проводиться на локальном уровне экологического мониторинга средними школами, специализированными гимназиями, лицеями, Дворцами и Домами детского творчества, эколого-биологическими центрами, лабораториями и другими внешкольными учреждениями, учебные коллективы которых — по единой программе и в единые сроки — под руководством учителей осуществляют наблюдения за окружающей природной средой — сбор, первичную обработку и хранение данных для их использования в системе регионального экологического мониторинга [6].

Программа школьного экомониторинга предусматривает участие в ней школьников разных возрастов. В зависимости от объектов и методов их исследования к этой работе могут подключаться учащиеся разных классов. Если к фенологическим наблюдениям следует привлекать в основном школьников младшего и среднего звена, то к биоиндикационным и физико-химическим исследованиям — учащихся старших классов.

Привлечение к исследовательской деятельности школьников по единой программе на всей территории региона позволяет: во-первых, сохранять преемственность в исследовании природных объектов учащимися одного и того же класса в течение ряда лет; во-вторых, что очень важно, расширять и углублять знания о растительном и животном мире, других природных ресурсах своего края; и в-третьих, помочь природоохранным службам и ведомствам в получении более полной информации о состоянии окружающей природной среды.

Организацией исследовательской работы учащихся в биологическом и химическом аспектах мониторинга руководят учителя биологии, химии, экологии, а в географическом — учителя географии.

Основными формами школьного экомониторинга в учебной деятельности являются: урок в виде практических или лабораторных работ, факультативные занятия, практикумы. Во внеклассной деятельности — кружки, научно-исследовательские группы, практикумы, летние экологические лагеря, экскурсии, экспедиции, конкурсы, олимпиады.

Активную роль в реализации программы школьного экологического мониторинга должны выполнять вновь созданные в системе учреждений образования опорные школы по экологической работе, университеты экологических знаний, стационарные экологические площадки, экологические центры и клубы. Опорные школы должны взять на себя роль районных учебно-методических центров, проводящих апробацию новых методик в области экологического образования и воспитания (в том числе по исследовательской деятельности в рамках ШЭМ), а также выступать в качестве первичного узла-концентратора в создаваемой информационной сети школьного экомониторинга.

Участники мониторинга осуществляют наблюдение и измерение показателей изучаемых объектов; сбор, первичную обработку и хранение данных наблюдений. Обсуждение результатов школьного экомониторинга проводится в форме тематических недель, декад по экологии, на школьных, районных и областных научно-практических конференциях.

Для руководства экологической работой в школе целесообразно иметь экологический совет, формируемый

на принципах добровольности и делегирования. В составе совета наряду с учителями желательно участие родителей, специалистов по экологии и школьников старших классов. Руководитель совета может быть выбран или назначен на основе взаимного согласия. Это может быть учитель экологии, биологии, химии, географии.

Материалы исследований по программе ШЭМ представляются в виде отчета — экопаспорта территории микрорайона школы. Экопаспорт выпускается с периодичностью один раз в год в 2 экземплярах. Первый отчет должен представлять собой заполненный экологический паспорт по микрорайону школы с оценкой его экологического состояния на момент организации школьного мониторинга и начала участия коллектива школы в комплексном экомониторинге области. Эту оценку экологического состояния микрорайона следует считать своеобразной точкой отсчета, относительными контрольными показателями, с которыми можно будет сравнивать показатели состояния окружающей среды в последующие годы. Следующие отчеты будут представлять собой сведения за соответствующий год по тем же разделам паспорта (кроме общей характеристики микрорайона) с внесением всех показателей, даже если они и не изменились.

Систематическая многолетняя работа по изучению природных сред и объектов микрорайона школы, результаты которой будут фиксироваться в экопаспорте, даст возможность оценить тенденции изменения состояния экосистем и предложить меры по охране и улучшению окружающей природной среды.

Один экземпляр отчета остается в школе, а другой направляется в опорную школу района по экологической работе. Руководители опорных школ, собрав экопаспорта от всех школ района, направляют их в эколого-биологические центры школьников для анализа и обобщения результатов. Полученная информация вводится в компьютер и под руководством специалистов (преподавателей кафедр экологии вузов, сотрудников проблемных экологических лабораторий) обобщается, анализируется и оформляется в виде тематических и комплексных карт, схем, диаграмм. Обработанная информация по результатам мониторинговых исследований поставляется в сеть Интернет, а также направ-

ляется в региональный центр комплексного мониторинга, в институты усовершенствования учителей (институты повышения квалификации), а оттуда — в районные и городские управления образования, которые доводят ее до каждой школы района в целях использования в учебно-воспитательном процессе.

Материалы экопаспортов, представляющие обширную информацию со всей территории региона, после соответствующего научного анализа и обработки могут использоваться также органами государственного управления в практике природоохранной деятельности, в том числе в региональном звене Единой государственной системы экологического мониторинга.

Схема организации экологического мониторинга через систему учреждений образования представлена на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Схема организации мониторинга через учреждения образования

Главная роль в координации блоков школьного экологического мониторинга отводится опорным школам по экологической работе, коллективам вузовских кафедр естественно-научного цикла, экологическим

лабораториям, эколого-биологическим центрам и Домам детского творчества.

Методическая поддержка мониторинга должна осуществляться по линии департамента образования через учреждения повышения квалификации учителей, совместную научно-исследовательскую работу с кафедрами вузов, при участии региональных центров экологического образования населения и информационно-аналитических центров региональных госкомитетов по охране природы, по следующим направлениям:

- обучение и переподготовка преподавательских кадров;
- разработка программ наблюдений за состоянием окружающей природной среды на территории региона, в его отдельных районах и городах;
- разработка, распространение методических материалов по наблюдению за состоянием окружающей природной среды, в т. ч. школьного экологического журнала наблюдений, экологического паспорта территории микрорайона школы единого для региона образца и журналов-дневников наблюдений учащихся;
- обеспечение достоверности и сопоставимости данных наблюдений в отдельных районах и по всей территории региона;
- организация хранения данных наблюдений, ведение специальных банков данных, характеризующих экологическую обстановку на территории региона и в отдельных его районах;
- оценка и прогноз состояния природных объектов и ресурсов, антропогенных воздействий на них, откликов экосистем и здоровья населения на изменение состояния окружающей среды;
- организация ежегодных экологических семинаров и конференций;
- обеспечение доступности интегрированной экологической информации широкому кругу потребителей, включая население, общественные движения и организации;

- обеспечение органов управления на местах информацией о состоянии окружающей среды, природных ресурсах и экологической безопасности;
- помощь в аппаратурно-техническом, метрологическом, финансовом, материально-техническом обеспечении функционирования системы мониторинга через систему учреждений образования.

вы должен быть 1:10000— 1:25000, соответствующий топографическим картам области и лесоустроительным планшетах лесничеств. Для отдельных ключевых участков могут быть составлены топографические схемы в масштабе 1:100— 1:200 с нанесением на них исследуемых объектов.

## • 2.5. Общие требования к оформлению документации

Результаты индивидуальных исследований, проводимых учащимися, а также группами, фиксируются в рабочей тетради наблюдений — экологическом дневнике.

Данные из экологических дневников наблюдений в обработанном виде заносятся в экологический журнал школы, периодически заполняемый всеми участниками мониторинга.

Результаты исследований, полученные по программе мониторинга, заносятся в таблицы экологического паспорта (глава 12), оформляемого 1 раз в год.

Важнейшей формой представления результатов работы по программе школьного экомониторинга является картографическое отображение материалов экологических исследований на плане местности. Для каждого объекта, включенного в программу мониторинга, проводится изучение экологического состояния территории, составляются схемы исследуемых участков, проводится инвентаризация видового состава популяций, характеристик обилия, жизненности, численности, фенотипической структуры, параметров техногенного воздействия. Результаты исследования экологической обстановки отображаются на плане местности, отражающем воздействие всех видов деятельности человека на природную среду микрорайона школы.

Разрабатываются различные варианты тематических карт с различным набором сюжетов для одного и того же геокомплекса и создается экологический атлас микрорайона школы. Масштаб картографической осно-

## ВЫБОР И ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ ШКОЛЬНОГО ЭКОМОНИТОРИНГА

Объектами исследования по программе школьного экомониторинга могут быть ключевые участки, отдельные экосистемы и другие объекты на территории микрорайона школы, а также микрорайон в целом.

Организацию школьного мониторинга следует начать с выбора территории, на которой будут проводиться исследования. Необходимо определить границы исследуемой территории микрорайона школы и наметить площадки для локальных исследований. Для целей школьного экомониторинга рекомендуется территорию для наблюдений определять с учетом особенностей сельских и городских школ, брать за основу ту территорию, на которой проживают учащиеся сельской школы, а в городе — территорию административного микрорайона школы.

Оценка экологической обстановки дается на основе полученных опытным путем показателей по всей территории микрорайона школы, для нескольких ключевых участков с наиболее характерными для данной местности условиями (природными фациями и антропогенными влияниями), а также отдельных экосистем и других природных объектов.

Исследования проводятся по комплексной программе, представленной в виде экопаспорта территории микрорайона школы (глава 12). На начальном этапе участия в школьном мониторинге работу можно выполнять не по полной программе экопаспорта, начиная с отдельных природных объектов и экосистем с учетом реальных возможностей. Год от года круг ис-

следуемых показателей расширяется, а в дальнейшем работа может выполняться по полной программе мониторинга территории микрорайона школы.

### • 3.1. Физико-географическая характеристика объектов мониторинга

---

#### 3.1.1. Географическое положение

Исходным показателем географического положения школы являются его координаты (градусы и минуты, широты и долготы). Второй компонент географического положения микрорайона — его принадлежность к определенному природно-территориальному комплексу (ПТК): природной зоне, подзоне, физико-географической стране, физико-географической провинции, типу местности (как таксономической единице районирования ландшафтов) и т. д. Эти сведения можно легко найти в краеведческой литературе.

После уточнения параметров географического положения необходимо составить розу ветров для территории микрорайона, так как она определяет миграцию воздушного загрязнения местности. Для этого можно воспользоваться материалами ближайшей метеостанции или книгами местного издательства. Построить розу ветров просто. Нужно прочертить через одну точку линии, соответствующие восьми румбам (север, северо-восток, восток, юго-восток, юг, юго-запад, запад, северо-запад). На каждой из них отложить из центра в принятом вами масштабе повторяемость ветров в течение года; концы полученных отрезков соединят между собой.

*Макрорельеф* местонахождения микрорайона является одним из факторов, влияющих на миграцию загрязнения поверхностных текучих вод и почвенного покрова. К типичным формам макрорельефа относятся плоские водораздельные возвышенности (плакоры); водораздельные гряды (обычно с покатыми склонами); холмисто-увалистые водоразделы; низменности различного происхождения; речные долины; нагорья (плато); горы.



### 3.1.2. Мезорельеф к микрорельеф

В пределах форм макрорельефа, перечисленных в пункте 3.1.1., выделяется мезорельеф; его формы играют заметную роль на поверхности территории микрорайона. К сожалению, для городских школ в условиях плотной сплошной застройки выделение этих форм затруднено, зато в сельской местности мезорельеф выделяется и прослеживается достаточно четко. К наиболее распространенным формам мезорельефа относятся овраги, балки, лощины, надпойменные террасы рек, речные поймы, вершины (гребни) и склоны водораздельных возвышенностей. При описании этих форм отмечаются их морфометрические показатели: относительная высота (глубина), ширина, длина, форма склона (прямой, выпуклый, вогнутый) и, что особенно важно, экспозиция склона.

Мезорельеф играет большую роль в распределении тепла и влаги на поверхности микрорайона. Микроклиматические (и даже обычные визуальные) наблюдения демонстрируют отчетливые различия теплового режима склонов северной и южной экспозиции, что в свою очередь влияет на развитие почвы и вегетацию растительности. Еще в большей мере от мезорельефа зависят распределения водотоков и уровень залегания грунтовых вод, т. е. в конечном итоге водный режим почвы. Наконец, с формами мезорельефа связано распространение и, в значительной степени, интенсивность эрозионных процессов.

На поверхности форм мезорельефа может выделяться **микрорельеф**. Обычно его отмечают лишь при описании почвенных разрезов на ключевых участках. К микрорельефу относят едва заметные бугорки, кочки, блюдцеобразные западинки (микропонижения), небольшие уступы, промоины. При описании микрорельефа желательно установить размер микроформ и частоту встречаемости на определенной площади (10 кв. м, 100 кв.м). Очень часто при описании почвенного разреза просто отмечается «микрорельеф ровный» (пологий, покатый и т. п.).

### 3.1.3. Микроклимат

Даже в пределах территории школьного микрорайона под влиянием местных условий (мелких форм ре-

льефа, экспозиции склона, почвенно-грунтовых особенностей, характера растительного покрова) создаются особые условия, получившие название микроклимата.

Для проведения микроклиматических наблюдений необходимо регулярное одновременное измерение температуры и влажности воздуха на двух уровнях:

- в приземном слое на высоте 0 — 20 см от поверхности почвы;
- на высоте человеческого роста, 150 — 200 см от поверхности почвы.

Разумеется, при всех температурных измерениях термометр должен находиться в тени. Как правило, в приземном слое более высокая влажность, зато температура, даже в середине дня, на 2 — 5° ниже. Интересны и поучительны для учащихся микроклиматические наблюдения в разных фитоценотических условиях: лес, луг, засеянный агроценоз, паровое поле и т. д. В этих условиях особенно четко прослеживается влияние растительности на микроклимат приземного слоя воздуха. Особенно велико влияние леса на микроклиматические условия (гасится ветер). Сохраняется высокая влажность.

Кроме растительности, большое воздействие на микроклиматические условия оказывают мезорельеф и экспозиция склонов. В летние дни понижения мезорельефа более прогреты в сравнении с возвышенностями, чаще наблюдаются туманы и росы. Зимой при ясной погоде в низинах температура ниже, чем на возвышенностях. Наконец, различие в температурном режиме склонов северной и южной экспозиций общеизвестны. Эти микроклиматические различия в рамках одной и той же формы мезорельефа отражаются даже на структуре фитоценозов.

Упомянутые выше микроклиматические наблюдения удобно проводить на территории микрорайона сельской школы. Совсем иная ситуация в городах: в них практически не «работают» природные микроклиматические факторы — растительность и мезорельеф. На передний план выдвигается мощный антропогенный фактор. Его основные компоненты — асфальтированная поверхность почвы, каменные и бетонные стены зданий, оживленные транспортные магистрали, трубы теплотрасс, заводы, электростанции, другие

сооружения, источники тепла и аэрозольного загрязнения. В результате даже макроклимат городов специфичен. В сравнении с окружающим пригородным фоном здесь выше температура воздуха, ниже уровень инсоляции, чаще наблюдаются туманы. Что же касается непосредственно микроклимата микрорайона школы, то интерес представляют наблюдения в точках, выбранных в соответствии с планом территории (п. 3.1.2.). В качестве возможных вариантов можно предложить сравнение микроклиматических наблюдений у деревянных и каменных домов; у внешней стороны многоэтажного здания и в его дворе; непосредственно у стен здания школы с учетом их экспозиции (северная, южная и т. д.).

Микроклиматические наблюдения приземного слоя воздуха позволяют формировать и уточнять представления учащихся об условиях развития биогенеза и некоторых особенностях физико-химического режима почвенного покрова.

### 3.1.4. Почвы

1. Исходной основой для подразделения почв на типы служит сочетание почвообразующих факторов. К главным из них относятся:
  - литогенная основа (геологическое строение), от которой зависят механический состав и геохимические особенности почвы;
  - растительность, обеспечивающая органическую часть почвы;
  - гидротермические (климатические) условия, определяющие тепловой и водный режим почв.
2. В процессе развития почвы под воздействием перечисленных факторов формируются горизонты вертикального почвенного профиля. К ним относятся:
  - $A_0$  — неразложившиеся остатки растений (хвоя, мхи, дернина);
  - $A_1$  — горизонт накопления гумуса;
  - в агроценозах  $AQ + A_1$  образуют  $A_n$  (пахотный горизонт);
  - $A_2$  — горизонт вымывания коллоидов;
  - $B$  — горизонт вымывания минеральных и, иногда, органических коллоидов;

-С — почвообразующая порода, т. е. горная порода (литогенная основа), измененная химическими процессами почвообразования. Кроме того, во многих случаях выделяются переходные (промежуточные) горизонты  $A_1A_2$ ;  $A_1B$ ;  $A_2B$ ;  $BC$ .

3. Наличие и сочетание тех или иных почвенных горизонтов служит критерием подразделения почв на типы, подтипы, виды. Применительно к территориям школьных микрорайонов севера Европейской России типология почв выглядит следующим образом:
  - подзолистый тип: горизонты  $AQ + A_2 + B + C$ ;
  - дерново-подзолистый тип, преобладающий в Европейской России:  $A_0 + A_1 + A_2 + B + C$ ; по соотношению горизонтов обычно подразделяется на подтипы: дерново-сильноподзолистые ( $A_j < A_2$ ), дерново-среднеподзолистые ( $A_j > A_2$ ), дерново-слабоподзолистые (вместо  $A_2$  выделяется переходный горизонт  $A_2B$ );
  - дерновые почвы: горизонты  $AQ + A_j - I - B + C$ ; среди них выделяются свойственные водоразделам дерново-карбонатные почвы, богатые катионами кальция, и пойменные дерновые почвы речных долин;
  - серые лесные почвы (почти повсеместно распространены, когда-то они развивались под широколиственными лесами): горизонты  $A_n + A_1A_2 + B + C$  в агроценозах;  $A_0 + A_i + A_iA_2 + C$  под естественной растительностью.

Остальные типы почв (болотные, подзолисто-болотные) вряд ли встретятся в пределах школьных микрорайонов; даже при их наличии сомнительно, чтобы они стали объектом почвенных исследований учащихся.

## 3.2. План (карта! объектов мониторинга

Для получения картографической основы в окрестностях школы необходимо провести глазомерную съемку территории микрорайона школы, изобразить полевые планы и по ним изготовить топографические планы местности в масштабе 1:5000— 1:25000 — основу для отображения изучаемых явлений. Можно вос-

пользоваться копиями топокарт того хозяйства, где расположена школа, или копиями лесоустроительных планшетов лесничеств.

Если школа находится в сельской местности, то на плане надо выделить все населенные пункты, где живут учащиеся школы; отметить водотоки микрорайона (реки, ручьи, родники); указать озера, пруды и болота; нанести дороги и другие транспортные пути, пересекающие территорию микрорайона.

В городских условиях на план наносится квартальная сетка микрорайона. Особыми знаками надо выделить типы застройки в его пределах (малоэтажные, многоэтажные, высокэтажные здания, особо каменные и деревянные), так как это влияет на микроклиматические условия.

В любом случае, будь то город или село, на план (карту) наносятся:

- участки естественной растительности и другие насаждения;
- постоянные источники загрязнения природной среды (площадные, линейные, точечные), промышленные предприятия, свалки твердых промышленных и бытовых отходов, автомагистрали, железнодорожные линии, хранилища горюче-смазочных материалов и т. д.;
- направления миграции загрязнения (воздушно-го — по розе ветров, водного — по направлению водотоков).

На плане отмечаются также и ключевые участки различного назначения, где проводятся ежегодные наблюдения — мониторинг состояния природных сред.

План местности с нанесенными на него природными, промышленными и сельскохозяйственными объектами, населенными пунктами, дорожной сетью и ключевыми участками тиражируется и служит в качестве основного рабочего документа школьного экологического мониторинга.

Если в школе есть компьютер, очень хорошо изготовить электронную карту или серию таких карт (электронный атлас), хранящихся вместе со всеми данными (банком данных) в памяти компьютера. Такие карты очень удобны для экологического мониторинга — их можно хранить в памяти компьютера, в нужный момент вызы-

вать на экран в произвольном масштабе, редактировать, наносить на них данные о происходящих изменениях. Электронные карты особенно ценны для задач мониторинга — по ним удобно сравнивать экологические ситуации в прошлом и настоящем. В последние годы начали широко распространяться специальные программы — «геоинформационные системы» (ГИС), которые производят компьютерную обработку данных, построение карт, а также позволяют вести с картой диалог — задавать ей вопрос и получать ответ.

### • 3.3. Экологическая оценка исследуемой территории

Важнейшим фактором, влияющим на состояние территории микрорайона школы, является хозяйственная деятельность человека. Поэтому для описания территории дается общая характеристика антропогенных факторов, описываемых множеством параметров. Необходимо учитывать количество жителей на единицу площади, наличие предприятий (и их характер), котельных, источников питьевой воды (и их качество), канализации, транспортной сети, мест свалок (в том числе неразрешенных), высоковольтных линий электропередач, дымовых труб тепловых электростанций и цехов предприятий (и характеристики выбросов из них), водоемов (и их состояние). Кроме того, требуются оценки качества воздуха, определение мест сильной загазованности, уровней шумового загрязнения и радиоактивности.

Задача экологического мониторинга состоит в ежегодном наблюдении за состоянием территорий. На основе полученных данных можно сделать оценку величины нарушенное™ экосистем в микрорайоне школы. Проведение мониторинга позволяет получать данные за несколько лет, что дает возможность делать оценки скорости изменения площади зон нарушенности. Такие подходы были детально разработаны известным российским ученым Б.В. Виноградовым, предложившим для индикации нарушенности экосистем и природной среды территории две группы признаков:

- признаки неблагоприятного состояния (статические признаки);

- признаки неблагоприятных изменений территорий (динамические признаки).

Эти подходы вполне применимы к микрорайону школы. Программой исследований ШЭМ предусмотрено проведение оценок экологического состояния территории статическим и динамическим способами.

Антропогенные факторы, определяющие техногенную нагрузку на микрорайон школы, проявляются через преобразование ландшафта за счет населенных пунктов, близости промышленных зон, наличия лесозаготовок, агроценозов, добычи полезных ископаемых, транспортной сети (автомобильных и железных дорог, нефте- и газопроводов). Территории, где такие факторы проявляются, считаются в той или иной степени неблагоприятными.

Эта оценка неблагоприятия территории складывается из множества ее параметров — ботанических и почвенных, территориальных статических и динамических, природных и антропогенных. На каждой территории эти параметры тесно связаны друг с другом, зависят друг от друга и поэтому могут быть выражены одним обобщающим показателем. Таким показателем неблагоприятия может служить доля территории в микрорайоне школы, где экологическое состояние неблагоприятно.

По всей территории микрорайона школы для формирования обобщенного показателя делаются оценки экологического неблагоприятия на основе следующих пространственных характеристик:

- и площадь зон нарушенности лесных биоценозов;
- площадь зон нарушенности луговых биоценозов;
- площадь земель, выведенных из землепользования (овраги, свалки, отвалы пород, хранилища отходов и т. д.);
- площадь земель, занятых под населенные пункты, промышленные зоны и транспортные магистрали.

### **Методика проведения работы**

На план местности территории микрорайона школы следует нанести границы нарушенных, выведенных из землепользования и занятых под населенные пункты земельных площадей. Накладывая палетку (сеточку), измерить их площадь, рассчитать долю площади в процентах:

- зоны нарушенности лесных биоценозов от общей площади лесных биоценозов;
- зоны нарушенности лугов от общей площади луговых биоценозов;
- земель, выведенных из землепользования, от общей площади земель в землепользовании;
- земель, занятых под населенные пункты, от общей площади земель в микрорайоне школы.

### **Экологическая оценка по статическим признакам**

Доля (процент) общей нарушенной площади является обобщенной экологической оценкой территории в микрорайоне школы по статическим признакам. Экологическая оценка делается по четырем классам экологического неблагоприятия земель:

- а) общая площадь нарушенных земель менее 5% — экологическая норма;
- б) общая площадь нарушенных земель от 5 до 20% — экологический риск;
- в) общая площадь нарушенных земель от 20 до 50% — экологический кризис;
- г) общая площадь нарушенных земель более 50% — экологическое бедствие.

Процент нарушенных и выведенных из землепользования земель заносится в соответствующий раздел экологического паспорта.

### **Экологическая оценка по динамическим признакам**

Обобщенная экологическая оценка территории в микрорайоне школы по статическим признакам дает «экологический портрет» микрорайона школы в данном году. Систематические ежегодные наблюдения позволяют отслеживать изменение площадей нарушенных и выведенных из землепользования земель в микрорайоне школы, оценивать скорость нарастания неблагоприятных изменений.

Изменение нарушенной площади в год (в процентах) является обобщенной экологической оценкой территории в микрорайоне школы по динамическим признакам. Эта экологическая оценка земель по скоростям нарастания неблагоприятных процессов также позволяет отнести территории к одному из четырех классов:

- а) скорость нарастания менее 0,5 % в год — экологическая норма;
- б) скорость нарастания от 0,5 до 2 % в год — экологический риск;
- в) скорость нарастания от 2 до 4 % в год — экологический кризис;
- г) скорость нарастания более 4 % в год — экологическое бедствие.

Скорость нарастания нарушенных площадей в микрорайоне школы за год заносится в экологический паспорт.

Общий вывод о степени неблагополучия экологического состояния территории микрорайона школы должен делаться на основании обеих обобщенных оценок — статической и динамической.

### **И 3.4. Выбор объектов мониторинга**

Вся территория микрорайона школы из-за обширности не может быть детально исследована, и поэтому на ней в качестве объектов полевых исследований выбираются небольшие площадки (ключевые участки) для постоянного наблюдения за состоянием биоты и почвы, отдельные водоемы, экосистемы, памятники природы и другие объекты.

#### ***Выбор ключевых участков***

На ключевых участках должны быть представлены наиболее типичные для микрорайона школы экосистемы. Биоценоз внутри каждого участка должен быть однородным, что свидетельствует об однородности литологии почвообразующих пород, рельефа, характера увлажнения, микроклимата, типа почвы.

Ключевые участки с одинаковыми биогеоценозами позволяют сравнить различные территории по степени антропогенного влияния на природные среды. Одни ключевые участки (опытные) располагаются на территориях с экологической напряженностью (в населенных пунктах, на промплощадках, в зонах интенсивной эксплуатации природных ресурсов), а другие (контрольные) — на чистых, «фоновых» территориях в естественных природных условиях.

При выборе ключевых участков необходимо учитывать особенности рельефа местности. В каждой паре ключевых участков (опытный и контрольный) оба участка должны находиться в одинаковых условиях по возможности накопления загрязняющих веществ в почве. Накопление загрязняющих веществ обычно происходит в понижениях рельефа (в речных поймах, нижних частях склонов долин, балках, лощинах). Поэтому если опытный участок выбран в нижней части склона, то и контрольный участок также должен находиться в понижении рельефа. При этом на том и другом участках должны быть как можно более сходны все показатели (биоценозы, типы почв, возраст деревьев и др.), за исключением того фактора, воздействие которого изучается на опытном участке.

*Параметры ключевых участков в микрорайоне школы.* После проведения обследования территории и составления плана местности производится закладка ключевых участков по программе школьного экологического мониторинга.

Размер площадок наблюдений определяется конкретной задачей исследования биоценоза. Верхний предел площади участка ограничен величиной ареала исследуемого сообщества.

Ключевые участки мониторинга лесного фитоценоза (древостоя) могут иметь размеры 25 х 25 м, а лугового — 10 х 10 м. Внутри площадки лугового фитоценоза для количественного учета видов закладываются три площадки 1 х 1 м или 8—10 площадок площадью по 0,25 м<sup>2</sup>. На территории микрорайона школы можно, применительно к разным задачам, закладывать несколько ключевых участков. Каждый из них наносится на план местности. Категории каждого участка соответствует знак определенной формы — например, треугольниками обозначаются опытные участки, квадратами — участки контроля. Внутри значка ставится номер ключевого участка.

Параметры всех ключевых участков микрорайона Школы заносятся в соответствующие таблицы экопаспорта.

#### ***Описание почв ключевых участков***

При закладке ключевого участка рекомендуется сделать почвенный разрез, на котором выделяются

почвенные горизонты, дается их описание в виде таблицы характеристик почвы ключевого участка. Такая таблица должна заполняться в экопаспорте (глава 12) для каждого ключевого участка.

Для почвенного разреза намечают прямоугольник длиной 120—150 см и шириной 60—80 см. Одна из коротких сторон разреза служит лицевой; по ней проводят описание почвы; желательно, чтобы она была обращена к солнцу. На противоположной короткой стенке делают ступени для спуска в разрез и удобства работы. Почву при копке следует выбрасывать на боковые стенки (по одну сторону — массу гумусового горизонта, по другую сторону — массу более глубоких горизонтов). Глубина разреза 75—100 см. После окончания описания разрез следует закопать, причем сначала сбрасывают массу из глубинных горизонтов, затем гумусовый горизонт, после чего закопанный разрез закладывается дерниной.

Когда лицевая сторона выкопанного разреза выровнена, прочерчены ножом границы почвенных горизонтов, проводят их описание (в определенном порядке морфологических признаков). Лишь для  $A_0$  указывается только его мощность (в см) и состав (листья, хвоя, мхи, дерн и т. п.). Для всех остальных горизонтов, включая горизонт С, описание проводится в следующем порядке и по следующим признакам:

- мощность в см («от и до», считая от поверхности; например, 4 — 20 см, 20 — 25 см, 25 — 70 см и т.д.);
- цвет в сухом состоянии, для чего надо сделать макет почвы на листке белой бумаги и подождать, когда он высохнет;
- влажность, по которой надо выбрать одну из пяти ступеней: почва *сухая*; *свежая* (холодит руку); *влажная* (мнется в руке); *сырая* (можно выжать воду) и *мокрая* (вода течет без вашей помощи);
- механический состав горизонта, в котором выделяется шесть ступеней: *песчаный* (почва рассыпается в пальцах); *супесчаный* (можно слепить шарик); *легкосуглинистый* (можно скатать шнур); *среднесуглинистый* (шнур сгибается в кольцо, покрывается трещинами и ломается); *тяжелосугли-*

*нистый* (кольцо с крупными трещинами); *глинистый* (кольцо без трещин). Первые три вида часто объединяют под названием легкие почвы, а последние три именуются тяжелыми почвами. Механический состав гумусового горизонта ( $A_j$  и  $A_n$ ) входит в официальное название почвы (например, «дерново-средне-подзолистая, легкосуглинистая почва» значит, что горизонт  $A_1$  — легкий суглинок);

- структура — способность почвы рассыпаться на комочки. По этому признаку обычно выделяют *зернистую* структуру (типична для многих пойменных почв); *комковатую* (крупно-, средне-, мелко-) — самую распространенную; *глыбистую* (сплошная слитная масса); *ореховатую* (остроугольные комочки); *призматическую*; *листоватую* структуры. Часто встречаются и бесструктурные почвы (сплошная сыпучая масса, лишенная комков);
- плотность — степень связности почвенной массы. Горизонт может быть *рассыпчатым* (пыль, песок), *рыхлым* (нож или лопата втыкаются без труда), *уплотненным* (лопата входит с усилием), *плотным* (лопата входит с большим трудом) и *очень плотным* (лопатане входит, «звенит»);
- новообразования — вещества, которые образуются и накапливаются в почве в процессе ее развития. К ним относятся: *гумус* (обычно в горизонте  $A_1$  или  $A_n$ ); *аморфный кремнезем* в виде белесой присыпки (типичен для горизонта  $A_2$ ); *гидроксиды железа* в различных модификациях (ортштейн — зерна и шарики; ортзанд — плотные железистые прослойки и плитки; рассеянный гидроксид железа, подчас окрашивающий все горизонты в желто-буро-коричневые тона); *гидроксид марганца* (черные пятна, обычно в горизонте  $B$ ); *карбонат кальция* в виде мелких желваков и прожилок (если горизонт С представлен карбонатной породой в условиях сухого климата);
- включения — инородные тела, не связанные с процессом почвообразования. Это могут быть корни растений, угольки, черепки, кости, обломки кирпича, щебень, галька, валуны и т. д.;

- глубина вскипания под действием 10% раствора  $\text{HCl}$ . В северной части Европейской России эта проверка имеет смысл лишь на дерново-карбонатных почвах; все остальные почвы заведомо не вскипают;
- характер перехода в следующий горизонт оценивается визуально (резкий, постепенный, ровный, извилистый, языковатый, незаметный).

После описания почвенного разреза необходимо по совокупности признаков составить полное название почвы. В него входят *тип или подтип* почвы, которые определяются по наличию и соотношению мощностей почвенных горизонтов; *механический состав*, т. е. вид почвы (по механическому составу гумусового горизонта  $A_j$  или  $A_{\text{с}}$ ); *почвообразующая порода* (по описанию горизонта  $C$ ). Пример названия: дерново-среднеподзолистая легкосуглинистая почва на тяжелом суглинке.

Под агроценозами и на склонах очень важна оценка разрушения верхних, наиболее плодородных слоев почвы талыми и дождевыми водами (водная эрозия) или ветром (ветровая эрозия). В этом аспекте могут встретиться *слабоэродированные* почвы (гумусовый горизонт разрушен частично, не более половины); *среднеэродированные* почвы (верхние горизонты разрушены, подпахивается верхняя часть горизонта  $B$ ); *сильноэродированные* (распахан горизонт  $B$ ); *очень сильноэродированные* (полностью разрушен горизонт  $B$ , распахиывается горизонт  $C$  — бесплодная почвообразующая порода).

Если в почвенном разрезе на ключевом участке будут обнаружены признаки эрозии, следует установить ее причины, определить степень повреждения и включить ее в название почвы. Пример: дерново-среднеподзолистая легкосуглинистая слабоэродированная почва на тяжелом суглинке.

### • 3.5. Экологическая оценка природных сред и объектов по программе мониторинга

44 По количественным результатам единичных исследований не удается сделать достоверных оценок со-

стояния природной среды и выявить тенденции ее изменения. Например, одноразовый отбор проб в разных точках региона и их анализ не может дать достоверной оценки территории, если он не будет подкреплен повторными исследованиями. Только многолетние наблюдения за одними и теми же объектами по отработанным методикам дают возможность накапливать данные, которые позволяют делать более достоверные оценки изменений, происходящих в окружающей среде по сравнению с несистемными единичными исследованиями. Поэтому наибольший интерес полученные результаты представляют в том случае, когда они используются для сравнения проб, взятых в разных местах (например, на фоновой территории и на участке, подверженном антропогенной нагрузке), либо в одном и том же месте в разные моменты времени.

Исследования по программе школьного экологического мониторинга охватывают биоту, природные среды и источники техногенного воздействия. При этом следует отметить различие основных объектов мониторинга, проводимого городскими и сельскими школами. Если для сельских школ главным направлением исследований является мониторинг биоты, то для городских — мониторинг сред и объектов техногенного воздействия.

**Мониторинг биоты** включает в себя оценку биоразнообразия растений и животных, жизненности видов, обилия, встречаемости и изменений в количестве экземпляров видов в ареалах их обитания; определение фенофазы растений; сроков появления и исчезновения бабочек, других насекомых, птиц; фенотипические исследования, например белого клевера, в населенных пунктах и естественных ландшафтах.

При выборе биоиндикаторов, реагирующих на изменения в состоянии окружающей среды изменением своих показателей, основной упор делается на численность видов, особенно редких, приспособленных к существованию в определенных границах внешних воздействий. Кроме того, важным показателем является процентное соотношение разных видов — в ряде случаев это более надежный индикатор загрязнения среды химическими веществами, чем изменение численности одного вида.

На ключевых участках в микрорайоне школы по шадящим методикам проводится биодиагностика состояния окружающей среды.

1. Описание фитоценоза (периодичность— 1 раз в год):
  - ярусность растительности;
  - численность растительных видов, в процентах;
  - обилие растительных видов, в шкалах 1—5 баллов;
  - фенофазы растений;
  - жизненность видов, в шкалах 1 — 3 балла.
2. Описание фауны:
  - численность видов почвенной или припочвенной фауны (2 — 3 раза в летний сезон);
  - численность птиц-дуплогнездников (1 раз в летний сезон).

**Мониторинг сред и объектов техногенного воздействия** предусматривает определение следующих оценок и показателей.

*Оценка степени загрязнения воздуха* (один раз в год):

- по результатам лишенодиагностики;
- по морфологическим и анатомическим изменениям хвои сосны, (обесхвоенность крон, повреждение, усыхание хвои, средний прирост и продолжительность жизни хвои, состояние генеративных органов сосны);
- по характеристике движения транспорта;
- по химическому составу снегового покрова, кислотности атмосферных осадков;
- по запыленности (скорость осаждения пыли в сутки).

*Оценка степени загрязнения почв* (один раз в год):

- оценка свойств почв по растениям-индикаторам плодородия, влажности и кислотности почв;
- определение фенотипической структуры популяций белого клевера;
- определение свойств почв по видам беспозвоночных животных — индикаторов состояния почв;
- микробиологическая активность почв (по характеристике дыхания почвы, скорости распада целлюлозы, 2 — 3 раза в летний сезон);
- определение качества пыльцевых зерен различных растений (томаты, сельскохозяйственные

культуры, дикие растения — сорняки, различные деревья).

*Оценка степени загрязнения воды* (1 - 3 раза в год): по физическим, химическим свойствам воды, растительным индикаторам, биотическому индексу, анализу донных отложений; по плотности популяций видов — биоиндикаторов состояния водоемов с оценкой обилия в баллах.



## Глава 4

## МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

В экологическом мониторинге используют различные методы исследования. Среди них можно выделить дистанционные (аэрокосмические) и наземные методы. К наземным методам относятся биологические (биоиндикационные) и физико-химические методы. Простейшие варианты наземных методов экологических исследований доступны в школьной практике по изучению природной среды своей местности [7].

## 1 4.1. Биощронные методы

### 4.1.1. Кракя ниц Шиццтт нсщмш!

О возможности использования живых организмов в качестве показателей определенных природных условий писали еще ученые Древнего Рима и Греции. В России в рукописях XV и XVI вв. уже упоминались такие понятия как «лес пашенный» и «лес непашенный», т. е. участки леса, пригодные для его сведения под пашню и непригодные.

В трудах М.В. Ломоносова и А.Н. Радищева есть упоминания о растениях — указателях особенностей почв, горных пород, подземных вод.

В XIX в. с развитием экологии растений была показана связь растений с факторами окружающей среды. О возможности растительной биоиндикации писал геолог А.М. Карпинский. Другой геолог — П.А. Ососков — использовал характер распределения растительных сообществ для составления геологических карт, а

почвовед С.К. Чаянов — почвенных карт. Большой вклад в развитие биоиндикации внес русский ученый почвовед В.В. Докучаев.

В начале XX в., в период, когда началось освоение окраин нашей страны, биоиндикационные исследования стали развиваться особенно интенсивно. Под биоиндикацией в эти годы в основном понимали регистрацию наличия или отсутствия того или иного явления (природного или антропогенного фактора среды), отмечая в терминах «есть» — «нет». К концу XX в. биоиндикационные закономерности претерпели качественный скачок. В настоящее время для целого класса индикаторных видов растений и животных целесообразно говорить не только о наличии или отсутствии фактора, но и о степени его влияния на природный комплекс. Разные степени влияния на окружающую природную среду, регистрируемые с помощью этих видов, позволяют ввести шкалу воздействий (например, нет воздействия — слабое — среднее — сильное). Наличие шкалы экологического фактора позволяет намного более верно оценивать исследуемую территорию. В таком случае следует говорить не о биоиндикации, а о биодиагностике территорий — методе количественной оценки степени воздействия экологического фактора на окружающую природную среду.

### 4.1.2. Виду к методы бишдшрк

По современным представлениям биоиндикаторы — организмы, присутствие, количество или особенности развития которых служат показателями естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания. Биоиндикация — метод, который позволяет судить о состоянии окружающей среды по факту встречи, отсутствия, особенностям развития организмов — биоиндикаторов.

Условия, определяемые с помощью биоиндикаторов, называются объектами биоиндикации. Ими могут быть как определенные типы природных объектов (почва, вода, воздух), так и различные свойства этих объектов (механический, химический состав и др.) и определенные процессы, протекающие в окружающей среде

(эрозия, дефляция, заболачивание и т. п.), в том числе происходящие под влиянием человека.

При выборе биоиндикаторов один из крупнейших американских экологов Ю. Одум предлагает учитывать следующие соображения.

1. Стенотопные виды (то есть виды, приспособленные к существованию в строго определенных условиях), более редкие в сообществах, как правило, являются лучшими индикаторами, нежели эвритопные (широко распространенные, обладающие широким диапазоном экологической выносливости).
2. Более крупные виды являются обычно лучшими индикаторами, чем мелкие, так как скорость оборота последних в биоценозах выше и они могут не попасть в пробу в момент исследований (при наблюдениях с длительной периодичностью).
3. При выделении вида (или группы видов), используемого в качестве индикатора воздействия того или иного фактора, необходимо иметь полевые и экспериментальные сведения о лимитирующих значениях данного фактора с учетом возможных компенсаторных реакций организма и толерантности вида (группы видов).
4. Численное соотношение разных видов (популяций или сообществ) более показательно и является более надежным индикатором, нежели численность одного вида («...целое лучше, чем часть, отражает общую сумму условий»).

Биоиндикационные исследования подразделяются на два уровня: видовой и биоценотический. Видовой уровень включает в себя констатацию присутствия организма, учет частоты его встречаемости, изучение его анатомо-морфологических, физиолого-биохимических свойств. При биоценотическом мониторинге учитываются различные показатели разнообразия видов, продуктивность данного сообщества.

Существуют различные виды биоиндикации. Если одна и та же реакция вызывается различными факторами, то говорят о неспецифической биоиндикации.

- г. Если же те или иные происходящие изменения можно  
 ПИ связать только с одним фактором, то речь идет о спе-

цифической биоиндикации. Например, лишайники и хвойные деревья могут характеризовать чистоту воздуха и наличие промышленных загрязнений в местах их произрастания. Видовой состав животных и низших растений, обитающих в почвах, является специфическим для различных почвенных комплексов, поэтому изменения этих группировок и численности видов в них могут свидетельствовать о загрязнении почв химическими веществами или изменении структуры почв под влиянием хозяйственной деятельности.

Методы биоиндикации подразделяются на два вида: регистрирующая биоиндикация и биоиндикация по аккумуляции. Регистрирующая биоиндикация позволяет судить о воздействии факторов среды по состоянию особей вида или популяции, а биоиндикация по аккумуляции использует свойство растений и животных накапливать те или иные химические вещества (например, содержание свинца в печени рыб, находящихся на конце пищевой цепочки, может достигать 100 — 300 ПДК). В соответствии с этими методами различают регистрирующие и накапливающие индикаторы.

*Регистрирующие биоиндикаторы* реагируют на изменения состояния окружающей среды изменением численности, фенооблика, повреждением тканей, соматическими проявлениями (в том числе уродливостью), изменением скорости роста и другими хорошо заметными признаками. В качестве примера регистрирующих биоиндикаторов можно назвать лишайники, хвою деревьев (хлороз, некроз) и их суховершинность. Однако с помощью регистрирующих биоиндикаторов не всегда возможно установить причины изменений, то есть факторы, определившие численность, распространение, конечный облик или форму биоиндикатора. Это один из основных недостатков биоиндикации, поскольку наблюдаемый эффект может порождаться разными причинами или их комплексом.

*Накапливающие индикаторы* концентрируют загрязняющие вещества в своих тканях, определенных органах и частях тела, которые в последующем используются для выяснения степени загрязнения окружающей среды при помощи химического анализа. Примером подобных индикаторов могут служить хитиновые панцири ракообразных и личинок насекомых, обитаю-

ших в воде, мозг, почки, селезенка, печень млекопитающих, раковины моллюсков, мхи.

Какой бы современной ни была аппаратура для контроля загрязнения и определения вредных примесей в окружающей среде, она не может сравниться со сложно устроенным «живым прибором». Правда, у живых приборов есть серьезный недостаток — они не могут установить концентрацию какого-либо вещества в многокомпонентной смеси, реагируя сразу на весь комплекс веществ. В то же время физические и химические методы дают количественные и качественные характеристики фактора, но позволяют лишь косвенно судить о его биологическом действии. С помощью биоиндикаторов можно получить информацию о биологических последствиях и сделать только косвенные выводы об особенностях самого фактора.

Мониторинг с применением накапливающих биоиндикаторов зачастую требует применения сложных и дорогостоящих приборов, оборудования, трудоемких методик, что под силу только специальным лабораториям. Но в основном методы биоиндикации не требуют значительных затрат труда, сложного и дорогостоящего оборудования, а поэтому могут широко использоваться в школьном экомониторинге.

Наиболее конструктивно использовать биоиндикаторы одновременно с инструментальным контролем за состоянием окружающей природной среды, применяемым при локальном мониторинге источников или объектов загрязнения.

Методы биоиндикации, позволяющие изучать влияние техногенных загрязнителей на растительные и животные организмы, на неживую природу, являются наиболее доступными для школьников. В главах 5 — 7 данной книги описаны некоторые методики исследований, включенных в программу школьного экологического мониторинга, с использованием биоиндикаторов состояния окружающей среды.

## 1 4.2. Физико-химические методы

Наиболее доступным в школьных условиях является качественный анализ. Он всегда предшествует

## Методы з а п я в ш о мониторинга

количественному, так как выбор метода количественного определения зависит от данных качественного анализа [8].

### Качественные реакции на катионы

Li+	— пламя (красное)
Na+	— пламя (желтое)
K+	- пламя (фиолетовое)
Ca <sup>2+</sup>	— пламя (кирпично-красное) карбонат-ионы (белый осадок) оксалат-ионы (белый осадок)
Ba <sup>2+</sup>	— пламя (желто-зеленое) сульфат-ионы (белый осадок) хромат-ионы (желтый осадок)
Си <sup>2+</sup>	— пламя (зеленое) в водном растворе гидратированные ионы [Си(Н2О) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup> имеют голубую окраску водный раствор аммиака (сине-фиолетовая окраска)
Pb <sup>2+</sup>	— сульфид-ионы (черный осадок) иодид-ионы (желтый осадок) хромат-ионы (желтый осадок)
Ад+	— хлорид-ионы (белый осадок) хромат-ионы (кирпично-красный осадок)
Fe <sup>2+</sup>	— красная кровяная соль (синий осадок)
Fe <sup>3+</sup>	— желтая кровяная соль (синий осадок) роданид-ионы (красное окрашивание)
Cd <sup>2+</sup>	— сульфид-ионы (желтый осадок)
Zn <sup>2+</sup>	— сульфид-ионы (белый осадок)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	— раствор щелочи (запах аммиака)
[Нд] <sup>2+</sup>	— раствор щелочи (черный осадок) хромат-ионы (красный осадок)
Нд <sup>2+</sup>	— сульфид-ионы (черный осадок) иодид-ионы (красный осадок)
Sn <sup>2+</sup>	— сероводород (темно-коричневый осадок)
Sn <sup>4+</sup>	— сероводород (желтый осадок)

### Качественные реакции на анионы

SO <sup>^</sup>	— соли бария (белый осадок)
CO <sup>2n</sup> <sub>3</sub>	— соляная или серная кислоты (выделяется углекислый газ)
	известковое молоко (белый осадок)

PO	— магниальная смесь: $MgCl_2 + NH_4OH + NH_4Cl$ (белый осадок)
SiO	нитрат серебра (желтый осадок) - разбавленные растворы кислот (студенистый осадок)
B <sub>4</sub> O	соли аммония (то же)
и BO"	— пламя (зеленое окрашивание)
J-	— нитрат серебра (желтый осадок) соли свинца (желтый осадок)
O	— хлорная вода + крахмал (синее окрашивание)
B $\Gamma^-$	— нитрат серебра (белый осадок)
NOT"	— нитрат серебра (желтоватый осадок) — металлическая медь в концентрированной серной кислоте (газ бурого цвета) металлический алюминий в сильнощелочной среде (запах аммиака) смесь $H_2SO_4 + FeSO_4$ (окраска от фиолетовой до коричневой)
NO"	— сульфаниловая кислота + а-нафтиламин (красное окрашивание)
CrO	— соли бария (желтый осадок)
и Cr <sub>2</sub> O?"	
S	— соли кадмия (желтый осадок) соли серебра (черный осадок)

Из **количественных** методов в школьной практике могут быть рекомендованы гравиметрический, титриметрический (объемный) и метод визуальной колориметрии.

### Гравиметрический метод

Суть метода — определение массы и процентного содержания какого-либо элемента, иона или химического соединения, находящегося в испытуемой пробе. Искомую часть выделяют либо в чистом виде, либо в виде соединения известного состава. Гравиметрическим методом определяют содержание ряда тяжелых металлов, анионов, сухого вещества в плодах и овощах, клетчатки, «сырой» золы в растительном материале. Кроме того, этим методом определяют кристаллизационную воду в солях, общую и гигроскопическую влажность почвы и т. д.

Гравиметрический анализ проводят по следующим стадиям:

- а отбор средней пробы и подготовка ее к анализу;
  - взятие навески;
- а растворение навески;
- а выбор осадителя и осаждение определяемого элемента (с пробой на полноту осаждения);
- а фильтрование;
- а промывание осадка (с пробой на полноту промывания);
- а высушивание и прокаливание осадка;
- в взвешивание;
- а вычисление результатов анализа.

Аналитической практикой установлено, что при проведении гравиметрического анализа наиболее удобны навески от 0,5 до 2,0 г. Навеску вещества следует брать из расчета, чтобы после прокаливания получить гравиметрическую форму массой около 0,1—0,3 г для аморфного осадка и массой около 0,5 г — для кристаллического.

### Титриметрический (объемный) метод

Этот метод имеет ряд преимуществ перед гравиметрическим (быстрота анализа, относительная простота операций, достаточная точность), в связи с чем он довольно широко применяется в лабораторной практике. В этом виде анализа взвешивание заменяется измерением объемов как определяемого вещества, так и реагента, используемого при данном определении. Если требуется провести объемным методом анализ сухого вещества, то берут его точную навеску массой 0,1—0,2 г, растворяют его в мерной колбе, перемешивают, пипеткой отбирают известный объем полученного раствора, при необходимости добавляют буферную смесь, индикатор и пр. и проводят титрование.

Методы титриметрического анализа разделяют на 4 группы.

**Методы кислотно-основного титрования.** В основу этих методов положены реакции нейтрализации. Точка эквивалентности фиксируется при помощи индикаторов, которые меняют свою окраску в зависимости от реакции среды (величины pH). Этими методами определяют концентрации кислот, щелочей и солей,

гидрализующихся в водных растворах. В качестве рабочих растворов используют титрованные растворы кислот и сильных оснований.

**Методы осаждения.** Методом осадительного титрования определяют элемент, который, взаимодействуя с титрованным раствором, может осаждаться в виде малорастворимого соединения; при этом изменяются свойства среды, что позволяет установить точку эквивалентности.

**Методы окисления-восстановления.** Эти методы основаны на окислительно-восстановительных реакциях, которые протекают между искомым веществом и веществом рабочего раствора (перманганато-метрия, иодометрия, хроматометрия и др.). Их используют для обнаружения различных восстановителей ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$  и др.) или окислителей ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{ClO}_2$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  и т. д.). Точка эквивалентности определяется по изменению окраски либо самого раствора, либо редокс-индикатора.

**Методы комплексообразования.** Эти методы дают возможность определять целый ряд катионов ( $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  и др.) и анионов ( $\text{CN}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ), которые обладают способностью образовывать малодиссоциированные комплексные ионы. Особый интерес представляет комплексон III (трилон Б), широко используемый в количественном анализе. Точку эквивалентности чаще всего устанавливают по исчезновению анализируемого катиона в растворе с помощью так называемых металл-индикаторов. В качестве индикаторов для определения суммарного содержания кальция и магния могут быть взяты эриохром черный Т и хромовый темно-синий, для обнаружения кальция — мурексид, железа — роданид аммония в сульфаниловой кислоте и т. д.,

### Колориметрические методы

Колориметрия — один из наиболее простых методов абсорбционного анализа. В школьной практике можно рекомендовать использование метода визуальной колориметрии, в частности, метод стандартных серий: исследуемый раствор сравнивают с набором стандартных растворов, которые должны быть свежеприготовленными и отличаться друг от друга не менее, чем на 10-15%.

Например, колориметрическое определение рН по Дьямовскому основано на свойстве индикаторов изменять свою окраску в зависимости от концентрации ионов водорода, присутствующих в растворе.

Шкала прибора Алямовского представляет из себя ряд запаянных пробирок, заполненных окрашенным раствором. Этот устойчивый к действию света раствор имитирует окраску универсального индикатора при определенном значении рН. Испытуемый раствор сравнивают со шкалой и находят в ней пробирку, наиболее совпадающую с ним по цвету. Если окраска жидкости не соответствует цвету растворов шкалы, то берут среднее значение между двумя приближающимися по цвету пробирками. Иногда может встретиться набор Алямовского, в котором стандартная цветная шкала представлена не ампулами с растворами, а стеклянными пластинками с цветными пленками.

Для удобства сравнения к прибору прилагается компаратор, но техника сравнения растворов со шкалой в этом случае другая. Пробирку с окрашенным испытуемым раствором нужно поместить в левое гнездо компаратора. В пробирку из правого гнезда компаратора наливают 5 мл дистиллированной воды. В пазы компаратора вставляют стандартную цветную шкалу, при этом ее окрашенная часть должна находиться против пробирки с дистиллированной водой, а бесцветная — против испытуемого раствора. Компаратор берут левой рукой и поднимают до уровня глаз, держа шкалой от себя и повернув ее к свету. Передвигая стандартную шкалу вверх и вниз, находят ту ее часть, которая по окраске совпадает с испытуемым раствором. Повернув компаратор шкалой к себе, отсчитывают значение рН и записывают результат анализа.

Для более точного определения анализируемого элемента применяют специальные приборы — фотоэлектроколориметры (ФЭК). При работе на ФЭК чаще всего используют метод градуировочной кривой, основанный на построении калибровочного графика в осях «оптическая плотность — концентрация» (для стандартных растворов). Измерив оптическую плотность анализируемого раствора, по графику находят его концентрацию.

## Глава 5

МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА БИОЛОГИЧЕСКИХ  
ОБЪЕКТОВ (БИОТЫ)

## 1 5.1. Мониторинг Биоты

Биотой называется совокупность всех живых организмов (растений, животных и микроорганизмов), населяющих какую-либо территорию.

При организации мониторинга биоты необходимо выбрать постоянные участки с доминантными видами растительности. Наблюдения над хорошо знакомыми птицами, растениями, насекомыми, животными должны быть регулярными.

Оценка состояния биоты проводится по следующим показателям:

- обилие (число особей на единицу площади);
- частота (отношение числа особей одного вида к общей численности особей, выраженное в процентах);
- доминантные виды с наибольшей продуктивностью.

При проведении мониторинговых исследований растений особое внимание уделяется морфологическим признакам листьев, хвои, особенностям пигментации на стволе, листьях, цветах, выявлению разного рода аномалий вегетативных и генеративных органов (отмирают ли почки, изменяется ли ветвление побегов). Внешние признаки довольно просто регистрируются с помощью специальных приборов или без них: это изменение уровня фотосинтеза, содержания хлорофилла, пигментации, тургора, а также отмечаются морфологические изменения.

У животных фиксируются изменения:

- численности популяций;
- соотношения видового состава;
- частоты появления форм с отклонениями.

Определяют численность видов и амплитуду колебаний этой численности в течение сезона. В различные годы численность отдельного вида может подвергаться существенным изменениям, которые могут быть связаны с процессами вымирания или процветания популяции или иметь циклический характер.

## 5.1.1 Мониторинг лесного фитоценоза (ID, Ш)

В описание лесного фитоценоза следует включить характеристики древостоя, подлеска, травянисто-кустарничкового покрова, яруса мхов, напочвенных лишайников, грибов. Для каждого яруса определяется свой набор характеристик (видовой состав, число особей каждого вида, высота, диаметр ствола, сомкнутость, обилие, проективное покрытие, жизненность, а также следы деятельности человека и жизнедеятельности животных).

*Описание растений на ключевом участке в лесу*

Ключевой участок в лесу не должен выходить за пределы взятого сообщества, чтобы главный, доминирующий вид был всюду в пределах участка. Рекомендуется взять участок площадью 400 — 600 м<sup>2</sup> (20х30 м), внутри которого заложить пробную площадку 100 м<sup>2</sup> для подсчета количества подроста и кустарников и 3 — 5 площадок по 1 м<sup>2</sup> для оценки травяного и кустарничкового покрова.

В начале данных исследований проводят описание ярусов, которые можно обозначать так:

I — древостой;

II — кустарниковый ярус;

III — травяно-кустарничковый ярус;

IV — ярус мхов и напочвенных лишайников.

Описание ярусов выполняется в следующем порядке:

1. Определить, сколько ярусов есть в лесу. Составить список доминирующих видов по каждому ярусу изучаемого растительного сообщества, сделать необходимые замеры.
2. Составить схему ярусов, выдерживая масштаб (лучше на миллиметровой бумаге).

Описание видового состава растений на ключевом участке начинают с какого-нибудь угла площадки. Вначале переписывают растения, которые находятся в поле зрения. Затем дополняют список теми видами, которые становятся заметными лишь при более внимательном анализе травостоя.

Далее необходимо обойти участок по периметру, потом по диагонали, останавливаясь время от времени и отмечая вновь попадающиеся растения. Незнакомые виды растений описать и попытаться определить по определителю. Данные внести в табл. 4 — 8 экопаспорта.

### **Составление формулы древостоя**

Для каждого ключевого участка составляется формула древостоя. Формула древостоя — это относительное число деревьев разных пород. При этом буквами обозначают породы (виды) деревьев, например Е — ель, С — сосна, Б — береза, Ос — осина, Д — дуб и т. д., а индексами — относительную численность их на единице площади, если общее число стволов на этой площади принято за 10. Например, формула Е5, Б3, Ос2 будет обозначать, что в данном фитоценозе преобладает ель (около 50%), а береза и осина составляют 30% и 20% деревьев. Если в древостое отчетливо выражены ярусы, например ель в первом, а осина и береза во втором, формула может быть составлена так: I яр. ЕЮ; II яр. Б7Ос3.

### **Определение жизненности растений**

Жизненность видов охватывает реакции видов растений на среду обитания в растительном сообществе (фитоценозе). Для оценки жизненности применяется трехбалльная шкала.

I — жизненность хорошая (полная) — растение в фитоценозе нормально цветет и плодоносит (есть особи всех возрастных групп), взрослые особи достигают нормальных для данного вида размеров.

II — жизненность удовлетворительная (угнетена) — растение угнетено, что выражается в меньших размерах взрослых особей, семенное размножение при этом невозможно.

III — жизненность неудовлетворительная (сильно угнетена) — растение угнетено так сильно, что наблюдается резкое отклонение в морфологическом облике взрослых растений (ветвлении, форме листьев и т. д.);

семенное размножение отсутствует (нет цветущих и плодоносящих побегов).

Результаты определения жизненности видов на ключевых участках заносятся в табл. 4, 6, 7 экопаспорта.

### **Определение обилия**

Для большинства травянистых растений, входящих в состав природных растительных сообществ, прямой подсчет особей или невозможен, или мало эффективен и лучшие результаты дает глазомерное установление относительного обилия видов с помощью условной шкалы.

1 балл — на пробной площадке отмечен только один экземпляр данного вида.

2 балла — экземпляры вида очень редки и неравномерно распространены.

3 балла — экземпляры вида рассеянно встречаются по всей пробной площадке.

4 балла — экземпляры вида встречаются обильно.

5 баллов — особи данного вида преобладают, часто смыкаясь своими надземными частями, образуя заросль (фон в сообществе).

Главные доминирующие виды обычно будут иметь оценку обилия в 4 — 5 баллов, но иногда, в очень пестром сообществе, главный вид может иметь обилие и в 3 балла.

Результаты определения обилия каждого вида заносятся в табл. 7 экопаспорта.

### **Определение типа растительного сообщества (ассоциации)**

Название ассоциации составляется по доминантным видам основных ярусов. Например, в древесном ярусе преобладает ель, а в травянистом — кислица; название такого фитоценоза — ельник-кисличник. При большом числе ярусов и нескольких доминантных видах в каждом из них названия удобнее записывать так: «липа+дуб — лещина — сныть + зеленчук» (доминанты одного яруса соединяются знаком «+», между ярусами ставится знак «—»).

### **Определение возобновления леса**

Возобновление леса является важной характеристикой, которая позволяет прогнозировать будущее лесного массива.

Определение возобновления производится следующим образом.

На ключевом участке закладываются пробные площадки 1 x 1 и 10 x 10 м, на которых производится подсчет всходов отдельных древесных пород. Отдельно отмечается количество самосева, однолеток, трехлеток и т. д. Данные заносятся в табл. 5 экопаспорта.

Делаются выводы о возобновлении изучаемого участка леса:

- преобладающие породы подроста;
- характер возобновления (семенное или вегетативное) для разных пород;
- прогноз развития фитоценоза.

### 5.1.2. Мониторинг лугового фитоценоза

Луга представляют собой сообщества многолетних травянистых растений. Луговые растительные сообщества распространены очень широко. Равнинные луга делятся на пойменные и суходольные. Суходольные луга возникают на водоразделах вне области действия речных систем (чаще всего в местах, где уничтожены леса) и орошаются только атмосферной влагой. Поэтому суходольные луга приурочены к зонам с влажным и прохладным летом, т. е. преимущественно к зоне лесов. Суходольные луга подразделяются на абсолютные суходолы, нормальные суходолы и низинные луга.

Абсолютные суходолы расположены обычно на возвышенных частях рельефа. Источником их увлажнения служат талые воды и атмосферные осадки. Здесь произрастают наиболее засухоустойчивые виды. Почвы кислые, с малым содержанием гумуса. Урожайность этих лугов невысокая.

Нормальные суходолы, или луга умеренного увлажнения за счет атмосферных осадков и грунтовых вод, расположены на водораздельных равнинах, на средних или нижних частях склонов. В почвах значительно больше гумуса. Здесь растут ценные в кормовом отношении растения.

Низинные луга приурочены к пониженным участкам рельефа, на местах выхода или постоянного подтока к поверхности грунтовых вод. Здесь накапливаются и атмосферные осадки. Почвы этих лугов обычно

богаты элементами питания, но вследствие повышенной влажности они труднодоступны растениям.

Пойменные луга подразделяются на три типа в зависимости от той области поймы (прирусловой, центральной или притеррасной), на которой они расположены.

Наилучшие условия увлажнения и отложения природного ила создаются на центральной пойме, поэтому на ней располагаются наиболее типичные и богатые сообщества заливных лугов. Прирусловая часть представляет собой область всхолмленных песков, характеризующихся хорошим стоком вод в реку. Здесь произрастают более засухоустойчивые виды растений. Притеррасная пойма, как правило, избыточно увлажнена и почти лишена плодородного ила. Здесь развиваются сообщества влаголюбивых растений.

Для описания фитоценоза луга закладываются ключевые участки размером 10 x 10 м, внутри которых для количественного учета закладываются три площадки 1 x 1 м или 8—10 площадок 0,5 x 0,5 м. При изучении влияния антропогенного фактора на луговые растительные сообщества опытный и контрольный участки выбираются на одинаковом типе почв с одинаковыми условиями влажности и освещенности.

В характеристику фитоценоза луга следует включить:

- географическое положение;
- тип луга;
- рельеф местности;
- тип почвы;
- условия увлажнения;
- наличие деревьев и кустарников;
- закочкаренность;
- ярусность травяного покрова;
- преобладающие виды растений.

Данные вносятся в табл. 9 экопаспорта.

### 5.1.3. Мониторинг фауны дугой

«Кошение» — один из основных методов изучения энтомофауны луга, позволяющий оценить численность беспозвоночных животных и их видовой состав.

Для «кошения» используется стандартный энтомологический сачок, изготовленный из прочной стальной проволоки диаметром 3 — 4 мм и капроновой ткани или мельничного газа (рис. 5.1, 5.2). Из проволоки изготов-



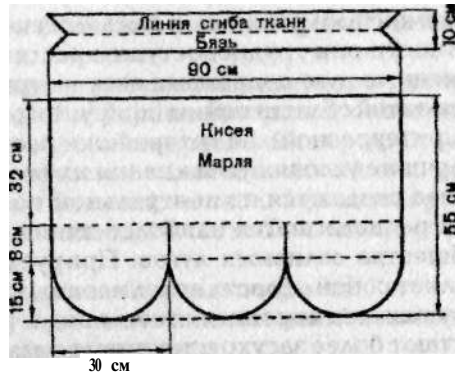


Рис. 5.1. Выкройка мешка энтомологического сачка

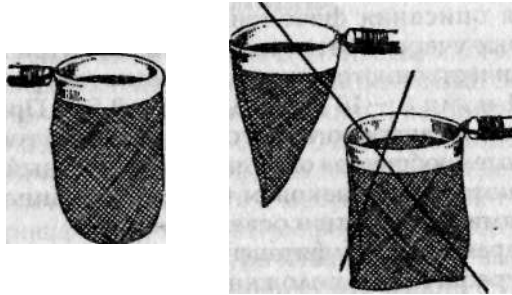


Рис. 5.2. Сачки правильной и неправильной формы

ливается кольцо, диаметром 30 см, которое крепят к палке длиной 120—130 см. Мешок изготавливают в форме цилиндра с закругленным дном. Глубина мешка должна быть в 1,5 раза больше диаметра обруча. Изготовленный мешок пришивается к обручу с помощью неширокой полосы прочной ткани, желательно капрона. «Кошение» проводят по траве по восьмеркообразной траектории сериями, по 10 взмахов в серии. Всего делается не менее 100 взмахов. После каждой серии взмахов сачок внимательно осматривают и достают из мешка всех попавших беспозвоночных животных. Пойманных животных помещают в морилку для усыпления насекомых. Морилку изготавливают из широкогорлой стеклянной банки емкостью от 200 до 300 мл. Банку закрывают плотно резиновой пробкой. На дно банки кладут кружок из фильтровальной бумаги и, для

того, чтобы насекомые не мяли и не пачкали друг друга, в банку помещают полоски бумаги, сложенные гармошкой. Для усыпления помещенных в морилку насекомых используют серный эфир или хлороформ, которые можно приобрести в аптечных магазинах. При отсутствии эфира и хлороформа можно использовать мелко нарезанные листья черемухи или очищенный бензин для зажигалок. Недостатком бензина является то, что насекомые становятся жесткими и их хуже расправлять при разборе, а также они быстро теряют свою естественную окраску и их труднее определять.

Для выборки мелких насекомых можно использовать эксгаустер, который изготавливается из небольшой стеклянной банки (можно использовать склянку из-под лекарств). Баночку закрывают пробкой, в которой пробочным сверлом проделывают два отверстия для стеклянных трубок, изогнутых в форме буквы «Г» (рис. 5.3).

На конец одной стеклянной трубки надевают резиновую трубку, конец которой берут в рот. Засасывая воздухом в эксгаустере создают разрежение, и через вторую трубочку насекомые засасываются в банку. Собранных насекомых усыпляют в морилке (рис. 5.4) и затем укладывают на ватные матрасики (рис. 5.5). Ватные матрасики изготавливают из листов писчей бумаги формата А4 и негигроскопичной ваты. Из бумаги делают подобие конверта путем складывания листа на три части. В конверт кладут тонким слоем вату и на нее раскладывают усыпленных насекомых. Поверх насекомых кладется этикетка, на которой указывается место сбора, дата, погодные условия и фамилия сборщика.

«Кошение» проводят в сухую теплую погоду в утренние и вечерние часы. При кошении необходимо Двигаться против солнца, чтоб не распугать своей тенью насекомых, сидящих на траве.

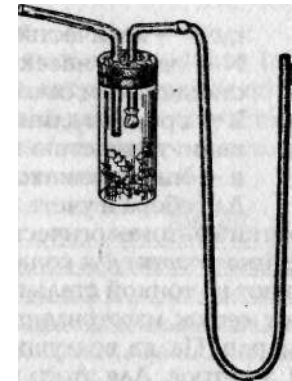


рис. 5.3. Эксгаустер (всасыватель)



Рис. 5.4. Морилка с пробкам и



Рис. 5.5. Ватный матрасик с насекомыми и лист с этикетками

Для расчета численности насекомых на единицу площади используется формула:

$$P = N / (D \times L \times n),$$

где  $P$  — количество насекомых на 1 квадратный метр,  $N$  — число насекомых, пойманных при кошении стандартным сачком,  $D$  — диаметр сачка (в метрах),  $L$  — средняя длина пути, проходимая обручем сачка по травостоя при каждом взмахе (в метрах),  $n$  — число взмахов сачком (Динесман, 1981).

Для сбора и учета летающих насекомых используют легкий энтомологический сачок. В отличие от ранее описанного сачка для кошения, воздушный сачок изготавливают из тонкой стальной проволоки, к кольцу пришивают мешок, изготовленный из газа, капронового тюля или марли. Палка воздушного сачка может иметь длину до 1,5 метров. Для этого можно использовать бамбуковую палку от удилища. К сожалению, учет численности при ловле в воздухе не удается, и приходится использовать его лишь для учета видового состава насекомых.

#### 5.1.4. Методика количественного учета птиц

##### 1. расчета плотности их населения

Для проведения количественных учетов птиц необходимо умение их определять по внешнему виду и голосам непосредственно в природе, а также умение вести полевой дневник, в котором аккуратно записываются данные наблюдений.

Наиболее приемлемым методом учета птиц является маршрутный учет, рассчитанный на обследование значительных территорий — площадью не менее од-

ного квадратного километра. Учетный маршрут в лесу следует проложить, используя квартальные просеки или лесную дорогу.

Во время учета наблюдатель идет по маршруту и фиксирует в полевом дневнике всех встреченных (увиденных и услышанных) птиц, независимо от расстояния до них. Скорость движения на маршруте должна быть достаточно низкой, чтоб можно было достаточно точно определять звуковые сигналы птиц и их видовую принадлежность. Не следует долго задерживаться на одном месте с целью прислушаться к пению птиц, это может повлечь ошибки в учете. Нормальной считается скорость 2 — 2,5 км/час во вне гнездовой период и 1,5 — 2 км/час.

Учеты лучше проводить в утренние часы в хорошую погоду.

#### Записи в полевом дневнике

В полевом дневнике отмечают: место учета (область, район, населенный пункт), дату, состояние погоды (облачность, температура, наличие или отсутствие ветра, высота снежного покрова, наличие снега на ветвях). Результаты учета заносятся в табл. 5.1.

Таблица 5.1.

Виды птиц	Тип леса	Количество особей
Большой пестрый дятел		
Большая синица		
..... и т.д.		

Для получения достоверных данных необходимо набрать достаточный «учетный километраж», т. е. пройти определенное расстояние, необходимое для получения корректных данных. Таким расстоянием может быть маршрут протяженностью не менее 5 километров в каждом обследуемом местообитании.

После окончания учетных работ проводят расчет плотности населения птиц. Расчет ведут для каждого из встреченных видов в отдельности.

#### 5.1.6. Методы учета млекопитающих по следам

Для определения численности, плотности и видового состава млекопитающих можно использовать метод зимнего маршрутного учета. Методика учета

основана на том, что среднее число пересечений учетным маршрутом следов животных учитываемого вида прямо пропорционально плотности населения этого вида. В свою очередь, число пересечений зависит от средней протяженности следов животных. Чем длиннее протяженность маршрутов передвижения животных, тем большая вероятность пересечений их с учетным маршрутом.

Для определения числа особей животных на единицу площади необходимо определить два показателя: 1) среднее число пересечений суточных следов учитываемых животных на единицу длины маршрута; 2) коэффициент, связанный с длиной суточного хода данного животного. Формула расчета населения для каждого отдельного вида животного выглядит следующим образом:

$$D = A \cdot K,$$

где  $D$  — плотность населения данного вида (особей на  $1 \text{ км}^2$ ),

$A$  — показатель маршрутного учета (количество следов на  $1 \text{ км}$  маршрута),

$K$  — пересчетный коэффициент, связанный с длиной суточного хода животного в период учета на данной территории.

Пересчетные коэффициенты для разных видов животных ( $K$ ) приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2.

Пересчетные коэффициенты зимнего маршрутного учета

Виды животных	животных	
	Северная зона	Средняя полоса
Белка	4,5	5,2
Волк	0,11	0,1
Заяц – беляк	1,2	1,2
Заяц – русак	0,6	0,6
Кабан	0,6	0,55
Косуля	0,69	0,64
Куница	0,6	0,7
Лисица	0,23	0,21
Лось	0,85	0,75
Олень благородный	0,68	0,68
Рысь	0,22	0,22
Хорек	0,8	0,7

Данная таблица приводится по материалам Центра Госохотучета РФ.

По методике, принятой в охотничьем хозяйстве, учеты следует проводить в течение периода с 25 января по 10 марта: в начале, в середине и в конце этого периода. Это обусловлено тем, чтобы средние данные учета следов соответствовали среднесуточной активности животных в учетный период.

Работа по учету животных проводится в два дня. В первый день учетчик, проходя по маршруту, затирает хвойными ветками все пересекающиеся следы, чтобы на следующий день учесть только свежие следы. Затирка производится просто, для этого к поясу учетчика привязывается длинная широкая ветка ели или сосны, конец которой волочится по снегу. При движении по маршруту за учетчиком образуется следовая полоса, скрывающая все следы животных. Тропы зверей придется засыпать снегом, а встреченные следы волка и росомахи следует сразу записать в полевую книжку (они на следующий день могут отсутствовать, в связи с большими охотничьими участками этих хищников).

Во второй день учетчик проходит по тому же маршруту, отмечает в записной книжке все новые следы, пересекающие учетный маршрут, с указанием вида и количества животных, оставивших следы. Если зверь, подойдя к тропе, повернул от нее, то такой след учитывается как одно пересечение тропы. При обнаружении тропы, по которой прошла группа животных, желательно проследить по тропе до места, где следы расходятся, и по ним определить число особей в группе.

Длина маршрута измеряется при его прохождении или устанавливается заранее по ориентирам на местности. Лучшим способом измерения длины маршрута является измерение по крупномасштабной топографической карте или картосхеме охотничьего хозяйства. На карту наносят маршрут и его длину измеряют с помощью линейки или курвиметра.

После завершения маршрутного учета исполнитель заполняет «Карточку зимнего маршрутного учета Животных».

**Карточка зимнего учета животных**

Область (край, республика) \_\_\_\_\_  
 Район \_\_\_\_\_ Маршрут № \_\_\_\_\_  
 Охотничье хозяйство (заказник) \_\_\_\_\_  
 Лесхоз \_\_\_\_\_ Лесничество \_\_\_\_\_  
 Ближайший населенный пункт,  
 имеющий отделение связи \_\_\_\_\_  
 Индекс отделения связи \_\_\_\_\_  
 Учет следов на маршруте проводил (Ф.И.О.) \_\_\_\_\_  
 Место работы, учебы \_\_\_\_\_  
 Дата затирки \_\_\_\_\_ Начало затирки \_\_\_\_\_ Окончание \_\_\_\_\_  
 Дата учета \_\_\_\_\_ Начало учета \_\_\_\_\_ Окончание \_\_\_\_\_  
 Дата последней пороши \_\_\_\_\_  
 Высота снежного покрова (см) \_\_\_\_\_  
 Характер снега (подчеркнуть) *Рыхлый, плотный, с коркой, наст.*  
 Погода в день затирки: температура (от - до) \_\_\_\_\_ Осадки \_\_\_\_\_  
 Ветер (сила и направление) \_\_\_\_\_  
 Погода в день учета: температура (от - до) \_\_\_\_\_ Осадки \_\_\_\_\_  
 Ветер (сила и направление) \_\_\_\_\_  
 Длина маршрута: \_\_\_\_\_ км.  
 Из них по лесу \_\_\_\_\_ км.  
 По полю \_\_\_\_\_ км ,  
 По болоту \_\_\_\_\_ км

Подпись учетчика \_\_\_\_\_ Дата заполнения карточки \_\_\_\_\_

**5.11 Мониторинг зеленых насаждений населенного пункта**

Согласно Закону РФ «Об охране окружающей природной среды» (1992), зеленые зоны городов и населенных пунктов относятся к особо охраняемым природным территориям. Растительность на улицах городов, поселков рассматривается, прежде всего, с точки зрения улучшения среды жизни для человека в гигиеническом и эстетическом отношениях. Растения обогащают воздух кислородом, увлажняют и очищают его, способствуют снижению шума, влияют на микроклимат территории. Известно, что основные экологические факторы в населенных пунктах, особенно в городах, существенно отличаются от тех, которые влияют на растения в естественной обстановке. Загрязнение воздуха, воды, почвы оказывает влияние на физиологические функции растений, их внешний облик, состояние, продолжительность жизни, генеративную сферу-

Вещества-токсиканты адсорбируются на клеточных оболочках растений, проникают внутрь клеток, нарушают обмен веществ; в результате резко снижается фотосинтез, усиливается дыхание. Обычно признаки поражения растений токсикантами выражаются в некрозе края листа, побурении листьев и хвои, появлении уродств, отмирании. Пыль, оседающая на листья, действует как экран, снижающий доступ света и усиливающий поглощение тепловой радиации. Кроме того, возможна закупорка листьев пылевыми частицами. Загрязнение почвы и вод нефтепродуктами вызывает разные этапы повреждения растений — от отсутствия завязывания семян и отмирания отдельных органов до полной гибели.

Среди растений есть виды чувствительные к загрязнению среды и есть более выносливые.

Наиболее газоустойчивы: туя западная, клен ясенелистный, бузина, тополь канадский, сирень амурская, снежеягодник белый, боярышник.

Достаточно газоустойчивы: барбарис, жимолость татарская, роза морщинистая, сирень венгерская, спирея, смородина золотистая, яблони ягодные и китайская, калина-гордовина, чебушник, ракитник, ель колючая.

Негазоустойчивы: ель, пихта, кедр, можжевельник, клен остролистный, береза, тополь бальзамический, сирень обыкновенная, черемуха обыкновенная.

Выполнение работ по инвентаризации зеленых насаждений дает возможность оценить антропогенную нагрузку на территории. При выполнении работы учащиеся овладевают научными методами исследования, знакомятся с видовым составом растений, их биологией и экологией. Полевые исследования желательно проводить в весенне-летний вегетационный период.

Этапы работы.

**I. Подготовительный этап:**

- 1) постановка цели и задач обследования;
- 2) подготовка материалов и оборудования для проведения полевых работ (планшеты, карандаши, линейки, резинки, компасы, мерные ленты, рулетки, мерные вилки, веревка, бумага);
- 3) знакомство с объектом обследования;
- 4) составление плана-карты объекта обследования (парка, сквера, бульвара, улицы и т. д.).

## II. Проведение обследования

При проведении обследования учащиеся пользуются инструкцией, где определен порядок работы и форма фиксации результатов.

### ИНСТРУКЦИЯ

#### по инвентаризации зеленых насаждений

1. Для проведения полевых работ снимается копия плана объекта.
2. Инвентаризируемый объект разделяется на условные учетные участки.
3. На каждом учетном участке проводятся измерения расстояний между деревьями, определяется их положение относительно друг друга, зданий, газонов, тротуаров и т. д. в соответствии со сторонами горизонта. Деревья наносятся на план-карту участка, каждому дереву, кустарнику или группе кустарников присваивается порядковый номер в пределах учетного участка.
4. В полевой дневник записывается дата обследования, номер учетного участка и следующие данные:
  - а) вид насаждений (рядовая, групповая посадка, одиночные экземпляры);
  - б) номер дерева (кустарника);
  - в) порода (род, вид);
  - г) диаметр ствола дерева на высоте 1,3 м (в см);
  - д) состояние насаждений.
5. Состояние насаждений определяется по признакам:
  - «хорошее» — насаждения здоровые, с хорошо развитой кроной, без существенных повреждений;
  - «удовлетворительное» — насаждения здоровые, но с неправильно развитой кроной, со значительными, но не угрожающими их жизни ранениями или повреждениями, с дуплами и др.;
  - «неудовлетворительное» — насаждения с неправильной и слабо развитой кроной, со значительными повреждениями, ранениями, зараженностью болезнями или вредителями угрожающими их жизни.
6. Форма записи результатов обследования в полевом дневнике.

Дата обследования \_\_\_\_\_

Номер учетного участка \_\_\_\_\_

Вид насаждений (рядовая, групповая посадка)	Номер дерева	Порода (род, вид)	Диаметр, см (на высоте 1,3 м)	Кол-во стволов	Состояние			Примечание (повреждения, особые признаки и др.)
					→	8 x 2 ft	1 1/2 ft	

## III. Обработка материалов обследования

1. На основании рабочих карт учетных участков составляется общая карта зеленых насаждений объекта. При наличии технической возможности эту работу рекомендуется выполнять при помощи компьютерной геоинформационной системы.
2. По данным полевых дневников составляется паспорт объекта озеленения, в который включаются результаты обследования по форме, приведенной на табл. 5.3. Кроме того, по этим данным составляется сводная таблица, содержащая сведения об общем количестве деревьев по породам, диаметрам и состоянию (табл. 10 экопаспорта).

Таблица 5.3.

Паспорт зеленых насаждений объекта \_\_\_\_\_

Дата обследования \_\_\_\_\_

№ по порядку	№ учетного участка	Вид насаждений	№ дерева на участке	Порода	Диаметр, см (на высоте 1,3 м)	Количество, шт.	Состояние			Примечание
							Хорошее	1 > 5	Неудовлетворительное	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

3. Анализ полученных результатов, формулировка выводов и обобщений, рекомендации и предложения.

Инвентаризация зеленых насаждений населенного пункта является началом экомониторинга селитебной территории с помощью растений. Материалы исследований могут быть подвергнуты компьютерной обработке, что повышает практическую значимость исследования. На рис. 5.6 приведен фрагмент карты городского парка, построенной по результатам компьютерной обработки материалов инвентаризации зеленых насаждений.

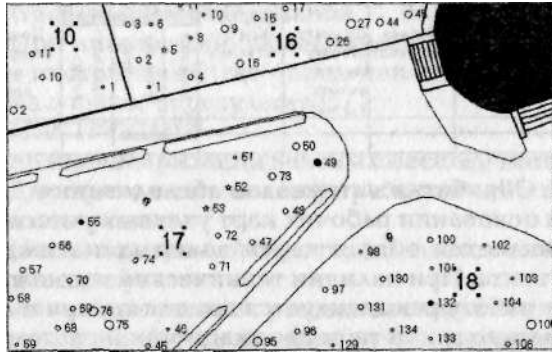


Рис. 5.6. Фрагмент компьютерной карты городского парка

## И 5.2. Дополнительные методы

### 5.2.1. Фенологические (сезонные) наблюдение 18, 101

Фенологические (сезонные) наблюдения жизнедеятельности живых организмов и природной среды — одна из существенных составных частей биомониторинга.

Фенология — это система знаний о закономерностях сезонного развития природы. Изменчивость сроков наступления сезонных явлений, ее закономерности составляют главный предмет изучения фенологии. Многолетняя повторяемость наблюдений определяет основу метода фенологии. Сроки наступления сезонных явлений зависят от физико-географических условий, а иногда — от антропогенного фактора (феноаномалии).

Для получения объективного представления об особенностях сезонного развития природы отдельных территорий составляются геосистемные **программы фенологических наблюдений**, учитывающие их географическую специфику. Такие программы состоят из 4 разделов: гидрометеорологические явления; явления в мире растений; явления в мире животных; сельскохозяйственная фенология.

Существуют программы наблюдений, имеющие специализированный характер. Они включают лишь те объекты и явления, учет которых должен обеспечить решение

конкретной задачи. Например, составление программы, а затем по многолетним наблюдениям по ней — календаря лесовода, грибника, рыбоведа, пчеловеда и т. д.

#### Наблюдения

за гидрометеорологическими явлениями

Для получения общих представлений о гидрометеорологических явлениях можно пользоваться данными метеостанций и метеоплощадок при школах. Рекомендуется отмечать даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха в весеннее время через  $-5, 0, 5, 10$  градусов.

При наблюдениях необходимо отмечать сроки следующих метеоявлений.

*Замерзание реки (название).* Отмечается день, когда движение льда полностью прекратилось.

*Установление постоянного снежного покрова.* Отмечается день, когда выпал снег и до весны не растаял. Отметить этот день можно лишь путем систематических наблюдений за предзимними снегопадами.

*Появление первых проталин на полях.* Отмечается дата, когда впервые на открытых участках среди снежного покрова стали хорошо заметными пятна обнаженной земли.

Начало интенсивного таяния снега.

*Вскрытие реки (название).* Записывается день обнаружения крупных трещин на льду.

*Начало ледохода.* Впервые замечают, что измельченные льдины сплошным потоком идут по реке (на крупных реках).

*Конец ледохода.* Река полностью освободилась ото льда.

*Исчезновение сплошного снежного покрова.* Полный сход снежного покрова на открытом месте.

*Первая гроза.* Электрические разряды в атмосфере в виде молний, сопровождающиеся громом. Указывается, была ли гроза близкой или отдаленной. От сильно удаленных гроз могут доноситься только приглушенные раскаты грома.

*Первый заморозок в воздухе.* Определяется в утренние часы по наличию инея или по появлению ледяной корки на мелких лужах.

*Первый снежный покров.* Отмечается дата снегопада, образовавшего сплошной снежный покров хотя бы на несколько часов. Мокрый снег или снег с дождем, не образующие сплошного покрова, в расчет не принимаются.

### **Наблюдения за растениями**

*Деревья и кустарники.* Выбирают наиболее часто встречающиеся в данной местности виды. Они должны быть указаны в программе.

На постоянно наблюдаемые деревья или кустарники рекомендуется повесить заметные этикетки. Деревья должны быть здоровыми и нормально развивающимися. Наблюдения будут только тогда иметь определенную научную и практическую ценность, если будут проводиться из года в год на одних и тех же экземплярах растений, по единой программе и методике. Не менее ценны они будут и в том случае, если их проводить на правильной основе во время экскурсий и турпоходов. В этом случае на протяжении маршрута отмечается состояние растений и животных. Изменения состояния деревьев и кустарников хорошо заметны по сезонам года.

Весной и летом рекомендуется наблюдать следующие явления.

*Сокодвижение у березы.* Начало сокодвижения отмечается по появлению из раны капельки сока. Оно начинается у березы бородавчатой, когда дневная температура перейдет через 5 градусов. Необходимо обращать внимание школьников на недопустимость глубоких порезов стволов, так как обильное течение сока ослабляет растение.

*Набухание почек* — появление на почечных чешуйках в результате их роста более светлых полосок, уголков, пятнышек.

*Распускание почек* — появление кончиков листьев между чешуйками.

*Развертывание первых листьев* — почки раскрылись, листочки стали разворачиваться, но листовые пластинки еще не разгладились. Лиственные леса в этот период издали кажутся подернутыми «зеленой дымкой».

*Начало цветения* — высыпание пыльцы из лопнувших пыльников при дуновении ветра или встряхива-

нии ветки у ветроопыляемых растений (ольха, лещина, тополь, осина, ясень, береза, ель, сосна, лиственница, дуб, облепиха и др.). У растений с хорошо выраженным околоцветником (вишня, груша, яблоня, черемуха, боярышник, рябина, липа и др.) началом цветения считается появление на 2 — 3 экземплярах нескольких первых цветков с вполне раскрывшимся венчиком.

*Конец цветения* — на растениях не осталось раскрытых цветков, лепестки завяли и осыпаются; у ветроопыляемых растений соцветия перестали выделять пыльцу и в массе опадают.

*Плодоношение.* У растений с сочными плодами (вишня, смородина, малина, черемуха, рябина, груша, яблоня и др.) плоды считаются созревшими, если они становятся мягкими, приобретают определенную окраску, становятся съедобными. У пород с сухими несъедобными плодами определить на глаз созревание трудно. Поэтому наблюдают их рассеивание. Появление, например, семян ели на снегу и является признаком их рассеивания.

*Массовое плодоношение* — момент, когда возможен сбор плодов и семян для хозяйственных целей.

Деревья и кустарники осенью отличаются следующими явлениями.

*Начало раскраски листьев* — дата, когда были замечены первые по-осеннему раскрашенные листочки (хвоинки) или целые веточки (прядки).

*Начало листопада* — день опадения первых по-осеннему окрашенных листьев или хвои.

*Полная раскраска листьев* отмечается датой, когда все листья приобрели осеннюю окраску. Небольшое количество зеленоватых листьев во внимание не принимается.

*Конец листопада* — день, когда крона дерева или кустарника полностью обнажилась. Небольшая часть листьев на вершинах крон в расчет не принимается.

### **Наблюдения за сельскохозяйственными культурами**

Отмечают сроки прохождения основных фаз, а также таких сельскохозяйственных работ, как начало пахоты, начало сева зерновых культур и их уборки, сроки посадки и уборки картофеля, дату начала сенокоса.

Минимальное количество растений, которое требуется осмотреть для определения процента вступивших в ожидаемую фазу — 40. Подсчеты проводят так: в четырех местах участка просматриваются подряд 10 растений, не отличающихся от окружающих по своему общему состоянию, и отмечается, сколько из них вступило в ожидаемую фазу. Количество вступивших в фазу из каждого десятка суммируется, после чего вычисляется процент этой суммы от 40. Началом фазы считается ее появление у 10% растений.

Отмечают следующие фазы сезонного развития.

*Появление первых всходов.* На поверхности почвы наблюдаемого участка поля появляются первые развернувшиеся листочки, ростки или семядоли культуры.

*Массовое появление всходов* — появление всходов на большей части участка.

*Начало колошения.* Отмечается в день, когда у 10% растений колосья наполовину выдвинулись из влагалищ верхних листьев.

*Массовое колошение* — появление колосьев на большинстве развитых стеблей.

*Начало цветения у злаков* — снаружи колосьев на отдельных растениях в разных концах поля появляются лопнувшие пыльники.

*Начало созревания и массовое созревание семян:* молочная спелость — зерно достигает размеров спелого, зеленой окраски, легко раздавливается пальцами; восковая спелость — зерно становится желтым, содержимое его при раздавливании извлекается с трудом, легко скатывается в шарик и почти не прилипает к коже, режется ножом как воск и при сгибании сначала дает изгиб, а затем ломается; полная спелость — зерно твердое, не изгибается, а содержимое оболочки не выдавливается.

Ниже приводим шкалы глазомерных количественных оценок.

I) Шкала глазомерной оценки обилия цветения:

- 0 — означает, что в год наблюдений данное растение не цвело;
- 1 — цветение очень слабое. Цветки имеются лишь у отдельных растений данного вида;
- 2 — цветение слабое. Небольшое количество цветков у многих растений данного вида;

- 3 — цветение среднее. Умеренное количество цветков у многих растений данного вида;
- 4 — цветение хорошее. У большинства растений много цветков;
- 5 — цветение очень хорошее. Очень большое количество цветков у подавляющего большинства растений данного вида.

II) Шкала глазомерной оценки плодоношения ягодников (оценка производится до начала массового созревания ягод):

- 0 — неурожай. Ягод практически нет;
- 1 — очень плохой урожай. Единичные ягоды встречаются очень редко. Большая часть ягодников без ягод;
- 2 — слабый урожай. Единичные ягоды или небольшие группы их встречаются довольно часто, но большинство участков ягод не имеет;
- 3 — средний урожай. Местами имеется значительное количество ягод, но большинство участков имеет единичные ягоды или вовсе лишены их;
- 4 — хороший урожай. Участки с большим количеством ягод занимают не менее половины встречающихся площадей ягодников, участки с неурожаем или слабым урожаем редки;
- 5 — очень хороший урожай. Повсеместно обильное плодоношение.

III) Шкала глазомерной оценки урожая шишек, плодов и семян деревьев и кустарников:

- 0 — полный неурожай. Шишек, плодов и семян нет;
- 1 — очень плохой урожай. Шишки, плоды и семена в очень небольшом количестве на единичных экземплярах растений;
- 2 — слабый урожай. Равномерное и удовлетворительное плодоношение на большинстве экземпляров растений;
- 3 — средний урожай. Плоды и семена в значительных количествах на свободно живущих растениях и в удовлетворительных количествах на растениях в насаждениях;
- 4 — хороший урожай. Хорошее плодоношение у большинства растений;



- 5 — отличный урожай. Обильное плодоношение почти у всех растений.
- IV) Шкала глазомерной оценки урожая съедобных грибов (оценка производится по окончании грибного сезона):
- 1 — полный неурожай. Грибов данного вида не было;
  - 2 — плохой урожай. Сбор грибов очень мал. Встречались только в исключительно благоприятных для них местах;
  - 3 — средний урожай. Грибы встречались всюду, но в небольшом количестве;
  - 4 — хороший урожай. Грибы встречались в большом количестве. Наблюдались повторные «слои»;
  - 5 — очень хороший урожай. Большой и продолжительный сбор грибов. Массовое их появление наблюдалось неоднократно в течение лета и осени.

### **Наблюдения за животным миром**

*Насекомые.* Прямой практический интерес вызывают наблюдения за насекомыми медоносами и опылителями, а также насекомыми-вредителями сельскохозяйственных растений. Наблюдения насекомых ведутся параллельно с наблюдениями растений. Необходимо фиксировать следующие периодические явления.

Появление взрослых особей (имаго). Первое появление (начало активности имаго) — замечены первые подвижные особи данного вида в местах его обычного пребывания. Массовое появление — резкое увеличение численности особей вида.

Начало откладки яиц — день обнаружения первого яйца или кладки яиц.

Начало отрождения личинок — день обнаружения личинок.

Начало окукливания — дата первого обнаружения куколок данного вида насекомых.

*Птицы.* В рамках рекомендуемой программы требуется в основном установление дат прилета (пролета) и отлета птиц.

Для наблюдения за птицами выбираются специальные маршруты, ежегодно посещаемые в нужные периоды (во время перелетов, зимних наблюдений). Для рано прилетающих птиц — это речные долины, поля,

опушки леса, сады, парки. Наблюдения лучше всего вести в утренние часы (птицы активны и поют чаще). Первых рано прилетающих птиц надо ждать с появлением первых признаков весны — потеплением воздуха и появлением первых проталин на южных склонах. Наблюдения за отлетом и осенним пролетом птиц надо начинать с августа.

Начало прилета или отлета — замечены первые единичные особи или первая пролетная группа (стая) энног вида. Отмечать можно и по голосу (песня аворонка, кукование кукушки, песня соловья). Массовый прилет или пролет — численность птиц данного вида резко увеличилась.

Отлет (пролет). Для стайных пролетных птиц (гуси, журавли и др.) отмечаются даты начала (первая пролетная стая), массового пролета (день наибольшего количества пролетных стай) и его окончание (день, после которого пролетные стаи больше не встречались).

### **Некоторые рекомендации к фенологической работе**

Классическим методом фенологических наблюдений, доступным школьникам, является визуальное наблюдение, проводимое на выделенных участках. Именно с выбора участка или фенологической тропы (маршрута не менее нескольких сот метров) и начинается организация фенонаблюдений. Размер участков: для полевых культур — площадь 1 га, на лугу — 5 х 5 м, в саду — ряд деревьев или кустарников не менее 5 экземпляров одного сорта; в лесу — площадь с 15 — 20 деревьями, произрастающими в сходных экологических условиях.

Участок или маршрут должен иметь возможность его частого посещения в течение года или многих лет (например, от дома до школы), потому что регулярность наблюдений — важнейшее условие для получения точных фенодат. Участок должен быть типичным для окружающей местности по рельефу и растительности. Предпочтительнее вести наблюдения над популяциями, а не над единичными экземплярами. За начало явления, фазы рекомендуется принимать день, когда в фазу вступило 5— 10% состава популяции. За начало массового наступления фенофазы принято считать тот момент, после которого в фазу вступило не менее 40 — 50%

состава популяции. Окончание фенофазы — все особи популяции прошли соответствующую фазу развития.

Наблюдения рекомендуется проводить по сезонам года, и в сезон — как можно чаще (не реже одного раза в 2 — 3 дня), лучше в утренние часы, когда зацветает большинство растений и наиболее жизнедеятельные птицы.

Результаты фенологических наблюдений записываются в фенологический дневник по форме: название географического пункта, число и месяц, наблюдаемые явления, примечание. Например: г. Киров, 9.VI.2005 г. Начало зацветания шиповника.

Нужно стремиться к тому, чтобы записи в дневнике были точными. Для изучения лучше выбрать меньше объектов, но провести более тщательно все нужные наблюдения. Можно распределить маршруты и объекты между группами фенологов, и тогда легче выполнять запланированную программу.

Материалы по итогам наблюдений в природе вносятся также в школьный экологический журнал. Особо важные сведения включаются в экопаспорт. Общеобразовательная школа как постоянно действующий фенологический пункт должна поддерживать связь с опорной школой, региональным центром школьного экомониторинга, а также с областным феноцентром. Школьный кружок в установленные сроки должен заполнять соответствующий раздел экопаспорта микрорайона школы. Результаты фенонаблюдений следует вносить в школьный журнал экологических исследований, который может храниться у руководителя экологического совета школы.

### Проверка и исправление исходных данных

В силу разных причин некоторые фенодаты, в особенности в первые годы наблюдений, могут оказаться ошибочными. Чаще всего ошибки бывают от недостаточной опытности наблюдателя, стремления быть первыми в наблюдениях. Все ошибочные, то есть сомнительные даты, должны быть отбракованы, так как в противном случае они внесут искажения в составление календаря природы. Очень резкое выделение какой-либо даты в ряду аналогичных дат многолетнего ряда всегда вызывает сомнение.

Существует несколько способов проверки правильности фенодат.

1. Надо сравнить положение проверяемой даты в ряду с ее положением в наблюдениях других лет (если они имеются). Например, если отмечена дата прилета грачей в одном из наблюдаемых лет 1 марта, а в другие годы 17, 21, 18, 19, 20 марта, то, естественно, дата «1 марта» вызывает сомнение и в расчет не принимается.
2. Какая из дат неправильна, определяется сопоставлением ее с близкими датами методом интервалов. Есть правило: «в пределах однородных экологических групп сезонных явлений интервалы между следующими друг за другом явлениями в данной географической местности менее изменчивы, чем ежегодные календарные даты их наступления». Примеры такого сравнения: желтая акация зацветает раньше рябины или в близкие с рябиной сроки, но не позже ее; грачи не прилетают позже жаворонков и т. д.
3. Географический метод: сопоставление рядов одного феноявления в двух разных географических пунктах в сходной местности, но при этом один пункт из двух должен быть предварительно хорошо выверен.

Если начало одного и того же явления природы в одной и той же местности разными фенологами отмечается в разные сроки, то для фенологического годового обзора выбирается наиболее ранняя из указанных, но выверенная дата.

Обработка и использование результатов фенологических наблюдений

По окончании каждого периода и сезона можно подвести итоги движения весны, лета, осени, зимы; установить, например, был ли данный период благоприятным для развития сельскохозяйственных культур, для сельскохозяйственных работ; сравнить ход периода или сезона с предыдущим годом. Если данные собирались в течение трех или более лет, то можно составить **календарь природы** (список сезонных явлений, расположенных в порядке их наступления с установлением средней, наиболее ранней и наиболее поздней дат).

Различают календари природы отраслевые и календари, характеризующие сезонную динамику геосистемы в целом. Отраслевые календари содержат све-

дения о многолетних средних сроках наступления в данном районе сезонных явлений, работ и мероприятий, связанных с одной из отраслей народного хозяйства (например, календарь полевода, лесовода, пчеловода и т.д.). Календари природы, характеризующие природную динамику местного ландшафта в целом, обычно называются просто календарями природы.

Важной датой в календаре является средняя дата. Чтобы получить ее, нужно сложить даты наступления интересующего явления за все годы наблюдений, если оно в эти годы происходило в одном месяце, и полученную сумму разделить на количество лет. Приведем пример: зацветание шиповника коричневого в г. Кирове за период с 1990 по 1996 год происходило в июне в следующие числа — 12, 10, 13, 14, 12, 15, 9. В сумме эти числа составляют 85. Полученную сумму делим на число лет наблюдений, т. е. на 7, получается 14,3. Значит, средняя дата зацветания шиповника в г. Кирове — 14 июня.

Чем больше лет наблюдений, тем точнее средняя дата. Если ряд суммируемых дат относится не к одному, а к 2 (иногда 3) календарным месяцам, то нужно перейти к единому исчислению. Вычислим, для примера, среднюю дату прилета скворца. За последние 6 лет скворцы прилетали в пункт N в следующие числа: 27.III, 5.IV, 4.IV, 5.IV, 27.III, 27.III. Складываем сначала даты прилета скворцов в марте:  $27 + 27 + 27 = 81$ . К каждой дате апреля прибавляем по 31 дню, т. к. в марте 31 день; получаем:  $(5 + 31)4 - (4 + 31) + (5 + 31) = 107$ . Складываем обе суммы, получаем:  $81 + 107 = 188$ . Эту сумму нужно разделить на 6 (количество лет наблюдений) получаем 31,3. Значит, средняя дата прилета скворцов в N за шестилетний период наблюдений — 31 марта. Средние даты, вычисленные для каждого явления, располагают в хронологическом порядке и соответственно этому порядку размещают ряды фактических дат за все годы наблюдений, выделив крайние — самую раннюю и самую позднюю. Это и будет календарь природы населенного пункта, содержащий разностороннюю информацию о ходе сезонного развития местной природы.

Календарь природы данной местности, если он правильно составлен и содержит большое количество объектов, имеет большое значение и может быть использован для разных целей (учебных, научных, прак-

тических). С помощью календаря природы возможно фенопрогнозирование. Оно строится на основе анализа изменчивости феноинтервалов.

### Фенологический год

Для удобства изучения фенологических явлений в каждой природной зоне год делят на сезоны, сезоны — на периоды. Так, например, для лесной зоны северо-востока европейской территории России (Кировская область) схема фенологической (естественной) периодизации года имеет следующий вид.

**Зима.** Первозимье (с ледостава на крупной реке). Среднезимье (с установления ледовой переправы через реку). Предвесенье (с первой капели с крыш в морозный день) — начало нового фенологического года.

**Весна.** Снежная весна (позимье — с начала интенсивного таяния снега). Пестрая весна (с появления проталин на ровных местах). Голая весна (оживление весны — с полного освобождения полей от снега и вскрытие крупной реки). Зеленая весна (разгар весны, пролетье — с зеленения черемухи).

**Лето.** Перволетье (с зацветания шиповника коричневого). Полное лето (краснолетье — с зацветания липы). Спад лета (с начала созревания ягод брусники и появления первых желтых листьев у лип).

**Осень.** Начальная осень. Первоосень (с появления желтых листьев у большинства деревьев и кустарников). Золотая осень (с образования полной осенней окраски у большинства деревьев и кустарников). Глубокая (голая) осень (с окончания листопада у большинства деревьев и кустарников). Предзимье (с окончания листопада у сирени и лиственницы).

### Программа (примерная) фенонаблюдений для школьников

Предлагаемая программа составлена с учетом возможности ее выполнения школьниками. Она включает сравнительно небольшое количество хорошо заметных объектов и явлений лесной зоны. Программа может быть расширена и дополнена руководителями экологической работы школы в соответствии с физико-географическими условиями и хозяйственной деятельностью человека на данной территории.

**Зима.** Замерзание реки (название). Установление снежного постоянного покрова. Первая капля с крыш в морозный день. Первая песня большой синицы («чи-чи-ку... чи-чи-ку» или «ци-фи... ци-фи»). Массовое осыпание семян липы. Массовое осыпание семян ели. Массовое осыпание семян сосны. Первая барабанная дробь дятла.

**Весна.** Появление «барашков» на иве. Появление воронок на снегу около деревьев. Появление первых проталин на полях. Прилет передовых грачей. Грачи сели на гнезда. Начало интенсивного таяния снега. Прилет передовых скворцов. Первая песня жаворонка. Начало сокодвижения у березы. Появление бабочки-крапивницы. Первые стаи уток-крякв. Исчезновение сплошного снегового покрова. Прилет первых трясогузок. Начало цветения мать-и-мачехи. Появление комаров-толкунов. Вскрытие реки (название). Начало ледохода. Первые стаи гусей. Конец ледохода. Первые стаи журавлей. Зацветание ольхи серой. Появление бабочек-лимонниц. Появление клопов-солдатики. Появление дождевых червей на поверхности почвы (оставляют кучки экскрементов). Появление муравьев на муравейниках. Начали урчать бурые травяные лягушки. Появление икры лягушек. Появление шмелей. Начало выставки ульев на пасеку. Начало весенней пахоты. Зеленение (начало вегетации) озимых. Первое кукование кукушки. Начало сева ранних зерновых культур. Зацветание (пыление) осины. Набухание почек сирени, березы, лиственницы, тополя, рябины, липы. Распускание почек сирени, черемухи, лиственницы, рябины, акации, липы. Зеленение крыжовника (развертываются листочки, но еще не расправились), черной смородины. Зацветание фиалки холмовой (душистой). Первая гроза. Зеленение черемухи ранней, сирени, березы, рябины, лиственницы, тополя, яблони, акации желтой, липы. Выгон скота на пастбище. Зацветание тополя, лиственницы, березы, черемухи ранней, вишни (сорт), акации желтой, яблони (сорт), сосны, черемухи поздней, сирени, рябины, бузины, Зацветание калужницы, одуванчика, сурепки, кислицы заячьей, земляники, черники, брусники, купальницы. Зацветание крыжовника, смородины красной, смородины черной. Появление майских жуков. Первая песня соловья. Прилет ласточек-касаток, городских и

береговых, стрижей. Появление комаров-кусок. Первый крик коростеля (монотонный, скрипучий). Вылет стрекоз.

**Лето.** Зацветание шиповника. Появление слепней. Пожелтение полей от лютика едкого. Зацветание поповника (или ромашки луговой), появление боярышниц (крупной бабочки с белыми полупрозрачными крыльями с черными жилками). Вылетели птенцы у скворца. Зацветание тимopheевки. Тополь начал «пушить». Зацветание ржи озимой, василька синего во ржи. Вылет крупных стрекоз (коромысло большое, коромысло голубое и др.)- Первый сбор маслят. Первые плоды земляники. Первый сбор подберезовиков (обабок). Появление жуков-светляков. Зацветание иван-чая. Застрекотали кузнечики. Первый сбор подосиновиков (красноголовиков). Начало сенокоса. Зацветание липы. Первый сбор белых грибов, рыжиков, груздей. Первые плоды смородины красной, черники, смородины черной, малины лесной, черемухи, костяники, брусники. Начало уборки озимой ржи.

**Осень.** Первые желтые листья на березах, липах, черемухах, рябинах, тополях, осинах. Появление желтых листьев на большинстве деревьев и кустарников. Начало листопада у липы, черемухи, березы, осины, тополя. Первые стаи журавлей на пролете. Появление летающей паутины. Первые стаи гусей на осеннем пролете. Появление свиристелей. Первые стаи уток на пролете. Первый заморозок в воздухе. Полная осенняя окраска листвы у липы, рябины, черемухи, тополя, березы, осины. Полная осенняя окраска у большинства деревьев и кустарников (исключая сирень, лиственницу, подрезанные тополя). Появление сорок около жилья. Начало пожелтения хвои у лиственницы. Окончание листопада у липы, черемухи, тополя, осины, рябины, березы. Последняя стая журавлей, скворцов, гусей, грачей, уток. Окончание массового листопада у большинства деревьев и кустарников. Начало листопада у лиственницы, сирени, первый снежный покров. Прекращение выпаса в поле. Окончание листопада у сирени, у лиственницы.

Каждый регион имеет свой календарь основных фенологических дат. Для северо-востока Европейской части России характерны индикационные явления наступления сезонов и периодов фенологического года, которые приведены Р табл. 5.4. Если в школе проводят-

ся фенологические наблюдения, данную таблицу можно заполнить и приложить к экопаспорту.

Таблица 5.4.

Основные фенологические даты по сезонам \_\_\_\_\_ года

Сезоны и периоды Фенологического года	Сезонные явления	Даты
Предвесенье	1. Первая капель	
<b>Весна</b>		
Снежная весна	2. Начало интенсивного таяния снега	
Пестрая весна	3. Появление проталин на ровных местах	
Голая весна	4. Полное освобождение полей от снега и вскрытие крупной реки	
Зеленая весна	5. Зеленение черемухи	
<b>Лето</b>		
Перволетье	6. Установление среднесуточной температуры воздуха выше 15°C	
	7. Зацветание шиповника	
Краснолетье	8. Зацветание липы	
Спад лета	9. Начало созревания ягод брусники 10. Появление первых желтых листьев у лип и берез	
<b>Осень</b>		
Начальная осень	11. Установление среднесуточной температуры воздуха ниже 15°C 12. Появление желтых листьев у большинства деревьев и кустарников	
Золотая осень	13. Образование полной осенней окраски у большинства деревьев и кустарников	
Глубокая осень	14. Окончание листопада у большинства деревьев и кустарников	
Предзимье	15. Установление среднесуточной температуры воздуха ниже 0°C	
<b>Зима</b>		
Первозимье	16. Образование ледостава на крупной реке. Устойчивый снежный покров	
Среднезимье	17. Установление ледовой переправы через реку	

### Ш. Определение встречаемости растительных видов в изучаемом сообществе

Для сравнения ключевых участков и выяснения, на какие компоненты экосистем влияет изучаемый антропогенный фактор, применяют методы качественного и количественного сравнения видов. Встречаемость растительных видов характеризует качественное различие сравниваемых фитоценозов и определяется следующим образом.

1. На ключевом участке заложить 10 пробных площадок размером 1 м<sup>2</sup> для подсчета травянистых или кустарничковых видов, всходов деревьев или кустарников.
2. Определить на каждой из десяти площадок наличие интересующих видов (например липа, дуб, клен, береза, сосна, черемуха, орешник). Полученные данные по каждой площадке занести в полевой дневник.
3. Вычислить в процентах встречаемость изученных видов в обследуемом природном сообществе. Для этого разлиновать большой лист бумаги (а если нужно, склеить несколько листов), где в горизонтальных строчках написать названия отдельных видов растений, а в вертикальных рядах обозначить площадки, на которых проводились подсчеты (табл. 5.5).
4. Переписать все виды, отмеченные на первой площадке, и в первом вертикальном ряду крестиками отметить против каждого вида его присутствие на площадке. Если на второй площадке встретятся те же виды, что и на предыдущей, отметить их крестиками во втором вертикальном ряду. Если попадется новый вид, дописать его ниже в горизонтальном ряду и поставить крестик только на второй вертикали (на первой останется пропуск, поскольку вид не встречается на первой площадке).
5. Вычислить встречаемость каждого вида в процентах. Если вид отмечен крестиками на всех десяти площадках, его встречаемость 100%, если на восьми — 80%. Чем выше встречаемость, тем характернее данный вид для описываемого растительного сообщества.

Пример расчета встречаемости видов растений приведен в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Встречаемость видов на ключевом участке

№	Вид	Номера учетных площадок (1м <sup>2</sup> )									Все- го	%
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	Черника	+			+	+		+	+	+	6	60
2	Кислица заячья		+	+	+		+				4	40
число видов на площадке											-	-
Среднее число видов на площадке												-

### 5.2.3. Сравнение видового состава растений на двр ключевых участках

Другим методом определения и оценки влияния антропогенных факторов на изучаемые экосистемы является сравнение коэффициентов общности и различия видов растений на двух ключевых участках, один из которых в наименьшей степени изменен деятельностью человека, другой сильно подвержен антропогенному влиянию.

Для сравнения общности видов растений на двух ключевых участках можно использовать формулу Жаккара:

$$K = \frac{c}{a + b - c} \times 100$$

где **a** — число видов, отмеченных на первой площадке;

**b** — число видов, отмеченных на второй площадке;

**c** — число видов, общих для обеих площадок (это не сумма **a** + **b**, а только общее число тех видов, которые отмечены на обеих площадках);

**K** — коэффициент общности, выражается в процентах, и чем он выше, тем выше видовое сходство двух сравниваемых сообществ.

Например, на первой площадке отмечено 25 видов растений, на второй — 35 видов. При этом 15 видов встречаются и на первой, и на второй площадке. Тогда

$$K = \frac{15 \times 100}{25 + 35 - 15} = 33,3 \quad (\%).$$

По результатам определения коэффициента общности можно делать предположения о причинах раз

личия видового состава изучаемых ключевых участков, отмечая, какие компоненты экосистем реагируют на то или иное антропогенное воздействие.

Данная методика применима для сравнительной оценки не только растительных, но и животных компонентов экосистем.

Описание нескольких ключевых участков леса дает возможность выявить его состояние, перспективы сукцессии и определить меры по сохранению и улучшению данного биогеоценоза.

### 5.2.4. Оценка состояния древостоя смешанного леса с использованием оростейшей шкалы

Оценка состояния древостоя производится для установления вредного влияния антропогенных факторов и прогнозирования судьбы исследуемой лесной экосистемы.

**Оценка производится следующим образом.**

1. Внутри ключевого участка закладывается пробная площадка 100 м<sup>2</sup>.
2. Определяются виды деревьев, растущих на пробной площадке.
3. С помощью шкалы визуальной оценки деревьев по внешним признакам (табл. 5.6) определяются баллы состояния отдельных деревьев каждого вида —  $b_1, b_2, b_3$  и т. д.
4. Вычисляется средний балл состояния для каждого вида деревьев по формуле:

где:  $K_j$  — коэффициент состояния  $j$ -го вида деревьев;

$b_j$  — баллы состояния отдельных деревьев;

$N_j$  — общее число учтенных деревьев  $j$ -го вида;

$\Sigma$  — сумма.

5. Коэффициент состояния лесного древостоя в целом ( $K$ ) определяется как среднее арифметическое средних баллов состояния различных деревьев на пробной площадке:

где  $K_j$  — коэффициент состояния  $j$ -го вида;

$R$  — число видов деревьев.

Таблица 5.6.

Шкала визуальной оценки деревьев  
по внешним признакам

Балл	Характеристика состояния
1	Здоровые деревья, без внешних признаков повреждения, величина прироста соответствует норме
2	Ослабленные деревья. Крона слабоажурная, отдельные ветви усохли. Листья и хвоя часто с желтым оттенком. У хвойных деревьев на стволе сильное смолотечение и отмирание коры на отдельных участках
3	Сильно ослабленные деревья. Крона изрежена, со значительным усыханием ветвей, сухая вершина. Листья светло-зеленые, хвоя с бурым оттенком и держится 1-2 года. Листья мелкие, но бывают и увеличены. Прирост уменьшен или отсутствует. Смолотечение сильное. Значительные участки коры отмерли
4	Усыхающие деревья. Усыхание ветвей по всей кроне. Листья мелкие, недоразвитые, бледно-зеленые с желтым оттенком, отмечается ранний листопад. Хвоя повреждена на 60% от общего количества. Прирост отсутствует. На стволах признаки заселения короedами, усачами, златками (буровая муха, отверстия на коре и древесине)
5	Сухие деревья. Крона сухая. Листьев нет, хвоя желтая или бурая, осыпается или осыпалась. Кора на стволах отслаивается или полностью опала. Стволы заселены ксилофагами (потребители древесины).

6. Состояние древостоя леса оценивается по следующим критериям:

$K < 1,5$  — здоровый древостой (I);

$K = 1,6-2,5$  — ослабленный древостой (II);

$K = 2,6-3,5$  — сильно ослабленный лес (III);

$K = 3,6-4,5$  — усыхающий лес (IV);

$K > 4,6$  — погибший лес (V).

**Пример расчетов по предлагаемым формулам**

Предположим, что во время обследования деревьев на пробной площадке получены следующие данные.

1. Береза пушистая: 4 дерева, баллы 2, 2, 3, 4.

2. Ель европейская: 4 дерева, баллы 2, 2, 3, 3.

3. Осина: 5 деревьев, баллы 2, 2, 2, 3, 4.

Тогда общее число учтенных на площади деревьев составляет 13.

Далее производятся следующие расчеты коэффициентов состояния отдельных видов деревьев:

$$K_{\text{березы}} \sim \frac{2+2+3+4}{4} = A',$$

$$K_{\text{ел.и}} = \frac{2+2+3+3}{4} = 2,5,$$

$$2+2+2+3+4 = 5$$

Определив коэффициенты состояния отдельных видов деревьев, приступают к определению коэффициента состояния древостоя в целом по формуле:

$$K_{\text{л}} = \frac{v_{\text{березы}} + K_{\text{ел.и}} + v_{\text{осины}}}{3} = \frac{2,7 + 2,5 + 2,6}{3} = 2,5.$$

Такое значение коэффициента состояния лесного древостоя позволяет оценить его как ослабленное.

**5.2.5. Индикации загрязнения окружающей среды  
по качеству пыльцы ИЗ]**

Качество пыльцевых зерен в большой степени зависит от уровня физического и химического загрязнения среды. Пыльца отличается высокой чувствительностью к действию отрицательных факторов и может являться индикатором загрязнения среды генетически активными компонентами.

Методика анализа качества пыльцы заключается в определении процента ненормальных (абортных) пыльцевых зерен.

Высокая чувствительность к действию мутагенов (этиленимин, нитрозоэтилмочевина, некоторые пестициды) проявляется у томатов. Генетически активные факторы среды резко нарушают процесс образования пыльцы томатов, доводя до полного отсутствия в пыльниках нормальных пыльцевых зерен (рис. 5.7, 5.8, 5.9). Для работы нужно иметь микроскоп, предметные и покровные стекла, препаровальные иглы, пипетки и слабый раствор йода. Для приготовления слабого раствора йода необходимо взять 2 мл 5% йодной настойки и разбавить водой до 10 мл. Этот раствор используется для окраски пыльцы. После окраски нетрудно отличить нормальные пыльцевые зерна от ненормальных (табл. 5.7).

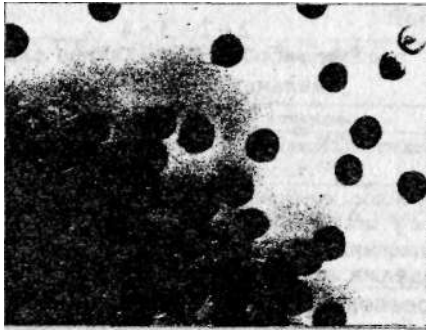


Рис. 5.7. Нормальные пыльцевые зерна томатов

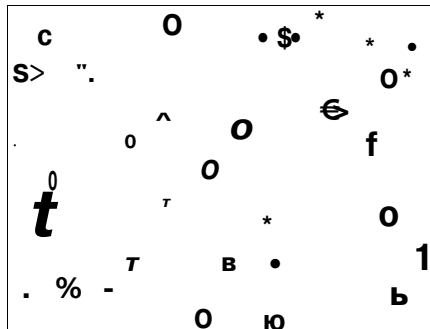


Рис. 5.8. Абортированные пыльцевые зерна томатов (100% абортивность после действия на растение этиленимина)

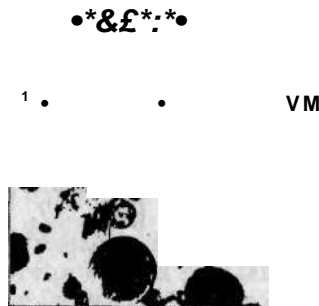


Рис. 5.9. Нормальные (окрашенные, круглые, крупные) и abortивные (неокрашенные, меньшего размера) пыльцевые зерна томатов. Частичная абортивность после действия рогора

Таблица 5.7.

Отличие нормальных пыльцевых зерен от abortивных

Нормальные пыльцевые зерна	Абортивные пыльцевые зерна
1) интенсивно окрашены,	1) не окрашены
2) одинаковы по размеру,	(или окрашены слабо),
3) одинаковы по форме	2) разных размеров,
	3) неправильной формы

Для наблюдений можно использовать, например, следующие объекты:

- 1) пыльца, взятая с растений производственных посевов (колхоза, совхоза), обработанных и не обработанных химикатами. Сравнение полученных результатов позволит следить за изменениями среды во время наблюдений;
- 2) пыльца одних и тех же сортов томатов, выращиваемых на пришкольном участке. Сравнение результатов в течение ряда лет позволит осуществлять мониторинг, т. е. слежение за изменениями (или отсутствием таковых) качества пыльцы во времени у данного объекта;
- 3) пыльца диких растений для выявления видов, наиболее чувствительных (подобно томатам) к действию загрязнений. В дальнейшем эти виды растений можно использовать для мониторинговой работы.

Во всех случаях приготовление и анализ микропрепаратов следует проводить по следующему плану.

1. Препаровальной иглой извлечь пыльцу из пыльников цветка и поместить ее на предметное стекло.
2. С помощью пипетки нанести на пыльцу каплю раствора йода и размешать каплю препаровальной иглой так, чтобы все пыльцевые зерна были в растворе, а не плавали на поверхности.
3. Выдержать препарат в таком виде в течение двух минут, после этого накрыть каплю покровным стеклом и рассмотреть препарат под микроскопом.
4. По нескольким полям зрения подсчитать количество нормальных и abortивных пыльцевых зерен (желательно, чтоб их общая сумма была не менее 200 — 300).
5. Определить процент нормальных (или abortивных) пыльцевых зерен по каждому цветку, взятому для анализа.



Обычно пыльца у растений, произрастающих в нормальных условиях, имеет хорошее качество, процент нормальных пыльцевых зерен близок к 100%. Повышенное загрязнение может снизить процент нормальных пыльцевых зерен до 50% и ниже

#### 5.2.0. Методы исследования евстава звезды и сока растений И5, Ш

Золой называется остаток, полученный после сжигания и прока\ивания органического материала. Зола растений содержит в своем составе практически все элементы, входящие в их состав (за исключением азота, улетучивающегося в виде оксидов при озолении). Для анализа предварительно высушенные растения озоляют, золу растворяют в соответствующем растворителе, разбавляют водой, при необходимости нейтрализуют и фильтруют, после чего проводят качественный или количественный анализ. Обычно анализ начинают с наиболее простых качественных определений ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) из солянокислого раствора.

#### Приготовление зольного раствора

Поместить 1 г золы в пробирку, смочить ее несколькими каплями дистиллированной воды, добавить 4—5 мл 25% раствора соляной кислоты и выдержать на кипящей водяной бане 15 - 20 минут. Содержимое перенести в мерную колбу на 100 мл, затем пробирку дважды ополоснуть дистиллированной водой, сливая ее в ту же колбу, довести объем до метки и тщательно перемешать (раствор № 1).

#### Приготовление сока

Черешки листьев, стебли растения нарезать кусочками длиной 2 — 3 см, поместить в фарфоровую ступку и растереть пестиком до появления сока. Мякоть с остатками черешков сдвинуть к стенкам ступки, соку дать отстояться и взять пипеткой для анализа.

#### Определение серы

5 мл раствора № 1 перенести в пробирку, нагреть до кипения и прилить 3 - 4 мл 10% раствора хлорида бария. Выпадение белого осадка сульфата бария означает, что в составе растения содержатся соединения серы.

#### Определение железа

3 — 4 мл раствора № 1 поместить в пробирку и прилить 4 — 5 капель 10% раствора роданида калия или аммония. Появление розового окрашивания указывает на то, что в золе растений содержатся соединения железа.

#### Определение свинца

Многие растения содержат свинец в виде соединений, плохо переходящих в водную вытяжку. Солянокислые зольные вытяжки также не пригодны для определения свинца, так как хлорид свинца — малорастворимое соединение и в солянокислый раствор практически не переходит. Поэтому для проведения качественного анализа готовят азотнокислую вытяжку: зольный остаток 5— 10 г растительной продукции растворяют в азотной кислоте, нейтрализуют раствором аммиака и проводят анализ с родизонатом натрия. Для этого 1 каплю исследуемого раствора помещают на лист фильтровальной бумаги, добавляют каплю свежеприготовленного 0,2% раствора родизоната натрия. В присутствии ионов свинца образуется синее пятно или кольцо. При добавлении 1 капли буферного раствора, содержащего в 10 мл 0,19 г гидротартрата натрия и 0,15 г винной кислоты и имеющего pH 2,8, синий цвет превращается в красный. Реакция очень чувствительна: открываемый минимум 0,1 мкг.

Основным источником загрязнения окружающей среды свинцом является автомобильный транспорт: вместе с выхлопными газами от автомобиля свинец, образующийся при сгорании этилированного бензина, попадает в атмосферу. В зависимости от интенсивности движения опасная зона вдоль автомагистралей может простираться от 10 до 500 м. В пределах этой зоны наблюдается повышенное содержание свинца в объектах окружающей среды, например, в растениях. С помощью несложных опытов можно увидеть, что количество свинца уменьшается по мере удаления от дороги. Для этого нужно собрать около 100 г растительной пробы на расстоянии 2, 10, 50, 100 м и т. д. от оживленной дороги, измельчить, добавить строго определенное количество смеси этилового спирта и воды (50 мл) и кипятить или упаривать экстракт, чтобы свинец пере-

шел в раствор. В изучаемые экстракты по каплям добавляют раствор сульфида натрия, в результате чего выпадает черный осадок сульфида свинца разной интенсивности: чем ближе к дороге, тем осадка больше.

Ионы свинца дают характерное окрашивание и со многими другими реактивами: хроматами, дихроматами, иодидами, дитизоном, п-тетраметилдиаминодифенилметаном, которые можно применять для качественного обнаружения этого опасного загрязнителя.

### Определение щелочности золы

Щелочностью золы называется число миллилитров 1 г раствора кислоты, идущей на нейтрализацию 1 г золы. Зола имеет щелочную реакцию благодаря большому содержанию углекислых солей калия и натрия.

1 г золы помещают в термостойкий стакан, приливают точно отмеренное количество титрованной 0,05 М серной кислоты и нагревают в течение 5 мин для разложения углекислых солей. Содержимое стакана осторожно перемешивают и избыток кислоты оттитровывают 0,1 М раствором щелочи в присутствии универсального индикатора.

Расчет величины щелочности проводят по формуле:

$$\frac{\text{Щ}}{\text{Щ}} = \frac{*s3U}{10}$$

где Щ — щелочность золы, мл;

V — объем 0,05 М раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , мл;

Vj — объем 0,1 М раствор щелочи, пошедшей на титрование избытка кислоты, мл.

Иногда щелочность выражают в мл 1 г кислоты на 100 г взятой навески. Чем выше щелочность, тем больше в растении содержание калия, натрия, кальция.

### 5.2.7. Учет летающих насекомых световой девушкой

Этот метод разработан для сбора летающих насекомых, ведущих ночной образ жизни (бабочек, ручейников). В качестве источника света используют лампы накаливания мощностью 150 ватт с непрозрачным абажуром. Хорошие результаты дают лампы из синего стекла, продаваемые в аптеках для использования в бытовых условиях. Лампу располагают на высоте 1,5 —

2 м, помещая под ними экран из белой материи размером 1 x 1,5 м. Поблизости от световой ловушки других источников света не должно быть. Наилучшими местами расположения световых ловушек являются открытые пространства около лесных опушек, садов, у хозяйственных построек. Наиболее активен лет насекомых на свет в условиях средней полосы до полуночи в теплые безлунные ночи.

**Глава 6****МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ**

Роль атмосферы в природных процессах огромна. Наличие вокруг земного шара атмосферы определяет общий тепловой режим поверхности нашей планеты, защищает ее от вредных космического и ультрафиолетового излучений. Циркуляция атмосферы оказывает влияние на местные климатические условия, а через них — на режим рек, почвенно-растительный покров и на процессы рельефообразования. Чистый воздух необходим для жизни человека, растений и животных. Атмосферные загрязнения оказывают отрицательное влияние на живые организмы, что приводит к сокращению численности, видового разнообразия животных и растений, заболеваемости человека.

Основные составные части атмосферного воздуха подразделяют на три группы: постоянные, переменные и случайные.

К первой группе относятся кислород (21% по объему), азот (около 78%) и благородные газы (около 1%). Ко второй группе относятся диоксид углерода (0,02–0,04%) и водяной пар. К третьей группе относятся случайные компоненты, определенные местными условиями. Так, вблизи металлургических заводов воздух часто содержит диоксид серы, техногенные примеси тяжелых металлов; в местах, где происходит распад органических остатков, — аммиак и другие газообразные и жидкие вещества.

Источников антропогенного характера, вызывающих загрязнение атмосферы, а также серьезные нарушения экологического равновесия в биосфере множество. Однако самыми значительными из них являются два: транспорт и индустрия.

При работе двигателей на этилированном бензине в выхлопных газах содержатся оксиды азота, соединения свинца (количество свинца в воздухе находится в прямой зависимости от интенсивности движения и может достигать 4–12 мг/м<sup>3</sup>). При работе на серосодержащем топливе в выхлопах появляется диоксид серы. Тысяча автомобилей с карбюраторным двигателем в день выбрасывает около 3 т угарного газа, 100 кг оксидов азота, 500 кг продуктов неполного сгорания бензина.

При сжигании горючих ископаемых (угля, нефти, газа) большая часть содержащейся в них серы превращается в диоксид серы. От индустрии в атмосферу попадают различные загрязнители, прежде всего это диоксид серы, оксиды углерода, аммиак, сероводород, фенол, хлор, углеводороды, сероуглерод, фторсодержащие соединения, серная кислота, аэрозольная пыль, тяжелые металлы, радиоактивные соединения и многие другие вредные вещества. Кислоты вместе с дождем могут выпадать на поверхность земли, воздействуя на почву, растительность и живые организмы. Известно, что в нейтральной среде значение pH = 7, а дождевая вода в относительно чистом воздухе имеет pH = 5,6 вследствие воздействия уголекислоты воздуха.

Помимо выбросов химических веществ, серьезными загрязнениями атмосферы являются выбросы большого количества водяного пара, шум, электромагнитное излучение, тепловое загрязнение, в том числе выбросы большого количества нагретого воздуха.

Оценку состояния воздушной среды можно сделать, используя как климатический мониторинг, так и мониторинг загрязнения. К основным параметрам метеорологических исследований относятся температура воздуха (максимальная, минимальная, суточная, среднесуточная); характеристика ветра (скорость и направление); влажность воздуха; атмосферные явления (виды облаков, осадки жидкие и твердые); состояние подстилающей поверхности в радиусе до 100 м от места наблюдения (травяная зеленая или пожелтевшая; почва сухая пылящая, сухая непылящая, влажная, мокрая; снег и т. д.).

Обычно климатический мониторинг проводится на метеоплощадке школы. Часть параметров определяет

ся визуально, а для некоторых из них требуются специальные приборы: термометры, анемометры для определения скорости ветра, психрометры для определения влажности воздуха.

Оценку состояния воздушной среды можно проводить в условиях школы с использованием биоиндикационных, физических и химических методов исследования. Из биоиндикационных методов программа школьного экомониторинга предусматривает определение степени чистоты воздуха по сосне обыкновенной и лишайникам. Кроме того, чистоту воздуха можно определить по химическому анализу снегового покрова, кислотности дождевых осадков, запыленности воздуха и автотранспортной нагрузке, также включенных в программу ШЭМ.

## 1 8.1. Биоиндикционные методы

Сильнейшее антропогенное воздействие на фитоценозы оказывают загрязняющие вещества в окружающем воздухе, такие, как диоксид серы, оксиды азота, углеводороды и др. Среди них наиболее типичным является диоксид серы, образующийся при сгорании серосодержащего топлива (работа предприятий теплоэнергетики, котельных, отопительных печей населения, а также транспорта, особенно дизельного).

Устойчивость растений к диоксиду серы различна. Даже незначительное наличие диоксида серы в воздухе хорошо диагностируется лишайниками — сначала исчезают кустистые, потом листоватые и, наконец, накипные формы (рис. 6.3). В тех школах, где имеются возможности — наличие определителей или гербарных материалов, а также опыт работы с лишенофлорой, можно проводить мониторинг встречаемости и степени покрытия по отдельным видам эпифитных лишайников. Наиболее информативными по загрязнению диоксидом серы являются различные виды лишайников — *Lecanora*, *Usnea*, *Alectoria*, *Cetraria*.

Из высших растений повышенную чувствительность к  $SO_2$  имеют хвойные (кедр, ель, сосна). Устойчивы к загрязнению бересклет, бирючина, клен ясенелистный (рис. 6.1).

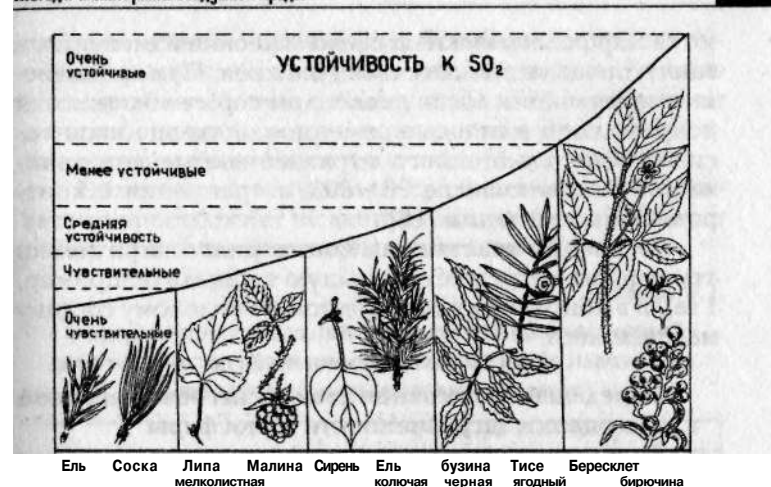


Рис. 6.1. Чувствительность различных деревьев и кустарников к диоксиду серы (по Курберу и Дитману)

Для ряда растений установлены границы их жизнедеятельности и предельно допустимые концентрации диоксида серы в воздухе. Величины ПДК (мг/куб. м): для тимopheевки луговой, сирени обыкновенной — 0,2; барбариса — 0,5; овсяницы луговой, смородины золотистой — 1,0; клена ясенелистного — 2,0 [17].

Чувствительны к содержанию в воздухе других загрязнителей (например, хлороводорода, фтороводорода) такие растения, как пшеница, кукуруза, пихта, ель, земляника садовая, береза бородавчатая.

Стойкими к содержанию фтороводорода в воздухе являются хлопчатник, одуванчик, картофель, роза, табак, томаты, виноград, а к хлороводороду — крестоцветные, зонтичные, тыквенные, гераниевые, гвоздичные, вересковые, сложноцветные.

### 1.1.1. Биоиндикация загрязнения воздуха по состоянию сосны

Считается, что для условий лесной полосы России наиболее чувствительны к загрязнению воздуха сосновые леса. Это обуславливает выбор сосны как важнейшего индикатора антропогенного влияния, принимаемого в настоящее время за «эталон биодиагностики». Информативными по техногенному загрязнению явля-

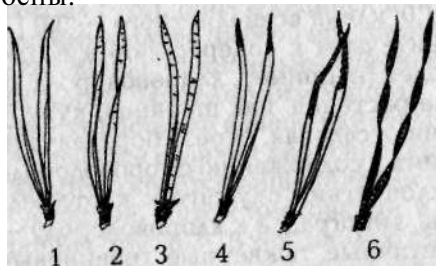
ются морфологические и анатомические изменения, а также продолжительность жизни хвои. При хроническом загрязнении лесов диоксидом серы наблюдаются повреждения и преждевременное опадение хвои сосны. В зоне техногенного загрязнения отмечается снижение массы хвои на 30 — 60% в сравнении с контрольными участками [18].

Ключевые участки для мониторинга загрязнения атмосферы могут иметь большую площадь (например, 1 га), и выбираются в однородном по видовому составу массиве леса.

### Определение состояния хвои сосны обыкновенной для оценки загрязненности атмосферы

В незагрязненных лесных экосистемах основная масса хвои сосны здорова, не имеет повреждений и лишь малая часть хвоинок имеет светло-зеленые пятна и некротические точки микроскопических размеров, равномерно рассеянные по всей поверхности. В загрязненной атмосфере появляются повреждения и снижается продолжительность жизни хвои сосны.

На рис. 6.2 показаны различные варианты состояния хвои сосны.



**Рис. 6.2.** Повреждение и усыхание хвои сосны: 1 — хвоя без пятен; 2, 3 — с черными и желтыми пятнами; 4—6 — хвоя с усыханием

Методика индикации чистоты атмосферы по хвое сосны состоит в следующем. С нескольких боковых побегов в средней части кроны 5—10 деревьев сосны в 15—20-летнем возрасте отбирают 200 — 300 пар хвоинок второго и третьего года жизни.

Анализ хвои проводят в лаборатории. Вся хвоя делится на три части (неповрежденная хвоя, хвоя с

пятнами и хвоя с признаками усыхания) и подсчитывается количество хвоинок в каждой группе. Данные заносятся в рабочую таблицу (табл. 6.1) с указанием даты отбора проб на каждом ключевом участке. Обработанные данные вносятся в табл. 11 экопаспорта.

Полученные результаты сравниваются с результатами прошлых лет по данным экопаспорта. Делается вывод об изменении загрязнения атмосферы.

*Таблица 6.1.*

Определение состояния хвои сосны обыкновенной для оценки загрязненности атмосферы (измеряемые показатели — количество хвоинок)

Повреждение и усыхание хвоинок	Номера ключевых участков				
	1	2	3	4	5
Общее число обследованных хвоинок					
Количество хвоинок с пятнами					
Процент хвоинок с пятнами					
Количество хвоинок с усыханием					
Процент хвоинок с усыханием					
Дата отбора проб					

### Определение состояния генеративных органов сосны обыкновенной (обследование шишек сосны) [7]

Под действием загрязнителей происходит подавление репродуктивной деятельности сосны. Число шишек на дереве снижается, уменьшается число нормально развитых семян в шишках, заметно изменяются размеры женских шишек (до 15 — 20%).

Для проведения исследования в осеннее или зимнее время на ключевом участке отбирают 100 — 200 шишек (по 10 шишек с 10—20 деревьев 30—40-летнего возраста) и определяют их линейные размеры штангенциркулем, мерной лентой или полоской миллиметровой бумаги.

Полученные данные вносят в рабочую тетрадь, подсчитывают средние для ключевого участка длину и диаметр шишек и заносят данные в табл. 6.2.

Полученные результаты вносятся в табл. 11 экопаспорта и сравниваются с результатами прошлых лет. Делается вывод об изменении загрязнения атмосферы.

Таблица 6.2.

Определение состояния генеративных органов сосны обыкновенной (измеряемые показатели — размеры шишек сосны)

Средние значения по 10-20 деревьям	Номера ключевых участков
(все показатели — средние)	<b>Ю</b>
Средняя длина шишки, мм	
Средний диаметр шишки, мм	

### Определение загрязненности атмосферы по состоянию прироста деревьев последних лет [11]

Биондикатором загрязненности атмосферы может служить ежегодный прирост деревьев по высоте, который на загрязненных участках может быть на 20 — 60% ниже, чем на контрольных.

Для индикации состояния атмосферы этим методом в сентябре следует визуальнo осмотреть на ключевых участках сосновый древостой возраста 10—15 лет. На исследуемом участке выбрать направление (например, с севера на юг), вдоль которого подсчитать все деревья подряд, кроме тех, у которых поврежден главный побег. Чтобы измерения были более точными, необходимо обследовать не менее 100 деревьев, находящихся по возможности в разных местах исследуемого участка для исключения случайных факторов, например, вредителей (хрущ, пилильщик, сосновая совка). На каждом дереве измерить длину центрального побега между двумя верхними мутовками (т. е. прирост последнего года) и определить среднюю величину прироста. Полученные данные занести в табл. 11 экопаспорта.

### Определение загрязненности атмосферы по продолжительности жизни хвои (10)

Информативным по техногенному загрязнению является продолжительность жизни хвои сосны (от 1 до 4 — 5 и более лет).

С целью определения продолжительности жизни хвои на каждом участке необходимо осмотреть не менее 100 — 200 деревьев. Для удобства проведения исследования методом визуального осмотра выбираются невысокие деревья (в возрасте 10—15 лет). Результаты осмотра заносят в табл. 6.3.

Таблица 6.3.

Определение по продолжительности жизни хвои как оценки загрязненности атмосферы (измеряемый показатель — количество деревьев)

Количество осмoтренных деревьев с данной продолжительностью жизни хвои, Т		Номера ключевых участков				
		1	2		9	10
Возраст хвои 4 года и более	III					
Возраст хвои 3 года	B <sub>2</sub>					
Возраст хвои 2 года	B <sub>3</sub>					
Хвоя только текущего года	B*					

По данным таблицы рассчитывают индекс продолжительности жизни хвои Q сосны по формуле:

$$\frac{3 - B_1 + 2 - B_2 + 1 - B_3}{B_1 + B_2 + B_3}$$

где B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> — количество осмoтренных деревьев с данной продолжительностью жизни хвои. Чем выше индекс Q, тем больше продолжительность жизни хвои сосны, а значит — и чище воздух.

Затем проводят расчет средней продолжительности жизни хвои O сосны для каждого ключевого участка. Данные заносят в табл. 11 экопаспорта.

### 6.1.2. Определение чистоты воздуха по лишайникам

Ив, 20-221

**Лишайники** — широко распространенные организмы с достаточно высокой выносливостью к климатическим факторам и чувствительностью к загрязнителям окружающей среды.

### Внешнее строение лишайников

Вегетативное тело лишайника — таллом, или слоевище. По внешнему виду различают три типа талломов лишайников: накипные, листоватые и кустистые. Слоевище накипного лишайника представляет собой корочку, прочно сросшуюся с субстратом — корой дерева, древесиной, поверхностью камней. Его невозможно отделить от субстрата без повреждения.

Листоватые лишайники имеют вид чешуек или пластинок, прикрепленных к субстрату с помощью пучков

грибных нитей (гиф) — ризин или отдельных тонких гиф — ризоидов. Лишь у немногих лишайников таллом сростается с субстратом только в одном месте с помощью мощного пучка грибных гиф, называемого гомфом.

У кустистых лишайников таллом состоит из ветвей или более толстых, чаще ветвящихся стволиков. Кустистый лишайник соединяется с субстратом гомфом и растет вертикально или свисает вниз.

### Органы спороношения и размножения лишайников

На талломе лишайников из грибных гиф формируется плодовое тело гриба со спорами. Это расположенные на поверхности таллома апотеции или погруженные в таллом кувшиновидные перитеции. В апотециях и перитециях формируются споры для размножения гриба.

Апотеции имеют чаще блюдцевидную форму и могут быть окрашены в один цвет с талломом или в другой.

Более важным для размножения лишайников является сораль. Это такие образования, в которых одновременно присутствуют гифы гриба и клетки водоросли. Это соредии и изидии.

Они служат для размножения лишайника как целого организма. Соредии и изидии чаще встречаются у листоватых и кустистых лишайников.

Соредии представляют собой мельчайшие образования в виде пылинок, состоящих из одной или нескольких клеток водоросли, окруженных гифами гриба. Скопление соредии называют соралиями. Наличие и отсутствие соредии и соралей, их расположение, форма и окраска постоянны для определенных видов лишайников и служат определенным признаком.

Изидии встречаются реже. Они представляют собой простые или коралловидные выросты, обычно густо покрывающие верхнюю сторону таллома.

### Влияние загрязнения воздуха на состояние лишайников

Лишайники способны долгое время пребывать в сухом, почти обезвоженном состоянии, когда их влажность составляет от 2 до 10% сухой массы. При этом они

1. *Леканориевый апотеции*  
(а — вид сверху, б — разрез).
2. *Лецидеиновый апотеции*  
(а — вид сверху, б — разрез).
3. *Перитеций*

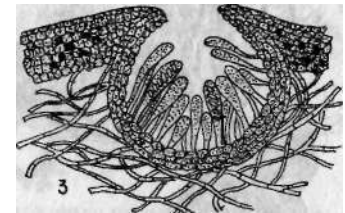
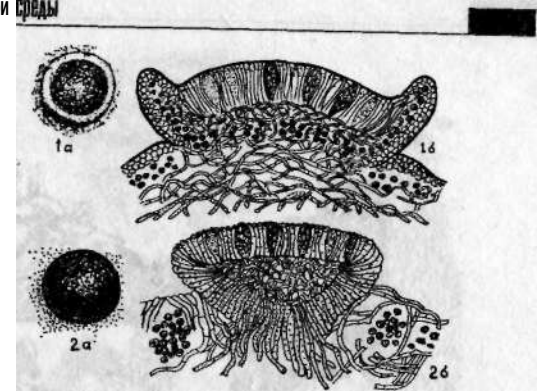


Рис. 6.3 а. Генеративные органы лишайников

4. *Строение соралей*  
(а — сораль, б, в, г, д — отдельные соредии).
5. *Изидии*

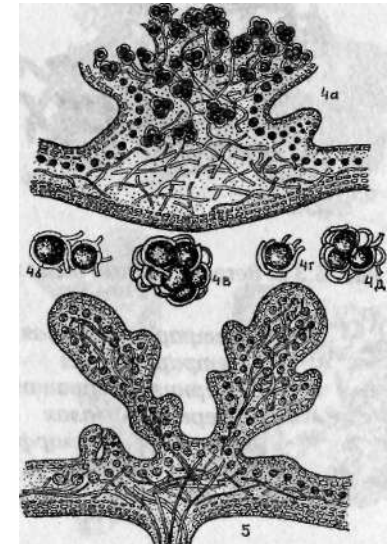


Рис. 6.3 с. *Вегетативные тела кустистых лишайников*

- 6. Цетрария сосновая
- 7. Цетрария сизая
- 8. Эверния шелушащаяся
- 9. Эверния сливовая
- 10. Эверния мезоморфная
- П. Уснея хохлатая (а — таллом, б — участок таллома с сосочками и сорочками)

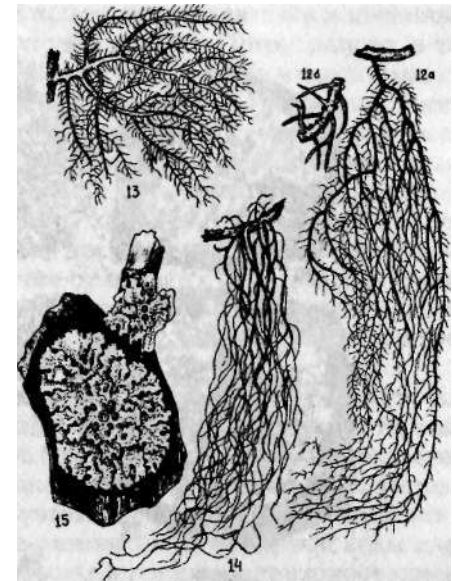
12. Уснея густобородая

(а — таллом, б — участок таллома с сосочками)

13. Уснея жесткая

14. Алектория перепутанная

15. Ксантория настенная

Рис. 6.3 d. *Вегетативные тела кустистых (12—14) и листоватого (15) лишайников*

- 16. Канделярия одноцветная (а — таллом, б — часть таллома, увеличено)
- 17. Анаптихия красивая
- 18. Пармелия оливковая
- 19. Пармелия козлиная

Рис. 6.3 е. *Вегетативные тела листоватых лишайников*



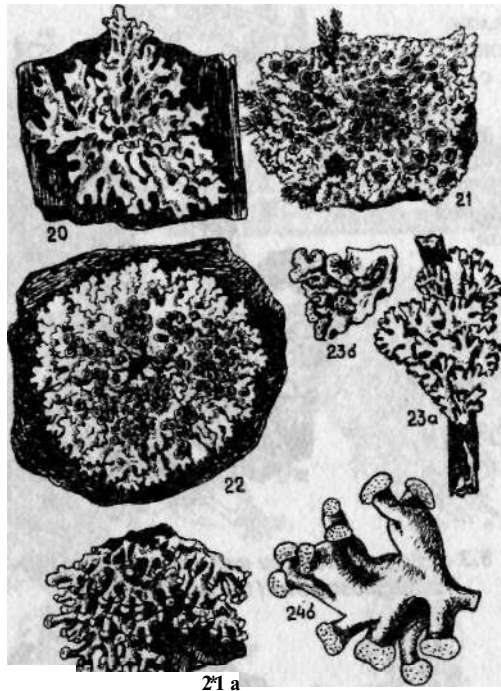


Рис. 6.3 f. Вегетативные тела листоватых лишайников

20. *Пармелия бороздчатая*  
 21. *Фисция звездчатая*  
 22. *Фисция аиполия*  
 23. *Гипогимния вздутая* (а — таллом,  
 б — участок таллома с соредиями, увеличено)  
 24. *Гипогимния трубчатая* (а — таллом,  
 б — участок таллома с соредиями, увеличено)

не погибают, а лишь приостанавливают все жизненные процессы до первого увлажнения. Погрузившись в такой «анабиоз», лишайники могут выдерживать сильное солнечное облучение, сильное нагревание и охлаждение.

В связи с тем, что лишайники поглощают воду всей поверхностью тела в основном из атмосферных осадков и отчасти из водяных паров, влажность слоевищ непостоянна и зависит от влажности окружающей среды. Таким образом, поступление воды в лишайники происходит, в отличие от высших растений, по физическим, а не по физиологическим законам. Недаром слоевище лишайников часто сравнивают с фильтровальной бумагой.

Минеральные вещества в виде водных растворов поступают в слоевище лишайника из почвы, горных пород, коры деревьев (хотя роль последней не доказана). Однако гораздо большее количество химических элементов лишайники получают из атмосферы с осадками и пылью. Поглощение элементов из дождевой воды идет очень быстро и сопровождается их концентрированием. При повышении концентрации соединений металлов в воздухе резко возрастает их содержание в слоевищах лишайников, причем в накоплении металлов они далеко опережают сосудистые растения. В лесу, где осадки проходят сквозь кроны деревьев и стекают со стволов, лишайники гораздо богаче минеральными и органическими веществами, чем на открытых местах. Особенно много минеральных и органических веществ попадает в тело эпифитных лишайников, растущих на стволах деревьев. Эти растения используются для наблюдения за распространением в атмосфере более 30 элементов: лития, натрия, калия, магния, кальция, стронция, алюминия, титана, ванадия, хрома, марганца, железа, никеля, меди, цинка, галлия, кадмия, свинца, ртути, иттрия, урана, фтора, иода, серы, мышьяка, селена и др.

Состав минеральных элементов в лишайниковом слоевище определяют классическим методом сжигания, образующаяся зола подвергается химическому анализу на содержание того или иного элемента (методика исследования состава золы растений описана в разделе 6.2.6).

Многочисленные исследования в районах промышленных объектов, на заводских и прилегающих к

ним территориях показывают прямую зависимость между загрязнением атмосферы и сокращением численности определенных видов лишайников. Особая чувствительность лишайников объясняется тем, что они не могут выделять в среду поглощенные токсические вещества, которые вызывают физиологические нарушения и морфологические изменения.

По мере приближения к источнику загрязнения слоевища лишайников становятся толстыми, компактными и почти совсем утрачивают плодовые тела, обильно покрываются соредиями. Дальнейшее загрязнение атмосферы приводит к тому, что лопасти лишайников окрашиваются в беловатый, коричневый или фиолетовый цвет, их талломы сморщиваются, и растения погибают. Изучение лишайниковой флоры в населенных пунктах и вблизи крупных промышленных объектов показывает, что состояние окружающей среды оказывает существенное влияние на развитие лишайников. По их видовому составу и встречаемости можно судить о степени загрязнения воздуха.

Наиболее резко лишайники реагируют на диоксид серы. Концентрация диоксида серы  $0,5 \text{ мг/м}^2$  губительна для всех видов лишайников. На территориях, где средняя концентрация  $\text{SO}_2$  превышает  $0,3 \text{ мг/м}^3$ , лишайники практически отсутствуют. В районах со средними концентрациями диоксида серы от  $0,3$  до  $0,05 \text{ мг/м}^3$  по мере удаления от источника загрязнения сначала появляются накипные лишайники, затем листоватые (фисция, леканора, ксантория). При концентрации менее  $0,05 \text{ мг/м}^3$  появляются кустистые лишайники (уснея, алектория, анаптия) и некоторые листоватые (лобария, пармелия).

На частоту встречаемости лишайников влияет кислотность субстрата. На коре, имеющей нейтральную реакцию, лишайники чувствуют себя лучше, чем на кислом субстрате. Этим объясняется различный состав лишайнофлоры на разных породах деревьев.

На городской территории выделяют уровни (чаще всего три) — так называемые «зоны лишайников» (табл. 6.4) [20].

Таким образом, методы оценки загрязненности атмосферы по встречаемости лишайников основаны на следующих закономерностях.

Таблица 6.4.

Встречаемость лишайников в разных частях города в зависимости от среднего количества диоксида серы в воздухе

Зоны лишайников	Район города	Концентрация диоксида серы
«Лишайниковая пустыня» (лишайники практически отсутствуют)	Центр города и промышленные районы с сильно загрязненным воздухом	свыше $0,3 \text{ мг/м}^3$
«Зона угнетения» (флора бедна — фисции, леканоры, ксантории)	Районы города со средней загрязненностью	$0,05\text{--}0,3 \text{ мг/м}^3$
«Зона нормальной жизнедеятельности» (максимальное видовое разнообразие; встречаются в том числе и кустистые виды — уснея, анаптия, алектория)	Периферийные районы и пригороды	менее $0,05 \text{ мг/м}^3$

1. Чем сильнее загрязнен воздух города, тем меньше встречается в нем видов лишайников (вместо десятков может быть один-два вида).
2. Чем сильнее загрязнен воздух, тем меньшую площадь покрывают лишайники на стволах деревьев.
3. При повышении загрязненности воздуха исчезают первыми кустистые лишайники (растения в виде кустиков с широким плоским основанием); за ними — листоватые (растут в виде чешуек, отделяющихся от коры); последними — накипные (имеют слоевище в виде корочки, сросшейся с корой).

На основании этих закономерностей можно количественно оценить чистоту воздуха в конкретном месте микрорайона школы.

#### **Методика определения степени загрязнения воздуха по лишайникам**

В лишайноиндикационных исследованиях в качестве субстрата используются различные деревья. Для оценки загрязнения атмосферы города, районного центра, поселка выбирается вид дерева, который наиболее распространен на исследуемой территории. Например, в качестве субстрата может быть использована липа мел-

колистная. Город или поселок делят на квадраты, в каждом из которых подсчитывается общее число исследуемых деревьев и деревьев, покрытых лишайниками. Для оценки загрязнения атмосферы конкретной магистрали, улицы или парка описывают лишайники, которые растут на деревьях по обеим сторонам улицы или аллеи парка на каждом третьем, пятом или десятом дереве. Пробная площадка ограничивается на стволе деревянной рамкой, например, размером 10х10 см, которая разделена внутри тонкими проволочками на квадратики по 1 см<sup>2</sup>. Отмечают, какие виды лишайников встретились на площадке, какой процент общей площади рамки занимает каждый растущий там вид. Кроме того, указывают жизнеспособность каждого образца: есть ли у него плодовые тела, здоровое или чахлое слоевище. На каждом дереве описывают минимум четыре пробные площадки: две у основания ствола (с разных его сторон) и две на высоте 1,4— 1,6 м. Обследование можно провести по наличию какого-то одного вида лишайников на данной территории, или собрать информацию о его обилии в разных точках, или подсчитать количество всех видов лишайников, произрастающих в районе исследования. Кроме выявления видового состава, определяют размеры розеток лишайников и степень покрытия в процентах. Оценка встречаемости и покрытия дается по 5-балльной шкале (табл. 6.5).

Таблица 6.5.

Оценки частоты встречаемости и степени покрытия по пятибалльной шкале

Частота встречаемости (в %)		Степень покрытия (в %)		Балл оценки
Очень редко	менее 5%	Очень низкая	менее 5%	1
Редко	5-20%	Низкая	5-20%	2
Редко	20-40%	Средняя	20-40%	3
Часто	40-60%	Высокая	40-60%	4
Очень часто	60-100%	Очень высокая	60-100%	5

Таким образом, для каждой площадки описания и для каждого типа роста лишайников — кустистых, листоватых и накипных — выставляются баллы встречаемости и покрытия.

После проведения исследований на нескольких десятках деревьев делается расчет средних баллов встре-

чаемости и покрытия для каждого типа роста лишайников — накипных (*H*), листоватых (*Л*) и кустистых (*К*).

Зная баллы средней встречаемости и покрытия *H*, *Л*, *К*, легко рассчитать показатель относительной чистоты атмосферы (ОЧА) по формуле:

$$\text{ОЧА} = \frac{H + 2 \times Л + 3 \times К}{30}$$

Чем выше показатель ОЧА (ближе к единице), тем чище воздух местообитания. Имеется прямая связь между ОЧА и средней концентрацией диоксида серы в атмосфере.

Результаты лишеноиндикации вносятся в табл. 12 экопаспорта. Оценку лишайникового покрова деревьев можно проводить и по методикам, описанным в работах [16, 21].

### Метод пересадки лишайников

Для оценки чистоты воздуха можно воспользоваться методом трансплантации лишайников, т. е. пересадки растений в изучаемый район. Существует несколько способов трансплантации. Напочвенные лишайники переносят вместе с почвой, вырезая участки размером 20 х 20 или 50 х 50 см. Кустистые виды можно переносить в специальной посуде или подвешивать в сетках. Эпифитные виды переносят вместе с ветками или кусочками коры, на которых они росли. В исследуемом районе кору и ветки с эпифитами прикрепляют к деревьям тех же пород, с которых они были взяты, или к специальным доскам и столбам на одинаковой высоте.

Через определенные промежутки времени (обычно через 4, 8, 12 месяцев) оцениваются изменения пересаженных лишайников по 4-балльной шкале:

- 1 — повреждений нет,
- 2 — некоторые незначительные повреждения,
- 3 — сильное повреждение,
- 4 — слоевище полностью повреждено.

Кроме того, анализируются следующие признаки повреждений:

- изменение окраски слоевища;
- появление на слоевище пятен различной окраски;
- уменьшение степени прикрепления лишайников к субстрату;

- появление трещин на слоевищах;
- уменьшение числа плодовых тел (апотециев) или особых вегетативных образований (изидий).

Пересадка дает сведения об индивидуальной устойчивости видов. Она удобна еще и тем, что до некоторой степени позволяет изучать воздействие каждого загрязняющего вещества по отдельности.

Таким образом, лишеноиндикация — один из важнейших и доступных методов экологического мониторинга. Однако, используя этот метод, следует учитывать то, что лишайники, как и любые живые организмы, откликаются на всякое изменение среды. Поэтому в природе часто невозможно установить конкретную причину тех или иных повреждений лишайников, порой простое воздействие температуры или влажности может перекрывать влияние загрязнения.

Следует иметь в виду и то, что исчезновение большинства видов лишайников обусловлено не только загрязнением и низкой влажностью, существенную роль в этом играет уничтожение лесов с последующей заменой их новыми посадками. На коре саженцев, привезенных из питомника, как правило, мало или совсем нет лишайниковых слоевищ, которые в изобилии покрывают старые деревья в лесу и рассеивают множество спор, соредий и изидий. Поэтому вторичные леса, посадки намного беднее лишайниковой флорой, чем первичные. В городах, где озеленение проводится посадками в основном из питомников, очень скудный видовой состав лишайников, кроме того, они безвозвратно исчезают. По результатам лишеноиндикационных исследований можно провести картографирование территории окрестностей школы, используя лишеноиндикационные индексы, которые позволяют оценить степень загрязненности воздуха населенных пунктов, а зачастую также отыскать источник выбросов в атмосферу — очертить его линиями минимальных в исследуемом районе значений показателя относительной чистоты атмосферы (ОЧА).

### §.1.3. Дополнительные метены

#### **Методика определения лишайников [10]**

Ш **Определение лишайников следует начинать с установления субстрата, на котором они собраны. Затем**

следует установить тип таллома и, пользуясь ключом, определить род, а затем и вид лишайника.

В ряде случаев при определении необходимо рассмотреть срез таллома или апотеция. Срез можно приготовить лезвием безопасной бритвы, он должен быть тонким. Срез помещают на предметное стекло и рассматривают под десятикратным (или более) увеличением. Видимое в микроскопе изображение сравнивают с рисунком, приведенным в книге. В отдельных случаях для более точного определения можно воспользоваться простыми реактивами, широко применяемыми для определения лишайников. Их индикаторное действие объясняется наличием или отсутствием в лишайниках тех или иных специфических кислот или других химических веществ.

#### **Основные реактивы**

Едкое кали — 5 или 10 % раствор КОН в воде. Действует на коровой слой, сердцевину таллома и на срезы или диск апотеция. При положительной реакции они могут краснеть, желтеть или буреть, при отрицательной — не изменяются. При действии на сердцевину необходимо скальпелем соскоблить часть корки.

Белильная (хлорная) известь — концентрированный раствор-взвесь  $\text{CaC}^{\wedge}\text{O}$  в воде. Сохраняется в темной, плотно закрытой склянке в течение недели. Изменение окраски может быть такой же, как и при использовании КОН.

Иод — 10 % раствора иода в йодистом калии ( $\text{J}_2 + \text{KJ}$ ) или спиртовый раствор иода. Обычно этот реактив используют для срезов. Он придает им синюю окраску, в последующем переходящую в винно-красную.

Изменение окраски во многом зависит от свежести материала, иногда требуется до 10—15 минут, чтобы реакция четко обозначилась.

#### **Ключ для определения наиболее распространенных лишайников**

Основу определителя составляют таблицы для определения родов и видов лишайников. Таблицы построены по дихотомической схеме: каждая ступень таблицы состоит из тезы, обозначенной порядковым номером с левой стороны, и антитезы, обозначенной

цифрой «О». В тезе и антитезе приводятся наиболее характерные признаки ступени, причем антитеза всегда содержит признаки противоположные тем, которые приведены в тезе. В конце каждой тезы и антитезы стоит или цифра, или название рода, или вида лишайника. Когда справа стоит цифра, это значит, что определение лишайника нужно вести дальше, начиная с той ступени, цифра которой стоит в конце тезы или антитезы.

### Таблица для определения родов лишайников

1. Слоевище лишайника имеет форму ветвистых кустиков или одиночных прямостоячих выростов.....2
0. Форма слоевища иная.....8
2. Кустистые лишайники, обитающие на стволах и ветвях деревьев, старых деревянных строениях, заборах. Слоевище в виде повисающих, реже торчащих кустиков с округлыми в поперечном сечении веточками. Иногда слоевище в виде прямостоячих, палочковидных выростов.....3
0. Слоевище с уплощенными в поперечном сечении веточками; ветви его (хотя бы частично), с завернутыми на нижнюю поверхность краями.....4
3. Веточки на поперечном разрезе правильно округлые. Кустики серовато-зеленые, главные ветви обильно покрыты короткими боковыми ветвями. При разрывании веточек обнаруживается плотный осевой стержень, состоящий из гиф и несущий механическую функцию.....Род *Уснея*
0. Таллом кустистый, прямостоячий или повисающий, с волосовидными или иногда сплюснутыми главными веточками. Осевой стержень в отличие от рода *уснея* отсутствует.....Род *Бриория*
4. Слоевище коричневое или почти черное, редко желтовато-зеленое или беловато-коричневатое. Лентовидные ветви местами трубчато завернуты. Растут исключительно на почве.....Род *Цетрария*
0. Слоевище лишайника имеет другую окраску. Лентовидные ветви более или менее плоские или выпуклые, реже с завернутыми краями. Растут преимущественно на деревьях.....5

- Кустики мягкие. По краям ветвей располагаются реснички. Верхняя сторона слоевища серая, нижняя — беловатая. Слоевище местами плотно срастается с субстратом, приближаясь к листоватому типу, но ветки имеют большое количество узких приподнимающихся лопастей.....Род *Анаптихия*
- Веточки не имеют ресничек.  
Сердцевинная ткань рыхлая.....6
6. Лопастни слоевища плоские, 2 — 4 мм ширины, края их завернуты вниз. Верхняя поверхность серая, часто с изидиями, нижняя окрашена от бледно-розового до темно-фиолетового цвета.....Род *Псевдоэверния*
  0. Лопастни слоевища угловато -округлые, 1—2 мм в диаметре, очень мягкие. Или лопастни плоские с серовато-зеленоватой верхней и более светло -окрашенной нижней поверхностью.....Род *Эверния*
  7. Слоевище листоватое или имеет вид чешуек или довольно крупных, разнообразно изрезанных пластинок, прикрепляющихся к субстрату всей или большей частью нижней своей поверхности при помощи ризин — пучков грибных гиф; у некоторых слоевище прикрепляется только в одном месте, большей частью в центре, пучком гиф, носящим название гомфа.....8
  0. Слоевище в виде гладкой, порошистой, зернистой бородавчатой корочки или мелких чешуек, плотно прикрепленных к субстрату.....19
  8. Слоевище желтого или оранжевого цвета.....9
  0. Слоевище другого цвета.....11
  9. Слоевище от КОН ярко краснеет. На его поверхности расположены апотеции, наиболее густо — в центре таллома. Апотеции имеют одинаковую со слоевищем окраску.....Род *Ксантория*
  0. Слоевище от КОН не краснеет.....10
  10. Слоевище мелкое, чешуйчатое, ярко-желтое. Лопастни в виде маленьких перисто-рассеченных чешуек, по краю приподнимаются над субстратом. Апотеции редки, сидячие.....Род *Канделярия*
  0. Слоевище более крупное и лимонно-желтое или зеленовато-желтое, с более или менее приподнимающимися краями.

- Соредии и апотечии находятся по краям пластинок.....Часть видов рода *Цетрария*
11. Слоевище очень тонкое, нежное, розетковидное, в центре плотно прилегает к субстрату, сероватое, беловато-сероватое или светло-беловато-зеленоватое. Лопасті узкие.....*Род Пармелеопсис*
  0. Слоевище более грубое, с широкими лопастями. Легко отделяется от субстрата.....12
  12. Слоевище серовато-зеленоватое, беловато-сероватое, желтовато-сероватое или коричневатое, снизу темное, может быть немного светлее. Слоевищные лопасті вздутые, сердцевина их рыхлая, внутри имеется полость.....*Род Гипогимния*
  0. Признакииные.....13
  13. Слоевище обычно розетковидное с радиально расположенными узкими лопастями. Споры коричневые, двухклеточные.....14
  0. Лопасті слоевища более или менее округлые. Споры бесцветные, одноклеточные.....16
  14. Слоевище серое, серовато-коричневатое, коричневое с беловатым налетом. Споры бородавчатые.....*Род Фискония*
  0. Слоевище без налета или с очень слабым налетом. Споры гладкие.....15
  15. Слоевище серое, от КОН желтеет. Апотечии леканоровые с темным диском и светлым краем.....*Род Фисция*
  0. Слоевище серо-коричневатое, коричневое, от КОН в окраске не изменяется. Апотечии леканоровые с коричневым диском и светлым краем. Споры с гладкой оболочкой двухклеточные, коричневые.....*Род Теофисция*
  16. Апотечии развиваются главным образом по краям лопастей.....17
  0. Апотечии располагаются обычно по всей поверхности.....18
  17. Слоевище, розетковидное, крупнолопастное, с приподнятыми, как бы разорванными краями. Кора слоевища из толстостенных удлинённых клеток.....*Род Платизмация*
  0. Слоевище от листоватого, распростертого до кустистого. Кора слоевища состоит из тонкостенных коротких клеток.....*Род Цетрария*
  18. Слоевище розетковидное, с широкими, складчато-волнистыми лопастями, с приподнимающимися концами. На поверхности слоевища расположены псевдоцифеллы — беловатые пятнышки, представляющие собой разрывы коры .... *Род Цетрелия*
  0. Слоевище листоватое, чаще розетковидное, окрашенное от сероватого до почти черного цвета. Поверхность слоевища без псевдоцифелл. Апотечии образуются редко. Лишайник размножается преимущественно соредиямиизидиями.....*Род Пармелия*
  19. Плодовые тела отсутствуют. Слоевище стерильное. ... 20
  0. Плодовые тела имеются.....21
  20. Слоевище порошисто-соредиезное. На коре деревьев у основания стволов. .... *Род Лепрария*
  0. Слоевище в виде гладкой или морщинистой корочки с белыми кучками округлых сорелей. На коре деревьев.....*Род Пертузария*
  21. Апотечии в виде мелких гвоздиков на тонких ножках. На их поверхности имеется мацедий — толстый слой споровой порошистой массы.....*Род Калициум*
  0. Апотечии другого строения.....23
  22. Апотечии лецидеевые, почти черные. Слоевище накипное с гладкой, бородавчатой, зернистой или порошистой поверхностью.....*Род Лецидея*
  0. Апотечии другого строения.....24
  23. Апотечии биаторовые, чаще с желтовато-буроватым оттенком, мягкие по консистенции. Слоевище накипное, в виде однородной бородавчатой, зернистой или гладкой корочки, часто потрескавшейся, обычно зеленовато-серого цвета.....*Род Биатора*
  0. Апотечии леканорового типа. Слоевище корковое, сероватое, реже желтоватое, гладкое. Зернистое, иногда малозаметное.....*Род Леканора*
  24. Слоевище мелкозернистое, желтое или оранжевое, от КОН не краснеет. Апотечии редки ... *Род Канделяривлла*

### Таблица для определения видов лишайников

#### Род Уснея

1. Таллом прямостоячий, 5 — 7, редко до 12 см длины, сильно разветвленный, серовато- или желтовато-зеленый, у основания — черноватый. Главные веточки на поверхности несут сосочки. Вторичные ветви нитевиднотонкие, покрыты крупными соралиями в виде беловатых пятен. Апотеции почти всегда отсутствуют. На коре деревьев, особенно на ветвях елей и стволах старых берез.....*Уснея хохлатая*
0. Цвет таллома иной.....2
2. Таллом повисающий вниз, длинный (до 30 см), сильно разветвленный, серовато- или пепельно-грязно-зеленоватый. Сердцевина от КОН желтеет, затем краснеет, иногда очень медленно. Главные веточки с многочисленными мелкими сосочками. Вторичные веточки с редкими фибриллами и мелкими соралиями. У основания таллома на коре его образуется черное кольцо. Апотеции редки. На стволах деревьев, особенно на старых березах с бугорчатой корой и елях.....*Уснеягустобородая* (рис. 5.3 [12])
0. Таллом прямостоячий, кустистый, сильно разветвленный, 3 — 8 см длины, бледно- или темно-зеленый или зеленовато-желтый, у основания не темный. Главные ветви без сосочков, ямчатые, с многочисленными фибриллами и соралиями. Вторичные веточки с соредиями. Сердцевина от КОН не изменяется. Апотеции обычно отсутствуют. На коре деревьев, преимущественно сосны и березы.....*Уснея жесткая* (рис. 5.3 [13])

#### Род Бриория

1. Слоевище повисающее, до 20 см длины, с плоскими соралиями, от КОН не изменяется в окраске. На деревьях лиственных и хвойных пород.....*Бриория сероватая*
0. Слоевище повисающее, до 20 см длины, от сероватого до бледно-коричневатого цвета, от КОН желтеет, затем краснеет. Веточки таллома округлые, дихотомически разветвленные, у основания и в местах ветвления могут быть немного уплощены. Соралии отсутствуют. На коре деревьев, чаще хвойных, реже лиственных пород (большой частью на березе).....*Бриория перепутанная*

#### Род Цетрария

1. Слоевище состоит из вертикальных лопастей, 0,5 — 5 см ширины и до 10 см высоты, зеленовато-коричневого

цвета. Лопасты плоские, желобчатые или почти свернуты в трубку, с белыми пятнами — псевдоцифеллами на нижней (наружной) стороне, и короткими ресничками по краю. Основание лопастей от ярко-красного до темно-красного цвета. Апотеции до 1,5 см в диаметре, с бурым диском, развиваются по краям лопастей. На почве в сосновых лесах.....*Цетрария исландская*

0. Слоевище иного строения.....2
2. Слоевище до 3 см в диаметре, розетковидное, без соредиев. Лопасты таллома оливково- или темно-коричневые, приподнимающиеся с темно-коричневыми апотециями на концах лопастей. На коре деревьев различных пород. Особенно часто на ветвях березы. На обработанной древесине и на заборах.....*Цетрария заборная*
0. Слоевище с соредиями по краям лопастей.....3
3. По краям волнисто-курчавых, сильно приподнятых лопастей располагается сплошная кайма беловатых соредиев. Апотеции встречаются редко. Верхняя поверхность зеленовато-коричневая или светло-оливковато-коричневая, слегка блестящая. Изидии встречаются редко и очень скоро распадаются на соредии. На коре и ветвях древесных пород.....*Цетрария хлорофилловая*
0. Лопасты слоевища с каймой ярко-желтых соредиев по краям. Слоевище неопределенной формы или неправильно розетковидное, до 5 см ширины, довольно плотно прикреплено к субстрату в центре, с приподнимающимися по краям лопастями. Лопасты расположены довольно тесно, иногда налегают своими краями друг на друга. Верхняя поверхность ярко-желтая, желтовато-зеленоватая или лимонно-желтая. Более или менее гладкая. Нижняя — почти одного цвета с верхней, с редкими, довольно длинными, беловатыми ризинами. Кора слоевища и сердцевина от КОН не изменяется в окраске. На стволах, ветвях и у основания стволов различных пород деревьев. Может встречаться на кустарниках и обработанной древесине.....*Цетрария сосновая*

#### Род Анаптия

1. Таллом листоватый, в виде пепельно- или беловато-серых розеток, плотно приросших к субстрату, до 10 см в диаметре. Лопасты длинные, перисто-разветвленные, с расширенными и приподнимающимися вверх концами,

на которых с нижней стороны образуются белые головчатые сорали или соредии в виде беловатого порошистого налета. По краям лопастей могут развиваться беловатые реснички. От КОН таллом желтеет, затем окраска переходит в ржаво-красную. Апотечии редки. На коре деревьев. *Апатихия красивая*

0. Слоевище листоватое или кустистое, лопастное, ветвистое. Лопасты по краям с ресничками. Верхний коровой слой из параллельно расположенных гиф. Апотечии леканоровые. На коре осин и других лиственных пород. *Апатихия реснитчатая*

#### Род Псевдоэверния

1. Слоевище кустистое, повисающее, с дихотомически разветвленными лопастями. Верхняя сторона их серая с многочисленными изидиями. Нижняя сторона розоватая или даже мясо-красная. По мере старения лопасти становятся лилово-черными с завернутыми вниз краями. Апотечии встречаются крайне редко. На стволах и ветвях сосен и берез, реже на обработанной древесине. *Псевдоэверния шелушащаяся*

#### Род Эверния

1. Лопасты слоевища плоские, 1—6 мм ширины, сверху серовато- или желтовато-зеленоватые, снизу беловатые, часто с розовым оттенком, по краям с многочисленными округлыми беловатыми соралиями. *Эверния сливовая*
0. Лопасты слоевища округло-угловатые, радиального строения, только в местах ветвления уплощенные. Лопасты 1—2 мм ширины, серовато-зеленые, сверху сплошь покрытые одноцветными со слоевищем соредиями. Апотечии чаще отсутствуют. На коре деревьев, обработанной древесине и на засохших ветвях сосны на болотах. *Эверния мезоморфная*

#### Род Ксантория

1. Слоевище только с апотечиями. *Ксантория настенная*
0. Слоевище с соредиями или изидиями. *Ксантория настенная*
2. Таллом свыше 3 см в диаметре, в виде правильных оранжево-желтых розеток, состоящих из крупных, широких, округлых по краю лопастей. На концах лопасти выемчато-изрезанные. В центре таллома многочисленные апотечии, диск которых окрашен ярче таллома. Обыкновенный лишайник, встречающийся на коре осины, тополя, на старых дощатых строениях и на камнях. *Ксантория настенная*

0. Слоевище до 1,5 см в диаметре, в виде маленьких подушечек. Слоевищные лопасти до 0,5 мм ширины, густо покрыты апотечиями. На деревьях, старой древесине. *Ксантория многоплодная*
3. Лопасты плоские, узкие, перисто-рассеченные, собранные в виде маленьких подушечек оранжевого цвета. По их краям располагаются зернистые изидии и желтоватые соредии. *Ксантория воскоподобная*

#### Род Канделярия

1. Таллом розетковидный или часто неправильной формы, мелко-лопастной или чешуйчатый, 0,5 — 2 см в диаметре. Лопасты в виде маленьких перисто-рассеченных чешуек. По краю приподнимаются над субстратом. Край лопастей покрыты многочисленными мелкозернистыми изидиями. Таллом желто-зеленый или оранжевый. На стволах и ветвях свободно стоящих деревьев, преимущественно лиственных, реже хвойных, на обработанной древесине. Часто встречается вблизи жилья человека. *Канделярия одноцветная*

#### Род Пармелеопсис

1. Слоевище беловато-зеленоватое или зеленовато-желтое, с головчатыми соралиями, часто сливающимися в центре в сплошную порошащую соредиезную массу. Апотечии встречаются редко, до 2 мм в диаметре с коричневым диском. *Пармелеопсис сомнительный*
0. Слоевище беловато-сероватое, "иногда с коричневым оттенком. *Пармелеопсис сомнительный*
2. Слоевище с крупными головчатыми, беловатыми соралиями, иногда в центре сливающимися в сплошную соредиезную массу. Нижняя поверхность темная с многочисленными темными ризинами. Апотечии встречаются редко. На коре древесных пород чаще у основания стволов сосен и берез, иногда на обработанной и гниющей древесине. *Пармелеопсис темный*
0. Слоевище с зернистыми или коротко-цилиндрическими сероватыми изидиями. Слоевищные лопасти узкие, до 1 мм ширины. Апотечии встречаются редко. На коре сосен, пнях, реже на обработанной и гниющей древесине. *Пармелеопсис бледнеющий*

#### Род Гипогимния

1. Соредии на нижней поверхности более или менее приподнятых и губовидно расширенных концов лопастей, нередко отогнутых кверху. Таллом сверху



пепельно- или беловато-серый, снизу черный, к краям часто коричневый, 2 — 15 см в диаметре. Лопастей его 2 — 3 мм ширины, большей частью сидячие или на коротких ножках, коричневые, встречаются редко.

Преимущественно на стволах и ветвях хвойных и лиственных пород.....*Гипогимния вздутая*

О, Соредии на концах, но не на нижней поверхности лопастей.....2

2. Розетки таллома сверху от голубовато-серого (в тенистых местах) до светло- или темно-коричневого, по периферии несколько более светлые, снизу черные. Лопастей таллома прилегают друг к другу и срастаются краем, от чего поверхность таллома становится радиально-волнисто-складчатой. По периферии таллома на концах лопастей его располагаются беловатые сорали, заходящие иногда на верхнюю поверхность. На коре деревьев.....*Гипогимния Биттера*

0. Розетки таллома сверху пепельно-серые, снизу черные, до 6 — 8 см в диаметре, лопасти таллома полые внутри, узкие (1—2 мм ширины), вздутые, на концах приподнятые, куполообразно утолщенные и покрытые здесь сплошь беловатыми головчатыми соралиями. Апотечии очень редки. Таллом и сорали от КОН сначала желтеют, а затем становятся коричневато-красными. На ветвях и на стволах древесных пород (преимущественно хвойных и березы). Изредка растет как примесь к другим эпифитным лишайникам, особенно вместе с гипогимнией вздутой.....*Гипогимния трубчатая*

#### Род ФИСКОНИЯ

1. Слоевеище с апотечиями, без соредиев и изидиев, розетковидное, до 10—12 см в диаметре, коричневатое с обильным беловатым зернистым налетом. Слоевеищные лопасти широкие, до 2 мм ширины, с закругленными расширенными плоскими концами. Апотечии 2 — 5 мм в диаметре, обильно развиваются в центральной части слоевища, обычно покрыты сизым налетом. На коре лиственных деревьев, чаще на осинах.....*Фискония припудренная*

0. Слоевеище с соралиями, апотечии образуются редко. Слоевеище в виде розеток, 5 — 9 см в диаметре, серо-коричневатое, с беловатым зернистым налетом. По краям лопастей развиваются беловатые или сероватые сорали. Нижняя сторона беловатая. Ризины простые, лишь на концах с небольшой кисточкой. На коре лиственных пород деревьев, особенно на осинах.....*Фискония серая*

#### Род ФИСЦИЯ

1. Слоевеище с апотечиями, без соредиев.....2

0. Слоевеище с соредиями, апотечии образуются редко.....3

2. Слоевеище розетковидное, до 10 см в диаметре, голубовато-сероватое, с легким беловатым налетом. Лопастей до 3 мм ширины, вильчато разветвленные. Апотечии с голым или покрытым густым сизым налетом диском. Сердцевина от КОН желтеет. На коре деревьев лиственных пород.....*Фисция серо-голубая*

0. Слоевеище розетковидное, 2 — 7 см в диаметре, сизовато-серое, без налета. Лопастей лучисто расходящиеся из центра, 0,5 — 1 мм ширины. Апотечии с голым или с легким налетом диском. Сердцевина от КОН не изменяется в окраске. На коре деревьев лиственных пород, чаще на осинах.....*Фисция звездчатая*

3. Слоевеище розетковидное, 2 — 5 см в диаметре, прижатое к субстрату, серое, с радиально расходящимися узкими лопастями, 0,5—1 мм ширины. Сорали головчатые, беловатые, расположены по всей поверхности слоевища, в центре часто сливающиеся. На коре деревьев и обработанной древесине.....*Фисция сизая*

0. Слоевеищные лопасти по краям со светлыми или темными длинными ресничками. Лопастей короткие, 3 — 4 мм длины, торчащие вверх, на концах шлемовидно расширены, с нижней вогнутой стороны развиваются беловатые сорали. На коре деревьев и обработанной древесине. Довольно распространенный вид.....*Фисция нежная*

#### Род Феофисция

1. Слоевеище с апотечиями, без соредиев и изидиев, розетковидное, 3 — 5 см в диаметре. Лопастей радиально расположенные, 0,5 — 1 мм ширины. Нижняя сторона черная, с густыми черными ризоидами, выступающими между лопастями в виде черной каймы. Апотечии леканоровые с коричневым диском и светлым краем. От КОН не изменяется в окраске. На коре лиственных пород деревьев, часто на осинах.....*Феофисция реснитчатая*

Слоевище с соредиями или изидиями, апотечии встречаются крайне редко.....2

2. Слоевеище в виде небольших розеток, 1 — 1,5 см ширины, серовато-коричневатого цвета. Слоевеищные лопасти узкие, 0,05 — 0,15 мм ширины, по краям с мелкими

- зернистыми сораями. На коре лиственных пород деревьев.....*Феофисция черноватая*
0. Слоевище в виде небольших розеток, до 3 см в диаметре. Слоевишные лопасти шириной от 0,5 до 1 мм, серовато-коричневые, с характерными головчатыми светлыми сораями, расположенными по всей поверхности слоевища. На коре деревьев лиственных пород и на старой древесине.....*Феофисция округлая*

### Род Платизмация

1. Слоевище розетковидное, крупнолопастное, до 10 см в диаметре, с приподнятыми, разорванными краями. Верхняя поверхность сероватая или зеленоватая. Нижняя — темно-коричневая с редкими ризинами в центре. По краям лопастей располагаются коралловидные изидии и соредии. Апотеции встречаются редко. На коре деревьев.....*Платизмация сизая*

### Род Цетрелия

1. Слоевище розетковидное, до 20 см в диаметре, с широкими, складчато-волнистыми лопастями, с приподнимающимися концами. Верхняя поверхность сероватая, серовато-зеленоватая, с мелкими беловатыми пятнами — псевдоцифеллами. Соредии в виде сплошной беловатой каймы располагаются по краям лопастей. Нижняя поверхность в центре розеток черная с черными ризинами, по краям коричневая, без ризин. Апотеции встречаются очень редко. На деревьях лиственных и хвойных пород.....*Цетрелия цетрариевидная*

### Род Пармелия

1. Верхняя сторона слоевища коричневая, более или менее темная.....2
0. Верхняя сторона светлая, сероватая, беловато-сероватая, желтовато-зеленоватая.....6
2. Слоевище с апотециями, без соредиев и изидиев.....3
0. Слоевище с изидиями и соредиями.....5
3. Слоевище плотное, жесткое, по краям приподнимающееся. Верхняя сторона от сероватой до грязно-зеленовато-коричневой, часто с сизоватым налетом, от КОН желтеет. Лопасти 5—10 мм ширины. Апотеции большие, вогнутые, с зазубренным краем. На коре деревьев лиственных пород, на обработанной древесине, заборах, крышах домов.....*Пармелия блюдчатая*

0. Слоевище тонкое, от КОН цвета не меняет.....4
4. Сердцевина таллома от КОН не изменяется Б окраске. Таллом листоватый, в виде розеток, реже неправильной формы, до 10 см в диаметре, плотно прижатый к субстрату. Лопасти 2 — 5 мм ширины, тесно сомкнуты или слегка налегают друг на друга, по краям с округлыми выемками. Верхняя сторона таллома зеленовато-коричневая, по краям лопастей гладкая, блестящая, к центру морщинистая, иногда с сероватым налетом, без соредиев и изидиев; нижняя — черная, на концах более светлая. Апотеции в центре таллома многочисленные, до 5 мм в диаметре, с вогнутым красновато-коричневым блестящим диском и слоевишным краем того же цвета, что и таллом. На коре лиственных пород, реже на хвойных и на обработанной древесине, в хорошо освещенных местах.....*Пармелия оливковая*
0. Слоевище розетковидное, до 5 см в диаметре, плотно прикрепленное к субстрату. Лопасти тесно сомкнутые, с единичными псевдоцифеллами на концах или без них. Верхняя сторона темно-коричневая, блестящая, реже матовая, без соредиев и изидиев; нижняя матовая, темная, ближе к краям несколько светлее. Апотеции развиваются по всему слоевищу как в центре, так и на периферии. На коре и ветвях различных деревьев .... *Пармелия северная*
5. Изидии бородавчатые, зернистые, сплюсненные. Слоевище розетковидное или неопределенной формы, тонкое, плотно прилегающее к субстрату. Лопасти 2 — 5 мм длины, тесно сомкнутые, с округлыми краями. Верхняя поверхность оливково-зеленая или коричневато-зеленоватая, гладкая; нижняя • — в центре черная, матовая, ближе к краям более светлая до серой или серовато-коричневой, с многочисленными ризинами. Апотеции встречаются редко, до 2 мм в диаметре, со светло- или темно-коричневым диском и с неровным бородавчатым краем. На стволах и ветвях различных лиственных и хвойных древесных пород.....*Пармелия шероховатистая*
0. Изидии мелкобородавчатые, почти зернистые. Слоевище розетковидное, до 8 см в диаметре, плотно прилегающее к субстрату. Лопасти до 2 — 6 мм ширины. На концах слегка расширенные, с мелко-волнистыми или зубчато-надрезанными краями. Верхняя поверхность оливково-коричневая, зеленовато-коричневая или серо-коричневая. Апотеции до 6 мм в диаметре, с коричневым, блестящим диском с характерным изидиозным краем. На стволах и ветвях различных древесных пород.....*Пармелия шероховатая*

6. Таллом листоватый, чаще неправильно-розетковидный, до 20 см в диаметре, в центре плотно прикрепленный к субстрату, по периферии со слегка приподнимающимися лопастями. Лопастии обычно тесно сомкнутые, налегающие друг на друга, с закругленными концами, 15 мм ширины. Верхняя поверхность, в зависимости от условий освещенности, желтовато-зеленоватая (в светлых местах) или серовато-зеленоватая (в тени). Нижняя сторона коричневатая. Апотеции с красновато-коричневым выпуклым диском, встречаются редко. Поверхность таллома от КОН желтеет. Очень полиморфный вид, форма таллома изменяется в зависимости от субстрата. На гладком субстрате таллом более прижатый, распростертый, гладкий, лопасти более крупные; на шероховатом — морщинисто-складчатый. На различных субстратах, но чаще на стволах лиственных пород.....*Пармелия козлиная*

0. Таллом неправильно-розетковидный, 5 — 15 см в диаметре. Лопастии 3 — 4 мм ширины и 5 — 20 мм длины, выемчатые, тесно собранные или немного расходящиеся, на концах тупые. Верхняя сторона таллома голубовато- или зеленовато-серая, сетчато-морщинистая, нижняя — черная, густо покрыта до концов лопастей черными, простыми или ветвящимися ризинами. Апотеции до 2 см в диаметре, коричневые, с выпуклым диском, редки. Таллом от КОН желтеет. На стволах и ветвях лиственных, реже хвойных пород, обычно на хорошо освещенных местах.....*Пармелия бороздчатая*

#### Род Лепрария

1. Слоевище накипное, в виде мучнисто-соредиозной корочки. Апотеции неизвестны. Слоевище в виде голубовато-зеленой, порошистой корочки, от КОН не изменяется в окраске или слабо желтеет, а затем медленно краснеет. В лесной зоне встречается на нижней части стволов деревьев, чаще на основаниях стволов сосен.....*Лепрария синевато-зеленоватая*

#### Род Пертузария

1. Слоевище накипное, в виде бугорчато-зернистой или соредиозной корочки, иногда с соралиями и изидиями. Слоевище очень горькое на вкус, в виде тонкой гладкой или морщинистой корочки. Сорали многочисленные, сильно выпуклые, иногда сливающиеся вместе, тоже горькие. На коре деревьев лиственных и хвойных пород.....*Пертузария горькая*
0. Слоевище и сорали не горькие. Край слоевища с четко выраженными концентрическими зонами (чере-

дующимися светлыми и темными полосами). Сорали многочисленные, выпуклые, крупные, до 2 мм в диаметре, без краев. На коре деревьев лиственных пород.....*Пертузария шариконосная*

#### Род Калициум

Слоевище накипное, в виде гладкой или зернисто-бугорчатой корочки. Апотеции на тонких ножках, реже сидячие. Головки апотеция покрыты мацедием. Обитают на коре деревьев и гниющей древесине.....*Калициум species*

#### Род Лецидея

Таллом тонкий. Беловатый или сероватый, мелко-бородавчатый, иногда потрескавшийся. Апотеции до 1,3 мм в диаметре, рассеяны по всему таллому, иногда скучены в одном месте, округлые или от взаимного давления угловатые, голые, буровато-черные. Сердцевинный слой синее от йода. На коре деревьев лиственных пород, а также на обработанной древесине.....*Лецидея скученная*

## 1 Б.2. Шизико-химические методы

### 5.2.1. Снег - индикатор чистоты воздуха

Снеговой покров накапливает в своем составе практически все вещества, поступающие в атмосферу. В связи с этим снег можно рассматривать как своеобразный индикатор чистоты воздуха.

В зависимости от источника загрязнения изменяется состав снегового покрова. Так, вблизи котельных, железнодорожных сетей, обслуживаемых тепловозами на мазутном топливе, большого потока автотранспорта, работающего на дизельном серосодержащем топливе, а также ряда специфических промпредприятий следует ожидать повышенное содержание соединений серы. Антропогенные источники содержания соединений азота — автотранспорт, теплоэнергетика, промпредприятий. Информативным является показатель величины рН снеговых вод. В обычном (незагрязненном) состоянии он изменяется от 5,5 до 5,8. Вблизи металлургических заводов, около ТЭЦ, котельных, как пра-

вило, рН снега имеет более высокие значения, т. е. обозначает слабощелочную или щелочную среду, что связано, по-видимому, с выпадением зольных частиц, содержащих соединения гидрокарбонатов калия, кальция, магния, повышающих рН снеговой воды.

Вдоль автомобильных трасс, в местах выбросов промпредприятиями продуктов сгорания с преобладанием оксидов серы, азота, углерода рН снегового покрова уменьшается, свидетельствуя о кислотности осадков.

Анализ снегового покрова следует проводить один раз в конце зимнего сезона. Снег нужно брать по всей глубине его отложения в стеклянные банки (удобнее трехлитровые). Сразу после таяния пробы, когда температура талой воды сравняется с комнатной, проводят ее анализ. Для проведения химического анализа снегового покрова территорию микрорайона школы следует поделить на квадраты, в каждом из них взять пробу снега массой не менее 3 кг. После того как температура талой воды сравняется с комнатной, проводят анализ на следующие компоненты: соединения азота (в нитритной, нитратной и аммиакатной формах), сульфаты, некоторые тяжелые металлы по тем методикам, которые описаны ниже в разделе по анализу физико-химических свойств воды. Кроме того, необходимо определить общее солесодержание, наличие нерастворимых веществ и кислотность снеговой воды. Общее солесодержание талой воды находят путем прибавления к 500 мл профильтрованной талой воды 5 мл 10% раствора соляной кислоты с последующим выпариванием до сухого остатка и взвешиванием. Наличие нерастворимых веществ определяется путем фильтрования, высушивания осадка на фильтре и взвешивания.

Результаты анализа заносятся в табл. 13 экопаспорта.

### Ш. Определение запыленности воздуха [7, 101]

Вблизи дороги и — для контроля — в удалении от нее выбирают по 5 деревьев одной породы. На высоте 1 — 1,5 м со стороны дороги с каждого дерева срывают по 10 листьев и помещают в чистую стеклянную банку с крышкой. В другую банку таким же образом собирают листья с контрольных деревьев, растущих вдали от

дороги. Места взятия проб отмечают на карте микрорайона.

Листья в банках заливают дистиллированной водой, затем тщательно смывают пыль с поверхности каждого листа. Воду фильтруют и взвешивают массу осадка после сушки. Полученный результат дает массу пыли на обмытой поверхности.

Для определения поверхности обмытых листьев берут 5 листочков, лучше разных по размеру, протирают их от воды и обводят каждый из них на бумаге. Затем вырезают по контуру и взвешивают вырезанные проекции листа. Из той же бумаги вырезают квадрат 10 x 10 см и взвешивают его. Рассчитывают поверхность обмытых листьев по формуле:

$$S = \frac{M_i - III}{5 - M_g} \quad (DM_2),$$

где  $M_j$  — масса бумаги, вырезанной по контурам 5 листьев;

$M_g$  — масса 1 дм<sup>2</sup> бумаги;

III — количество обмытых листьев.

После этого можно определить, сколько пыли осаждается на 1 кв. м поверхности листьев, а зная точное время накопления пыли (от последнего сильного дождя до момента исследований), можно подсчитать среднюю скорость осаждения пыли за сутки ( — — ):

$$v = \frac{t - 100}{S - t} \quad \text{м}^2 \cdot \text{сут}$$

где  $t$  — масса пыли, г;

$S$  — поверхность обмытых листьев, дм<sup>2</sup>;

$t$  — время осаждения пыли, сут.

Проведя подобные исследования в разных точках микрорайона, можно построить карту запыленности воздуха на данной территории.

Полученные данные вносят в табл. 16 экопаспорта.

### В.2.3. Дополнительные методы

*Экспресс-методы определения углекислого газа в воздухе помещений* [24]

*1 способ.* Метод основан на реакции углекислоты с Раствором кальцинированной соды.

В шприц объемом 100 мл набирают 20 мл 0,005% раствора кальцинированной соды с фенолфталеином, имеющего розовую окраску, а затем засасывают 80 мл воздуха и встряхивают в течение 1 мин. Если не произошло обесцвечивания раствора, воздух из шприца осторожно выжимают, оставив в нем раствор, вновь набирают порцию воздуха и встряхивают еще 1 мин. Эту операцию повторяют 3 — 4 раза, после чего добавляют воздух небольшими порциями по 10 — 20 мл, каждый раз встряхивая содержимое 1 мин до обесцвечивания раствора. Подсчитав общий объем воздуха, прошедшего через шприц, определяют концентрацию  $\text{CO}_2$  в воздухе по приводимой табл. 6.6.

Таблица 6.6.

Зависимость содержания  $\text{CO}_2$  в воздухе от объема воздуха, обесцвечивающего 20 мл 0,005% раствора соды

Объем воздуха, мл	Концентр. $\text{CO}_2$ , %	Объем воздуха, мл	Концентр. $\text{CO}_2$ , %	Объем воздуха, мл	Концентр. $\text{CO}_2$ , %
80	0,32	330	0,116	410	0,084
160	0,208	340	0,112	420	0,080
200	0,182	350	0,108	430	0,076
240	0,156	360	0,104	440	0,070
260	0,144	370	0,100	450	0,066
280	0,136	380	0,096	460	0,060
300	0,128	390	0,092	470	0,056
320	0,120	400	0,088	480	0,052

**2 способ.** Принцип метода: определение основано на нейтрализации слабоаммиачного раствора углекислым газом в присутствии индикатора фенолфталеина. В дальнейшем производится сравнительное исследование изучаемого воздуха и воздуха открытой атмосферы, где содержание  $\text{CO}_2$  держится на уровне 0,04% в городе и 0,03% в сельской местности.

### Оборудование

1. Пробирки вместимостью 30 см<sup>3</sup>.

2. Шприц вместимостью 20 см<sup>3</sup>.

Реактивы. 1. Аммиак — 25% раствор. 2. Фенолфталеин — 1% раствор спиртовой. 1 г фенолфталеина растворяют в 80 см<sup>3</sup> этанола и доводят объем до 100 см<sup>3</sup> водой. 3. Поглотительный раствор. К 500 см<sup>3</sup> дистиллированной воды добавляют 0,04 см<sup>3</sup> раствора аммиака и 1 — 2 капли 1% раствора фенолфталеина.

Ход определения: в пробирку наливают 10 см<sup>3</sup> поглотительного раствора и закрывают резиновой пробкой, которую заранее протыкают иглой от шприца. Сначала исследование проводят с воздухом открытой атмосферы. Для этого воздух забирают шприцем до отметки 20 см<sup>3</sup> и под давлением вводят через иглу в пробирку с аммиачным раствором. Не отпуская поршня, пробирку энергично взбалтывают для поглощения  $\text{CO}_2$  из воздуха. Эти манипуляции проводят до полного обесцвечивания поглотительного раствора. Записывают, сколько раз (количество шприцев) пришлось вводить воздух из шприца в пробирку, чтобы раствор обесцветился.

После этого пробирку освобождают от использованного раствора, ополаскивают дистиллированной водой, заполняют 10 см<sup>3</sup> свежего поглотительного раствора и точно так же проводят определение с исследуемым воздухом. Снова записывают количество шприцев, пошедших на обесцвечивание раствора. Как правило, во втором случае для нейтрализации аммиачного раствора требуется меньшее количество шприцев воздуха.

Концентрацию оксида углерода (IV) в воздухе определяют по формуле:

$$w(\%) = \frac{0,04 \times n}{n_i},$$

где  $n$  — количество шприцев воздуха открытой атмосферы;

$n_i$  — количество шприцев исследуемого воздуха.

### Определение диоксида серы в воздухе лаборатории [24]

ПДК рабочей зоны  $\text{SO}_2 = 10 \text{ мг/м}^3$ . Под действием сернистого газа происходит резкое раздражение слизистых оболочек, спазм голосовой щели.

Принцип метода — восстановление иода сернистым газом до иодоводорода.

В поглотитель Полежаева (или иной подобный поглотитель, см. рис. 6.4) наливают 1 мл поглотительного раствора, состоящего из смеси 0,0001 г раствора иода с крахмалом. Через поглотитель протягивают с помощью аспиратора (рис. 6.5) воздух со скоростью 10 мл/мин (при такой скорости можно легко сосчитать проходящие

через поглотительный раствор пузырьки воздуха) до исчезновения окраски поглотительного раствора.

Объем прошедшего через поглотитель воздуха можно определить по объему вытекающего из аспиратора воды.

Концентрацию сернистого газа в воздухе определяют по табл. 6.7.

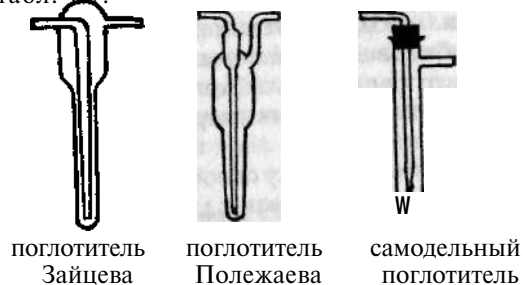


Рис. 6.4. Устройство поглотителей различного типа

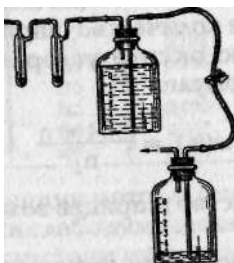


Рис. 6.5. Аспирационное устройство

Таблица 6.7

Концентрация сернистого газа в воздухе

Объем воздуха, мл	Концентрация сернистого газа, мг/м <sup>3</sup>	Объем воздуха, мл	Концентрация сернистого газа, мг/м <sup>3</sup>
10	320	100	32
20	160	120	29
30	107	130	27
40	80	140	24
50	64	150	22
60	53	200	20
70	46	250	16
80	40	300	12
90	35		10

### 6.3. Оценка чистоты атмосферного воздуха по величине автотранспортной нагрузки

#### Учет автотранспортной нагрузки

Известно, что основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются тепловая энергетика, промышленные предприятия и автомобильный транспорт, причем последний служит в городских условиях наиболее мощным загрязнителем атмосферы. В выхлопных газах двигателей содержится более 200 химических соединений и элементов; наибольший вклад в структуру загрязняющих веществ вносят оксиды углерода и азота, углеводороды, сернистые соединения, сажа.

Загрязнение воздуха отработанными газами автомобилей отличается значительной неравномерностью в пространстве и во времени. Поэтому очень важен оперативный и детальный учет интенсивности и структуры транспортных потоков, особенно в городах и крупных населенных пунктах.

Санитарные требования по уровню загрязнения допускают поток транспорта в жилой зоне интенсивностью не более 200 авт./ч.

Для учета автомобильных потоков в прилегающем к школе микрорайоне составляется схема всех улиц, по которым разрешено движение транспорта. Затем выбирается несколько улиц с незначительным, средним и интенсивным движением автомашин.

Учет автотранспортной нагрузки можно провести следующим методом [23], пригодным как для городских, так и для сельских районов. Суть его заключается в том, что на каждой выбранной улице намечается один или несколько створов наблюдений. Желательно, чтобы они располагались вдали от перекрестков и остановок транспорта, были удобны и (что особенно важно) безопасны для наблюдателей. На каждый створ требуется два наблюдателя: один учитывает машины, идущие из центра на окраину, второй — из окраинных районов в сторону центра. Каждую проехавшую мимо автомашину ученик отмечает точкой в соответствующей графе учетной таблицы, при этом целесообразно провести отдельный учет легковых автомобилей, грузовых машин, автобусов, тракторов и мотоциклов (трол-

лейбусы, не играющие большой роли в загрязнении атмосферы, можно не учитывать). Смена наблюдателей на створах должна проводиться не реже, чем через 1 — 1,5 ч.

На одних и тех же створах возможно проведение разнообразных наблюдений:

- в разное время дня (суточные изменения);
- в разные дни недели, но в одно и то же время (недельные изменения);
- в разные сезоны года, но в одни и те же дни (сезонная динамика движения транспорта).

По данным учетных таблиц можно построить графики суточной и недельной динамики движения транспорта на конкретной улице, сравнить транспортные потоки в центр и из центра города, сопоставить интенсивность движения на оживленной магистрали, возле своей школы, на улице вблизи своего дома и т. д. При построении графика на горизонтальной оси откладывается время (в часах — для суточной динамики или в днях — для длительного периода наблюдений), а на вертикальной оси — суммарная интенсивность транспортного потока. Такие графики легко сравнить между собой.

В целях единообразия и получения информации в региональном плане необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

- \* выбрать не менее двух постов наблюдений (с значительным и наиболее интенсивным движением транспорта), на которых будет проводиться ежегодное изучение автотранспортного потока;
- проводить измерение в одни и те же сроки: ежедневные наблюдения с 14 до 15 ч в разные периоды года;
- в табл. 14 экопаспорта микрорайона проставлять среднюю за период наблюдений интенсивность транспортного потока (авт./ч).

лейбусы, не играющие большой роли в загрязнении атмосферы, можно не учитывать). Смена наблюдателей на створах должна проводиться не реже, чем через 1 – 1,5 ч.

На одних и тех же створах возможно проведение разнообразных наблюдений:

- в разное время дня (суточные изменения);
- в разные дни недели, но в одно и то же время (недельные изменения);
- в разные сезоны года, но в одни и те же дни (сезонная динамика движения транспорта).

По данным учетных таблиц можно построить графики суточной и недельной динамики движения транспорта на конкретной улице, сравнить транспортные потоки в центр и из центра города, сопоставить интенсивность движения на оживленной магистрали, возле своей школы, на улице вблизи своего дома и т. д. При построении графика на горизонтальной оси откладывается время (в часах — для суточной динамики или в днях — для длительного периода наблюдений), а на вертикальной оси — суммарная интенсивность транспортного потока. Такие графики легко сравнить между собой.

В целях единообразия и получения информации в региональном плане необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

- выбрать не менее двух постов наблюдений (с значительным и наиболее интенсивным движением транспорта), на которых будет проводиться ежегодное изучение автотранспортного потока;
- проводить измерение в одни и те же сроки: ежедневные наблюдения с 14 до 15 ч в разные периоды года;
- в табл. 14 экопаспорта микрорайона проставлять среднюю за период наблюдений интенсивность транспортного потока (авт./ч).

## МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ПОЧВ

На уровне школьного мониторинга биоиндикация по растениям является доступным методом и используется для выбора контрольного и опытного участков, сходных по почвам и фитоценозам и имеющих единственное различие — степень антропогенного воздействия.

Для характеристики почв ключевых участков можно использовать индикаторные виды растений, которые могут свидетельствовать о водном режиме почв, их кислотности, обеспеченности элементами минерального питания, состоянии плодородия.

Ежегодные наблюдения за состоянием растительности исследуемых ключевых участков позволят определить антропогенную нагрузку на опытном участке, выявить виды, чувствительные к антропогенному воздействию. Для сравнения флор контрольного и опытного участка можно использовать следующие критерии: видовое разнообразие флор, состав видов-доминантов, встречаемость видов, морфологические изменения растений, степень поражения растений вредителями и болезнями.

### 7.1. Биоиндикационные методы

#### 7.1.1. Растения - индикаторы плодородия почв ИВ, 111

Почва — один из главных объектов окружающей среды, центральное связующее звено между биотическим и абиотическим компонентами биосферы. Полный анализ почвы требует много времени и труда. Однако многие особенности почвы, в том числе и плодородие,



можно определить по населяющим ее растениям-индикаторам.

Так, например, о высоком плодородии свидетельствуют следующие растения: малина, крапива, иван-чай, таволга, сныть, чистотел, копытень, кислица, вале-риана, чина луговая, костер безостый, таволга.

Индикаторы умеренного (среднего) плодородия: майник двулистный, медуница, дудник, грушанка, гравилат речной, овсяница луговая, купальница, вероника длиннолистная.

О низком плодородии свидетельствуют сфагновые (торфяные) мхи, наземные лишайники, кошачья лапка, брусника, клюква, белоус, ситник нитевидный, душистый колосок.

Безразличны к почвенному плодородию: лютик едкий, пастушья сумка, мятлик луговой, Черноголовка, ежа сборная. Малотребовательна к почвенному плодородию сосна обыкновенная.

Кроме общего понятия «плодородие почвы», можно выяснить обеспеченность почвы определенными элементами.

Например, о высоком содержании азота свидетельствуют растения-нитрофилы — иван-чай, малина, крапива; на лугах и пашне — разрастания пырея, гусиной лапчатки, спорыша (горца птичьего). При хорошем обеспечении азотом растения имеют интенсивно-зеленую окраску.

Наоборот, недостаток азота проявляется бледно-зеленой окраской растений, уменьшением ветвистости и числа листьев.

Высокую обеспеченность кальцием показывают кальциефилы: многие бобовые (например, люцерна серповидная), листовница сибирская.

При недостатке кальция господствуют кальциефобы — растения кислых почв: белоус, щучка (луговик дернистый), щавелек, сфагнум и др. Эти растения устойчивы к вредному действию ионов железа, марганца, алюминия.

#### 7.1.2. Растения - индикаторы водного режима почв

- Индикаторами разного водного режима почв являются растения-гигрофиты, мезофиты, ксерофиты.

Влаголюбивые растения (гигрофиты) — обитатели влажных, иногда заболоченных почв: голубика, багульник, морощка, селезеночник очереднолистный, белозор, калужница, герань луговая, камыш лесной, сабельник болотный, таволга вязолистная, горец змеиный, мята полевая, чистец болотный.

Растения достаточно обеспеченных влагой мест, но не сырых и не заболоченных — мезофиты. Это большая часть луговых трав: тимopheевка, лисохвост луговой, пырей ползучий, ежа сборная, клевер луговой, горошек мышиный, чина луговая, василек фригийский. В лесу это брусника, костяника, копытень, золотая розга, плауны.

Растения сухих местообитаний (ксерофиты): кошачья лапка, ястребинка волосистая, очитки (едкий, пурпурный, большой), ковыль перистый, толокнянка, полевика белая, наземные лишайники.

#### 7.1.3. Растения - индикатору глубины залегания грунтовых вод

Установление показателей глубины залегания грунтовых вод имеет значение для уточнения свойств почв и для выработки рекомендаций по мелиорации их. Для индикации глубины залегания грунтовых вод можно использовать группы видов травянистых растений (индикаторные группы). Для луговых почв выделяется 5 групп индикаторных видов (табл. 7.1).

Таблица 7.1.

Индикаторные группы растений — указатели глубины грунтовых вод на лугах (по Г.Л. Ремезовой, 1976)

Индикаторная группа	Глубина грунтовых вод
I. Костер безостый, клевер луговой, подорожник большой, пырей ползучий	Более 150 см
II. Полевика белая, овсяница луговая, горошек мышиный, чина луговая	100-150 см
III. Таволга вязолистная, канареечник	50-100 см
IV. Осока лисья, осока острая, вейник Лангедорфа	10-50 см
V. Осока дернистая, осока пузырчатая	0-10 см

Помимо названных групп растений, есть переходные виды, которые могут выполнять индикаторные

функции, например мятлик луговой, может быть включен как в первую, так и во вторую группы. Он указывает залегание воды на глубине от 100 до более 150 см. Хвощ болотный — от 10 до 100 см и калужница болотная — от 0 до 50 см.

В качестве биоиндикатора может быть использован и один вид, если этот вид имеет массовое развитие в конкретном местообитании.

Глубину почвенно-грунтовых вод в лесных экосистемах и характер увлажнения почв можно определить по табл. 7.2.

Таблица 7.2.

Растения-индикаторы глубины залегания грунтовых вод и характера увлажнения почв  
(по С.В. Викторову и др., 1988)

Индикаторы	группы растений	Глубина грунтовых вод (м)
1. Ельник-кисличник	Кислица заячья, седмичник европейский, майник двулистный	3-5
2. Ельник-черничник	Черника, кислица заячья, <u>зеленые мхи</u>	1-3
3. Ельнички-долгомошники	Черника, багульник, мох <u>политрихум</u>	до 1 м
4. Ельнички <u>сфагновые</u>	Багульник, андромеда, Кассандра, сфагновые мхи	0-0,5
Ельнички дубовые	Ясменник душистый, медуница неясная, звездчатка ланцетовидная, зеленчук	5-10
6. Сосново-ельник-кисличник	Кислица заячья, папоротники, зеленые мхи	3-5
7. Сосново-ельник-черничник	Черника, брусника, кислица, папоротники, зеленые мхи	3-5
8. Сосняк лишайниковый	Кошачья лапка, ястребинка волосистая, кладонии	более 10
9. Сосняк <u>брусничный</u>	Брусника, зеленые мхи	3-5
10. Сосняк-черничник	Черника, кислица, <u>зеленые мхи</u>	до 2 м
11. Сосняк <u>орляковый</u>	Орляк, кислица, майник двулистный	1-3
12. Сосняк <u>долгомошный</u>	Голубика, черника, мох <u>политрихум</u>	0,5-1
13. Сосняк сфагновый	Багульник, Кассандра, сфагнум	0-0,2

#### 7.1.4. Растения - индикаторы кислотности почвы [101]

Кислотность — одно из характерных свойств почвы лесной зоны. Повышенная кислотность отрицательно сказывается на росте и развитии ряда видов растений. Это происходит из-за появления в кислых почвах вредных для растений веществ, например растворимого алюминия или избытка марганца. Они нарушают углеводный и белковый обмен в растениях, задерживают образование генеративных органов и приводят к нарушению семенного размножения, а иногда вызывают гибель растений.

Повышенная кислотность почв подавляет жизнедеятельность почвенных бактерий, участвующих в разложении органики и высвобождении питательных веществ, необходимых растениям.

В лабораторных условиях кислотность почв можно определить универсальной индикаторной бумагой, набором Алямовского, рН-метром, а в полевых условиях — при помощи растений-индикаторов. В процессе эволюции сформировались три группы растений: ацидофилы — растения кислых почв, нейтрофилы — обитатели нейтральных почв, базифилы — растут на щелочных почвах. Зная растения каждой группы, в полевых условиях можно приблизительно определить кислотность почвы (табл. 7.3).

Таблица 7.3.

Растения-индикаторы кислотности почв  
(по Л.Г. Раменскому, 1956)

Группа	Биоиндикатор	рН почвы
1. Ацидофилы 1.1. Крайние ацидофилы	Сфагнум, зеленые мхи: гилокомиум, дикранум; плаун булавовидный, плаун годичный, плаун сплюснутый, ожика волосистая, пушица влагалищная, подбел многолистный, кошачьи лапки, Кассандра, цетрария, белоус, щучка дернистая, хвощ полевой, шавелек малый	3,0-4,5
1.2. Умеренные ацидофилы	Черника, брусника, багульник, калужница болотная, сушеница, лютик ядовитый, толокнянка, седмичник европейский, белозор болотный, фиалка собачья, сердечник луговой, вейник наземный	4,5 - 6,0

1.3. Слабые ацидофилы	Папоротник мужской, ветреница лютиковая, медуница неясная, зеленчук, колокольчик крапиволистный, колокольчик широколистный, бор развесистый, осока волосистая, осока ранняя, малина, смородина черная, вероника длиннолистная, горец змеиный, орляк, иван-да-марья, кисличка заячья	5,0–6,7
1.4. Ацидофильно-нейтральные	Зеленые мхи: гилокомиум, плеврозиум, ива козья	4,5–7,0
2. Нейтрофильные 2.1. Околонейтральные	Сныть европейская, клубника зеленая, лисохвост луговой, клевер горный, клевер луговой, мыльнянка лекарственная, аистник цикутный, борщевик сибирский, цикорий, мятлик луговой	6,0–7,3
2.2. Нейтрально-базифильные	Мать-и-мачеха, пупавка красильная, люцерна серповидная, келерия, осока мохнатая, лядвенец рогатый, гусиная лапка	6,7 – 7,8
2.3. Базифильные	Будина сибирская, вяз шершавый, бересклет бородавчатый	7,8–9,0

Данные о растениях-индикаторах на ключевых участках вносятся в табл. 18 экопаспорта.

7.1.5. Индекс состояния окружающей среды по частотам встречаемости фенов белого клевера ИВ, 25, 261

Оценить состояние окружающей среды и уровень антропогенного воздействия можно с помощью фенотипических биоиндикаторов.

Фены — это четко различающиеся варианты какого-либо признака или свойства биологического вида.

Под воздействием антропогенных факторов в популяциях увеличивается частота встречаемости специфических фенотипов у различных видов растений и животных. Таким образом, частота встречаемости некоторых фенов является биологическим индикатором воздействия антропогенных факторов, в том числе загрязнения.

В качестве фенотипического биоиндикатора можно использовать широко распространенный белый клевер *Trifolium repens* (клевер ползучий). Формаседого рисунка на пластинках листа и частота встречаемо-

сти может использоваться как индикатор загрязнения среды.

Наблюдения осуществляются путем подсчета форм с различным рисунком и без него (рис. 7.1) и последующего расчета частоты их встречаемости в процентах. Диагностику желательно проводить на разных пробных площадках, различающихся антропогенной нагрузкой и положением в ландшафте.

Рекомендуется следующая методика работы. Сначала задается направление движения, по которому будет производиться исследование. Обнаружив экземпляр белого клевера (обычно в виде куртинки), определяя фенотип, к которому он относится (рис. 7.1), и делают отметку в соответствующей графе рабочей таблицы (табл. 7.4).

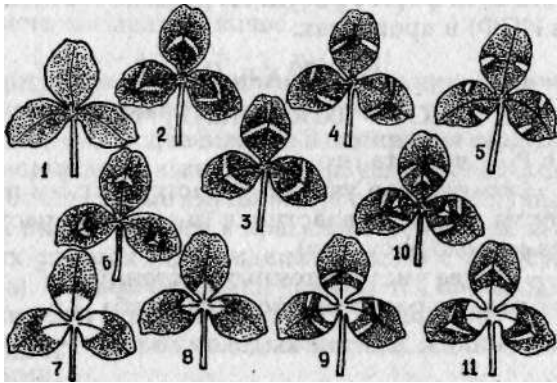


Рис. 7.1. Фенотипы белого клевера

Таблица 7.4.

Рабочая таблица учета фенов белого клевера

Фен 1 (без рисунка)	Фен 2	Фен 3	Фен ...	«новые» формы

Отсчеты фенов следует проводить не чаще, чем через два — три шага. Эта процедура повторяется по ходу Движения в заданном направлении до конца пробной

площадки. После этого направление движения меняется, и подсчет продолжается до тех пор, пока не будет сделано не менее 200 отсчетов. Если в какой-либо точке площадки обнаруживаются два разных фена, то данный результат не учитывается ввиду переплетения куртинок.

При обнаружении на пробной площадке фенов, не указанных на рис. 7.1, результаты вносятся в графу «новые формы». Отдельно отмечается наличие растений с какими-либо уникальными фенами (например, с рисунком красного цвета), растения-мутанты с четырьмя, пятью и более листьями и т. д., делается их гербарий с описанием места и даты обнаружения.

Для популяции белого клевера на каждой пробной площадке рассчитываются частоты встречаемости отдельных фенов  $P_i$ , а также суммарная частота встречаемости всех форм с рисунком (индекс соотношения фенов ИСФ) в процентах:

$$P_i = 100x_{ni}/N,$$

$$\text{ИСФ} = 100x(p_2 + p_3, \dots)/N,$$

где  $P_i$  — частота  $i$ -го фена,

$x_i$  — количество учтенных растений с  $i$ -м рисунком на листовой пластинке ( $n_i$  — число растений без «седого рисунка»),

$N$  — общее число учтенных растений.

Результаты расчетов вносятся в табл. 7.5.

Таблица 7.5.

Результаты фенотипической диагностики пробной площадки №\_\_

Фен 1 (без рисунка)	Фен 2	Фен 3	Фен 4	«новые» формы	всего	Фен 2	Фен 3	Фен 4	«новые» формы	ИСФ

По величине ИСФ при достаточно большом количестве пробных площадок на исследуемой территории можно выделить наиболее антропогенно нагруженные участки. На чистых территориях величина ИСФ не превышает 30%, а на загрязненных территориях ИСФ может достигать 70 — 80%.

Результаты феноиндикации заносятся в табл. 19 экопаспорта.

### 7.1.В. Биодиагностика почвенных микро- и макроэлементов

В результате глобального и регионального антропогенного загрязнения из воздуха и воды, а также при сбросе и захоронении отходов в почву попадают повышенные количества соединений, содержащие катионы металлов, что приводит к увеличению их поступления в организм растений и накоплению в органах и тканях. Повышенное количество микроэлементов и соединений тяжелых металлов вызывает нарушения метаболизма в тканях растений и обуславливает соответствующие признаки избыточного содержания. Полевые исследования дикорастущих форм могут выявить избыток того или иного элемента в почве.

#### Признаки избыточного содержания химических элементов в почве [11]

**Цинк** — обесцвечивание и отмирание ткани листьев, молодые листья желтеют, верхушечные почки отмирают, более старые листья могут опадать без увядания, жилки окрашиваются в красный или черный цвет (на ранних стадиях повреждение сходно с недостатком железа). Первые признаки появляются на молодых растениях, при этом поражается все растение.

**Медь** — хлороз молодых листьев, жилки остаются зелеными.

**Марганец** — первые признаки появляются на молодых растениях, поражение местное. Ткань некротическая, хлороз развивается между жилками молодых листьев, превращая их в желтые или беловатые с темно-коричневыми или почти белыми некротическими пятнами, лист искривляется и сморщивается (в этом основное отличие от голодания).

**Железо** — ткань не некротическая: хлороз развивается между жилками молодых листьев, жилки остаются зелеными, позднее весь лист становится желтым или беловатым, что сходно с голоданием.

**Кобальт** — у некоторых растений вдоль основных зеленых жилок листа появляются прозрачные, наполненные водой участки; между жилками развивается

также некроз; позднее листья становятся коричневыми и опадают.

**Фосфор** — первые признаки проявляются на взрослых растениях, повреждается все растение. Ткань некротическая, общее пожелтение листьев; желтоватые или коричневые концы и края более старых; появление ярких некротических пятен; опадение листьев, у некоторых растений сходное с калийным голоданием, у других — с избытком азота.

**Магний** — листья слегка темнеют и немного уменьшаются; иногда наблюдается свертывание и сморщивание молодых листьев, на поздних стадиях роста концы их втянуты и отмирают.

**Калий** — ткань не некротическая: на ранних стадиях слабый рост растений, удлинение междоузлий, светло-зеленая окраска листьев; на поздних стадиях рост замедляется, у листьев появляются пятна, листья вянут и опадают.

**Сера** — общее огрубление растений, листья маленькие, тускло-зеленые, стебли твердые, позднее листья могут скручиваться внутрь и покрываться наростами, края их становятся коричневыми, затем бледно-желтыми.

**Хлор** — общее огрубление растений, листья маленькие, тускло-зеленые, стебли твердые, у некоторых растений на более старых листьях появляются пурпурно-коричневые пятна, после чего листья опадают.

**Азот аммонийный или нитратный** — повреждение местное. Ткань некротическая: хлороз развивается на краях листьев и распространяется между жилками, появляется коричневый некроз, и концы листьев свертываются, затем листья опадают (повреждение у многих растений сходно с голоданием).

**Кальций** — хлороз развивается между жилками с беловатыми и некротическими пятнами, которые могут быть окрашенными или иметь наполненные водой концентрические кольца; у некоторых растений происходит рост листовых розеток, отмирание побегов и опадение листьев (по повреждению сходно с недостатком магния и железа).

**Бор** — хлороз концев и краев листьев, который распространяется внутрь, особенно между жилками, пока весь лист не становится бледно-желтым или бе-

ловатым; ожоги краев листьев и некроз с закручиванием краев, опадение листьев.

В программе экомониторинга предусмотрено определение признаков избытка микро- и макроэлементов в почве ключевых участков методом биодиагностики. В табл. 20 экопаспорта обозначается знаком «+» наличие у растений признаков, свидетельствующих об избыточном количестве того или иного химического элемента.

### 7.1.7. Ишднцн (101)

Одним из наиболее важных показателей антропогенного воздействия на почвы и экосистемы в целом является изменение видового состава и количества почвенных и напочвенных беспозвоночных животных. Их изучение проводится на учетных площадках, линейно-радиальных маршрутах, профилях, где делаются почвенные прикопки и устанавливаются ловушки по методу «ловчих стаканов».

Исследования почвенной и напочвенной фауны дает наиболее наглядные результаты при изучении различных форм землепользования: сельскохозяйственной деятельности, дорожно-тропиночной сети, воздействия локальных загрязнителей природной среды; при изучении экосистем леса и открытых ландшафтов; отдельных видов рекреационного природопользования.

Для определения общего характера антропогенного воздействия на экосистемы на учетной площадке в 1 га необходимо заложить 4—5 прикопок размером 50 x 50 см на глубину встречаемости почвенных беспозвоночных.

При более детальном изучении локальных антропогенных воздействий рекомендуется брать пробы на площадке 0,01 га (10x10 м) в 1/16 м<sup>2</sup> (25x25 см). При этом число проб с одного участка увеличивают до 9—12. Расположение прикопок на учетной площадке зависит от цели и задач выполняемой работы. На однородных площадках достаточно заложить 3 (по диагонали), а лучше 5 (четыре по углам и одну в центре).

Процесс взятия пробы проходит следующим образом. Сначала отмечают площадь пробы, забивая по углам квадрата колышки, натягивая между ними шнур.

Затем от границ отмеренной площадки отгребают в разные стороны опад, или подстилку (если пробу берут в лесу), или сухую сыпучую землю поверхностного слоя (на парах). Рядом с пробой с одной или с двух сторон раскладывают клеенку или плотную ткань, на которую потом помещают выбираемую из пробы почву. Сначала с пробной площадки руками снимают опад и растительные остатки, которые тщательно перебирают, учитывая и собирая всех найденных животных. После удаления растительных остатков приступают к выкапыванию почвы с площади пробы лопатой. Вынутую на клеенку почву тщательно перебирают руками, при этом крупные комья дробят, а сплетения корней — разрывают. Всех обнаруженных животных собирают в баночки, матерчатые мешочки. Животных собирают из каждой пробы и слоя отдельно и тут же записывают в полевой дневник с той точностью определения, которая возможна в полевых условиях. В дневнике дается подробная характеристика участка и места взятия пробы. Весь собранный при раскопке материал фиксируют для последующей камеральной обработки в лабораторных условиях школы.

Для повышения точности размера пробы можно использовать металлические пластины заданного размера, которые забивают в почву, а затем выбирают почвенные слои.

#### Учет численности дождевых червей [10]

Дождевые черви — постоянные обитатели почвы. Количество их сильно варьирует, достигая в благоприятных условиях до 1000 особей на 1 м<sup>2</sup>. В обычных условиях численность колеблется от нескольких десятков до двух—четырех сотен. Они играют особую роль в почвообразовательном процессе, обогащая почву азотом и биогенными элементами, участвуют в разложении растительного опада.

Изучение численности и биомассы дождевых червей позволяет понять ход почвообразовательного процесса на исследуемой территории. Для сбора червей необходимо иметь длинный пинцет, нож, совок и лопату. Собранных червей помещают в мешочки, сшитые из плотной ткани или в стеклянные банки вместе с землей или влажным мхом. В банках в жаркую погоду

черви быстро гибнут, поэтому лучше использовать мешочки.

На полевой экологической практике и в ходе исследований сбор червей и учет их численности можно осуществлять методами раскопки и выгонки. Раскопка и ручная разборка почвенных проб на месте дают наиболее достоверные данные о порядке численности и соотношении встречаемости отдельных видов червей и экологических групп. Полученные этим методом данные оказываются наиболее сопоставимыми при региональных исследованиях. Однако следует отметить трудоемкость этого метода.

Можно использовать для подсчета дождевых червей метод подсчета выползков после дождя или для выгонки червей залить участок водой (5 — 6 ведер на 1 м<sup>2</sup>), но эти методы дают лишь приблизительные результаты.

При изучении влияния дорожно-тропиночной сети и других форм антропогенного воздействия на почву подсчитывают численность дождевых червей по уровням удаления от объекта. Данные заносят в табл. 7.6.

Таблица 7.6.

Зависимость количества и биомассы дождевых червей от степени антропогенного воздействия (расстояния от дороги)

Показатели	Номера прикопок и расстояние от объекта			
	I-0 м	II-2,5 м	III - 5 м	IV-10 м
Количество				
Биомасса				

Из каждой пробы червей подсчитывают и взвешивают, а затем результаты сравнивают между собой. Отмечают в дневнике изменение численности и биомассы червей.

Подобные исследования проводят в разных экосистемах, различающихся степенью хозяйственного воздействия. Подсчитывают биомассу червей на 1 га каждого биотопа и данные заносят в табл. 7.7. После завершения исследования делают выводы. Составляют диаграмму размещения дождевых червей в исследуемом районе.

Таблица 7.7.

Сводная таблица численности и биомассы дождевых червей в различных экосистемах района практики (на 1 м<sup>2</sup>)

Биотопы	Показатели	
	численность	биомасса
Лес смешанный		

С целью изучения влияния структуры почвы на численность и биомассу червей можно провести исследования на разных типах почв по вышеуказанной методике, а полученные данные занести в табл. 7.8.

Таблица 7.8.

Зависимость количества и биомассы червей на 1 м<sup>2</sup> от структуры почв

Структура почвы	Показатели	
	численность	биомасса

Для выяснения влияния кострищ на заселение почвы дождевыми червями исследуют кострища разного возраста, данные заносят в таблицу 7.9 и делают выводы.

Таблица 7.9.

Количество и биомасса дождевых червей на 1 м<sup>2</sup> на разных стадиях восстановления кострищ

Возраст кострищ, лет	Показатели	
	численность	биомасса
0 - 1		
4 - 5		
7 - 8		
10 - 12		

Для учета численности беспозвоночных животных, обитающих на поверхности почвы и в подстилке леса, используют биоценометр, ловушки и ловчие канавки.

Учет беспозвоночных ловушками и ловчими канавками

Метод учета беспозвоночных ловушками и ловчими канавками позволяет учесть крупных хищных жу-желиц, пауков, которые в дневное время находятся в укрытиях и при кошении сачком не учитываются. Для учета используют ловушки Барбера, которые представляют собой стеклянные банки с небольшим количеством фиксирующей жидкости на дне, вкопанные таким образом, чтоб верхний край банки оказался на одном уровне с почвой. Ловушки Барбера чаще используются с ловчими канавками, на дне которых они и вкапываются. Ловушки проверяют 2 раза в сутки — утром и вечером. Таким образом можно установить, какие животные ведут ночной, а какие дневной образ жизни. Для получения сравнимых результатов по видовому составу и количественному учету животных время отлова рассчитывают в количестве ловушко-суток для каждого биотопа.

Например, в смешанном лесу 8 ловушек простояли 2 суток, поймали 32 жужелицы, а в сосновом — 12 ловушек поймали 48 жужелиц за 3 суток. Получается: в смешанном лесу  $8 \times 2 = 16$  ловушко-суток, в сосновом лесу  $12 \times 3 = 36$  ловушко-суток. Чтобы сравнить эти данные, количество животных делим на количество ловушко-суток и получаем: в смешанном лесу —  $32:16 = 2$  жужелицы на 1 л/с и  $48:36 = 1,3$  в сосновом лесу.

После подсчета и определения животных выпускают (если не была использована фиксирующая жидкость), а результаты заносят в табл. 7.10.

Таблица 7.10.

Количество беспозвоночных животных на поверхности почвы и в подстилке леса

№	Вид (семейство) беспозв"очных	Номер ловушки							
		№ 1		№ 2		№ 3		№ 4	
		кол-во лов.-суток	кол-во живот-ных	кол-80 лов.-суток	кол-во живот-ных	кол-во лов.-суток	кол-80 живот-ных	кол-во лов.-суток	кол-во живот-ных
1									
2									
3									

Сравнительный анализ результатов изучения количества беспозвоночных в течение нескольких лет

дает представление об изменении плодородия почв, обеспеченности влагой и кислородом.

### 7.1.8. Дошешные методы

#### 7.1.8.1. Использование листьев липы в качестве биоиндикатора солевого загрязнения почвы [10, 27]

Для предотвращения гололедицы на проезжих частях улиц городов часто используют песчано-солевую смесь. В весеннюю пору в период таяния снега часть соли растворяется и вместе с талой водой уносится в реки, а часть соли вместе с песком оказывается на газонах, приводя к загрязнению почвы. Большинство растений не выносит хлорид-ионов и гибнет, древесные растения ослабляются, у них повреждаются листья, уменьшается фотосинтезирующая поверхность и замедляется рост, рано опадают листья. Особенно чувствительны к солевому загрязнению липы. Показателем реакции липы на солевой фактор является появление краевого хлороза на листьях. Под хлорозом понимается утрата листовой пластинкой зеленой окраски вследствие разрушения хлорофилла и появления желтой окраски, что приводит к отмиранию участков листа в целом и раннему сбрасыванию их на землю. О степени засоления почвы газонов можно судить по величине повреждения листовых пластинок липы. Исследования лучше всего вести с половины июля по август, когда лист достигнет своего полного развития. При этом следует внимательно осмотреть листья лип и выявить степень повреждения листовых пластинок. Выделяется 4 степени повреждения, соответствующие характеру засоления почв:

- первая степень загрязнения — на крае листа появляется узкая желтая полоска, в почве отмечаются следы соли;
- вторая — сильный хлороз, проявляющийся в виде широкой краевой полосы, при этом в почве отмечается среднее количество соли;
- третья — обширная зона краевого некроза с желтой пограничной полоской;
- четвертая — большая часть листовой пластинки отмирает, количество соли в почве крайне велико и граничит с пределами выносимости вида.

Исследуя характер повреждений листьев липы по кварталам, данные заносят на план города. После полного обследования можно получить реальную картину засоления микрорайонов города и выработать предложения по оздоровлению почвы. Для борьбы с засолением иногда прибегают к смене почвенного покрова на газонах, но это мелиоративное мероприятие ложится тяжелым бременем на городской бюджет, поэтому не следует допускать складирования сметаемого с дороги песка на газоны.

#### 7.1.8.2. Использование почвенных водорослей для биоиндикации состояния почв [28]

С водорослями как с низшими автотрофными организмами школьники знакомятся в курсе ботаники. Однако более детальное знакомство с этой группой организмов может быть осуществлено при изучении их индикационных свойств.

Почвенные водоросли, составляя постоянную и активную часть почвенных микроорганизмов, отражают состояние почвенной среды и используются для биодиагностики почв. Альгологический анализ (по водорослям) может быть использован для экологического мониторинга почв и в практике работы школы. Ниже дается краткое описание методов изучения почвенных водорослей и приводятся примеры использования их в индикационных целях. Данные методики рассчитаны на старших школьников. При затруднении в определении видового состава водорослей их идентификация может быть проведена до отдела (синезеленые, зеленые, желтозеленые, диатомовые) и использованы количественные методы учета водорослей.

Почвенные водоросли — это совокупность нескольких экологических группировок водорослей:

- 1) наземные водоросли, разрастающиеся на поверхности почвы;
- 2) водно-наземные, разрастающиеся на поверхности постоянно влажной почвы;
- 3) собственно почвенные водоросли, населяющие толщу почвенного слоя [28].

Водоросли представляют собой совокупность нескольких обособленных систематических отделов. Большая часть встречающихся в почвах водорослей отно-



сится к четырем отделам: синезеленые, зеленые, желтозеленые и диатомовые водоросли.

Группировки водорослей в каждой почве относительно стабильны по флористическому составу, доминирующим и специфическим видам. Разным типам почв соответствует определенный состав водорослей. Как биоиндикаторы водоросли имеют ряд преимуществ перед другими почвенными микроорганизмами. Их можно заметить невооруженным глазом при «цветении» почвы — позеленение поверхностного слоя при массовом разрастании микроводорослей. Некоторые виды водорослей (носток) образуют макроскопически заметные талломы, и их можно собирать. Используя школьный биологический микроскоп, дающий увеличение в 400, 600 и более раз, водоросли можно идентифицировать до вида. Анализ альгофлоры дает возможность подобрать индикаторные виды, наличие которых говорит об определенных свойствах почвы. Альгоиндикация является надежным критерием оценки направленности почвенных процессов при действии разных факторов.

### Методы изучения почвенных водорослей

Методы сбора, фиксации и культивирования водорослей разнообразны. Остановимся на тех из них, которые доступны для школьных исследований.

**1. Сбор почвенных проб.** На выбранном для сбора проб участке следует подробно описать растительность, рельеф местности, тип почвы. Если имеются макроскопически заметные поверхностные разрастания водорослей в виде общего позеленения почвы, пленок, корочек, собирают поверхностный слой площадью 10 — 100 см<sup>2</sup>. Для выявления водорослей в толще целинной почвы берут индивидуальные пробы весом 20 — 50 г, приуроченные к определенным растительным ассоциациям и к определенному почвенному горизонту. В окультуренных почвах берут смешанный образец весом 20 — 50 г, составленный из 5— 10 индивидуальных (методика отбора индивидуальных проб и приготовления смешанного образца приведена в разделе 7.2.1). Пробы берут стерильным ножом, совком или лопатой. В полевых условиях стерилизация может быть проведена многократным втыканием ножа в исследуемую

почву. Образцы почв отбирают в конверты из плотной бумаги. На конверте делается надпись простым карандашом: номер образца, дата сбора, глубина взятия. Делаются записи в полевом дневнике.

**2. Определение видового состава почвенных водорослей.** Видовой состав водорослей определяется при изучении свежевзятой почвы (прямое микроскопирование) и с использованием культуральных методов. Просмотр небольшой порции свежевзятой почвы под микроскопом в капле воды дает представление о доминирующих видах. Методом прямого микроскопирования изучаются водоросли, образующие макроскопически заметные поверхностные разрастания на почве, и водоросли, образующие заметные талломы.

Главным методом выявления видового состава водорослей является метод культур. При постановке культур пользуются общепринятыми приемами микробиологической техники, касающимися стерильности посуды, питательных растворов, воды и инструментов (автоклавирование или кипячение и стерилизация спиртом). Задача культивирования заключается в получении интенсивного роста всех имеющихся в почве водорослей. Наиболее простым методом выявления видового состава водорослей является метод «стеклообрастания». Исследуемую почву помещают в стерильные чашки Петри, увлажняют дистиллированной водой (если почва сухая). На поверхности почвы раскладывают стерильные покровные стекла в количестве 4 — 8 на чашку. Стерилизация покровных стекол может быть проведена спиртом или легким прокаливанием в пламени спиртовки. Стекла положить так, чтобы между стеклами и почвой оставались свободные пространства — «влажные камеры». Через 5 — 7 дней можно начать просмотр стекол под микроскопом. Покровное стекло снимают с поверхности почвы пинцетом, удаляют крупные частички почвы и кладут на предметное стекло в каплю воды. Для полного выявления видового состава водорослей в почве достаточно 3 — 6 недель культивирования. Метод «стеклообрастания» дает возможность выявить активную альгофлору исследуемой почвы, определить виды-доминанты, выявить видовой состав водорослей.

Существуют также методы водных и агаровых культур, но в школе они мало применимы, так как требуют специального оборудования и реактивов.

Для определения почвенных водорослей нет специального определителя. Используются многотомные «Определитель пресноводных водорослей СССР», «Визначник прісноводних водоростей УРСР» и др.

3. *Количественные методы изучения почвенных водорослей:*

- 1) прямое взвешивание — • используется для определения массы поверхностных корочек или пленок водорослей, собранных с определенной площади ( $1 \text{ см}^2$  или  $1 \text{ дм}^2$ );
- 2) подсчет водорослей, рассеянных между частицами почвы. Для количественного учета берут среднюю пробу почвы. Средняя проба составляется из разного числа (от 5 до 10) индивидуальных проб. Пробы отбираются способом случайного отбора или в шахматном порядке. Отбор почвенных образцов проводят с глубины 0 — 5 см.

При подготовке образца к количественному анализу почву необходимо подсушить, чтобы можно было разрушить комочки, и тщательно перемешать. Затем распределить ровным слоем толщиной 0,5 см в виде прямоугольника, разделить на квадраты. Для составления навески берут из каждого квадрата небольшое количество почвы. Навески в 1 г помещают в пенициллиновые склянки. Повторность проб — 3 — 5. Допустимо хранение проб в холодильнике при  $5^\circ \text{C}$  в течение нескольких суток. Если обработка проб проводится не сразу, пробы фиксируют 4% формалином (4 — 5 мл). На склянку наклеивают этикетку, на которой указывают номер пробы, дату. Приготовление препарата для прямого учета микроскопических водорослей состоит в следующем. Навеску почвы тщательно растирают в склянке с добавлением небольшого количества дистиллированной воды (если почва свежая) или в небольшом объеме формалина. Для растирания используют пестик, изготовленный из препаровальной иглы и резинового наконечника, вырезанного пробочным сверлом. Затем добавляют воду до 4 мл, склянку тщательно взбалтывают в течение 2 минут. После 0,5 мин отстаивания взвесь сливают в пробирку, к осадку добавляют

3 мл воды, взбалтывают 1 мин, отстаивают 0,5 мин и взвесь сливают в ту же пробирку. Процедуру повторяют еще раз. Осадок отбрасывают, а суспензию доводят до объема 10, 20, 40 мл (в зависимости от густоты), пробирку закрывают пробкой и взбалтывают (не менее 2 мин). Затем мерной пипеткой со слегка подточенным носиком наносят каплю суспензии на предметное стекло (одну из первых капель, пока не нарушена гомогенность суспензии). Каплю закрывают покровным стеклом. Препарат готов для микроскопирования. Для замедления подсыхания препарата в каплю суспензии можно добавить каплю глицерина, перемешать краем покровного стекла. Определяют объем капли суспензии, подсчитав число капель в 1 мл.

Приготовленный к счету препарат изучают под микроскопом. Отмечают число встреченных в препарате водорослей по систематическим группам: синезеленые, зеленые и желтозеленые, диатомовые.

Обязательно просчитывают три навески, а при значительном расхождении результатов — все пять. Количество клеток водорослей определяется по формуле:

$$x = a \cdot x \cdot x \cdot 20,$$

где  $x$  — число клеток в 1 г почвы,  
 $a$  — число клеток, обнаруженных при счете,  
 $x$  — количество капель в 1 мл суспензии,  
 20 — разведение в мл.

При просмотре препарата необходимо отличать водоросли от спор грибов и от протонемы мхов. Споры грибов имеют толстую оболочку и гомогенное содержимое. Нити протонемы мхов отличаются от нитей водорослей косыми перегородками и большим количеством хлоропластов в клетках.

Количество водорослей в почве подвержено резким колебаниям и изменяется за короткий промежуток в значительных пределах, поэтому для установления численности водорослей в почве необходимы многократные учеты.

Альгологический метод оценки используется при изучении водного режима почв, влияния мелиорации, Удобрений, пестицидов на почвенную биоту и др.

Так, влажность почвы, действуя как постоянный экологический фактор, обуславливает специфику во-

дорослевых сообществ и интенсивность развития отдельных видов и групп водорослей. Выявлены виды водорослей, специфичные для участков различного увлажнения почв выработанных торфяников. Индикаторами **слабого** увлажнения почв (40%) являются виды: *Nostoc calcicola*, *Chlorosarcinopsis minor*, *Actmochloris sphaerica*, *Dictyococcus irregularis*, *Spongioecocum tetrasporum*, *Characiopsis minutissima*, *Pleurochloris pyrenoidosa*, *Navicula pelliculosa*, рис. 7.2 (1 — 4); **среднего** увлажнения (60%): *Phormidium valderiae*, *Phormidium corium*, *Phormidium boryanum*, *Chlorhormidium flaccidum* f. *nitens*, *Dispora crucigenoides*, *Tribonema ulotrichoides*, *Bumilleria sicula*, *Navicula mutica*, рис. 7.2 (5 — 9); **сильного** увлажнения (80%): *Gleocapsa minima*, *Gleocapsa minuta*, *Anabaena variabilis*, *Cylindrospermum majus*, *Oscillatoria splendida*, *Oscillatoria amoena*, *Oscillatoria limosa*, *Tetraedron minimum*, *Nitzschia palea*, рис. 7.2 (10—12), рис. 7.3 (1, 3, 4, 12).

Наблюдения за макроскопическими разрастаниями водорослей показали, что при умеренном увлажнении преобладали водоросли из отделов зеленые, желтозеленые, а при сильном увлажнении — нитчатые синезеленые из порядка осцилляториевые и зеленые водоросли из рода зигнема, являющиеся типичными гидрофильными видами. Массовые разрастания водорослей на выработанных торфяниках служат индикаторами увлажнения почв. Следует помнить, что при использовании водорослей в целях биодиагностики надо учитывать сезонную динамику их состава и численности.

На неосушенных дерново-подзолистых почвах выявлены виды водорослей — показатели переувлажнения минеральных почв (рис. 7.3). Присутствие данных видов водорослей в пахотной почве указывает на ее заболачивание и необходимость проведения осушительной мелиорации.

В процессе окультуривания постепенно формируются водорослевые сообщества пахотных почв, которые отличаются богатым видовым разнообразием синезеленых, зеленых, желтозеленых и диатомовых водорослей. Доминирующими видами пахотных почв являются: *Nostoc punctiforme*, *Anabaena sphaerica* (рис. 7.3 (1, 2)), *Cylindrospermum licheniforme*, *Cylindrospermum mu-*

*scicola* (рис. 7.4 [5]), *Cylindrospermum catenatum* (рис. 7.4 [6]), *Phormidium autumnale* (рис. 7.4 [4]), *Microcoleus vaginatus* (рис. 7.4 [3]), *Navicula mutica* (рис. 7.2 [9]), *Hantzschia amphioxys* (рис. 7.4 [9]), *Pleurochloris magna* (рис. 7.5.[1]), *Pleurochloris anomala* (рис. 7.5 [3]), *Botrydiopsis eriensis* (рис. 7.5 [8]), *Botrydiopsis arhiza*, *Polyedriella helvetica* (рис. 7.5 [9]), *Polyedriella irregularis* (рис. 7.5 [10]), *Characiopsis minuta* (рис. 7.5 [12]), *Heterothrix exilis* (рис. 7.4 [7]), *Chlamydomonas gloegama* (рис. 7.4 [8]), *Chlorhormidium flaccidum* f. *nitens* (рис. 7.2 [6]).

Многие из названных видов при благоприятных условиях среды (влажности, температуры, наличии питательных веществ) образуют макроскопически заметные разрастания на поверхности почвы (рис. 7.4). В весенний период в поверхностных разрастаниях основную численность и биомассу составляют диатомовые, зеленые, желтозеленые водоросли; летом — зеленые и желтозеленые; осенью преобладают синезеленые, составляя 93 — 99% численности и 60 — 90% биомассы поверхностных разрастаний. При этом численность водорослей в пятнах «цветения» достигает 2,0— 16,1 млн клеток на 1 см<sup>2</sup>.

Желтозеленые водоросли отзывчивы на окультуривание почвы. В старопашотных дерново-подзолистых почвах видовое разнообразие желтозеленых водорослей обычно бывает в 3 — 4 раза больше по сравнению с целинной почвой. Желтозеленые водоросли являются показателями чистых почв (рис. 7.5). При различных способах загрязнения почвы данная группа водорослей исчезает.

### 7.1.8.3. Кресс-салат как тест-объект для оценки загрязнения почвы и воздуха [27]

Кресс-салат — однолетнее овощное растение, обладающее повышенной чувствительностью к загрязнению почвы тяжелыми металлами, а также к загрязнению воздуха газообразными выбросами автотранспорта. Этот биоиндикатор отличается быстрым прорастанием семян и почти стопроцентной всхожестью, которая заметно уменьшается в присутствии загрязнителей.

Кроме того, побеги и корни этого растения под действием загрязнителей подвергаются заметным морфологическим изменениям (задержка роста и искрив-

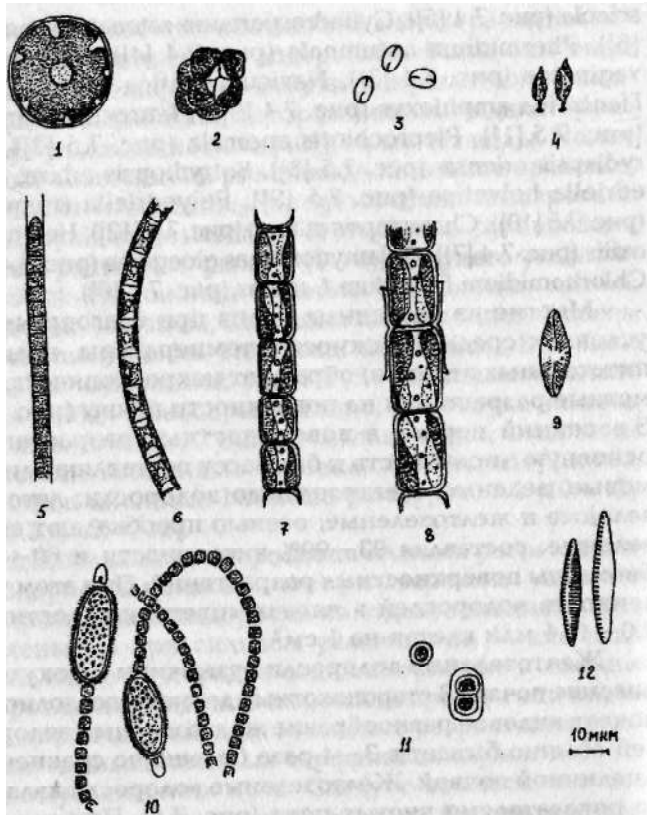


Рис. 7.2. Водоросли, специфичные для участков различного увлажнения торфяников:

- слабое увлажнение (40%)
  - 1 — *Actinochloris sphaerica*;
  - 2 — *Chlorosarcinopsis minor*;
  - 3 — *Navicula pelliculosa*;
  - 4 — *Characiopsis minutissima*;
- среднее (60%)
  - 5 — *Phormidium boryanum*;
  - 6 — *Klebsormidium flaccidum* f. *nitens*;
  - 7 — *Tribonema ulotrichoides*;
  - 8 — *Bumilleria sicula*;
  - 9 — *Zuticola mutica*;
- сильное (80%)
  - 10 — *Cylandrospermum majus*;
  - 11 — *Gleocapsa minuta*;
  - 12 — *Nitzschia palea*



Рис. 7.3. Водоросли — показатели переувлажнения минеральных почв

- 1 — *Anabaena variabilis* f. *variabilis*;
- 2 — *Cylandrospermum stagnale*;
- 3 — *Oscillatoria limosa*;
- 4 — *Phormidium splendidum*;
- 5 — *Pseudanabaena galeata*;
- 6 — *Closterium pusillum*;
- 7 — *Cosmarium cubrenatum*;
- 8 — *Cosmarium cucurbita*;
- 9 — *Mesotaenium macrococcum*;
- 10 — *Cylandrocystis brebissoni*;
- 11 — *Cylandrocystis crassa*;
- 12 — *Tetradron minimum*

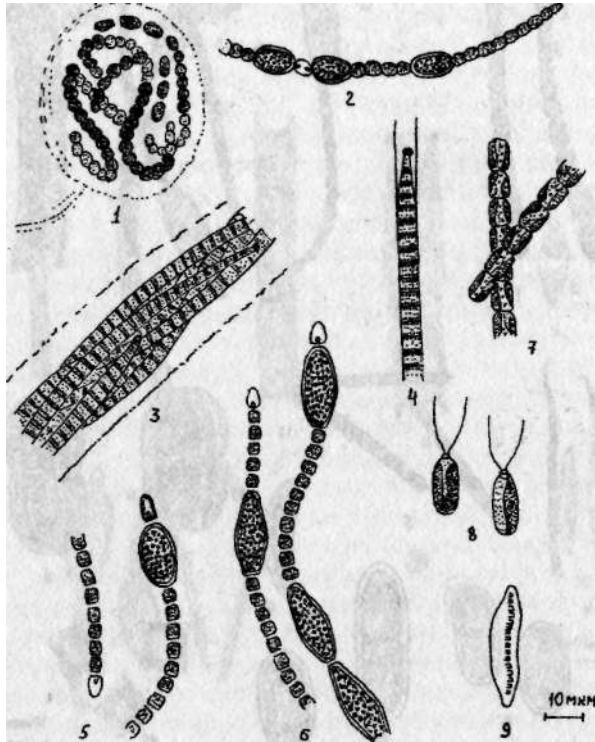


Рис. 7.4. Водоросли, вызывающие «цветение» пахотных почв

- 1 — Nostoc sp.;
- 2 — Anabaena sphaerica;
- 3 — Microcoleus vaginatus;
- 4 — Phormidium autumnale;
- 5 — Cylandrospermum muscicola;
- 6 — Cylandrospermum catenatum;
- 7 — Xanthonema exilis;
- 8 — Chlamydomonas gloeogama;
- 9 — Hantzschia amphioxys

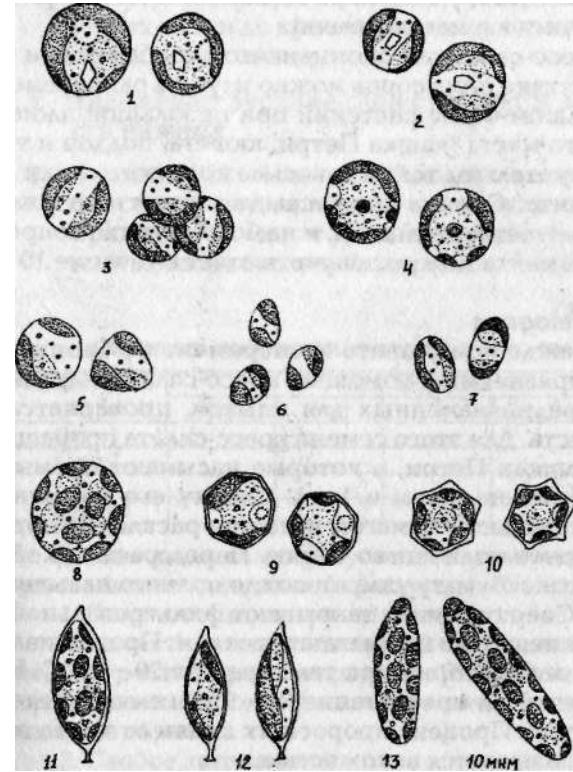


Рис. 7.5. Желтозеленые водоросли — показатели чистых почв

- 1 — Eustigmatos magnus;
- 2 — Pleurochloris imitans;
- 3 — Pleurochloris anomala;
- 4 — Pleurochloris pyrenoidosa;
- 5 — Pleurochloris inaequalis;
- 6 — Monodus chodatii;
- 7 — Ellipsoidion oocystoides;
- 8 — Botrydiopsis eriensis;
- 9 — Vischeria helvetica;
- 10 — Polyedriella irregularis;
- 11 — Characiopsis saccata;
- 12 — Characiopsis minuta;
- 13 — Bumilleriopsis brevis

ление побегов, уменьшение длины и массы корней, а также числа и массы семян).

Кресс-салат как биоиндикатор удобен еще и тем, что действие стрессоров можно изучать одновременно на большом числе растений при небольшой площади рабочего места (чашка Петри, кювета, поддон и т. п.). Привлекательны также и весьма короткие сроки эксперимента. Семена кресс-салата прорастают уже на третий — четвертый день, и на большинство вопросов эксперимента можно получить ответ в течение 10— 15 суток.

### Методика

Прежде чем ставить эксперимент по биоиндикации загрязнений с помощью кресс-салата, партия семян, предназначенных для опытов, проверяется на всхожесть. Для этого семена кресс-салата проращивают в чашках Петри, в которые насыпают промытый речной песок слоем в 1 см. Сверху его накрывают фильтровальной бумагой и на нее раскладывают определенное количество семян. Перед раскладкой семян песок и бумагу увлажняют до полного насыщения водой. Сверху семена закрывают фильтровальной бумагой и неплотно накрывают стеклом. Проращивание ведут в лаборатории при температуре 20 — 25 °С. Нормой считается прорастание 90 — 95% семян в течение 3 — 4 суток. Процент проросших семян от числа посеянных называется всхожестью.

После определения всхожести семян приступают к проведению эксперимента, закладывая один или несколько опытов в следующей последовательности.

1. Чашку Петри заполняют до половины исследуемым субстратом (почвой, илом и т. п.). В другую чашку кладут такой же объем заведомо чистого субстрата, который будет служить в качестве контроля по отношению к исследуемому материалу.
2. Субстраты во всех чашках увлажняют одним и тем же количеством отстоянной водопроводной воды до появления признаков насыщения.
3. В каждую чашку на поверхность субстрата укладывают по 50 семян кресс-салата. Расстояние между соседними семенами должно быть по возможности одинаковым.

4. Покрывают семена теми же субстратами, насыпая их почти до краев чашек и аккуратно разравнивая поверхность.
5. Увлажняют верхние слои субстратов до влажности нижних.
6. В течение 10 — 15 дней наблюдают за прорастанием семян, поддерживая влажность субстратов примерно на одном уровне. Результаты наблюдений записывают в таблицу (табл. 7.11).

Таблица 7.11.

Скорость прорастания семян кресс-салата

Исследуемый субстрат	Число проросших семян, %.				
	3 сут	4 сут	5 сут		15 сут
Опыт 1					
Опыт 2					
Контроль					

В зависимости от результатов опыта субстратам присваивают один из четырех уровней загрязнения.

#### 1. Загрязнение отсутствует

Всхожесть семян достигает 90 — 100%, всходы дружные, проростки крепкие, ровные. Эти признаки характерны для контроля, с которым следует сравнивать опытные образцы.

#### 2. Слабое загрязнение

Всхожесть 60 — 90%. Проростки почти нормальной длины, крепкие, ровные.

#### 3. Среднее загрязнение

Всхожесть 20 — 60%. Проростки по сравнению с контролем короче и тоньше. Некоторые проростки имеют уродства.

#### 4. Сильное загрязнение.

Всхожесть семян очень слабая (менее 20%). Проростки мелкие и уродливые.

При проведении опытов с кресс-салатом следует учитывать, что большое влияние на всхожесть семян и качество проростков оказывают водно-воздушный режим и плодородие субстрата. В гумусированной, хорошо аэрированной почве (чернозем, верхний горизонт серой лесной почвы) всхожесть и качество проростков всегда лучше, чем в тяжелой глинистой почве, которая

из-за малой проницаемости для воды и воздуха имеет плохой водно-воздушный режим. Поэтому в качестве субстрата для контроля следует брать почву того же типа, что и для опытов.

Кроме загрязнения почвы, на кресс-салат оказывает влияние состояние воздушной среды. Газообразные выбросы автомобилей вызывают морфологические отклонения от нормы у проростков кресс-салата, в частности, отчетливо уменьшают их длину.

Кресс-салат можно выращивать на незастекленных балконах многоэтажных домов, расположенных вдоль автодорог. Газообразные выбросы автотранспорта имеют плотность более высокую, чем воздух, и скапливаются в приземном слое до высоты 2-х метров. Одновременное выращивание кресс-салата на балконах нижних и верхних этажей летом, в период теплой и безветренной погоды, обычно показывает заметные различия в качестве проростков.

#### 7.1.8.4. Учет беспозвоночных при помощи биоценометра

Работа с биоценометром представляется одним из наиболее достоверных методов при работе на маленьких площадках. Биоценометр представляет собой ящик размером 1 м х 1 м и высотой 0,5 м, обтянутый марлей. Учеты беспозвоночных таким способом проводятся в часы наименьшей активности их. При этом исследователь идет так, чтобы его тень не падала на сидящих насекомых и не отпугивала их. Затем какой-то участок быстро накрывают ящиком, плотно прижимая его к земле и выбирая всех членистоногих, оказавшихся внутри его. Сначала вылавливают из биоценометра летающих насекомых, затем собирают спрятавшихся насекомых с растений и с поверхности земли. Бегающих насекомых ловят руками или пинцетом, мелких — смоченной спиртом кисточкой или эксгаустером и переносят в пробирку со спиртом. После того как все быстробегущие животные собраны, обрезают вокруг биоценометра растения до поверхности почвы, удаляют биоценометр и продолжают обследовать изучаемую площадку. Сначала срезают траву и переносят ее в мешочки для детального анализа в лаборатории; собирают насекомых, обнаруженных у корней, в отдельные пробирки; выкапывают дернину и

переносят ее также в мешочки для детального изучения. После обработки материала все данные заносят на карточку по следующей форме.

#### Карточка учета беспозвоночных биоценометром

№ \_\_\_\_\_ Название биоценоза \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_  
 Время взятия пробы \_\_\_\_\_ Характер растительного покрова \_\_\_\_\_  
 Метеоусловия \_\_\_\_\_ Способ взятия пробы \_\_\_\_\_

Название животных	Количество				Примечание
	на растениях	на поверхности почвы	в земле	на корнях	
1	2	3	4	5	6

При учете численности нестадных саранчовых можно использовать метод трансект. Метод трансект заключается в том, что исследователь медленно продвигается по прямой полосе длиной 25 — 100 м, внимательно осматривает пространство впереди себя шириной 1 м, регистрируя всех замеченных саранчовых. Трансекты лучше всего делать по 100 м и в 10-20-кратной повторности. Это обеспечивает достаточную достоверность полученных результатов. Исследователь с помощью метода трансект может определить общую плотность насекомых, рассчитать абсолютную плотность для каждого вида. Если набор видов саранчовых невелик и они легко определяются на глаз, можно сразу на трансекте вести учет по каждому виду.

#### 7.2. Физико-химические методы исследования почв

В программу школьного экомониторинга включено изучение кислотности, влагосодержания, механического состава почв, общего солесодержания и микробиологической активности (табл. 21 экопаспорта). В экопаспорт включено сравнительно небольшое количество физико-химических характеристик почв. Это обусловлено тем, что далеко не все школы имеют возможность проводить химические анализы из-за отсутствия соответствующих реактивов и оборудования.

В данном разделе приводятся методики, по которым можно проводить более широкие исследования, чем это предусмотрено программой школьного экомониторинга. Полученные результаты могут быть дополнительно включены в экологический паспорт.

### 7.2.1. Пробоотбор и подготовка образцов к физико-химическому анализу [16, 29, 30]

Для проведения физико-химического анализа почвы необходимо правильно провести пробоотбор. Отбор почвенных образцов лучше проводить в весенний или осенний период. Рекомендуется составлять объединенные (смешанные, средние) образцы пробы из 5—8 индивидуальных, взятых в различных точках участка площадью от 100 кв. м до 1 га. Почву на многолетней залежи отбирают с глубины 0—10 см; на пашне — с глубины 0—20 см; на территориях, занятых лесом, — из лесной подстилки; на болотных почвах — верхний торфяной слой 0—20 см. На практике для отбора почвенных образцов часто используют метод конверта [29] (рис. 7.6).

**Подготовка почвы к анализу** состоит в измельчении материала, удалении посторонних примесей, просеивании через сито с диаметром отверстий 1 мм и сокращении до небольшой массы (около 500 г). Для сокращения пробы пользуются разными методами. Один из них — метод квартования (рис. 7.7). Измельченный материал тщательно перемешивают, рассыпают ровным

тонким слоем в виде квадрата или круга, делят на четыре сектора. Содержимое двух противоположных секторов отбрасывают, а двух остальных соединяют вместе. Операцию квартования проводят многократно, после чего среднюю пробу высушивают до воздушно-

сухого состояния и хранят в картонных коробках или бумажных пакетах с этикетками. Из полученного таким образом однородно-

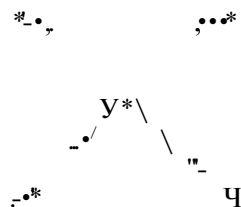


Рис. 7.6. Взятие почвенных образцов методом конверта.

\*—точки отбора индивидуальных образцов

го материала делают различные вытяжки (водные, солевые, кислотные).

### Приготовление водной вытяжки

Водную почвенную вытяжку используют чаще всего для определения водорастворимых соединений, а также для определения актуальной кислотности почвы. Для ее приготовления 20 г воздушно-сухой просеянной почвы помещают в колбу на 100 мл, добавляют 50 мл дистиллированной воды, взбалтывают в течение 5—10 мин и фильтруют.

### Приготовление солевой вытяжки

Для определения обменной кислотности почвы солевую вытяжку готовят следующим образом. 10 г воздушно-сухой почвы помещают в колбу, приливают 25 мл 1 М раствора хлорида калия (или хлорида натрия). Содержимое хорошо взбалтывают и оставляют до следующего дня, после чего фильтруют.

Гидролитическую кислотность почвы определяют в солевой почвенной вытяжке, приготовленной с использованием гидролитически щелочной соли (чаще всего ацетата натрия). В колбу насыпают 40 г воздушно-сухой почвы, добавляют 100 мл 1 М раствора ацетата натрия, содержимое взбалтывают в течение 1 часа (желательно на ротаторе), фильтруют.

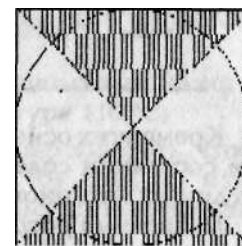


Рис. 7.7. Метод квартования

### 7.2.2. Определение физических свойств почв [7, 11]

Почва — верхний корнеобитаемый слой земной коры, из которого растения извлекают необходимые для их жизнедеятельности воду и элементы минерального питания. Любая почва состоит из трех главных составляющих частей, которые находятся между собой в тесном взаимодействии.

**Твердая фаза** почвы содержит основной запас питательных веществ для растений. Она состоит на 90% и более из сложных минералов и примерно на 10% и менее из органических веществ, которые играют очень важ-



ную роль в плодородии почвы. Почти половина массы твердой фазы почвы приходится на связанный кислород, одна треть — на кремний, более 10% — на алюминий и железо, и только 7% — на остальные элементы.

Совокупность мелкораздробленных (коллоидных) частиц почвы и органических веществ составляет почвенно-поглощающий комплекс (ППК). Суммарный заряд ППК большинства почв отрицательный, и тем самым он удерживает на своей поверхности в поглощенном состоянии в основном положительно заряженные ионы — катионы. Схематично ППК с поглощенными катионами можно изобразить следующим образом.

Кислые почвы	Al <sup>3+</sup> [ППК] Н <sup>+</sup> Ca <sup>2+</sup> * Mg <sup>2+</sup>	- В составе поглощенных катионов наряду с Ca <sup>2+</sup> * и Mg <sup>2+</sup> содержатся Н <sup>+</sup> и Al <sup>3+</sup> *
Черноземы	Ca <sup>2+</sup> [ППК] Mg <sup>2+</sup>	- В составе поглощенных катионов преобладают Ca <sup>2+</sup> * и Mg <sup>2+</sup>
Солонцовые почвы	Na <sup>+</sup> [ППК] Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup>	- В составе поглощенных катионов, кроме Ca <sup>2+</sup> и Mg <sup>2+</sup> , содержится Na <sup>+</sup>

Кроме этих основных групп катионов, в поглощенном состоянии содержатся также ионы K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> и ряд других катионов.

*Почвенный раствор* — наиболее подвижная и активная часть почвы, в которой совершаются разнообразные химические процессы и из которой растения непосредственно усваивают питательные вещества. Элементы питания, находящиеся в почвенном растворе, наиболее доступны для растений.

*Почвенный воздух* служит основным источником кислорода для дыхания корней растений. Он отличается от атмосферного повышенным содержанием углекислого газа и несколько меньшим — кислорода.

Анализ почвенных образцов целесообразно начинать со знакомства с основными морфологическими признаками и физическими свойствами почвы непосредственно в полевых условиях.

Качественные методы описания основных физических свойств почв (механический состав, структу-

ра, окраска, плотность, влажность) приведены в разделе 3.4.2. Кроме того, в полевых условиях можно определить водопрочность структурных агрегатов почвы, а в лаборатории выполнить количественный анализ влажности.

*Водопрочность структурных агрегатов* — способность противостоять размывающему действию воды. Несколько структурных отдельностей поместить в стакан с водой. Если при легком взбалтывании они быстро разрушаются, то это свидетельствует об их непрочности, а если сохраняют свою форму, значит, почва обладает водопрочной структурой.

Определение влажности почвы методом гравиметрии:

- взвесить пустой бюкс или стакан, записать его массу (а);
- взвесить массу бюкса с почвой, записать его массу (в);
- поместить бюкс с почвой на 5 ч в сушильный шкаф при температуре 110°C;
- достать образец из шкафа, охладить в эксикаторе и взвесить (б);
- снова поместить образец в сушильный шкаф на несколько часов при температуре 110 °C;
- вынуть бюкс, охладить, повторно взвесить, чтобы убедиться в постоянстве веса (б): если вес изменился, повторить операцию высушивания и взвешивания до постоянного веса (б);
- провести расчет процентного содержания воды от веса сухой почвы (влажность почвы — С) по формуле:

$$C = (f \cdot c) \times 100\%$$

Измерение влажности в течение вегетационного периода позволяет следить за сезонной динамикой увлажнения почв. Данные о влажности почвы, измеренные в различные годы, могут дать представление об изменении данного показателя в течение ряда лет. Влажность почв можно сравнивать и увязывать с климатическими параметрами (частота и количество осадков, температура воздуха и др.).

### 7.2.3. КИСЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ И МЕТОДЫ ЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ [29, 30, 351]

Реакция почвы оказывает большое влияние на развитие растений и почвенных микроорганизмов, на скорость и направленность происходящих в ней химических и биохимических процессов. В природных условиях pH почвенного раствора колеблется от 3 (в сфагновых торфах) до 10 (в солонцовых почвах). Чаще всего кислотность не выходит за пределы 4 — 8. Кислые почвы занимают в нашей стране значительные площади. Связь между кислотностью почвы и величиной pH приведена в табл. 7.12.

Таблица 7.12.

#### Зависимость кислотности почвы от pH

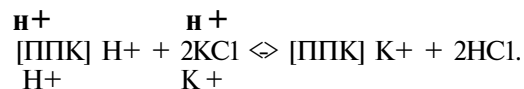
pH	Степень кислотности почв
<4,5	Сильнокислые почвы
4,5 - 5,0	Среднекислые почвы
5,1-5,5	Слабокислые почвы
5,6-6,0	Близкие к нейтральным
6,1-7,0	Нейтральные почвы
>7,1	Щелочные почвы

Различают два основных вида почвенной кислотности — фактическую и потенциальную.

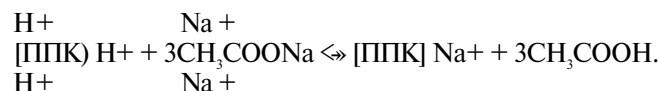
**Фактическая** (активная) кислотность — кислотность почвенного раствора. Такую кислотность определяют в водной вытяжке из почв. Фактическая кислотность оказывает непосредственное влияние на корни растений и почвенные микроорганизмы.

Потенциальная (скрытая) кислотность почвы обусловлена наличием поглощенных ионов водорода в почвенном поглощающем комплексе. Поглощенные ионы водорода не вытесняются водой, они могут быть вытеснены лишь при воздействии на почву катионов растворенных солей. В зависимости оттого, с помощью каких именно солей поглощенные ионы водорода вытесняются в раствор, потенциальная кислотность делится на обменную и гидролитическую.

Та часть поглощенных ионов водорода, которая может быть вытеснена и извлечена из почвы в виде кислот при взаимодействии нейтральных солей (KCl или NaCl), называется *обменной* кислотностью:



Потенциальная кислотность, определяемая путем обработки почвы раствором гидролитически щелочных солей (например,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ), получила название *гидролитической* кислотности:



Величина гидролитической кислотности больше обменной. Для большинства почв pH водной вытяжки несколько выше (а определяемая при этом кислотность ниже), чем величина pH солевой вытяжки, так как в солевую вытяжку переходят ионы водорода, находящиеся не только в почвенном растворе, но и в поглощенном состоянии.

#### Определение фактической кислотности

Фактическую (активную) кислотность определяют в водной почвенной вытяжке. Для этого необходимо поместить в пробирку или колбу 2 г почвы, добавить 10 мл дистиллированной воды; полученную суспензию 1 : 5 хорошо встряхнуть и дать отстояться осадку; в надосадочную жидкость внести полоску индикаторной бумаги и, сравнивая ее цвет с цветной таблицей, сделать вывод о величине pH почвы. Кроме того, pH можно измерить с помощью прибора Алямовского: к 3 мл почвенной вытяжки добавить 2 — 3 капли универсального индикатора и сравнить со шкалой (табл. 7.13).

Таблица 7.13.

#### Шкала окраски раствора индикатора

pH раствора	Окраска раствора индикатора
3,0	Оранжевая
4,0	Желто-оранжевая
5,0	Желтая
6,0	Зеленовато-желтая
7,0	Желто-зеленая
8,0	Зеленая
9,0	Сине-зеленая
10,0	Синяя

В последнем случае кислотность может быть измерена как в вытяжках, так и в суспензии почвы (без предварительного фильтрования).

### Определение обменной кислотности

Обменную кислотность устанавливают в солевой почвенной вытяжке после взаимодействия почвы с раствором нейтральной соли (чаще всего хлорида калия). Для определения обменной кислотности обычно пользуются теми же методами, что и для определения актуальной (индикаторная бумага, набор Алямовского, рН-метр). По показателям рН солевой вытяжки часто решают вопрос о необходимости известкования почв и о дозах извести (табл. 7.14).

Таблица 7.14.

Дозы извести в зависимости от рН солевой вытяжки почв

рН солевой вытяжки	Необходимость известкования	Доза извести, т/га	
		на легких почвах	на тяжелых почвах
<4,5	Острая	4,0	6,0
4,6	Сильная	3,4	5,5
4,8	Средняя	3,0	5,0
5,0	Средняя	2,5	4,5
5,2	Слабая	2,0	4,0
5,4	Слабая	2,0	3,5
>5,5	Не требуется		

### Определение гидролитической кислотности

При обработке почвы раствором нейтральной соли не все поглощенные ионы водорода переходят в раствор, т. е. в этом случае не выявляется вся потенциальная кислотность. Более полно ионы водорода из ППК можно вытеснить, действуя на почву раствором гидролитически щелочной соли. Место водорода в ППК занимает натрий, а в растворе образуется эквивалентное количество уксусной кислоты (в случае использования раствора ацетата натрия, который чаще всего и применяется для определения гидролитической кислотности почвы). Путем титрования фильтрата раствором щелочи легко определить количество образующейся уксусной кислоты, а по ней — количество поглощенного водорода. Поэтому в тех случаях, когда необходимо особо тщательно обследовать почву, определяют гидролитическую кислотность и по ее значению рассчитывают дозу извести.

Из 40 г воздушно-сухой почвы и 100 мл 1 М раствора ацетата натрия готовят солевую вытяжку. После фильтрования отбирают 50 мл, переносят в коническую колбу, добавляют 2 — 3 капли фенолфталеина и оттитровывают 0,1 М раствором едкого натра до устойчивой розовой окраски раствора. Значение гидролитической кислотности выражают в молях на 1 кг почвы. Расчет ведут по формуле:

$$H_r = \frac{0,1 \times V \times K \times 50 \times 1,75}{1000} = 0,0857 \times V \times K.$$

где V — объем раствора щелочи, израсходованный на титрование 50 мл почвенной вытяжки, мл;

K — поправка к концентрации 0,1 М раствора едкого натра (вводится в том случае, когда концентрация раствора щелочи несколько отличается от 0,1 М):

$$K = \frac{[\text{NaOH}]}{0,1}$$

При расчете нормы извести по результатам определения гидролитической кислотности надо перейти от тех единиц, в которых измеряется кислотность почвы, к количеству извести, необходимой для нейтрализации пахотного слоя почвы на площади 1 га. С учетом всех постоянных величин формула для расчета дозы извести (т/га) приобретает вид:

$$X = 0,15 \times H_r,$$

где  $H_r$  — гидролитическая кислотность, моль/кг.

При изменении кислотности почвы изменяется и степень подвижности катионов металлов (табл. 7.15), происходит биоаккумуляция наиболее подвижных катионов в тканях растений.

Таблица 7.15.

Подвижность микроэлементов в зависимости от кислотности почвы

Реакция почвы	Pb	Cr	Ni	V	As	Co	Cu	Zn	Cd	ш	S
Кислые почвы	СП	СП	СП	СП	СП	СП	п	п	п	ш	п
Нейтральные почвы	ПН	СП	СП	п	п	СП	СП	п	СП	п	п
Щелочные почвы	ПН	ПН	ПН	п	п	ПН	СП	СП	СП	ПН	п

Примечание: ПН — практически неподвижные; СП — слабоподвижные; П — подвижные.

Важной характеристикой почв является их буферность. Буферные свойства почв, богатых глиной и гумусом, выражены особенно хорошо. И наоборот, бедные гумусом песчаные почвы защищены от внешнего воздействия хуже, изменение величины pH при антропогенном воздействии протекает в них резче, чем в почвах с хорошими буферными свойствами.

#### 7.2.4. Методы определения биологической активности почв

Биологическая активность почвы выражается суммарным проявлением активности биохимических процессов и характеризует размеры и направление превращения веществ и энергии в почве, происходящего под действием живых организмов.

Показатели биологической активности почвы могут быть использованы при тестировании состояния почв. При загрязнении почв небольшими количествами органических соединений может наблюдаться возрастание некоторых показателей биологической активности, так как более интенсивно развиваются группы микроорганизмов, участвующих в переработке дополнительных субстратов (фенолов, углеводов). При загрязнении тяжелыми металлами, оксидами серы, большими количествами различных органических веществ преобладает токсический эффект, вследствие чего биологическая активность подавляется.

В качестве показателей активности, характеризующих экологическое состояние почвы, в литературе чаще всего рекомендуется следующие: выделение почвами диоксида углерода (дыхание почвы), активность ферментов, токсичность почв по отношению к тестовым организмам, различные аппликационные методы.

Интегральной характеристикой напряженности микробиологических процессов является скорость выделения углекислого газа. В большинстве случаев чем она выше, тем лучше экологическое состояние почвы. В оптимальных условиях скорость выделения углекислого газа может достигать нескольких кг/га в час.

Так как интенсивность дыхания почвы является исключительно вариабельной величиной и зависит от большого количества факторов (температурного режима, влажности, состояния фитоценоза и др.), для оцен-

ки экологического влияния загрязнений необходимо проводить сравнение данных, полученных на различных участках в близких условиях.

Для школьного мониторинга доступен абсорбционный метод Штатнова, в котором количество выделившегося в течение определенного времени углекислого газа определяют по нейтрализации им раствора щелочи.

Определение дыхания почвы этим методом заключается в том, что поверхность почвы изолируют от окружающего воздуха сосудом, под которым помещают чашку с 2 мл 0,1 г раствора КОН для поглощения углекислого газа. Через определенное время (0,5—1 час) сосуд-изолятор снимают, щелочь оттитровывают 0,05 г раствором HCl по фенолфталеину до обесцвечивания. Одновременно делают контрольные измерения (изолятор и щелочь ставят не на почву, а в какой-либо плоскодонный сосуд и также изолируют от воздуха). По разнице титрования определяют количество выделившегося из почвы углекислого газа. Расчет проводят по формуле:

$$F = \frac{b - b_1}{t} \cdot \frac{V}{S}$$

где

$F$  — скорость выделения углекислого газа из почвы, кг/га в час;

$a$  — объем 0,05 н. HCl, пошедший на титрование щелочи при определении содержания углекислого газа в воздухе контрольного сосуда, мл;

$b$  — объем 0,05 н. HCl, пошедший на титрование щелочи при определении содержания углекислого газа в воздухе сосуда-изолятора на почве, мл;

$1,1$  — масса углекислого газа, эквивалентная 1 мл 0,05 н. раствора кислоты, мг;

$100$  — пересчетный коэффициент (1 мг/см<sup>2</sup> = 100 кг/га);

$S$  — площадь почвы под сосудом-изолятором, см<sup>2</sup>;

$t$  — время экспозиции, час.

Тестировать активность различных групп почвенных микроорганизмов в почвах можно при помощи различных аппликационных методов. Наиболее распространенным является измерение скорости распада Целлюлозы. Этот метод был рекомендован академиком Е.Н. Мишустиним.

Для проведения исследований берут стерильную тонкую суровую льняную ткань (неотбеленную). Определяют массу 1 дм<sup>2</sup> этой ткани, затем ее полосы (шириной обычно 10 см, длина зависит от глубины изучаемого почвенного слоя) пришивают к полимерной пленке. В почве вырывают свежие разрезы, в которые помещают полосы ткани, полиэтилен с обратной стороны придавливают почвой, и разрез засыпают. Верхняя грань ткани должна быть на 3,5 см погружена в почву. Через определенное время ткань извлекают из разреза, отмывают и взвешивают. Потеря массы характеризует интенсивность разложения клетчатки. Для определения динамики процесса повторные куски ткани извлекают последовательно через разные интервалы времени.

Для оценки интенсивности разложения клетчатки (% за сезон) используется следующая шкала:

очень слабая	меньше 10%
слабая	10-30%
средняя	30-50%
сильная	50-80%
очень сильная	больше 80%

Шкала интенсивности позволяет определить микробиологическую активность почв: чем выше процент разложения клетчатки, тем она выше.

### 7.2.5. Качественное определение химических элементов в почве [16, 30]

Определение химического состава почвы чаще всего начинают с анализа водной почвенной вытяжки, так как хорошо растворимые соединения почвы в первую очередь поглощаются растениями. Избыточные количества растворимых солей (более 0,2% от массы сухой почвы) создают повышенную концентрацию ионов в почвенном растворе, а это снижает плодородие почвы и ее экологическое состояние. С агрономической точки зрения наиболее вредными для растений считаются гидрокарбонаты, карбонаты и сульфаты натрия, а также хлориды (особенно магния и кальция). По степени экологической опасности химические вещества, попадающие в почву различными путями, делят на 3 класса: 1 — кадмий, ртуть, свинец, цинк, фтор,

мышьяк, селен, бенз(а)пирен; 2 — кобальт, молибден, бор, медь, хром, никель, сурьма; 3 — ацетофенон, барий, вольфрам, марганец, ванадий, стронций.

При анализе почв прежде всего следует обратить внимание на кислотность почвенной вытяжки. Помимо того, что кислотность почвы — один из наиболее важных агрохимических показателей, по ее величине можно предсказать наличие тех или иных микроэлементов в почве, а также оценить их подвижность (табл. 7.15).

*Сухой остаток* почвенной вытяжки — это общее содержание растворимых солей в водной почвенной вытяжке. Его определяют путем выпаривания в фарфоровой чашке некоторого объема фильтрата. Прокаливанием можно разделить сухой остаток на минеральный и органический.

В прокаленную и взвешенную фарфоровую чашку наливают при помощи пипетки по 25 — 50 мл фильтрата водной вытяжки столько раз (по мере выпаривания), чтобы в сумме получить от 100 до 250 мл вытяжки (в зависимости от засоленности почвы — чем выше засоленность, тем меньше объем вытяжки берут на анализ). После выпаривания жидкости чашку помещают в сушильный шкаф и высушивают ее содержимое при температуре 105°C в течение 3 — 4 ч (до постоянной массы). Содержание сухого остатка выражают в процентах:

а) к воздушно-сухой почве:

$$x = \frac{K - m_2}{mV_2} \times V_{1 \times 1(X)} \%$$

б) к абсолютно сухой почве:

$$x_y = \frac{(m_1 - m_2) \times V_j}{mV_2} \times \frac{100}{100 - y}$$

где  $m_1$  — масса чашки с сухим остатком, г;

$m_2$  — масса пустой чашки, г;

$V_j$  — общий объем фильтрата, мл;

$V_2$  — объем фильтрата для анализа, мл;

$m$  — масса почвы для приготовления вытяжки, г;

$y$  — влажность воздушно-сухой почвы, %.

Рассчитанное значение общего солесодержания в процентах к воздушно-сухой массе почвы заносится в табл. 17 экопаспорта.

Если содержимое чашки после взвешивания озолить и прокалить, то потеря от прокаливания даст ориентировочное содержание в вытяжке органических веществ, а остаток в чашке — содержание минеральных солей. Озолье и прокаливание можно провести на газовой горелке или в муфельной печи при температуре не выше 525 °С. Расчет ведут аналогично сухому остатку (минеральная часть); органический остаток узнают по разности между сухим остатком и минеральной частью.

По количеству минерального остатка судят о засоленности почвы (табл. 7.16).

Таблица 7.16.

#### Определение степени засоления почвы

Содержание солей, в % от массы сухой почвы	Степень засоления почвы
Менее 0,3	Не засолена
0,3–1,0	Слабо засолена
1,0–2,0	Засолена
2,0–3,0	Сильно засолена
Более 3,0	Солончак

Довольно точное представление о степени засоленности почвы дает определение плотности водной вытяжки из почвы ареометром или при помощи пикнометра (взвешиванием).

**Карбонат-ионы.** Небольшое количество почвы помещают в фарфоровую чашку и приливают пипеткой несколько капель 10% раствора соляной кислоты. Образующийся по реакции оксид углерода  $\text{CO}_2$  выделяется в виде пузырьков (почва «шипит»). По интенсивности выделения их судят о более или менее значительном содержании карбонатов.

Почву, вскипающую от 10% раствора соляной кислоты, относят к группе карбонатных почв. Для такой почвы проводят анализ водной вытяжки. Если почва не «вскипает», то для качественных реакций готовят не водную, а солянокислую вытяжку.

**Хлорид-ионы.** К 5 мл фильтрата, помещенного в пробирку, прибавляют несколько капель 10% раствора азотной кислоты и по каплям 0,1 М раствор нитрата серебра. Образующийся осадок в виде белых хлопьев указывает на присутствие хлоридов в количестве десятых долей процента и более. При содержании сотых

и тысячных долей процента хлоридов осадка не выпадает, но раствор мутнеет.

**Сульфат-ионы.** К 5 мл фильтрата добавить несколько капель концентрированной соляной кислоты и 2 — 3 мл 20% раствора хлорида бария. Если образующийся сульфат бария выпадает в виде белого мелкокристаллического осадка, это говорит о присутствии сульфатов в количестве нескольких десятых процента и более. Помутнение раствора также указывает на содержание сульфатов — сотые доли процента. Слабое помутнение, заметное лишь на черном фоне, бывает при незначительном содержании сульфатов — тысячные доли процента.

**Нитрат-ионы.** К 5 мл фильтрата по каплям прибавляют раствор дифениламина в серной кислоте. При наличии нитратов и нитритов раствор окрашивается в синий цвет.

**Кальций.** К 10 мл фильтрата добавить несколько капель 10% раствора соляной кислоты и 5 мл 4% раствора оксалата аммония. Белый осадок оксалата кальция свидетельствует о наличии нескольких процентов кальция. При незначительном содержании кальция (сотые и тысячные доли процента) наблюдается не осадок, а легкое помутнение раствора.

**Железо (II и III).** В две пробирки внести по 3 мл вытяжки. В первую пробирку прилить несколько капель раствора красной кровяной соли  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_1\text{M})_6]$ , во вторую — несколько капель 10% раствора роданида аммония или калия  $\text{NH}_4\text{SCN}$  или  $\text{KSCN}$ . Появившееся синее окрашивание в первой пробирке и красное во второй свидетельствует о наличии в почве соединений железа (II) и железа (III). По интенсивности окрашивания можно судить об их количестве.

**Алюминий.** К 5 мл солевой почвенной вытяжки прибавляют по каплям 3% раствор фторида натрия до появления осадка. Чем быстрее и обильнее выпадает осадок, тем больше алюминия содержится в почве.

**Натрий.** О присутствии натрия в почве судят по ярко-желтому окрашиванию пламени горелки при внесении в него стеклянной палочки с каплей раствора почвенной вытяжки.

Присутствие соединений тяжелых металлов в почвах можно определять и количественным методом. Для

этого готовят водную вытяжку (раздел 6.2.1), которую анализируют по методикам, описанным в главе 7 данной книги, или по другим имеющимся в кабинете химии инструкциям. Полученный результат в мг/л вытяжки пересчитывают в мг/кг почвы по формуле:

где  $C_n$  — содержание определяемого элемента в почве, мг/кг;

$C_v$  — концентрация этого же элемента в водной вытяжке, мг/л.

Вода, самое распространенное соединение в природе, не бывает абсолютно чистой. Природная вода содержит многочисленные растворенные вещества — соли, кислоты, щелочи, газы (углекислый газ, азот, кислород, сероводород), продукты отходов промышленных предприятий и нерастворимые частицы минерального и органического происхождения.

Свойства и качество воды зависят от состава и концентрации содержащихся в ней веществ. Наиболее чистая природная вода — дождевая, но и она содержит примеси и растворенные вещества (до 50 мг/л).

Содержание растворенных веществ в морской воде составляет 10000—20000, а в воде океанов — около 35000 мг/л. Вода соленых озер — 200000 мг/л и более.

Воду, содержащую до 0,1% растворенных веществ, принято называть пресной, от 0,1 до 5% — минерализованной, свыше 5% — соленой.

Водоемы, загрязненные органическими стоками, как и организмы, способные жить в них, называют сапробными (от греческого слова «сапрос» — гнилой). По степени загрязненности вод органическими веществами водоемы классифицируют на полисапробные, мезосапробные (подразделяемые на альфа-мезосапробные и бета-мезосапробные) и олигосапробные.

В полисапробной зоне водоема органических веществ много, кислорода нет. Здесь происходит расщепление белков и углеводов.

В мезосапробной зоне нет неразложившихся белков, есть сероводород, диоксид углерода и кислород. Происходит минерализация органических веществ. Есть различия между альфа- и бета-мезосапробной



зонами. Вода в альфа-мезосапробной зоне умеренно загрязнена органическими веществами, есть аммиак и аминокислоты, кислорода мало. В бета-мезосапробной зоне органических загрязнителей мало; кроме аммиака, есть продукты его окисления — азотная и азотистая кислоты, много кислорода.

В олигосапробной зоне практически нет растворенных органических веществ, кислорода много, вода чистая.

В программе школьного экомониторинга предлагается изучение воды природных поверхностных водоемов (рек, прудов, озер, ручьев, каналов и т. д.) биоиндикационными и физико-химическими методами.

Из биоиндикационных методов программой предусмотрено изучение качества воды по наличию биоиндикаторов:

- растительных (общее число видов водорослей, доминирующие виды водорослей, сапробность водоема);
- животных (биотический индекс, индекс Гуднайт и Уотля).

Из органолептических свойств воды рекомендуется проводить определение прозрачности, цветности, цвета, запаха, содержания взвешенных веществ; из химических — водородного показателя (рН), сухого остатка, жесткости, карбонатов и гидрокарбонатов, аммиака и ионов аммония, нитритов, нитратов, хлоридов, сульфатов, растворенного кислорода, окисляемости.

Кроме того, в программу мониторинга включено определение качества воды по методу автографии на фотобумаге.

Результаты проведенных исследований вносятся в табл. 22 и 23 экопаспорта.

## И 8.1. Биоиндикационные методы

Видовой состав и численность обитателей водоема зависят от свойств воды. Главная идея биомониторинга состоит в том, что гидробионты отражают сложившиеся в водоеме условия среды. Те виды, для которых эти условия неблагоприятны, выпадают, заменяясь новыми видами с иными потребностями.

### 8.1.1. Биоиндикация качества воды с использованием водорослей (альгоиндикация! ПО)

В качестве индикаторов загрязнения воды органическими веществами наряду с другими организмами используются водоросли.

#### Как изучать водоем

*Первый этап изучения* — наблюдения в природе, на берегу водоема. Следует оценить: 1) проточность водоема, 2) наличие прибрежных или водных зарослей высших растений (т. е. имеющих листья и корни — стебли могут быть незаметными), 3) зарастание водоема водорослями, появляющимися на поверхности воды в виде «тины», 4) водоросли, прикрепленные ко дну или подводным предметам, 5) окраску воды, т. е. наличие «цветения» воды. При «цветении» вода приобретает либо ярко-зеленый цвет (развитие зеленых водорослей), либо серовато-сине-зеленую окраску (развитие синезеленых водорослей). «Цветение» воды возникает обычно, когда в 1 л воды насчитывается несколько миллионов клеток.

*Второй этап изучения* — сбор материалов для лабораторного исследования (сбор водорослей).

В водоеме водоросли поселяются в трех местообитаниях:

1) в толще воды (это планктон), 2) на дне водоема (бентос) и 3) на поверхности погруженных в воду предметов (перифитон). Прежде всего надо осмотреть водоем и его дно и обнаружить наличие бентоса в виде разрастаний водорослей — «тины», хлопьев или отдельных нитей, собрать их в баночку. Если бентос не замечен макроскопически, но дно покрыто илом, то с помощью пипетки или стеклянной трубочки надо втянуть небольшое количество ила и тоже поместить в баночку. Хорошим объектом для изучения бентоса являются хлопья, плывущие по поверхности воды: это кусочки бентоса, поднятые со дна водоема выделенным водорослями кислородом.

Перифитон может быть представлен либо обрастаниями из крупных водорослей — до 0,5 м длиной, либо микроскопическими налетами, которые можно соскоблить ножом. При наличии в воде высших расте-

ний можно сделать «выжимку» из листьев, на которых всегда есть водоросли-эпифиты.

Сложнее сбор фитопланктона. Только в случае «цветения» воды, когда водорослей очень много, можно смотреть планктон в натуральной воде. В большинстве случаев планктон приходится концентрировать. Для этого используются либо специальная планктонная сеть с ячейками  $< 5$  мкм (такую трудно сделать), либо отстойный метод: зачерпывается 0,5 л воды, помещается в бутылку и фиксируется 40% раствором формалина до появления устойчивого его запаха (обычно достаточно 2 мл формалина). Вода отстаивается 15 — 20 дней, планктон в это время осаждается, и воду отсасывают из середины бутылки сифоном, при этом планктон остается на дне. Для анализа берут каплю планктона и исследуют под микроскопом. Все пробы должны быть снабжены этикетками с указанием даты, места сбора и фамилии коллектора.

*Третий этап работы* — изучение и оценка собранного материала. Большинство водорослей — либо микроскопические организмы, либо требуют микроскопического изучения для уточнения строения. Предварительно препараты из собранных водорослей просматриваются с помощью стереоскопической лупы, а затем — микроскопа. Определяется состав видов водорослей или видовое разнообразие, обилие отдельных видов, виды-индикаторы. Нужен микроскоп с увеличением минимум  $\times 200$  ( $10 \times 20$ ), лучше  $\times 400$  ( $10 \times 40$ ). Желательно иметь определители водорослей [40]; на рис. 8.1 — 8.4 представлены некоторые наиболее распространенные виды водорослей.

Четвертый этап — **оценка результатов**. *Разработана специальная шкала, позволяющая по составу водорослей оценить степень органического загрязнения.*

При анализе проб подсчитывается общее число встреченных видов и обилие каждого вида (по 5-балльной шкале); выявляются доминирующие виды и их сапробность; делается вывод о преобладании видов определенной сапробности.

В полисапробной зоне водоема наблюдается обилие инфузорий и бактерий, видов водорослей немного: это хлорелла, политома и некоторые виды хламидомонад (рис. 8.2 (1 — 3)). При этом численность

водорослей может быть высокой. Преобладание полисапробов в естественных водоемах, как правило, приурочено к местам сброса органических стоков, к местам «гниения».

В мезосапробной зоне видовое разнообразие водорослей большое. При этом в бета-мезосапробной зоне количество видов водорослей больше, чем в альфа-мезосапробной, но их численность может быть ниже.

Наличие альфа-мезосапробов говорит о существовании очагов загрязнения в относительно чистых водоемах или приурочено к участкам, где кончается влияние сильного загрязнения (так, например, у сбросов очищенных вод городской канализации). Это могут быть и водоросли планктона и обрывки водорослей бентоса (рис. 8.2). В застойных местах загрязненных водоемов иногда встречаются заросли энтороморфы, или кишечноцы (рис. 8.2(4)), часто вместе с хлопьями осциллятории, отличающейся грязно-сине-зеленой окраской (рис. 8.3(1, 2)).

Бета-мезосапробы — показатели умеренного, можно сказать, естественного загрязнения, характерного для живого, наполненного многими гидробионтами водоема. В планктоне преобладают многие диатомеи (рис. 8.4, 8.5), в составе бентоса и перифитона обычна самая крупная водоросль кладофора (рис. 8.4 (5)), часто остающаяся на высыхающих берегах в виде «тряпок». Сюда же относятся плавающие в виде тины хлопья других нитчаток — спирогиры, зигнемы и др. Из группы бета-мезосапробов следует отметить ядовитую синезеленую водоросль микроцистис (рис. 8.4 (1)).

В олигосапробной зоне водоросли разнообразны, но численность их невелика. Олигосапробы встречаются преимущественно в чистых родниках, в мочажинах на верховых болотах, в речных ручейках.

Поскольку при просмотре учитывается не только состав видов, но и их обилие, можно составить определенные коэффициенты (или индексы), умножая обилие видов определенной сапробности на показатель сапробности (допустим, олиго = 1, бета = 2, альфа = 3, поли = 4).

Так можно сравнить разные по сапробности водоемы. А главное — можно оценить относительную чистоту воды.

т

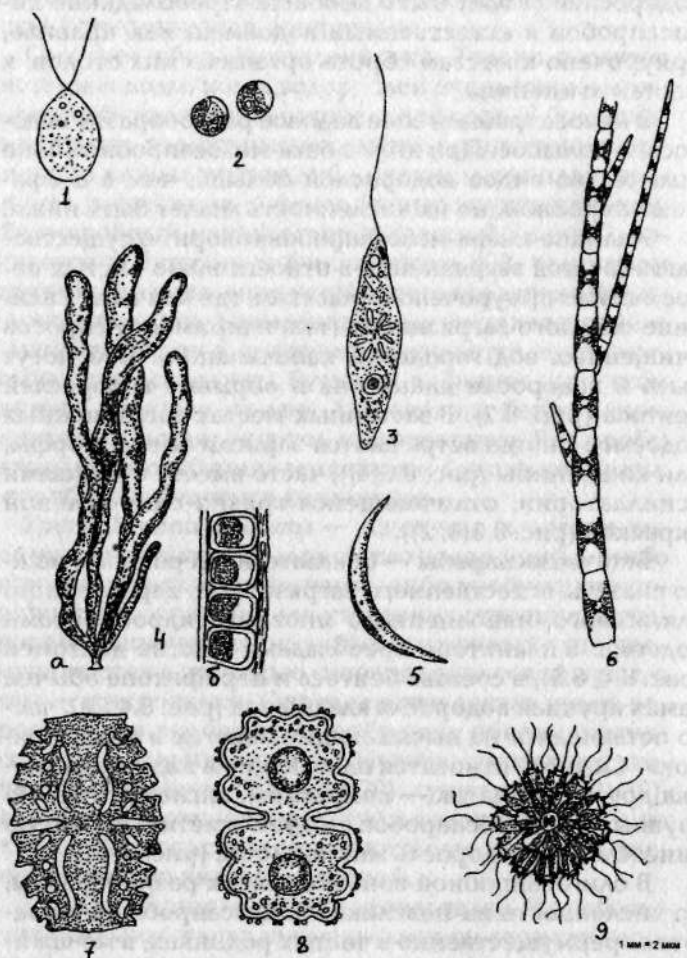


Рис. 8.1.

Полисапробные водоросли:

1 — политома, 2 — хлорелла, 3 — эвглена зеленая

Альфа-мезосапробные:

4 — энтороморфа (кишечница), 5 — монарафидиум,

6 — стигеоклониум тонкий

Олигосапробные:

7 — микростериас, 8 — космариум, 9 — синура

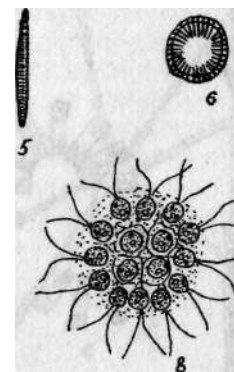


Рис. 8.2.

Альфа-мезосапробные водоросли:

1 — осциллятория короткая,

2 — осциллятория выдающаяся,

3 — нитцшия игловидная,

4 — хламидомонас,

5 — нитцшия пленочная,

6 — циклотелла менегини,

7 — хламидомонас атактогамный,

8 — гониум пекторальный,

9 — кластериум игольчатый

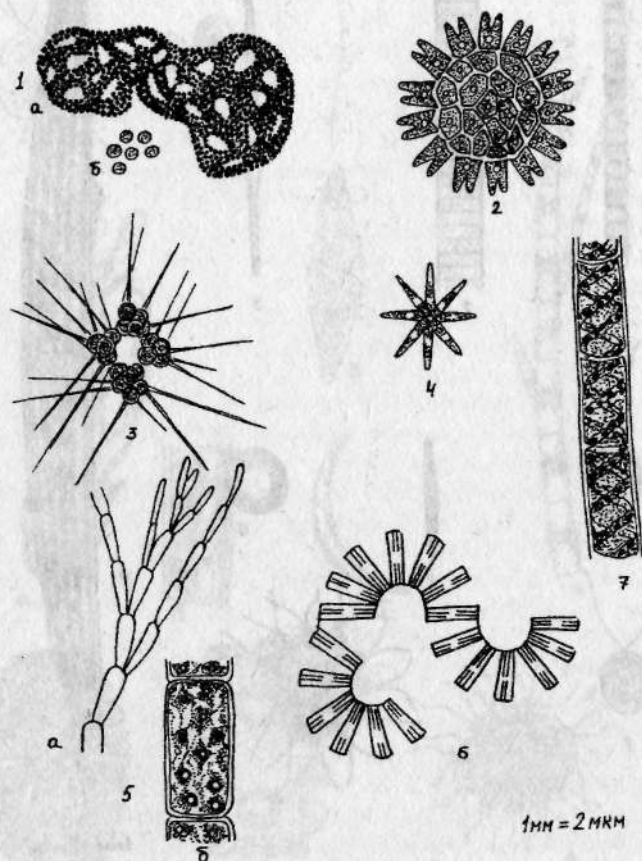


Рис. 8.3.

*Бета-мезосапробные водоросли:*

- 1 — микроцистис синевато-зеленый,
- 2 — педиастриум,
- 3 — микратиниум,
- 4 — актинаструм,
- 5а — кладофора (общий вид),
- 5б — кладофора — одна клетка,
- 6 — табеллария,
- 7 — спирогира

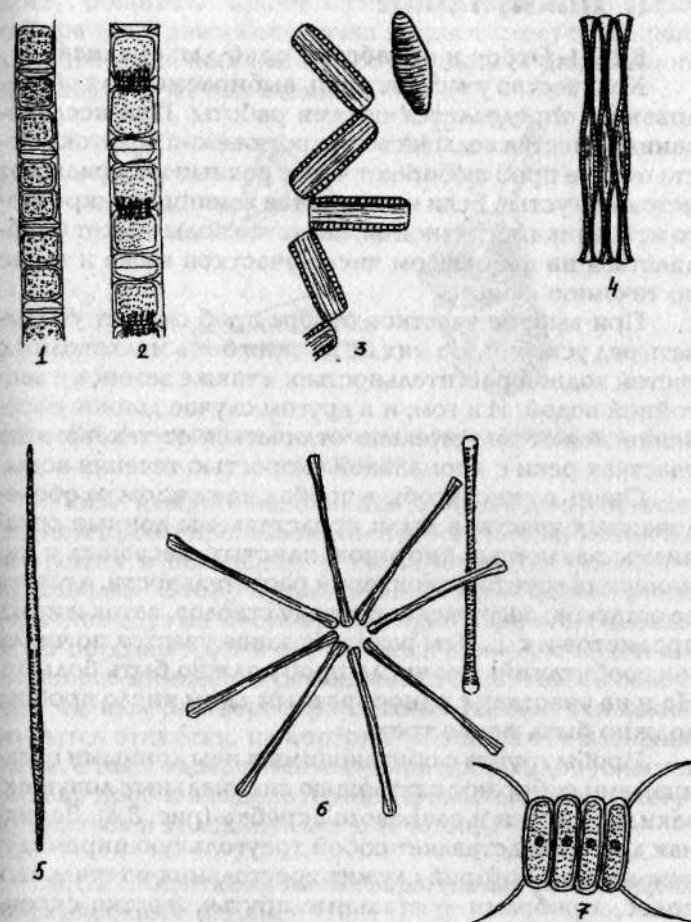


Рис. 8.4.

*Бета-мезосапробные водоросли:*

- 1 — мелозира зернистая,
- 2 — мелозира итальянская,
- 3 — диатома обыкновенная,
- 4 — фрагилария,
- 5 — синедра игольчатая,
- 6 — астерионелла стройная,
- 7 — сценедесмус четыреххвостый

### 8.1.2. Биоиндикация качества воды по животному населению)

#### 8.1.2.1. Отбор и обработка проб для анализа

Количество участков реки, выбираемых для обследования, определяется целями работы. При исследовании качества воды на всем протяжении водотока места отбора проб выбирают через равные интервалы от истока до устья. Если исследуется влияние конкретного источника загрязнения, качество воды может определяться на небольшом числе участков ниже и выше по течению от него.

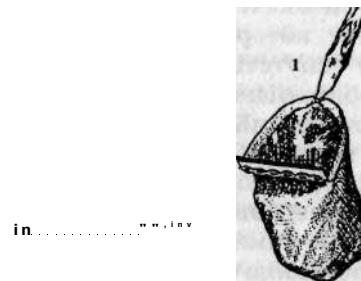
При выборе участков отбора проб следует учитывать ряд условий. На них не должно быть мелководий с густой водной растительностью, а также затонов с застойной водой. И в том, и в другом случае донное население может значительно отличаться от такового на участках реки с нормальной скоростью течения воды.

Очень важно, чтобы в пробах на каждом из обследованных участков были представлены донные организмы различных биотопов: илистых, песчаных и каменистых грунтов; скоплений растительности, а также ее остатков; погруженных в воду стволов, веток и иных предметов и т. п. Чем разнообразнее участок по числу местообитаний, тем число проб должно быть больше. Но и на участках с однообразным дном число проб не должно быть менее трех.

Пробы грунта с обитающими в нем донными организмами отбирают с помощью специальных ловушек: закидной драги и сачкового скребка (рис. 8.4). Закидная драга представляет собой треугольную пирамиду, основанием которой служит треугольник из стальных полос, а ребрами — стальные прутья, жестко скрепленные друг с другом (в вершине пирамиды), а также с углами основания. Длина стороны основания — 25 см, высота пирамиды — 50 — 75 см. Боковые стороны пирамиды обшиваются прочным сетчатым материалом (например, мельничным газом № 17—19). Драга применяется для облова удаленных от берега участков дна. Для этого ее закидывают с берега или с лодки и волокут по дну с помощью веревки или тросика.

**М** Скребок представляет собой сачок, имеющий в нижней части дугообразного обода заточенную ме-

таллическую пластинку длиной 25 см. Сачок, как и драгу, обшивают прочной сетчатой тканью. Во время отбора проб движение сачка и драги следует направлять против течения, чтобы отловленные организмы не вымывались из них водой.



*Рис. 8.5. 1 — скребок; 2 — закидная драга (общий вид, рама отдельно)*

После каждого наполнения ловушек донным материалом пробы промывают непосредственно в этих же ловушках и помещают в эмалированные емкости с крышками. Отбор организмов из промытого грунта обычно ведут на месте отбора проб. При этом небольшую порцию грунта переносят в кювету с водой и с помощью пинцета перекалывают животных в баночки с 4%-ным раствором формалина. На баночки наклеиваются этикетки, на которых указываются название реки, а также дата и место отбора пробы. Допускается разбор проб и в лаборатории. Промытые пробы могут храниться в холодильнике в течение 1 — 2 суток.

#### 8.1.2.2. Оценка качества воды малых рек и озер по биотическому индексу [10, 11, 33]

О чистоте воды природного водоема можно судить по видовому разнообразию и обилию животного населения.

Чистые водоемы заселяют личинки веснянок, поденок, вислокрылок и ручейников. Они не выносят загрязнения и быстро исчезают из водоема, как только в него попадают сточные воды.

Умеренно загрязненные водоемы заселяют водяные ослики, бокоплавы, личинки мошек (мокрецов), двустворчатые моллюски-шаровки, битинии, лужанки,

личинки стрекоз и пиявки (большая ложноконская, малая ложноконская, клепсина).

Чрезмерно загрязненные водоемы заселяют малошетинковые кольцецы (трубочники), личинки комара-звонца (мотыли) и ильной мухи (крыска).

Показателем качества воды может служить биотический индекс, который определяется по количеству ключевых и сопутствующих видов беспозвоночных животных, обитающих в исследуемом водоеме. Самый высокий биотический индекс определяется числом 10, он отражает качество воды экологически чистых водоемов, вода которых содержит оптимальное количество биогенных элементов и кислорода, в ней отсутствуют вредные газы и химические соединения, способные ограничить обитание беспозвоночных животных.

Для определения биотического индекса необходимо взять пробу воды из водоема с помощью водного сачка. Проба включает небольшое количество воды с илом и беспозвоночных животных, обнаруженных в сачке. Взятая проба может быть разобрана сразу на берегу водоема, если позволяет погода, или перенесена в лабораторию (классную комнату) и рассмотрена там. Перед разбором проба промывается на сите, все обнаруженные беспозвоночные переносятся в чистую воду, налитую в чашки Петри или эмалированные ванночки. Содержимое чашек Петри тщательно разбирается и определяется по видам и группам видов беспозвоночных животных. Для удобства определения можно использовать таблицы с рисунками наиболее распространенных в водоемах видов беспозвоночных (рис. 8.7а—г).

В исследуемой пробе определяют ключевые виды (табл. 8.1) и группы сопутствующих видов. Под группой сопутствующих видов в одних случаях понимают род или семейство, или класс беспозвоночных, в других — каждый вид. Например, под группой подразумевают весь класс малощетинковых кольцецов (кроме рода трубочников), семейство ручейников, семейство хирономид, каждый вид плоских червей, пиявок, моллюсков, ракообразных, стрекоз, мух, жуков, водных клещей. Определив количество групп и число ключевых видов, находим в табл. 8.1 вертикальный столбец и горизонтальную графу и на пересечении их определяем биотический индекс. Например, обнаружили не-

сколько видов веснянок и 15 групп донных обитателей, в этом случае находим первую строку по горизонтали и 6 колонку по вертикали, на пересечении видим цифру 9. Эта цифра и будет показателем биотического индекса данного водоема. Существенным дополнением к биотическому индексу может стать определение численности особей ключевых видов. Чем больше число особей ключевого вида, тем экологически чище водоем. Единичные особи ключевых видов свидетельствуют об ухудшении условий жизни.

Используя предложенную методику, учитель вместе с учащимися может обследовать малые реки в своем районе, полученные данные нанести на карту и с ее помощью определить реальных загрязнителей. Подобные полевые исследования позволят учащимся по-новому увидеть экологические проблемы родного края и принять реальные меры по оздоровлению малых рек.

Таблица 8.1.

Определение биотического индекса пресноводных экосистем по донным беспозвоночным

Ключевые организмы		Общее количество групп				
		0-1	2-5	6-10	11-15	16
		Биотический индекс				
Личинки веснянок имеются	Более одного вида Только один вид	-	7 6	8 7	9 8	10 9
Личинки поденок имеются	Более одного вида Только один вид*	-	6 5	7 6	8 7	9 8
Личинки ручейников имеются	Более одного вида Только один вид**	4	5 4	6 5	7 6	8 7
Бокоплавы имеются	Все прочие виды отсутствуют	3	4	5	6	7
Водяные ослики Имеются	Все прочие виды отсутствуют	2	3	4	5	6
Черви-трубочники и/или красные личинки хирономид имеются	Все прочие виды Отсутствуют	1	1	3	4	-
Все другие ключевые группы отсутствуют	Некоторые организмы, не требующие растворенного кислорода, могут присутствовать (личинки мух)	0	1	2	-	-

\* — исключая личинок поденок вида *Baetis rhodani*

\*\* — личинки поденок вида *B. rhodani* включаются в группу личинок ручейников, что связано с их экологическими особенностями.

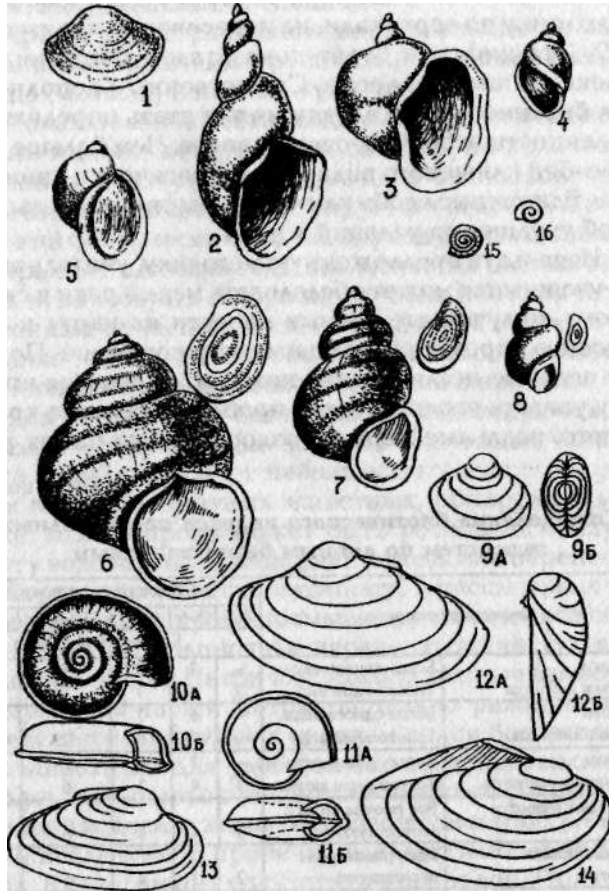


Рис. 8.6. Пресноводные моллюски — биоиндикаторы чистоты водоема

1. Роговая шаровка. 2. Прудовик обыкновенный. 3. Прудовик ушковый. 4. Физа ключевая. 5. Прудовик яйцевидный.
6. Лужанканастоящая. 7. Лужанка полосатая. 8. Битиния щупальцевая. 9а,б. Горошина. 10а,б. Катушка обыкновенная.
- 11а,б. Катушка килевая. 12а,б. Перловица вздутая.
13. Перловица живописцев. 14. Беззубка утиная.
15. Катушка завитая. 16. Катушка гладкая

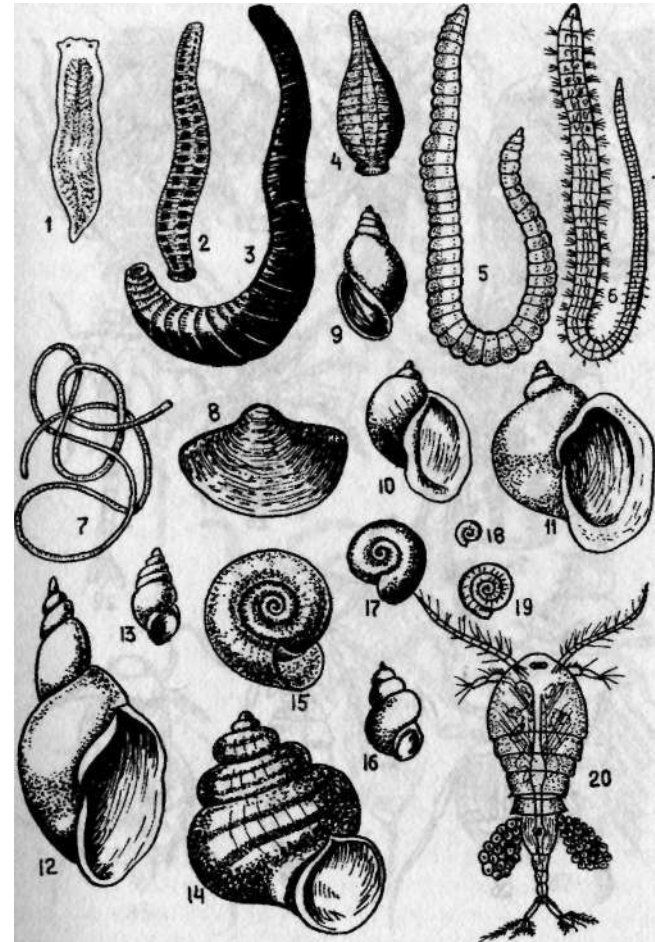


Рис. 8.7а. Животное население малых рек и озер

1. Молочно-белая планария. 2. Малая ложноконская пиявка.
3. Ложноконская пиявка. 4. Улитковая пиявка. 5. Дождевой червь.
6. Трубочник. 7. Волосатик. 8. Шаровка. 9. Физа заостренная.
10. Яйцевидный прудовик. 11. Ушковый прудовик. 12. Обыкновенный прудовик. 13. Прудовик малый.
14. Лужанка настоящая. 15. Роговая катушка. 16. Битиния Щупальцевая.
17. Катушка килевая. 18. Катушка гладкая. 19. Катушка круговая.
20. Циклоп



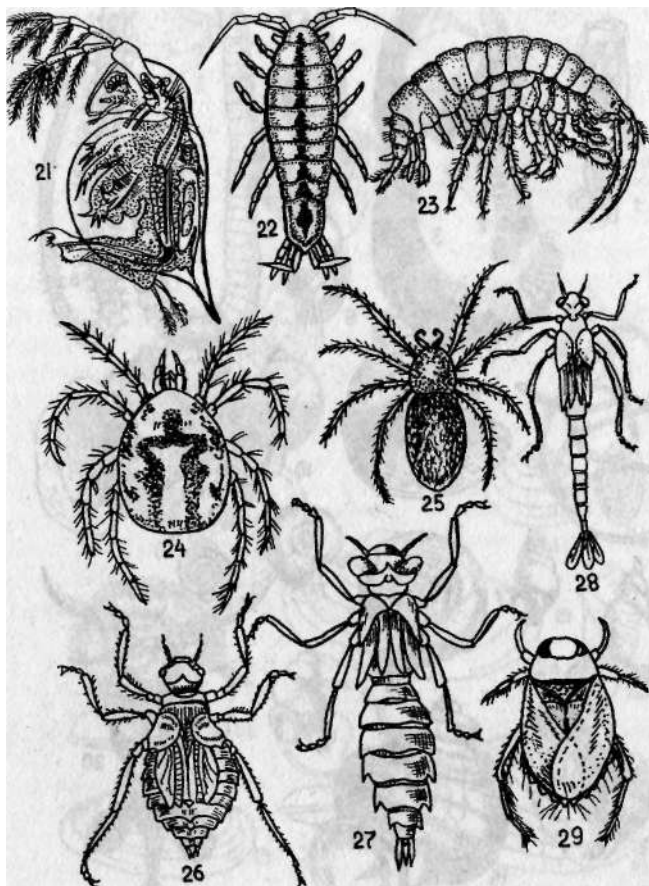


Рис. 8.7 б. Животное население малых рек и озер

21. Дафния. 22. Водяной ослик. 23. Бокоплав.  
24. Гидракарин ацеркус торрис. 25. Водяной паук (самка).  
26. Личинка настоящей стрекозы. 27. Личинка стрекозы  
коромысла. 28. Личинка стрекозы лютки. 29. Плавт

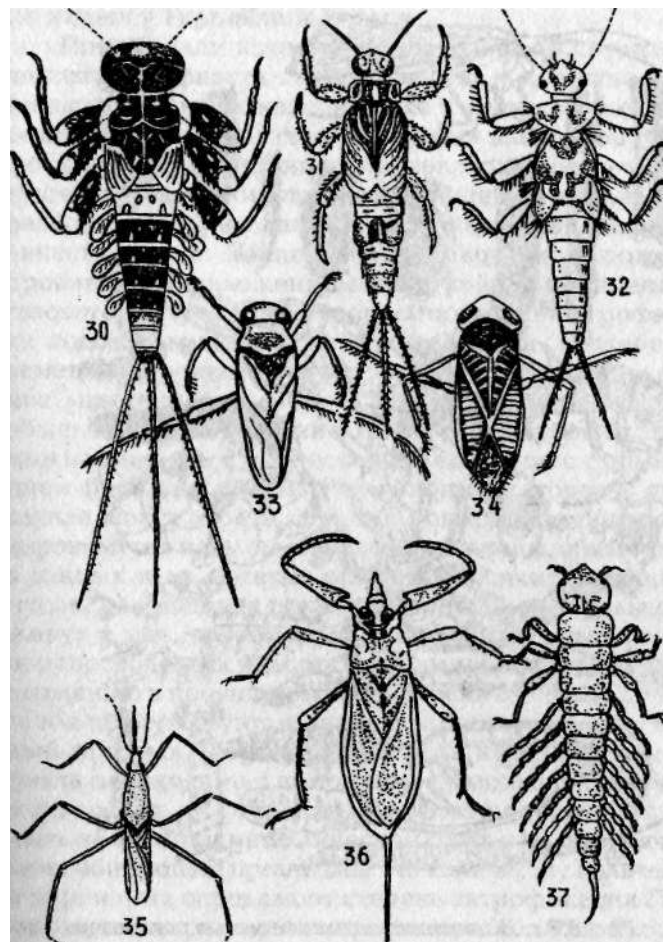


Рис. 8.7 в. Животное население малых рек и озер

30. Личинка поденки. 31. Личинка поденки кенис макрура.  
32. Личинка веснянки Перла маргината. 33. Гладыш (клоп).  
34. Гребляк малый. 35. Водомерка панцирная.  
36. Водяной скорпион.  
37. Личинка вислокрылки с трахейными жабрами



### 8.1.2.3. Определение степени загрязнения водоема по индексу Гуднайта и Уотлея

Показателем качества воды в озерах и прудах является ее трофность, понимаемая как количество органических веществ, накопленных в процессе фотосинтеза в условиях наличия биогенных элементов (азот, фосфор, калий). Органическое вещество обеспечивает существование животного населения и его видовое разнообразие, численность популяций зависит от количества пищи. После смерти животных возникают проблемы с разложением их трупов и изменением газового состава воды. Процесс повышения трофности водоема называется эвтрофикацией. К наиболее заметным проявлениям эвтрофикации относятся летнее «цветение» водоемов, зимние заморы, быстрое обмеление и зарастание водоемов. Эвтрофикацию можно выявить в процессе исследования с применением биоиндикаторов. Роль биоиндикаторов в этом случае могут играть личинки комаров-дергунов или хирономусов и малощетинковые кольцецы, обитающие в донных илах, богатых органикой. Личинки хирономусов, называемые в народе «мотылем», и кольцецы живут в иле, питаются органическими остатками и приспособлены к недостатку кислорода благодаря содержанию в крови гемоглобина. Если в составе донного ила присутствуют названные организмы — это верный признак эвтрофикации. Для выяснения этого факта необходимо с помощью водного сачка или черпака добыть ил со дна водоема, затем тщательно отмыть на сите или металлической сетке с мелкими ячейками обитающие организмы. По количеству кольцецов и хирономид определяют степень эвтрофикации. Принято выделять три степени эвтрофикации: 1) слабая, 2) средняя, 3) сильная. При сильной эвтрофикации в иле многочисленны трубочники, они часто покрывают дно сплошным слоем, в летнее время вода становится зеленой от массового размножения водорослей, а в зимнее время наблюдаются заморы рыб и водоемы нуждаются в аэрации. Воды таких водоемов мало пригодны для бытового использования.

При средней эвтрофикации наблюдается увеличение численности «мотыля», трубочники единичны. При слабой эвтрофикации эти признаки отсутствуют.

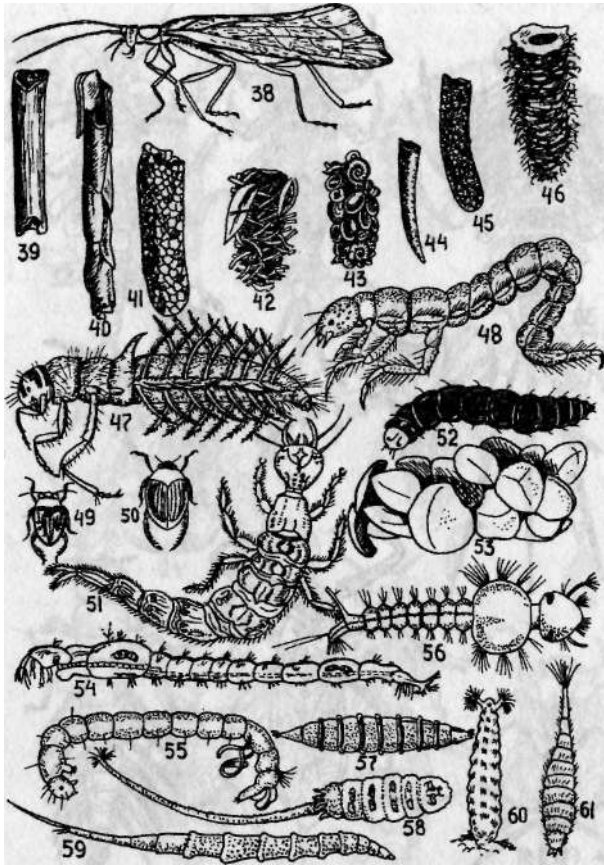


Рис. 8.7г. Животное население малых рек и озер

38. Ручейник. 39. Чехлик агрипнии. 40. Чехлик ручейника граммаулиуса. 41. Чехлик стенофилакса. 42, 43, 46. Чехлик лимнофилуса. 44. Чехлик колчанки. 45. Чехлик стенофилакса ротундипенниса. 47. Личинка большого ручейника. 48. Личинка ручейника, не строящая чехликов. 49. Пеструшка. 50. Желтушка. 51. Личинка плавунца окаймленного. 52. Личинка бабочки ряской огневки. 53. Чехлик из ряски. 54. Личинка комара коретры. 55. Личинка комара-дергуна. 56. Личинка комара обыкновенного. 57. Личинка слепня. 58. Личинка иловой мухи. 59. Птихоптера. 60. Личинка мокреца. 61. Личинка мухи-львинки

Показателем эвтрофикации может служить также индекс Гуднайта и Уотлея. Для определения индекса собирают бентосные организмы с определенной площади дна. С помощью скребка или лопаты снимают донный грунт, тщательно промывают его на сите. Организмы, оставшиеся на сите, помещают в емкость с водой. В лаборатории собранных животных разбирают на две группы: одна группа — малощетинковые кольчецы, вторая — прочие виды. После подсчета организмов в группах находят индекс Гуднайта и Уотлея по формуле

где  $\mathbf{a}$  — индекс,

М — численность малощетинковых червей,

$B$  — численность всех видов организмов.

После нахождения индекса определяют степень загрязнения водоема по табл. 8.2.

Таблица 8.2.

Состояние водоема	Индекс Гуднаита и Уотля (%)		
	80	60-80	60
Сильное загрязнение	x		
Сомнительное загрязнение		x	
Хорошее состояние			x

Завершая раздел о биоиндикации загрязнений малых рек по составу крупных беспозвоночных, следует отметить, что рассмотренные методики, разработанные для областей Центральной России, могут оказаться малоприменимыми при их переносе в другие климатические зоны или Зауралье. Дело в том, что видовой состав беспозвоночных животных от региона к региону может заметно меняться, а индикаторные качества одного и того же вида в разных частях его ареала заметно различаться. Поэтому для других регионов может понадобиться корректировка как состава индикаторных таксонов, так и их значимости. На ме-

### 8.1.3. Дополнительные методы

#### 8.1.3.1. Измерение параметров популяций моллюсков-фильтрантов для оценки способности малых рек к самоочищению [7]

Одним из методов оценки способности рек к самоочищению является наблюдение за изменениями параметров раковин в популяциях перловиц и беззубок.

Определение плотности популяции моллюсков производится на площадках 5 кв. м в прибрежной зоне реки. В дно реки недалеко от берега вбивают четыре вешки из любого подручного материала, образуя прямоугольник размером 1 x 5 м. По периметру натягивают бечевку. Длинная сторона прямоугольника располагается вдоль русла реки. Глубина реки на площадке не должна превышать примерно 70 см. Затем производится сбор моллюсков и мертвых раковин в пределах пробного участка. Створки погибших моллюсков могут служить показателем залповых сбросов загрязнителей предприятиями. Выловленных моллюсков сортируют по видам. После этого раковины моллюсков каждого вида измеряют в длину с помощью штангенциркуля или линейки с точностью до 1 мм. Полученные данные фиксируют в тетрадь. Биомассу моллюсков определяют с помощью любых

весов, после измерения 30 • •

ИХ ВОЗВРАЩАЮТ В ВОД- 25 • •

ную среду. Результаты будут точнее при неоднократных повторениях, при этом площадки должны располагаться в разных частях реки.

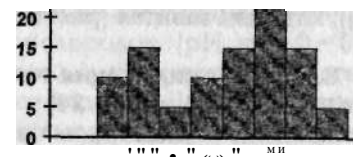


Рис. 8.8. Пример построения гистограммы

По результатам измерений строится гистограмма. Для построения гистограммы (рис. 8.1) ось абсцисс разделяется на интервалы (или классы, например, от 30 до 40 мм). По оси ординат откладывается отношение числа раковин,  $n_{ij}$

имеющих соответствующий данному классу размер створок, к общему количеству раковин данного вида в обследуемом створе (в процентах).

### Индикация сапробности водоема

Пресноводные моллюски могут служить биоиндикаторами степени загрязнения водоема органическими веществами, сбрасываемыми с ферм, птицефабрик, свиноводческих комплексов, предприятий легкой промышленности и сферы быта.

Биоиндикаторы — пресноводные моллюски чувствительны к содержанию в воде органических веществ и кислорода. Соответственно выделяют а-мезосапробов, б-мезосапробов и олигосапробов. Полисапробов среди моллюсков нет.

### Методика работы

С помощью водного сачка проводится отлов моллюсков, обитающих в водоеме. Все выловленные моллюски идентифицируются по видам и затем определяется сапробность водоема. К *а-мезосапробам* относится роговая шаровка (рис. 8.2 (1)). *б-мезосапробами* являются обыкновенный прудовик (рис. 8.2 (2)), ушковый прудовик (рис. 8.2 (3)), физаключевая (рис. 8.2 (4)), яйцевидный прудовик (рис. 8.2 (5)), лужанка настоящая (рис. 8.2 (6)), лужанка полосатая (рис. 8.2 (7)), битиния шупальцевая (рис. 8.2 (8)), горошина (рис. 8.2 (9а, б)), перловица вздутая (рис. 8.2 (12а, б)). Типичными *олигосапробами* являются катушка обыкновенная (рис. 8.2 (10а, б)), катушка килевая (рис. 8.2 (11а, б)), перловица живописцев (рис. 8.2 (13)), утиная беззубка (рис. 8.2 (14)), катушка гладкая (рис. 8.2 (16)), катушка завитая (рис. 8.2 (15)).

#### 8.1.3.2. Биоиндикация токсичности природных вод с помощью дафний [7, 34]

Дафнии — наиболее часто используемый тест-объект для определения токсичности воды. Метод позволяет определить токсичность сточных и природных вод. Критерием острой токсичности является гибель 50% и более дафний в анализируемой воде по сравнению с контролем в течение 24, 48 или 96 ч.

*Культура дафний.* Исходный материал желательно приобрести в специальных учреждениях и органи-

зациях. В школьных опытах можно использовать и свою культуру. Для этого из самого чистого в вашей местности водоема с помощью гидробиологического сачка отлавливают дафний и помещают в стеклянные емкости, которые заполняют под пробку водой из этого же водоема. Одновременно отбирают 5—10 л воды для последующей посадки дафний. Дафний отделяют декантированием жидкости. Затем отобранную природную воду фильтруют через фильтр и заполняют ею подготовленные стеклянные сосуды емкостью 3—5 л примерно на одну треть объема, куда переносят дафний с помощью стеклянной трубки с внутренним диаметром 0,5—0,7 см с оплавленным концом. Начальная плотность посадки — 6—10 особей на 1 л воды. Спустя 5—7 суток, в течение которых дафнии привыкают к лабораторным условиям существования и начинают размножаться, в сосуды доливают воду для дальнейшего культивирования.



При поддержании культуры в помещении не должно быть вредных газов и токсичных паров. Оптимальная температура  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , продолжительность светового дня 12—14 ч (не освещать культуру прямыми солнечными лучами). Посуду для содержания дафний нельзя мыть моющими веществами и органическими растворителями, лучше мыть пищевой содой, при особом загрязнении — хромовой смесью или соляной кислотой. Для культивирования дафний используют водопроводную воду, предварительно отстоянную не менее 7 суток и насыщенную кислородом ( $\text{pH} = 7,0 - 8,2$ ; жесткость общая — 3—4 мг-экв/л; концентрация растворенного кислорода не менее 6,0 мг/л). Раз в 7—10 суток половину объема воды с культурой дафний заменяют на свежую, удаляют скопившийся на дне осадок и при большой плотности (более 25 самок) культуру прореживают. Не следует производить аэрацию воды в сосудах.

Кормом для дафний служат зеленые водоросли (хлорелла) и хлебопекарные дрожжи. Для приготовления дрожжевого корма берут 1 г свежих или 0,3 г воздушно-сухих дрожжей, заливают их 100 мл дистилли-

рованной воды. После набухания дрожжи тщательно перемешивают, дают отстояться в течение 30 мин. Надосадочную жидкость добавляют в сосуды с дафниями в количестве 3 мл на 1 л воды. Кормят дафний 1 — 2 раза в неделю.

Для выращивания зеленых водорослей требуется сложная методика, поэтому при возможности приобретают их в одной из лабораторий и хранят в холодильнике (срок хранения 14 суток). Вносят 1 мл суспензии водорослей на 1 л воды.

При невозможности культивирования дафний в школьном опыте можно допустить использование только что отловленных дафний.

**Отбор пробы.** Пробу природной (сточной) воды отбирают объемом до 1 л. До биотестирования возможно хранение ее не более 6 часов при температуре 4 °С.

Далее пробу фильтруют через фильтровальную бумагу и заливают в емкости для биотестирования.

**Проведение опыта.** Берут 3 сосуда для исследуемой воды и 3 сосуда для контрольной пробы, не содержащей токсичных веществ. Наливают в них по 100 мл исследуемой воды и по 100 мл чистой воды для контроля. Исследуемую воду можно разбавить водой, не содержащей токсичных веществ.

Контрольную (разбавляющую) воду готовят отстаиванием в течение 7 суток водопроводной воды средней (не более 3,0 мг-экв/л) жесткости, проверяя pH (7,0 — 8,2), температуру (20°С), содержание кислорода (не менее 2 мг/л — при снижении делают продувку с помощью микрокомпрессора или камеры от футбольного мяча). В процессе биотестирования продувку делать не рекомендуется.

В каждый сосуд помещают по 10 особей дафний. Их переносят стеклянной трубкой диаметром 5 — 7 мм сначала в сачок, а затем в сосуды, погрузив его в воду.

Наблюдают за ходом эксперимента через 24, 48 или 96 часов. Дафний во время эксперимента не кормят. По окончании эксперимента проводят учет выживших дафний. Выжившими считаются дафнии, если они свободно передвигаются в толще воды или всплывают со дна сосуда не позднее 15 с после его легкого покачивания.

**Проведение подсчета.** На основании полученных результатов в 3-х повторностях рассчитывают среднее

арифметическое количество выживших дафний в контроле и опыте. Для расчета тест-параметра — процента гибели дафний в опыте по отношению к контролю — используют формулу:

$$100 \times (X_1 - X_2) / X_1,$$

где  $X_1$  и  $X_2$  — среднее арифметическое количество (экз.) выживших дафний в контроле и опыте.

Проба воды оценивается как обладающая острой токсичностью, если за 24 ч биотестирования в ней гибнет 50% и более дафний по сравнению с контролем.

Если в течение опыта в контрольном варианте произошла гибель более 10% дафний, то полученные результаты не учитывают, опыт повторяют, предварительно проверив пригодность тест-объекта для биотестирования.

При определении пригодности биообъекта для тестирования, а также для показа в демонстрационном эксперименте используют токсичное вещество — дихромат калия ( $K_2Cr_2O_7$ ). В разбавленных до 1 — 2,5 мг/л растворах гибель дафний должна приближаться к 50%. Разбавленный раствор дихромата калия получают, добавляя 1 — 2,5 мл маточного раствора (1 г  $K_2Cr_2O_7$  в 1 л дистиллированной воды) к 1 л контрольной воды.

## 1 8.2. Физико-химические методы

### 8.2.1. Пробоотбор и подготовка воды к анализу (36, 371

. Для проведения физико-химического анализа воды необходимо правильно провести пробоотбор.

В зависимости от цели исследования проба воды для анализа может быть получена несколькими способами:

- путем однократного отбора всего количества воды, нужного для анализа;
- смешением проб, отобранных через определенные промежутки времени в одном месте исследуемого водоема;
- ~ смешением проб, отобранных одновременно в разных местах исследуемого водоема.

При отборе проб воды используют посуду из бесцветного стекла или полиэтилена марок, разрешенных для контакта с питьевой водой. Посуда должна быть

тщательно вымыта моющими средствами, многократно ополоснута водопроводной и дистиллированной водой, а непосредственно перед забором воды посуду несколько раз ополаскивают исследуемой водой. Пробки желательнее использовать стеклянные или полиэтиленовые; корковые или резиновые пробки обертывают полиэтиленовой пленкой.

На практике удобно пользоваться банкой или бутылкой. В местах с затрудненным доступом к воде банку или бутылку можно прикрепить к шесту. Для взятия проб с определенной глубины используются батометры (рис. 8.10). При отсутствии данного прибора можно сделать самодельный батометр, состоящий из бутылки (1 л), с прикрепленным к ней тонким прочным шнуром необходимой длины. Бутылку закрывают пробкой со шнуром и помещают в футляр, имеющий груз и петлю. К петле привязывают веревку с отметками, указывающими глубину погружения. На нужной глубине выдергивают пробку из бутылки и после наполнения емкости водой поднимают ее.

Отбор проб воды на проточных водоемах производится в 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для питьевого водоснабжения, места купания, организованного отдыха, территория населенного пункта), а на непроточных водоемах и водохранилищах — в 1 км в обе стороны от пункта водопользования.

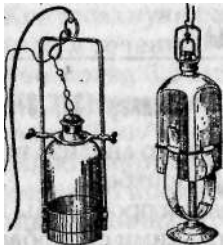


Рис. 8.9. Батометры

Обычно пробы в створе отбирают в трех точках (у обоих берегов и в фарватере); при ограниченных же технических возможностях или на небольших водоемах допускается отбор проб в одной-двух точках (в местах наиболее сильного течения). Чаще всего пробы отбирают в 5 — 10 м от берега на глубине 50 см. Объектом особого внимания должны стать загрязненные струи.

Если на реке имеется сброс сточных вод от промышленных предприятий, стоки животноводческих ферм и т. д., то отбор проб воды проводят ниже сброса на

500 м, что позволяет контролировать степень загрязнения воды в реке сточными водами (для сравнения следует взять пробу на 500 м выше сброса сточных вод).

Если предполагается, что в результате сброса сточных вод в придонных слоях накапливаются оседающие вредные вещества, которые могут стать источником вторичного загрязнения воды, отбирают придонные пробы на расстоянии 30 — 50 см от дна.

В водохранилищах, озерах, прудах, где течение воды резко замедленно, качество воды может быть неоднородным на различных участках (здесь возможно возникновение вторичных источников загрязнения), поэтому в этих водоемах обычно берут серию проб по глубине.

Сразу же после взятия пробы необходимо сделать запись об условиях сбора, направлении ветра, указать дату и час отбора воды.

### Подготовка воды к анализу

Для получения достоверных результатов анализ следует проводить возможно быстрее. В воде происходят процессы окисления-восстановления, физико-химические, биохимические, вызванные деятельностью микроорганизмов, сорбции, десорбции, седиментации и т. д. Могут изменяться и органолептические свойства воды — запах, цвет и др. Некоторые вещества способны адсорбироваться на стенках сосудов (железо, алюминий, медь, кадмий, марганец и др.), а из стекла бутылок могут выщелачиваться микроэлементы. При невозможности исследовать воду в установленные для соответствующих показателей сроки (табл. 8.8) ее охлаждают или консервируют.

Биохимические процессы в воде можно замедлить, охладив ее до 4°C. В этих условиях медленнее разрушаются и многие органические вещества.

Универсального консервирующего средства не существует, поэтому пробы для анализа отбирают в несколько бутылей. В каждой из них на месте отбора пробу консервируют, добавляя различные реагенты (табл. 8.8).

Подготовка воды непосредственно перед анализом заключается в следующем:

- консервированные пробы при необходимости *нейтрализуют*, а охлажденные нагревают до комнатной температуры (не на нагревательном приборе);

- если определению мешают мутность и цветность, то проводят специальную подготовку: пробы *фильтруют, отстаивают или коагулируют*.

*Коагуляция* проводится добавлением 5 мл суспензии гидроксида алюминия на 1 л воды, после чего смесь хорошо взбалтывают и дают отстояться.

Находящиеся в природной и питьевой воде загрязняющие вещества имеют, как правило, очень маленькие концентрации. Для того чтобы определить присутствие этих загрязнителей в условиях школьной лаборатории, следует провести *концентрирование* этих примесей одним из указанных ниже способов.

Таблица 8.8.

Способы **консервации** и сроки анализа воды

Показатели Качества воды	Сроки хранения		Способ консервации и количество консерванта на 1 л воды
	с консервацией	без консервации	
1	2	3	4
Вкус и привкус		2 ч.	не консервируют
Запах		2 ч.	не консервируют
Прозрачность		4 ч.	
Цветность		6 ч.	не консервируют
Взвешенные вещества	1-2 сут.	4 ч.	2-4 мл хлороформа
pH	1-2 сут.	при отборе	2-4 мл хлороформа
Окисляемость	1 сут.	4 ч.	не консервируют 50 мл $\text{H}_2\text{SO}_4(1:3)$ (для перманганатной) Юмл $\text{HgBOdCб3}$ (для дихроматной)
Жесткость		2 сут.	не консервируют
Сухой остаток	1-2 сут.	6 ч.	2 мл хлороформа
Растворенный кислород		3ч.	не консервируют
БПК	1-2 сут.	1 сут.	не консервируют
Аммиак и ионы аммония	1-2 сут.	4 ч.	1 мл $\text{H}_2\text{SO}_4$ (конц.) или 2-4 мл хлороформа
	1-2 сут.	4 ч.	То же
Нитраты		7 сут.	2-4 мл хлороформа
Нитриты		1 сут.	не консервируют
Сульфаты	1 сут.	8 ч.	не консервируют
Сероводород и сульфиды		7 сут.	2-4 мл хлороформа
Фосфаты		На месте отб.	не консервируют
Хлориды		8 ч.	не консервируют
Хлор	1-2 сут.	8 ч.	2-4 мл хлороформа
ПАВ	до 1 мес.	1 сут.	4 г NaOH
Фенолы			3 мл HCl или HNC-3 (до pH 2)
Металлы			

*Упаривание воды.* Отбирают 100— 1000 мл исследуемой воды (в зависимости от предполагаемого содержания определяемого компонента, величины ПДК и чувствительности метода) и упаривают на закрытой электрической плитке до объема около 50 мл.

*Вымораживание воды* (при этом примеси, растворенные в воде, собираются в средней части). 0,5— 1 л исследуемой воды наливают в хорошо промытую высокую консервную банку и ставят в морозильную камеру холодильника. Через несколько часов банку достают и, убедившись, что вся вода замерзла, вынимают ледяной цилиндр (предварительно нагрев дно и бока банки горячей водой). На анализ берут воду, полученную при размораживании внутренней части ледяного цилиндра. Для увеличения концентрации примесей можно провести несколько последовательных замораживаний проб воды, каждый раз выбирая среднюю часть ледяного цилиндра из предыдущего замораживания.

Если при анализе проводилось концентрирование пробы, то при последующих расчетах необходимо учитывать объем исходного образца воды.

## 8.2.2. Иргшшшесш показатели воды

### 8.2.2.1. Содержание взвешенных частиц [37]

Этот показатель качества воды определяют путем фильтрования определенного объема воды через бумажный фильтр и последующего высушивания осадка на фильтре в сушильном шкафу до постоянной массы.

Для анализа берут 500—1000 мл воды. Фильтр перед работой взвешивают. После фильтрования осадок с фильтром высушивают до постоянной массы при 105° С, охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Весы должны обладать высокой чувствительностью, лучше использовать аналитические весы.

Содержание взвешенных веществ в мг/л в испытуемой воде определяют по формуле:

$$(m_1 - m_2) \times 1000$$

$$V$$

где  $m_1$  — масса бумажного фильтра с осадком взвешенных частиц, г;

$m_2$  — масса бумажного фильтра до опыта, г;  
 $V$  — объем воды для анализа, л.

### 8.2.2.2. Цветность [37]

Цветность природных вод обусловлена главным образом присутствием гуминовых веществ и комплексных соединений трехвалентного железа. Количество этих веществ зависит от геологических условий, водоносных горизонтов, характера почв, наличия болот и торфяников в бассейне реки.

Цветность воды определяют визуально, сравнивая с растворами, имитирующими цветность природных вод.

Готовят два раствора.

*Раствор № 1.* Растворяют отдельно в дистиллированной воде 0,0875 г дихромата калия  $K_2Cr_2O_7$  и 2 г сульфата кобальта (II) семиводного  $CoSO_4 \cdot 7H_2O$ , затем их смешивают, прибавляют 1 мл концентрированной серной кислоты (плотностью 1,84 г/мл) и доводят в мерной колбе на 1 л дистиллированной водой до метки. Этот раствор соответствует цветности 500°.

*Раствор № 2.* 1 мл концентрированной серной кислоты доводят дистиллированной водой до 1 л.

Смешивая растворы 1 и 2 в соотношениях, указанных в табл. 8.9, готовят шкалу цветности.

Таблица 8.9.

Шкала цветности из дихромата калия  
и сульфата кобальта

Раствор	Градусы цветности													
	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
№ 1, мл	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
№ 2, мл	100	99	98	97	96	95	94	92	90	88	86	84	82	80

При визуальном определении в прозрачный цилиндр из бесцветного стекла с ровным дном наливают 100 мл исследуемой, при необходимости профильтрованной, воды и, просматривая сверху на белом фоне, подбирают раствор шкалы с тождественной окраской.

Если исследуемая вода имеет цветность выше 80°, то ее предварительно разбавляют дистиллированной водой. Величину цветности в этом случае умножают на кратность разбавления.

### 8.2.2.3. Цвет (окраска) [37]

При загрязнении водоема стоками промышленных предприятий вода может иметь окраску, не свойственную цветности природных вод. Для источников хозяйственно-питьевого водоснабжения окраска не должна обнаруживаться в столбике высотой 20 см, для водоемов культурно-бытового назначения — 10 см.

### 8.2.2.4. Прозрачность [37]

Прозрачность воды зависит от нескольких факторов: количества взвешенных частиц ила, глины, песка, микроорганизмов, от содержания химических веществ. Прозрачность характеризуется предельной глубиной, на которой еще виден специально опускаемый белый диск диаметром около 20 см (диск Секки). Самые прозрачные воды в Саргассовом море: диск виден до глубины 66,5 м, в мелких морях — до 5—15 м. Прозрачность воды в реках в среднем 1—1,5 м.

Измеряют прозрачность воды различных водоемов с помощью диска Секки (можно взять фанерку размером 20х20 см с белой поверхностью, к которой прикреплен груз и веревка с метками на ней для определения глубины). Опускают диск в воду с теневой стороны лодки и замеряют по меткам на веревке, на какой глубине диск скрылся из поля зрения. Затем диск поднимают и замечают глубину, на которой он стал виден. Среднее из этих отсчетов и будет показателем прозрачности воды в метрах.

Мерой прозрачности может служить также высота столба воды (в см), при которой можно различить на белой бумаге стандартный шрифт с высотой букв 3,5 мм. Воду хорошо перемешивают и наливают в высокий цилиндр с внутренним диаметром 2,5 см и дном из плоско отшлифованного стекла. Цилиндр устанавливают неподвижно над стандартным шрифтом на высоте 4 см. Просматривая шрифт сверху через столб воды и сливая или доливая воду в цилиндр, находят высоту столба воды, еще позволяющую читать шрифт.

### 8.2.2.5. Запах [37]

Запах воды обусловлен наличием в ней пахнущих веществ, которые попадают в нее естественным путем и со сточными водами. Запах воды водоемов не должен

превышать 2 баллов, обнаруживаемых непосредственно в воде или (для водоемов хозяйственно-питьевого назначения) после ее хлорирования. Определение основано на органолептическом исследовании характера и интенсивности запаха воды при 20 и 60 °С. По предлагаемой методике определяют характер и интенсивность запаха.

100 мл исследуемой воды при комнатной температуре наливают в колбу вместимостью 150 — 200 мл с широким горлом, накрывают часовым стеклом или притертой пробкой, встряхивают вращательным движением, открывают пробку или сдвигают часовое стекло и быстро определяют характер и интенсивность запаха. Затем колбу нагревают до 60° на водяной бане и также оценивают запах.

По характеру запаха делятся на две группы:

1. Запахи естественного происхождения (от живущих в воде и отмерших организмов, от влияния почв и т. п.) находят по классификации, приведенной в табл. 8.10.

Таблица 8.10.

#### Характер и род запаха воды естественного происхождения

Характер запаха	Примерный род запаха
Ароматический	Огуречный, цветочный
Болотный	Илистый, тинистый
Гнилостный	Фекальный, сточной воды
Древесный	Мокрой щепы, древесной коры
Землистый	Прелый, свежеспаханной земли, глинистый
Плесневый	Затхлый, застойный
Рыбный	Рыбы, рыбьего жира
Сероводородный	Тухлых яиц
Травянистый	Скошенной травы, сена
Неопределенный	Не подходящий под предыдущие определения

2. Запахи искусственного происхождения (от промышленных выбросов, для питьевой воды — от обработки воды реагентами на водопроводных сооружениях и т. п.) называются по соответствующим веществам: хлорфенольный, камфорный, бензиновый, хлорный и т. п.

Интенсивность запаха также оценивается при 20 и 60 °С по 5-балльной системе согласно табл. 8.11.

Таблица 8.11.

#### Интенсивность запаха воды

Балл	Интенсивность запаха	Качественная характеристика
0	Никакой	Отсутствие ощутимого запаха
1	Очень слабая	Запах, не поддающийся обнаружению потребителем, но обнаруживаемый в лаборатории опытным исследователем
2	Слабая	Запах, не привлекающий внимания потребителя, но обнаруживаемый, если на него обратить внимание
3	Заметная	Запах, легко обнаруживаемый и дающий повод относиться к воде с неодобрением
4	Отчетливая	Запах, обращающий на себя внимание и делающий воду непригодной для питья
5	Очень сильная	Запах, настолько сильный, что вода становится непригодной для питья

Запах воды следует определять в помещении, где воздух не имеет постороннего запаха. Желательно, чтобы характер и интенсивность запаха отмечали несколько исследователей.

#### 8.2.3. Химические показатели воды

##### 8.2.3.1. Водородный показатель (pH) [37]

Питьевая вода должна иметь нейтральную реакцию (pH около 7). Величина pH воды водоемов хозяйственного, питьевого, культурно-бытового назначения регламентируется в пределах 6,5 — 8,5. В большинстве природных вод водородный показатель соответствует этому значению и зависит от соотношения концентраций свободного диоксида углерода и гидрокарбонат-иона. Более низкие значения pH могут наблюдаться в кислых болотных водах за счет повышенного содержания гуминовых и фульвокислот. Летом при интенсивном фотосинтезе pH может повышаться до 9. На величину pH влияет содержание карбонатов, гидроксидов, солей, подверженных гидролизу, гуминовых веществ и др.

В результате происходящих в воде химических и биологических процессов и потерь уголекислоты pH воды может быстро изменяться, поэтому его следует определять сразу же после отбора пробы, желательно на водоеме.

Оценивать величину pH можно разными способами.

1. Приближенное значение pH. В пробирку наливают 5 мл исследуемой воды, 0,1 мл универсального cц



индикатора, перемешивают и по окраске раствора оценивают величину pH:

розово-оранжевая — pH около 5,  
 светло-желтая — 6,  
 светло-зеленая — 7,  
 зеленовато-голубая — 8.

2. pH можно определить с помощью универсальной индикаторной бумаги, сравнивая ее окраску со шкалой.
3. Наиболее точно значение pH можно определить на pH-метре или по шкале набора Алямовского.

### 8.2.3.2. Сухой остаток [37]

Сухим остатком называют остаток, полученный после выпаривания отфильтрованной пробы воды и высушенный до постоянной массы при ПО— 120 °С. Сухой остаток характеризует содержание минеральных и частично органических примесей, образующих с водой истинные и коллоидные растворы. Чтобы получить осадок около 100 мг, берут 1 л анализируемой профильтрованной воды, помещают порцию воды в предварительно взвешенную фарфоровую чашку и выпаривают на электроплитке (не доводя до кипения), добавляя воду по мере испарения воды в чашке. Воду в чашке выпаривают досуха. Чашку с сухим остатком помещают в сушильный шкаф, нагретый до 110 °С, и высушивают до постоянной массы.

Величину сухого остатка (мг/л) вычисляют по

ФОРМУЛА 6:

$$\frac{(m_2 - m_1) \times 1000}{V}$$

где

$m_1$  — масса пустой чашки, г;

$m_2$  — масса чашки с сухим остатком, г;

$V$  — объем воды, взятой для определения, л.

Данный метод определения сухого остатка дает несколько завышенные результаты вследствие гидролиза и гигроскопичности хлоридов магния и кальция и трудной отдачи кристаллизационной воды сульфатами кальция и магния. Эти недостатки устраняют, добавляя к выпариваемой воде химически чистый карбонат натрия. При этом хлориды, сульфаты кальция и магния переходят в безводные карбонаты. Из натриевых

солей лишь сульфат натрия содержит кристаллизационную воду, которая полностью удаляется высушиванием при 150 °С.

**Определение сухого остатка с добавлением карбоната натрия.** В фарфоровую чашку, доведенную до постоянной массы при 150 °С, помещают 250 — 500 мл профильтрованной воды и выпаривают. После добавления последней порции воды в чашку вносят еще раствор карбоната натрия, содержащий в 1 мл 10 мг  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , с таким расчетом, чтобы масса прибавляемого карбоната приблизительно в 2 раза превышала массу предполагаемого сухого остатка. Для обычных пресных вод достаточно прибавить 25 мл этого раствора. Раствор хорошо перемешивают стеклянной палочкой, обмывают ее дистиллированной водой, собирая воду в чашку с осадком. Выпаривают досуха и высушивают до постоянной массы при 150 °С. Чтобы не происходило растрескивания солей, чашку помещают в холодный термостат, а затем повышают температуру до 150 °С.

Величину сухого остатка (мг/л) вычисляют по формуле:

$$\frac{(m_2 - m_1 - m_3) \times 1000}{V}$$

где  $m_2$  — масса чашки с сухим остатком, г;

$m_1$  — масса пустой чашки, г;

$m_3$  — масса сухого добавленного карбоната натрия, мг (25 мл 1% раствора содержат 250 мг карбоната натрия);

$V$  — объем воды, взятой для анализа, л.

**Определение остатка после прокаливании.** Для определения массы остатка после прокаливании берут чистые фарфоровые чашки, взвешивают, после чего переносят в них сухой остаток от предыдущего опыта, снова взвешивают и помещают в муфельную печь для прокаливании до постоянной массы при 600 °С. Величину остатка после прокаливании рассчитывают аналогично величине сухого остатка. Разность между величиной сухого остатка и остатка после прокаливании равна величине потерь при прокаливании — количеству летучих соединений. Величина прокаленного остатка дает ориентировочное представление о минераль-

ном составе воды, а потери при прокаливании — о количестве органических соединений.

### 8.2.3.3. Жесткость воды. Расчет концентрации карбонат- и гидрокарбонат-ионов [10, 37]

Различают общую, временную и постоянную жесткость воды. Общая жесткость обусловлена, главным образом, присутствием растворенных соединений кальция и магния в воде. Временная жесткость иначе называется устранимой или карбонатной. Она обусловлена наличием гидрокарбонатов кальция и магния. Постоянная (некарбонатная) жесткость вызвана присутствием других растворимых солей кальция и магния.

Общая жесткость варьирует в широких пределах в зависимости от типа пород и почв, слагающих бассейны водосбора, а также от сезона года. Величина общей жесткости в источниках централизованного водоснабжения допускается до 7 ммоль экв/л, в отдельных случаях по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы — до 10 ммоль экв/л.

При жесткости до 4 ммоль экв/л вода считается мягкой; 4 — 8 ммоль экв/л — средней жесткости; 8—12 ммоль экв/л — жесткой; более 12 ммоль экв/л — очень жесткой.

Методами химического анализа обычно определяют общую жесткость (Жо) и карбонатную (Жк), а некарбонатная (Жн) рассчитывается как разность  $Жо - Жк$ .

### Определение общей жесткости воды комплексометрическим методом [37]

*Принцип метода.* Трилон Б (комплексен III) — динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты образует с катионами металлов растворимые в воде внутрикомплексные соединения хелатного типа. Эти комплексы обладают различной прочностью и образуются при определенных значениях pH.

К числу катионов, с которыми трилон Б образует комплексы, относятся катионы кальция, магния, меди, марганца, кадмия, никеля, двух- и трехвалентного железа, алюминия и др.

Если в раствор, содержащий ионы одного из вышеупомянутых металлов, ввести индикатор, дающий непрочное цветное соединение с ними, то при добав-

лении трилона Б к такому окрашенному раствору в эквивалентной точке произойдет изменение окраски.

В качестве индикаторов для определения кальция и магния могут быть взяты эриохром черный Т и хромовый темно-синий.

### Необходимые реактивы и их приготовление.

**1. Титрованный раствор трилона Б.** При жесткости воды выше 20 ммоль экв/л пробу титруют 0,1 н раствором комплексона, при жесткости 0,5 — 20 ммоль экв/л следует пользоваться 0,05 н раствором и при жесткости ниже 0,5 ммоль экв/л — 0,01 н раствором.

Для приготовления растворов комплексона III (трилона Б) берут следующие навески: для 0,1 н раствора — 18,6 г, для 0,05 н — 9,3 г, для 0,01 н — 1,86 г. Навески растворяют в дистиллированной воде и фильтруют, если раствор получается мутным. Затем объем раствора доводят до 1 л. Для установления точной концентрации раствора трилона Б применяют различные объемы 0,01 н раствора сульфата магния, приготовленного из фикса-нала. Для установления титра 0,1 н раствора трилона Б берут 100 мл раствора сульфата магния, 0,05 н — 50 мл и 0,01 н — 10 мл. Объем взятого раствора соли магния доводят дистиллированной водой до 100 мл, добавляют 5 мл аммиачного буфера, 5 — 7 капель индикатора хромового темно-синего или эриохрома черного Т и медленно титруют раствором трилона Б при интенсивном перемешивании до отчетливого изменения цвета раствора.

Поправочный коэффициент для приведения трилона Б к данной нормальности вычисляют по формуле:

$$K = \frac{10}{V},$$

где K — поправочный коэффициент 0,01 н. раствора соли магния (коэффициент сантинормальности при точно 0,01 н раствора  $K = 1$ );

V — расход трилона Б на титрование, мл.

**2. Буферный раствор.** 20 г хлорида аммония (х.ч.) растворяют в дистиллированной воде, добавляют 100 мл 25% раствора аммиака и доводят до 1 л дистиллированной водой.

**3. Растворы индикатора.** Эриохром черный Т и хромовый темно-синий: 0,5 г одного из индикаторов

растворяют в 20 мл аммиачного буфера и доводят до 100 мл этиловым спиртом. Раствор индикатора можно хранить не более 10 сут. Вместо раствора индикатора удобно употреблять смесь индикатора с хлоридом натрия: готовят смешением и тщательным растиранием 0,5 г эриохрома черного Т со 100 г хлорида натрия (х.ч.). Преимущество индикаторной смеси перед раствором индикатора в том, что индикаторная смесь при хранении не портится.

**Выполнение анализа при отсутствии ионов меди (II), цинка и марганца (II).** Для определения общей жесткости воды берут пипеткой 100 мл анализируемой воды (прозрачной), переносят ее в колбу (лучше коническую) емкостью 250 — 300 мл, добавляют 5 мл аммиачного буферного раствора и 7 — 8 капель раствора эриохрома черного Т (или размером с 1,5 — 2 спичечные головки сухой индикаторной смеси). Пробу титруют раствором трилона Б до изменения окраски из красной в фиолетовую. Титрование проводят медленно, непрерывно перемешивая анализируемую пробу воды.

Жесткость воды в ммоль-экв/л рассчитывают по формуле:

$$i. \quad -V_2 \times K \times C_H \times 1000$$

где  $V_1$  — объем пробы воды, взятый для анализа, мл;

$C_n$  — нормальность раствора трилона Б;

$V_2$  — объем израсходованного на титрование раствора трилона Б, мл;

К — поправочный коэффициент для приведения концентрации трилона Б к точной нормальности.

Примечание. Жесткость воды, загрязненной маслами, можно определить только с индикатором хромом темно-синим. Кислые воды следует предварительно нейтрализовать. Раствор трилона Б устойчив и сохраняется без изменения концентрации 3 — 4 месяца.

**Выполнение анализа в присутствии ионов меди и цинка.** Пипеткой отбирают 100 мл пробы воды и помещают ее в коническую колбу емкостью 250 — 300 мл. Прибавляют 1 мл 2—5% раствора сульфида натрия (раствор сульфида натрия можно хранить не более

2 недель в темной склянке с притертой пробкой). В осадок выпадают сульфиды меди и цинка. Добавив 5 мл аммиачного буфера, 7 — 8 капель индикатора эриохрома черного Т, титруют пробу воды раствором трилона Б до перехода окраски из красной в фиолетовую.

**Выполнение анализа в присутствии ионов марганца (II).** К пробе воды, взятой для определения жесткости (100 мл), добавляют 3 капли 1% раствора солянокислого гидроксилamina. При этом происходит маскировка иона марганца. Затем в обычной последовательности прибавляют буферный раствор, индикатор и титруют раствором трилона Б. Точка перехода отчетлива. Расчет выполняют, как и в предыдущих анализах.

При отсутствии набора реактивов для определения жесткости воды определение можно провести спиртово-мыльным методом.

**Определение жесткости спиртово-мыльным методом [10]** Сущность этого метода заключается в том, что растворенные в воде соли кальция и магния переводятся содержащимися в мыле стеаратом, олеатом и пальмитатом натрия в малорастворимые кальциевые и магниевые соли. Окончание реакции определяют по появлению устойчивой пены, образуемой избытком мыльного раствора при титровании.

### Порядок и техника проведения работы.

1. Подготовить спиртово-мыльный раствор. Для этого 0,75 г детского мыла (в стружках) растворяют в 50 мл 96% спирта-ректификата, отстаивают двое суток и фильтруют через бумажный фильтр средней плотности.

2. Для подготовки эталонного раствора солей кальция и магния необходимо 0,385 г кристаллического хлорида кальция  $\text{CaO} \times 6\text{H}_2\text{O}$  растворить дистиллированной водой в мерной колбе на 50 мл, и 0,108 г кристаллического сульфата магния  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  растворить в 30 мл воды.

В мерную колбу на 100 мл влить 37,5 мл раствора хлорида кальция и весь раствор сульфата магния, перемешать их и долить дистиллированной водой до метки. В полученном таким образом растворе будет содержаться 26,25 ммоль-экв/л ионов кальция и

8,75 ммоль-экв/л ионов магния. Общая жесткость эталонного раствора будет равна 35 ммоль-экв/л.

3. Подготовить таблицу для записи данных опыта (табл. 8.12)

Таблица 8.12.

**Объем спиртово-мыльного раствора, затраченный на титрование**

Объем эталонного раствора, мл	Жесткость, ммоль-экв/л	Объем спиртово-мыльного раствора, затраченный на титрование, мл
1	0,35	
2	0,70	
4	1,40	
5	1,75	
10	3,50	
20	7,00	

4. Провести титрование эталонных растворов, составить таблицу и калибровочную кривую для данного образца спиртово-мыльного раствора и эталонного раствора солей кальция и магния:

4.1. В чистую мерную колбу емкостью 100 мл налить 1 мл эталонного раствора и долить дистиллированной водой до метки.

4.2. Полученный раствор перелить в склянку с притертой пробкой и осторожно титровать из бюретки спиртово-мыльным раствором, встряхивая содержимое склянки после прибавления каждой двух-трех капель спиртово-мыльного раствора. Титрование прекращают тогда, когда после восьмикратного встряхивания склянки в ней образуется устойчивая пена, не исчезающая в течение 3 мин. Отметить объем израсходованного спиртово-мыльного раствора, затраченного на титрование, и записать в таблицу.

4.3. Отмерить в мерные колбы на 100 мл последовательно 2, 4, 5, 10 и 20 мл эталонного раствора, довести объем каждого раствора до 100 мл и титровать так же, как и первую пробу.

4.4. На основании данных эксперимента начертить эталонный график (калибровочную кривую), откладывая на оси абсцисс значения жесткости эталонных образцов титруемого раствора, на

оси ординат — объем затраченного спиртово-мыльного раствора.

5. Для определения жесткости исследуемого раствора берут пробы по 100 мл. Титрование проводят точно так же, как титровали эталонные растворы.

Общую жесткость исследуемого раствора находят по эталонному графику на основании объема спиртово-мыльного раствора, затраченного на титрование. Проводят не менее трех титрований, из них берут среднее значение жесткости.

6. Если общая жесткость раствора окажется выше, чем отражено на графике, то определение следует повторить с разбавлением жесткой воды дистиллированной водой с соблюдением кратности разбавления, что-бы можно было ее учесть при вычислении жесткости.

**Определение карбонатной жесткости воды и расчет концентрации карбонат- и гидрокарбонат-ионов.** В склянку наливают 10 мл анализируемой воды, добавляют 5 — 6 капель фенолфталеина. Если при этом окраска не появляется, то считается, что карбонат-ионы в пробе отсутствуют. В случае возникновения розовой окраски пробу титруют 0,05 н. раствором соляной кислоты до обесцвечивания. Концентрацию карбонат-ионов рассчитывают по формуле:

$$C_k = V_{HCl} \times 0,05 \times 60 \times 1000 = V_{HCl} \times 3000,$$

где  $C_k$  — концентрация карбонат-иона, мг/л;  
 $V_{HCl}$  — объем соляной кислоты, израсходованной на титрование, мл.

Затем в той же пробе определяют концентрацию гидрокарбонат-ионов. К пробе добавляют 1 — 2 капли метилового оранжевого. При этом проба приобретает желтую окраску. Раствором 0,05 н. соляной кислоты титруют пробу до перехода желтой окраски в розовую. Концентрацию гидрокарбонат-ионов рассчитывают по формуле:

$$*_{гк} = \frac{V_{HCl} \times 0,05 \times 61 \times 1000}{2} = V_{HCl} \times 1575,$$

где  $C_{гк}$  — концентрация гидрокарбонат-иона, мг/л; 227

$V_{\text{на}}$  — объем соляной кислоты, израсходованной на титрование, мл.

Карбонатную жесткость Жк рассчитывают, суммируя значения концентраций карбонат- и гидрокарбонат-ионов по формуле:

$$Ж_{\text{к}} = C_{\text{к}} \times 0,0333 + C_{\text{гк}} \times 0,0164,$$

где 0,0333 и 0,0164 — коэффициенты, равные величинам, обратным эквивалентным массам этих анионов.

#### 8.2.3.4. Растворенный кислород [37]

Концентрация кислорода, растворенного в водоемах санитарного водопользования, в пробе, отобранной до 12 ч. дня, должна быть не менее 4 мг кислорода/л в любой период года.

Количество растворенного кислорода в воде имеет большое значение для оценки состояния водоемов, и его снижение указывает на резкое изменение биологических процессов водоема, а также на загрязнение водоемов веществами, легко биохимически окисляющимися.

#### Иодометрическое определение растворенного кислорода по Винклеру.

Метод основан на способности гидроксида марганца (II) окисляться в щелочной среде до гидроксида марганца (IV). Кислород, растворенный в воде, при этом количественно связывается. При добавлении избытка кислоты из гидроксида марганца (IV) образуется соль двухвалентного марганца. Если вместе с кислотой к осадку гидроксида марганца (IV) добавить иодид калия, то выделяется иод, химически эквивалентный связанному кислороду. Выделившийся иод оттитровывают тиосульфатом натрия. Предел обнаружения растворенного кислорода — 0,05 мг/л.

Определению мешают взвешенные и органические вещества, нитриты, двух- и трехвалентное железо, а также другие окислители и восстановители. Их влияние можно устранить в ходе анализа.

Для определения необходимо приготовить «кислородные» склянки емкостью 100 — 200 мл с притертой (пришлифованной) пробкой, калиброванные с точнос-

тью до 0,1 мл. Калибровку осуществляют взвешиванием. Объем склянки определяют по разности массы склянки, полностью заполненной дистиллированной водой при 20 °С и закрытой пробкой, и массы пустой сухой склянки, также закрытой пробкой. Склянки и соответствующие пробки нумеруют.

#### Реактивы:

1. Сульфат или хлорид марганца (II), раствор. Растворяют 40 г  $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , или 48 г  $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , или 36,4 г  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , или 42,5 г  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  в дистиллированной воде и доводят объем до 100 мл. Фильтруют через бумажный фильтр или сливают через сифон после полного отстаивания осадка. Разбавленный раствор в кислой среде при добавлении иодида калия не должен выделять свободного иода.
2. Щелочной раствор иодида калия.
  - а) Растворяют 15 г иодида калия в 10 мл дистиллированной воды. При подкислении разбавленный раствор не должен выделять иода.
  - б) Растворяют 50 г гидроксида натрия или 70 г гидроксида калия в 50 мл дистиллированной прокипяченной (для удаления углекислого газа) воды. Оба раствора смешивают и доводят объем до 100 мл.
3. Соляная кислота, разбавленный 2:1 раствор.
4. Тиосульфат натрия, 0,02 н раствор.
5. Иод, 0,02 н раствор в насыщенном растворе NaCl.
6. Иодид калия, 15% раствор.
7. Крахмал, 0,5% раствор.

**Ход определения.** При взятии пробы на кислород соблюдают все предосторожности против попадания в пробу атмосферного воздуха. Пробу берут в калиброванную склянку на 100 — 200 мл с притертой пробкой. При взятии пробы следят за тем, чтобы наполнить склянку до краев. Наполнение склянки водой лучше осуществлять с помощью батометра (рис. 8.10).

Кислород фиксируют на месте тотчас после отбора пробы. Для этого в нее вводят опущенной до дна

пипеткой 1 мл сульфата или хлорида марганца и 1 мл щелочного раствора иодида калия на каждые 100 — 150 мл пробы. После введения реактивов закрывают склянку пробкой, следя за тем, чтобы в склянке не осталось пузырьков воздуха. Затем содержимое тщательно перемешивают многократным резким переворачиванием склянки. В таком состоянии пробу можно оставить для транспортировки, но не более чем на сутки.

Перед титрованием (осадок должен хорошо осесть) приливают 5 мл HCl (2:1), при этом часть жидкости сливается через край, что не имеет значения для определения. Склянку закрывают пробкой (воздуха под пробкой не должно быть), и содержимое тщательно перемешивают. Осадок гидроксида марганца, выпавший в щелочной среде, растворяется, окисляет иодид-ион до иода, который окрашивает раствор в желтый цвет. После этого всю пробу переливают в колбу на 250 — 300 мл и быстро титруют 0,02 н тиосульфатом натрия при непрерывном помешивании до слабо-желтого цвета, после чего прибавляют 1 мл 0,5% крахмала и продолжают по каплям титровать до исчезновения синей окраски. Окраска должна исчезнуть от одной капли тиосульфата.

Содержание растворенного кислорода в воде (мг кислорода/л) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{V \times C_n \times 8 \times 1000}{V_1 - V_2}$$

где V — объем раствора тиосульфата, пошедшего на титрование пробы, мл;

$C_n$  — нормальная концентрация тиосульфата с учетом поправки;

8 — эквивалентная масса кислорода, соответствующая 1 мл 1 н раствора тиосульфата;

$V_1$  — объем пробы воды в склянке, мл;

$V_2$  — объем воды, вылившейся при введении реактивов для фиксации кислорода (7 мл).

**Определение растворенного кислорода в присутствии мешающих веществ.** Если вода содержит много органических веществ или минеральных восстановителей, то необходимо вводить поправку на их иодопотребление. Для этого исследуемую воду отби-

поп  
ли»

пипетками с длинными носиками вносят в каждую по 3 — 5 мл 0,02 н. иода в насыщенном растворе хлорида натрия. Склянки закрывают пробками, перемешивают и через 5 мин вносят по 1 мл щелочного раствора иодида калия в обе склянки, а затем в склянку «а» — 1 мл соли марганца, в склянку «б» — 1 мл дистиллированной воды. Закрывают пробками и перемешивают. После оседания осадка в обе склянки вносят в одинаковом количестве кислоту и иод оттитровывают тиосульфатом. Содержание растворенного кислорода рассчитывают по формуле:

$$Y = \frac{8 \times C_n \times (V_3 - V_4) \times 1000}{V_1 - V_2}$$

где  $V_3$  — объем 0,02 н. раствора тиосульфата, пошедшего на титрование раствора в склянке «а», мл;

$V_4$  — то же для склянки «б»;

$C_n$  — нормальность раствора тиосульфата с учетом поправки;

8 — эквивалентная масса кислорода, соответствующая 1 мл 1 н. раствора тиосульфата;

$V_1$  — объем кислородной склянки, мл;

$V_2$  — объем всех реактивов, внесенных в воду для фиксации кислорода, мл.

### 8.2.3.5. Окисляемость [37]

Окисляемость — общее количество содержащихся в воде восстановителей (неорганических и органических), реагирующих с сильными окислителями (например, дихроматом, перманганатом и др.). Результаты определения окисляемости одной и той же воды с помощью различных окислителей обычно неоднозначны из-за неодинаковой степени окисления веществ, присутствующих в воде. Это зависит от свойств окислителя, его концентрации, температуры, pH воды и т. п. Вместо термина «окисляемость» часто используется термин «потребление кислорода».

Все методы определения окисляемости условны, а получаемые результаты сравнимы только в том случае, когда точно соблюдаются все условия проведения анализа.

Результаты определения окисляемости приводят в Миллиграммах кислорода на 1 л воды (мг кислорода/л).

Наиболее полное окисление достигается дихроматом калия, поэтому дихроматную окисляемость нередко называют «химическим потреблением кислорода» (ХПК). Это основной способ определения окисляемости. Большинство соединений окисляется при этом на 95 — 100%. Нормативы ХПК воды водоемов хозяйственно-питьевого водопользования — 15 мг кислорода/л, культурно-бытового — 30 мг кислорода /л.

Дихроматный метод недоступен для школ из-за отсутствия соответствующих реактивов. Более доступным является перманганатный метод (метод Кубеля). Перманганат как окислитель может окислять как в кислой, так и в щелочной средах. При малом содержании хлоридов окисление ведут в кислой среде, при повышенном (более 300 мг/л хлорид-ионов) — в щелочной.

**Определение окисляемости в кислой среде.** Метод основан на способности перманганата калия окислять различные вещества. Так как степень окисления зависит от условий, при которых ведется определение, для получения достоверных результатов, сравнимых между собой, строго придерживаются приводимых ниже указаний относительно количества добавляемых растворов, времени кипячения и температуры раствора при титровании.

При небольшой окисляемости воды (до 10 мг кислорода/л) для определения достаточно взять 100 мл воды, если же окисляемость испытуемой воды по предварительным данным выше 10 мг кислорода/л, воду необходимо разбавить в соответствующее число раз дистиллированной водой. При большой цветности (выше 40°) воду тоже разбавляют дистиллированной водой.

**Ход определения.** В коническую колбу на 200—250 мл наливают пипеткой 100 мл испытуемой воды. Прибавляют 5 мл раствора серной кислоты (1:3) и ставят на нагревательный прибор. При начале кипения (появление первых пузырьков) в пробу добавляют точно 10 мл 0,01 М раствора перманганата калия. После этого пробу кипятят на малом огне 10 мин.

Для равномерного кипения рекомендуется поместить в колбу несколько стеклянных капилляров, запаянных с одного конца. Колбу при кипячении прикрывают стеклянной воронкой. Если во время кипячения исследуемая вода обесцветилась или потеряла розовую

окраску, определение надо повторить, разбавив ее дистиллированной водой.

По окончании кипячения пробу снимают с огня и в нее добавляют из бюретки точно 10 мл 0,01 н. раствора  $C_2H_2O_4$  (щавелевой кислоты). Обесцветившуюся горячую жидкость дотитровывают 0,01 н. раствором  $KMnO_4$  до появления слабо-розового оттенка.

Нормальность раствора  $KMnO_4$  проверяют одновременно с анализом. В только что оттитрованную пробу, имеющую температуру около 50 — 60 °С, прибавляют 10 мл 0,01 н. раствора щавелевой кислоты и титруют раствором перманганата калия до появления слабо-розовой окраски. Поправку к титру 0,01 н. раствора  $KMnO_4$  определяют из соотношения

где  $K$  — поправка на 0,01 н. раствор  $KMnO_4$ ;  
10 — объем раствора щавелевой кислоты, мл;  
 $n$  — объем раствора перманганата калия, мл.

**Вычисление результатов.** Окисляемость воды определяют по формуле:

$$\text{Окисляемость (мг кислорода/л)} = \frac{V_2 \times 0,08 \times K \times 1000}{V_1},$$

где  $V_1$  — объем исследуемой воды, мл;  
 $V_2$  — объем раствора перманганата калия, израсходованного на титрование избытка щавелевой кислоты, мл;  
0,08 — количество кислорода, соответствующее 1 мл 0,01 н. раствора перманганата калия, мг;  
 $K$  — поправка на 0,01 н. раствора  $KMnO_4$ .

**Определение поправки на дистиллированную воду.** При разведении испытуемой воды дистиллированной при подсчете окисляемости вводят поправку на дистиллированную воду. Для этого проводят все определения со 100 мл дистиллированной воды совершенно так же, как и с исследуемой водой. Объем раствора перманганата калия (в мл), пошедший на окисление Дистиллированной воды, при расчете окисляемости вычитают из объема раствора  $KMnO_4$ , израсходованного на окисление пробы.

Формула для расчета следующая:

Окисляемость (мг кислорода/л) =

$$\frac{(V_1 - V_2) \times 8 \times K \times 1000}{V_3}$$

где все обозначения прежние, а  $V_3$  — объем раствора перманганата, пошедшего на окисление дистиллированной воды (мл).

**Качественное определение с приближенной количественной оценкой.** 5 мл исследуемой воды (предварительно отфильтрованной) прилить в пробирку, добавить 0,3 мл раствора серной кислоты (1:3) и 0,5 мл 0,01 н раствора перманганата калия. Смесь перемешать, оставить на 20 мин. По цвету раствора оценить величину окисляемости (табл. 8.13).

Таблица 8.13.

**Ориентировочная величина окисляемости**

Окраска пробы воды	Окисляемость, мг/л
Ярко лилово-розовая	1
Лилово-розовая	2
Слабо лилово-розовая	4
Бледно лилово-розовая	6
Бледно-розовая	8
Розово-желтая	12
Желтая	16

**Биохимическое потребление кислорода (ВПК)** — это количество кислорода (мг), требуемое для окисления находящихся в 1 л воды органических веществ в аэробных условиях при 20 °С в результате протекающих в воде биохимических процессов за определенный период времени (ВПК за 3, 5, 10, 20 суток и т. д.). В аналитической практике чаще всего определяют 5-суточное БПК<sub>5</sub> (установлено, что БПК<sub>5</sub> составляет 70% ВПК полного). Величина полного ВПК регламентируется в зависимости от категории водоема: не более 3 мг кислорода/л для водоемов хозяйственно-питьевого водопользования и не более 6 мг кислорода/л для водоемов хозяйственно-бытового и культурного водопользования.

Среди различных методов установления ВПК наиболее распространено определение по разности

содержания растворенного кислорода до и после инкубации при стандартных условиях (20 °С, аэробные условия без дополнительного доступа воздуха и света). В величину ВПК не входит расход кислорода на нитрификацию. Для подавления этого процесса в пробу воды можно ввести вещества, ингибирующие нитрифицирующие микроорганизмы и не влияющие на микроорганизмы, осуществляющие основные биохимические процессы (например, этилентииокарбонид), из расчета 1 мл 0,05 % раствора на 1 л исследуемой воды.

**Ход определения.** Пробу воды для определения ВПК обрабатывают в день отбора. Температура исследуемой воды должна быть 20 °С, рН в пределах 6,5-8,5.

ВПК относительно чистых речных вод чаще всего исследуют без разбавления. Для этого исследуемую воду переливают в бутыл, наполнив ее на 2/3 объема, и аэрируют воду в течение 1 минуты путем встряхивания. Затем разливают ее в 6 кислородных склянок до краев. В трех из них фиксируют и определяют количество растворенного кислорода по методике, описанной в разделе 7.2.6. Остальные склянки ставят в термостат с температурой 20 °С и через 5 суток в них также определяют растворенный кислород. Величину БПК<sub>5</sub> рассчитывают по формуле:

$$\text{БПК}^{\wedge\wedge} - \text{Ад},$$

где  $A_0$ , —  $A_5$  — концентрация кислорода в пробе до начала инкубации (нулевой день) и после (через 5 суток), мг кислорода/л.

Для сильнозагрязненных речных и сточных вод, как правило, требуется предварительное разбавление пробы, иначе растворенного кислорода может не хватить для биохимического окисления загрязнений. Разбавленную воду аэрируют, разливают в кислородные склянки и определяют, как указано выше. Параллельно обязательно устанавливают ВПК разбавляющей воды. В качестве разбавляющей воды можно использовать дехлорированную (отстоенную) водопроводную воду. В этом случае величину ВПК (мг кислорода/л) вычисляют по следующей формуле:

$$\text{БПК}_5 = [(A_0 - A_5) - (B_0 - B_5)] \times n,$$



где  $A_0$  — концентрация кислорода в пробе до начала инкубации (нулевой день), мг кислорода/л;  
 $B_0$  — то же в разбавляющей воде, мг кислорода/л;  
 $A_5$  — концентрация кислорода в пробе в конце инкубации (через 5 дней), мг кислорода/л;  
 $B_5$  — то же в разбавляющей воде, мг кислорода/л;  
 $p$  — кратность разбавления.

### Приготовление реактивов

1. Раствор  $KMnO_4$  0,01 н готовят, растворяя 0,316 г  $KMnO_4$  в 1 л дистиллированной воды. Раствор лучше готовить заблаговременно и хранить в темной склянке. Титр раствора изменчив, и при каждом определении его устанавливают по щавелевой кислоте.
2. Раствор щавелевой кислоты. Для приготовления 0,01 н раствора щавелевой кислоты берут точно 0,6302 г  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ , высушенной на воздухе, и растворяют в 1 л дистиллированной воды. Для консервации щавелевой кислоты вносят 30 мл раствора серной кислоты (1:3) так, чтобы общий объем раствора щавелевой кислоты был равен 1 л.

### 8.2.3.6. Аммиак, ионы аммония, нитраты, нитриты [10, 37, 38, 39]

**Определение аммиака и ионов аммония (качественное с приближенной количественной оценкой).** Предельно допустимая концентрация (ПДК) аммиака и ионов аммония в воде водоемов 2 мг/л по азоту или 2,6 мг/л в виде иона аммония.

**Ход определения.** В пробирку диаметром 13—14 мм наливают 10 мл исследуемой воды, прибавляют 0,2—0,3 мл 30% раствора сегнетовой соли и 0,2 мл реактива Несслера. *(Осторожно! Реактив содержит соль ртути и щелочь. Работать в вытяжном шкафу, используя пипетку с грушей).* Через 10—15 мин. проводят приближенное определение по табл. 8.14.

**Определение нитратов и нитритов в воде.** Предельно допустимая концентрация (ПДК) нитритов ( $NO_2^-$ ) в питьевой-воде водоемов 3,3 мг/л, нитратов ( $NO_3^-$ ) — 45 мг/л.

„пп **Качественное определение нитратов и нитритов.**

сш На часовое или предметное стекло поместите 3 капли

Таблица 8.14.

### Ориентировочное суммарное содержание аммиака и ионов аммония в воде

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

раствора дифениламина, приготовленного на концентрированной серной кислоте (**Осторожно!**), и 1—2 капли исследуемой воды. В присутствии нитрат- и нитрит-ионов появляется синее окрашивание, интенсивность которого зависит от их концентрации.

Раздельное определение нитратов и нитритов следует начинать с обнаружения нитритов, которые мешают определению нитратов.

**Определение нитритов.** К 5 мл исследуемой воды прибавить 0,5 мл реактива Грисса (**Осторожно! Реактив содержит вредные вещества. Работать в вытяжном шкафу, используя пипетку с грушей.**) и нагреть до 70—80° С на водяной бане (в качестве бани можно использовать химический стакан на электроплитке). Появление розового окрашивания той или иной интенсивности свидетельствует о наличии нитрит-ионов в пробе.

**Определение нитратов.** Если в воде были обнаружены нитриты, то их предварительно нужно удалить. Для этого в пробирку берут 5 мл анализируемой воды, прибавляют несколько кристалликов хлорида аммония и нагревают над газовой горелкой в течение 10—15 минут.

После этого присутствие нитратов можно определить раствором дифениламина, как описано выше, либо следующим способом.

К 3 мл исследуемого раствора прилить 2 мл 20% раствора щелочи, добавить 10—15 мг цинковой пыли, смесь осторожно нагреть (можно на водяной бане). Нитраты восстанавливаются до аммиака, который обнаруживается по покраснению фенолфталеиновой бумаги или по посинению красной лакмусовой, смоченной дистиллированной водой и внесенной в пары исследуемого раствора.

**Качественное определение нитрит-ионов с приближенной количественной оценкой.** В пробирку диаметром 13—14 мм наливают 10 мл исследуемой воды, прибавляют 1 мл реактива Грисса (*ТБ!*) и нагревают до 70—80 °С на водяной бане. Через 10 мин появившуюся окраску сравнивают со шкалой (табл. 8.15).

Таблица 8.15.

#### Ориентировочное содержание нитритов

Окрашивание при рассмотрении		Нитриты, мг/л	
Сверху		По азоту	По нитритам
Нет	Нет	Менее 0,001	Менее 0,003
Нет	Чрезвычайно слабое розовое	0,001	0,003
Едва заметное розовое	Очень слабое розовое	0,002	0,007
Очень слабо-розовое	Слабо-розовое	0,004	0,013
Слабо-розовое	Светло-розовое	0,015	0,050
Светло-розовое	Розовое	0,030	0,100
Розовое	Сильно-розовое	0,060	0,200
Сильно-розовое	Красное	0,150	0,500
Красное	Ярко-красное	0,300	1,000

**Количественное определение нитритов.** Для приготовления шкалы готовят *основной стандартный раствор* (0,15 г нитрита натрия растворяют в 100 мл дистиллированной воды), содержащий 1 мг нитрит-ионов в мл раствора; *рабочий раствор* готовят разбавлением основного раствора в 1000 раз. С целью повышения точности эту операцию целесообразно выполнить в два приема — сначала разбавить раствор в 50 раз, а затем еще в 20 раз. Для этого 2 мл основного стандартного раствора переносят пипеткой в мерную колбу на 100 мл, доводят объем до метки дистиллированной водой, перемешивают. Затем из полученного раство-

ра берут 5 мл в другую мерную колбу на 100 мл, так же доводят объем до метки и перемешивают. 1 мл полученного раствора содержит 1 мкг нитрит-ионов.

В 10 мерных колб на 50 мл вносят рабочий раствор в соответствии с табл. 8.16 и доводят объем до метки дистиллированной водой.

Таблица 8.16.

#### Шкала для определения концентрации NO<sub>2</sub>

№ колбы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Раб. р-р, мл	0	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	15	20
Вода, мл	До 50 мл									
Смог, мг/л	0	0,002	0,004	0,01	0,02	0,04	0,1	0,2	0,3	0,4

Из каждой колбы взять по 5 мл раствора в 10 пронумерованных пробирок, в 11-ю — 5 мл исследуемой воды, добавить в каждую по 0,5 мл реактива Грисса (*ТБ!*), перемешать и нагреть на водяной бане при 50—60 °С. Через 10—15 минут интенсивность появившейся розовой окраски пробы сравнить со шкалой стандартных растворов.

**Количественное определение суммарного содержания нитратов и нитритов.** Определение проводят с реактивом Грисса (*ТБ!*) по вышеописанной методике, предварительно переведя нитраты в нитриты цинковой пылью в кислой среде при pH = 3. Для перевода нитритов в нитраты к 10 мл исследуемой воды прибавляют 10—15 мг цинковой пыли и добавляют по каплям 0,1 н раствор серной кислоты, доводя pH до 3, контролируя его значение по универсальной индикаторной бумаге. Через 10—15 минут отобрать пипеткой 5 мл прозрачного раствора в пробирку и провести анализ.

**Количественное определение нитратов.** В фарфоровую чашку помещают 10 мл исследуемой воды, прибавляют 1 мл 0,5% раствора салицилата натрия или салициловой кислоты и выпаривают досуха на водяной бане. После охлаждения сухой остаток увлажняют 1 мл концентрированной серной кислоты, тщательно растирают стеклянной палочкой и оставляют на 10 мин. Затем добавляют 5—10 мл дистиллированной воды и количественно переносят в мерную колбу на 50 мл, прибавляют 7 мл 10 М гидроксида натрия (*Осторожно!*), доводят объем Дистиллированной водой до метки и перемешивают.

5 мл раствора наливают в пробирку и сравнивают его окраску с контрольной шкалой. За результат анализа следует принимать значение концентрации нитрат-анионов (в мг/л) того образца шкалы, который более всего соответствует окраске полученного раствора.

Если в лаборатории имеется фотоколориметр, раствор помещают в кювету, измеряют его оптическую плотность, значение концентрации нитрат-анионов определяют по предварительно построенному градуировочному графику.

Если окраска содержимого пробирки окажется интенсивнее крайнего образца шкалы (5 мг/л) или значение оптической плотности выходит за пределы градуировочного графика, анализируемую воду разбавляют в 5 раз дистиллированной водой и определение повторяют. При вычислении результатов учитывают степень разбавления пробы.

Для приготовления шкалы готовят основной стандартный раствор, растворяя дистиллированной водой 0,032 г нитрата калия в мерной колбе на 200 мл (0,1 мг нитратов/мл), и рабочий раствор — разведением основного в 10 раз (0,01 мг/мл). Затем в фарфоровые чашки вносят 0, 1,2, 5, 10, 15, 20 и 25 мл рабочего раствора (что соответствует содержанию нитратов 0; 0,2; 0,4; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 и 5,0 мг/л), добавляют по 1 мл раствора салицилата натрия, выпаривают досуха. Далее проводят те же операции, что и с исследуемой пробой.

**Определение нитратов и нитритов в воде по методу А.Л. Рычкова.** Для определения нитратов и нитритов по этому методу необходимы следующие медицинские препараты (их можно приобрести в аптеке): риванол (этакридина лактат), антипирин, оксафенамид, стрептоцид, гидрокарбонат натрия (питьевая сода), физиологический раствор (0,9% раствор хлорида натрия в дистиллированной воде), а также соляная кислота и дихромат калия.

В питьевой воде должно содержаться не более 3,3 мг/л нитрит- и 45 мг/л нитрат-ионов.

**Определение нитритов.** Для контроля нитритов можно воспользоваться одним из трех методов, пределы обнаружения у которых составляют 1,3; 1,6 и 2 мг/л нитрит-ионов.

**Риванольная реакция.** К 1 мл исследуемой воды прибавляют 1 мл физиологического раствора и смешивают с 1 мл риванольного раствора (таблетку растворяют при нагревании в 200 мл 8% соляной кислоты). Если появится бледная розовая окраска, значит, уровень нитритов в питьевой воде недопустим.

**Антипириновая реакция.** 1 мл питьевой воды смешивают с 1 мл физиологического раствора (концентрация нитритов при таком разведении падает вдвое), 1 мл раствора антипирина (одна таблетка в 50 мл 8% соляной кислоты) и быстро прибавляют две капли 1% раствора дихромата калия. Смесь нагревают до появления признаков кипения. Если в течение 5 мин. раствор становится бледно-розовым, то значит, что в нем содержится более 1,6 мг/л нитрит-ионов, а в пробе питьевой воды, соответственно, вдвое больше (выше 3,2 мг/л). В этом случае содержание нитрит-ионов превышает предельно допустимую концентрацию.

**Домашняя модификация метода Грисса.** Метод Грисса довольно трудоемок, но этот метод санитарно-гигиенического контроля можно вполне повторить на кухне, не используя быстроокисляющиеся реактивы и специальную аппаратуру.

К 1 мл солянокислого раствора стрептоцида (таблетка 0,5 г в 50 мл 8% соляной кислоты) прибавляют 1 мл анализируемой воды, предварительно разбавленной вдвое дистиллированной водой или физраствором, и ставят на 2 мин в холодильник. Затем в смесь понемногу присыпают гидрокарбонат натрия, пока не перестанут выделяться пузырьки газа. Здесь главное — не переборщить с содой, так как ее избыток мешает цветной реакции. Поэтому следует добавлять ее по крупинкам. После того, как кислота нейтрализована, остается прибавить 1 мл холодного раствора оксафенамида в 10% растворе гидрокарбоната натрия (в 100 мл физраствора растворяют 20 таблеток по 0,5 г гидрокарбоната натрия и 1 таблетку оксафенамида). Если в течение 5 мин. смесь приобретает бледно-желтую окраску, вода не пригодна к употреблению.

**Определение нитратов (риванольная реакция).** К 1 мл исследуемой воды прибавляют 2,2 мл физиологического раствора. Затем отбирают 2 мл приготовлен-

ного раствора, добавляют 1 мл солянокислого раствора риванола и немного порошка цинка (на кончике ножа). Если в течение 3 — 5 мин желтая окраска риванола исчезнет и раствор окрасится в бледно-розовый цвет, то содержание нитратов в питьевой воде превышает ПДК.

#### 8.2.3.7. Хлориды [37, 38]

Концентрация хлоридов в водоемах • — источниках водоснабжения допускается до 350 мг/л.

В поверхностных водах количество хлоридов зависит от характера пород, слагающих бассейны, и варьирует в значительных пределах — от десятых долей до тысячи миллиграммов на литр. В реках северной части России хлоридов обычно немного, не более 10 мг/л, в южных районах эта величина повышается до десятков и сотен мг/л. Много хлоридов попадает в водоемы со сбросами хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод. Этот показатель весьма важен при оценке санитарного состояния водоема.

Качественное определение с приближенной количественной оценкой. В пробирку отбирают 5 мл исследуемой воды и добавляют 3 капли 10% раствора нитрата серебра. Приблизительное содержание хлоридов определяют по осадку или помутнению (табл. 8.17).

Таблица 8.17.

Определение содержания хлоридов

Осадок или помутнение	Концентрация хлоридов, мг/л
Опалесценция или слабая муть	1-10
Сильная муть	10-50
Образуются хлопья, но осаждаются не сразу	50-100
Белый объемистый осадок	Более 100

Количественное определение хлоридов. Хлориды определяют титрованием пробы анализируемой воды нитратом серебра в присутствии хромата калия как индикатора. Нитрат серебра дает с хлорид-ионами белый осадок, а с хроматом калия — кирпично-красный осадок хромата серебра. Из образовавшихся осадков меньшей растворимостью обладает хлорид серебра. Поэтому лишь после того, как хлорид-ионы будут связа-

ны, начинается образование красного хромата серебра. Появление слабо-оранжевой окраски свидетельствует о конце реакции. Титрование можно проводить в нейтральной или слабощелочной среде. Кислую анализируемую воду нейтрализуют гидрокарбонатом натрия.

В коническую колбу помещают 100 мл исследуемой воды, прибавляют 1 мл 5% раствора хромата калия и титруют 0,05 н. раствором нитрата серебра при постоянном взбалтывании до появления слабо-красного окрашивания.

Содержание хлоридов (X) в мг/л вычисляют по формуле:

$$= \frac{1,773 \times V \times 1000}{100}$$

где 1,773 — масса хлорид-ионов (мг), эквивалентная 1 мл точно 0,05 н. раствора нитрата серебра; V — объем раствора нитрата серебра, затраченного на титрование, мл.

#### 8.2.3.8. Сульфаты [37, 38]

Концентрация сульфатов в воде водоемов-источников водоснабжения допускается до 500 мг/л.

Содержание сульфатов в природных, поверхностных и подземных водах обусловлено выщелачиванием горных пород, биохимическими процессами и др. В северных водоемах сульфатов обычно немного; в южных районах, где воды более минерализованы, содержание сульфатов увеличивается. Сульфаты попадают в водоемы также со сбросами сточных вод.

Качественное определение с приближенной количественной оценкой. В пробирку вносят 10 мл исследуемой воды, 0,5 мл раствора соляной кислоты (1:5) и 2 мл 5% раствора хлорида бария, перемешивают. По характеру выпавшего осадка определяют ориентировочное содержание сульфатов: при отсутствии мути — концентрация сульфат-ионов менее 5 мг/л; при слабой мути, появляющейся не сразу, а через несколько мин. — 5—10 мг/л; при слабой мути, появляющейся сразу после добавления хлорида бария, — 10—100 мг/л; сильная, быстро оседающая муть свидетельствует о достаточно высоком содержании сульфат-ионов (более 100 мг/л).

**Количественные методы определения сульфат-ионов. 1. Турбидиметрическое определение** — определение сульфат-ионов в виде сульфата бария в кислой среде с помощью стабилизирующего реактива, в качестве которого можно использовать 0,5% раствор желатина.

Сначала готовят шкалу стандартных растворов. Для этого в 12 пронумерованных колб на 50 мл отбирают пипеткой определенные объемы основного стандартного раствора в соответствии с табл. 8.18, доводят объем в каждой из колб до 50 мл дистиллированной водой и перемешивают.

Таблица 8.18.

**Приготовление шкалы стандартных растворов для определения  $\text{SO}_4^{2-}$**

№ колбы	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Осн. станд. р-р, мл											
Вода											

Затем в 12 пронумерованных пробирок отбирают по 5 мл раствора из соответствующей колбы, а в 13-ю — 5 мл исследуемой воды. Во все пробирки прибавляют по 2 капли соляной кислоты 1:1, по 3 мл раствора желатина и тщательно перемешивают. Пробирки просматривают сверху на черном фоне и определяют концентрацию сульфат-ионов, сравнивая интенсивность помутнения пробы и шкалы стандартных растворов (табл. 8.19).

Таблица 8.19.

**Шкала стандартных растворов для определения  $\text{SO}_4^{2-}$   
Приготовление основного стандартного раствора.**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\text{SO}_4^{2-}$ , мг/л	0	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	

0,091 г безводного сульфата калия растворяют в дистиллированной воде в мерной колбе на 100 мл (в 1 мл содержится 0,5 мг сульфатов).

**2. Гравиметрическое определение** — осаждение сульфатов в кислой среде хлоридом бария в виде сульфата бария. Метод применим в широком диапазоне концентраций.

200 мл исследуемой воды помещают в химический стакан, прибавляют 2 — 3 капли индикатора метилового оранжевого и соляную кислоту до розовой окраски раствора. Смесь нагревают до кипения и упаривают до 50 мл. В горячий раствор при помешивании вносят 10 мл горячего 5% раствора хлорида бария. После осветления раствора проверяют полноту осаждения, прибавляя 1—2 капли 5% раствора хлорида бария (отсутствие мути свидетельствует о полном осаждении сульфатов) и оставляют на сутки для «созревания» (при созревании происходит укрупнение кристаллов сульфата бария, что необходимо для уменьшения потерь при фильтровании). Затем приступают к отделению осадка от раствора. Для этого лучше использовать мелкопористый обеззоленный фильтр «синяя лента». Фильтр складывают вчетверо, вставляют в сухую и чистую воронку, расправляют, плотно прижимают к стенкам воронки и смачивают дистиллированной водой. Затем воронку с фильтром помещают в кольцо штатива и, подставив под воронку чистый стакан, декантируют (сливают) по стеклянной палочке жидкость на фильтр, стараясь не взмучивать раствор. Когда жидкость над осадком будет отделена, приступают к промыванию осадка. Для этого осадок в стакане промывают декантацией 2 — 3 раза небольшими порциями (15 — 20 мл) промывной жидкости (100 мл дистиллированной воды, подкисленные 2 мл серной кислоты 1:3). Затем новыми порциями промывной жидкости переносят осадок на фильтр. Осадок на фильтре промывают 1% раствором нитрата аммония до отрицательной реакции на хлорид-ион в промывной воде (по нитрату серебра).

После этого воронку вместе с фильтром помещают в сушильный шкаф для высушивания (не следует пересушивать, иначе фильтр будет ломаться). Подсушенный осадок вместе с фильтром помещают в предварительно прокаленный и взвешенный тигель, ставят его в фарфоровый треугольник и небольшим пламенем горелки обугливают фильтр, не допуская воспламенения. Затем тигель при помощи тигельных щипцов переносят в муфельную печь и прокаливают при 700 — 800° С в течение часа, охлаждают в эксикаторе и взвешивают.

Расчет проводят по формуле:

$$i_{\sim sc4} = \frac{(m_1 - m_2) \times 0,41 \times 1000}{V} >$$

где  $C_{soi}^-$  — концентрация сульфат-иона, мг/л;

$m_1$  — масса тигля с осадком, г;

$m_2$  — масса пустого тигля, г;

$V$  — объем воды, взятой для анализа, мл;

**0,41** — коэффициент для пересчета сульфата бария на сульфат-ион.

### 8.2.3.9. Исследование качества воды водоемов методом автографии на фотобумаге [27]

Окислительно-восстановительные условия в почвах и илах оказывают заметное влияние на развитие растительного и животного населения этих субстратов.

В окислительной (аэробной) среде, достаточно увлажненной и содержащей свободный кислород, процессы минерализации органических остатков протекают быстро. При этом образуются полностью окисленные соединения, служащие пищей для растений, например нитраты, фосфаты, анионы многих других микроэлементов.

При малом содержании кислорода в субстрате развиваются восстановительные (анаэробные) процессы. В этих условиях разложение остатков замедляется; в среде накапливаются восстановители, отрицательно влияющие на развитие растений. Однако временное состояние восстановленности в почвах имеет и полезную сторону. Становятся подвижными многие ранее недоступные растениям элементы — железо, марганец, а также ионы многих других микроэлементов. Происходит накопление аммонийных солей в почве, повышается активность многих почвенных ферментов (дегидрогеназ, пероксидаз и др.).

Таким образом, чередование аэро- и анаэробных условий в почве необходимо для нормального существования организмов, использующих почву как среду обитания. Длительный же анаэробизм (как и аэробизм) для них не желателен.

Разложение органических остатков в почвах и илах происходит в основном благодаря деятельности микроорганизмов, групповой состав которых зависит от уровня окисленности среды. В связи с этим микроорганиз-

мы могут служить биоиндикаторами окислительно-восстановительных условий в указанных субстратах.

В окисленных средах преобладают аэробы, для развития которых необходим кислород. В средах, где кислорода мало и содержатся восстановители (молекулярный водород, сероводород, закисные формы металлов), преимущественно развиваются анаэробы, для которых присутствие кислорода не обязательно или даже вредно. Анаэробы активны по отношению к среде, потому что продукты их жизнедеятельности содержат восстановители, накопление которых делает среду все более восстановленной.

Количественное определение аэробов и анаэробов в субстратах возможно, но методически довольно сложно и выполняется, как правило, в специальных микробиологических лабораториях. Для оценки уровня окисленности (восстановленности) среды имеются более доступные методы. В частности, уровень восстановленности почвы, донных отложений и других субстратов можно ориентировочно определять с помощью аппликационного метода — автографии на фотобумаге.

### Методика

Метод основан на восстановлении бромистого серебра, находящегося в эмульсии засвеченной фотобумаги, восстановленными веществами изучаемого субстрата. При этом в эмульсионном слое фотобумаги образуется множество частиц металлического серебра в виде черных и бурых пятен. Интенсивность окраски пятен тем больше, чем выше восстановленность среды в местах соприкосновения фотоэмульсии с почвой.

Поскольку восстановительные условия в придонных субстратах создаются во многом благодаря деятельности анаэробов, фотобумага тем самым регистрирует уровень активности этих микроорганизмов в грунте. Аэробы цвета фотобумаги не изменяют, она остается практически белой.

Таким образом, одновременно определяется и уровень восстановленности среды, и уровень активности анаэробных микроорганизмов в исследуемом субстрате.

Восстановленные и окисленные участки на фотобумаге четко различаются по цвету. Более темные пятна свидетельствуют о высокой концентрации восста-

новленных веществ — продуктов жизнедеятельности анаэробов. Слабоокрашенная поверхность на фотобумаге соответствует тем местам субстрата, где преобладают окислительные условия.

На отпечатках, называемых аппликациями, или автографиями, и получаемых при исследовании почв, распределение окисленных и восстановленных зон носит в основном очаговый характер. Черные, восстановленные участки фотобумаги, как правило, соответствуют скоплениям продуктов жизнедеятельности микроорганизмов вокруг мертвых органических остатков (например, соломы), где условия для развития анаэробов оказались благоприятными. Автографии илов обычно окрашены более равномерно.

Следует отметить, что исследования на искусственных средах с чистыми культурами анаэробных микроорганизмов показали, что различные их экологические группы создают разный уровень восстановленности среды. Так, сульфатредуцирующие бактерии, основу выделений которых составляет сероводород, окрашивают фотобумагу в черный или густо-коричневый цвет. Менее густая коричневая окраска пятен наблюдается в культурах клостридий, выделяющих метан, водород, ацетон и др. Еще слабее окраска фотобумаги в культурах плектридий.

Эти факты можно объяснить большой активностью сероводорода как восстановителя благодаря его хорошей растворимости (по сравнению, например, с молекулярным водородом или метаном) в воде.

Разумеется, в природных образцах почвы или ила потемнение фотобумаги есть суммарный результат деятельности всех групп анаэробов, живущих в них.

Аппликационный метод дает хорошие результаты при экологической диагностике почв техногенных территорий и при изучении состояния водоемов по донным отложениям.

Промышленные выбросы в большинстве своем ядовиты для почвенных микроорганизмов. Так, например, выбросы, содержащие соединения азота, угнетающе действуют на процессы аммонификации и нитрификации, способствуют созданию в почвах анаэробных условий, которые можно выявить с помощью фотоаппликаций.

В загрязненных прудах, озерах и реках, потерявших способность к самоочищению, вода обеднена кислородом, а донные отложения представляют собой ядовитый, сильно восстановленный субстрат, непригодный для жизни донных животных (например, червей, личинок комаров, поденок, ручейников).

При обследовании водоема аппликационный метод дает возможность выявить наиболее загрязненные его участки и выяснить причины загрязнения.

Перед отбором проб необходимо провести визуальное изучение объекта исследования (участка реки, пруда и т. п.), определить и отметить на карте-схеме объекта наиболее загрязненные участки (выходы стоков заводов и ферм, отстойники и т. п.), относительно чистые и чистые (прозрачная вода без запаха и пленок и т. п.).

Изучается водная и прибрежная растительность; при необходимости делается их гербарий. Отмечая на карте-схеме участки отбора, надо помнить одно правило: от частоты точек отбора зависят точность исследования и объективность оценки экологического состояния объекта. Из одной намеченной точки отбора рекомендуется брать не менее 2 — 3 образцов на расстоянии 20 — 30 см друг от друга.

Усредненный образец ила помещается в целый плотный полиэтиленовый пакет, в который заливается около 100 мл воды из обследуемого водоема. Пакет с образцом перевязывается, к нему прикрепляется этикетка (ее можно вложить в верхнюю часть пакета выше завязки), в которой указываются: дата и место отбора пробы, примерная глубина взятия образца, а также фамилия исследователя.

Пробы ила в зависимости от целей и задач исследования отбирают черпаком из поверхностного слоя непосредственно с берега или с лодки.

Техника определения уровня восстановленности субстрата с помощью автографии на фотобумаге состоит в следующем.

1. Образцы ила или почвы, взятые накануне, но не более чем за сутки до начала опыта, помещают в литровые или пол-литровые химические стаканы (или банки). Образцы почвы заливают дистиллированной водой, а илов — водой из исследуемого во-

доема до их полного насыщения. Для заполнения водой всех пор субстрата образцам дают выдержку около одного часа. Донные отложения должны быть покрыты примерно сантиметровым слоем воды.

2. Фотобумагу (глянцевую, тонкую, нормальную) нарезают в виде полос размером 4 x 9 см и после нумерации в соответствии с номерами образцов помещают вертикально во влажные образцы. Для этого торцом металлической линейки или ножом с широким лезвием делают в образце щель глубиной около 8,5 см и шириной 4—5 см, опускают в нее полоску фотобумаги, а затем ножом или линейкой прижимают субстрат к фотобумаге. Не рекомендуется держать фотобумагу на свету более 15—20 минут. Этого времени вполне хватит для ее нарезки, маркировки и установки в изучаемый субстрат.
3. После 72-часовой экспозиции фотобумагу извлекают из субстрата, быстро промывают в обычной, а затем дистиллированной воде, закрепляют в течение 5 минут в 25%-ном растворе гипосульфита и снова промывают.
4. Высушивают полоски на фильтровальной бумаге так, чтобы эмульсионный слой был сверху.

Чтобы результаты эксперимента с разными образцами можно было сравнивать, желательно пользоваться фотобумагой из одной и той же партии и закладывать ее в образцы на одно и то же время. Если образцы почвы или донных отложений взяты без нарушения их структуры, фотобумага покажет кроме уровня восстановления (густота окраски) еще и распределение восстановленных зон в образце.

#### 8.2.4. Аошшешые методу

##### 8.2.4.1. Вкус и привкус воды [37]

Вкус и привкус воды, обнаруживаемые непосредственно в воде (или для водоемов хозяйственно-питьевого назначения после хлорирования), не должны превышать 2 баллов.

Вкус и привкусы оценивают как качественно, так и количественно по интенсивности в баллах. Различают

четыре вида вкуса: соленый, горький, сладкий и кислый. Остальные вкусовые ощущения называют привкусами: хлорный, рыбный, металлический и т. п. Интенсивность вкуса и привкуса определяют по 5-балльной шкале так же, как и запах.

Вкус и привкус определяют в сырой воде при комнатной температуре и 60 °С. В воде открытых водоемов и источников сомнительных в санитарном отношении вкус воды устанавливают только после ее кипячения.

При исследовании в рот набирают 10—15 мл воды, держат несколько минут (*не проглатывать!*) и определяют характер и интенсивность привкуса.

##### 8.2.4.2. Осадок [37]

Осадок характеризуют по следующим параметрам: нет, незначительный, заметный, большой. При очень большом осадке указывают толщину слоя в мм. По качеству осадок определяют как хлопьевидный, илистый, песчаный и т. п. с указанием цвета — серый, бурый, черный и др. Осадок в воде водоемов отмечают через 1 ч после взбалтывания пробы, в воде подземных источников — через 24 ч.

В период выпадения осадка качественно описывают осветление — незаметное, слабое, сильное, вода прозрачна.

##### 8.2.4.3. Щелочность [37]

Под щелочностью понимают способность некоторых компонентов, содержащихся в воде, связывать эквивалентное количество сильной кислоты. Щелочность создают все катионы, которые в воде были уравновешены гидроксид-ионами, анионами слабых кислот (например, карбонаты, гидрокарбонаты). Щелочность определяется количеством сильной кислоты, необходимой для замещения этих ионов. Расход кислоты эквивалентен их общему содержанию в воде и выражает общую щелочность воды.

В обычных природных водах щелочность зависит в основном от присутствия гидрокарбонатов щелочноземельных металлов, в меньшей степени щелочных. В этом случае значение pH воды не превышает 8,3. Растворимые карбонаты и гидрокарбонаты повышают значение pH более 8,3.



*Титриметрическое определение щелочности* основано на титровании воды сильной кислотой. Количество раствора, необходимое для достижения рН 8,3, эквивалентно свободной щелочности, а для достижения рН 4,5 — общей щелочности. При рН меньше 4,5 ее щелочность равна нулю.

Конечную точку при титровании находят визуально. Щелочность, особенно свободную, следует определять не позднее чем через 24 ч. после отбора пробы. Результаты выражают в ммоль эквивалентов на 1 л, что соответствует числу миллилитров 0,1 М раствора соляной кислоты, израсходованной на титрование 100 мл исследуемой воды.

При визуальном определении мешает интенсивная окраска воды. Ее устраняют, прибавляя активированный уголь и фильтруя пробы. Мутные воды фильтруют через бумажный мелкопористый фильтр. Для более точного определения щелочности предварительно вытесняют свободный углекислый газ, продувая воздух, так как высокие концентрации диоксида углерода мешают обнаружить переход окраски при титровании.

#### Для анализа потребуется:

1. Раствор соляной кислоты (0,1 М), который можно приготовить не из фиксаля, а приблизительной концентрации с последующим определением поправочного коэффициента к 0,1 М раствору HCl по карбонату натрия. Поправочный коэффициент К рассчитывают по формуле:

где V — объем 0,1 н раствора соляной кислоты, израсходованной на титрование 20 мл 0,1 н раствора карбоната натрия.

2. Фенолфталеин, 0,5% раствор. В 50 мл 96% этилового спирта растворяют 0,5 г фенолфталеина и разбавляют 50 мл дистиллированной воды, добавляют по каплям 0,01 М раствор гидроксида натрия до появления заметной розовой окраски.
3. Метиловый оранжевый, 0,05% водный раствор.

**Свободная щелочность.** Ход определения. Отмеряют 100 мл исследуемой воды (при высокой щелочности

берут меньший объем и разбавляют до 100 мл прокипяченной и охлажденной дистиллированной водой), прибавляют 2 капли 0,5% фенолфталеина и титруют на белом фоне 0,1 М раствором соляной кислоты до полного обесцвечивания.

**Общая щелочность.** Отмеривают 100 мл пробы, прибавляют 2 капли метилоранжа, затем продувают воздух в течение 2 — 3 мин и титруют 0,1 М раствором соляной кислоты на белом фоне до начала перехода окраски метилового оранжевого из желтой в оранжевую. Вновь продувают воздух 2 — 3 мин, и если возвращается первоначальная окраска, то дотитровывают. Титрование считают законченным, если после продувания воздуха окраска раствора не меняется.

Расчет свободной (С) и общей (Об) щелочности (ммоль эквивалентов в литре) производят по формулам:

$$„ = \frac{Ax K \times 0,1 \times 1000}{V} - \frac{Ax K \times 100}{V}$$

где А — объем 0,1 М раствора соляной кислоты, израсходованной на титрование по фенолфталеину, мл;

К — поправочный коэффициент к 0,1 М раствору HCl;

V — объем пробы воды, взятый для анализа, мл.

$$\text{or } \frac{B \times K \times 0,1 \times 1000}{V} - \frac{B \times K \times 100}{V}$$

где В — объем 0,1 М раствора соляной кислоты, израсходованной на титрование по метиловому оранжевому, мл;

К — поправочный коэффициент к 0,1 М раствору HCl;

V — объем пробы воды, взятый для анализа, мл.

Общая и свободная щелочность находятся в зависимости от количественного соотношения гидрокарбонат-, карбонат- и гидроксид-ионов. По величине свободной и общей щелочности можно косвенно вычислить количество этих ионов.

Расчет основан на предположении, что щелочность вызывается в основном ионными формами диоксида углерода и в меньшей степени гидроксид-ионами. Рас-

чет дает приблизительные результаты. В зависимости от соотношения свободной (С) и общей (Об) щелочности возможны следующие случаи расчета.

Величина свободной щелочности равна концентрации карбонат-ионов (ммоль-экв/л). Умножая значение свободной щелочности на 30 (эквивалент карбонат-иона), получаем содержание карбонат-ионов (мг/л).

Величина общей щелочности равна величине концентрации гидрокарбонат-ионов (ммоль-экв/л). Умножая значение общей щелочности на 61 (эквивалент гидрокарбонат-иона), получаем содержание гидрокарбонат-ионов (мг/л).

Таблица 8.20.

Соотношения для вычисления карбонат- и гидрокарбонат-ионов

Отношение между свободной (С) и общей (Об) щелочностью	Гидрокарбонаты, ммоль экв/л	Карбонаты, ммоль экв/л
$C=0$	Об	О
$2C < Об$	$Об - 2C$	$2C$
$2C = Об$	0	$2C$
$2 \text{ О } \leq C$	0	$2(Об - C)$
$C = Об$	0	0

#### 8.2.4.4. Кислотность [37, 38]

Кислотностью называется содержание в воде веществ, вступающих в реакцию с гидроксид-ионами. Расход гидроксида выражает общую кислотность воды. В обычных природных водах кислотность в большинстве случаев зависит только от содержания свободного углекислого газа. Естественную часть кислотности создают также гуминовые и другие слабые органические кислоты. В этих случаях рН воды не бывает ниже 4,5.

В загрязненных водоемах может содержаться большое количество сильных кислот или солей за счет сброса промышленных сточных вод. В этих случаях рН может быть ниже 4,5. Часть общей кислотности, снижающей рН ниже 4,5, называется свободной.

Кислотность воды определяют титрованием раствором сильной щелочи. Количество титрованного раствора, израсходованного до получения рН 4,5, соответствует свободной кислотности; количество же, израсходованное до получения рН 8,3, — общей. Если рН > 8,3, то ее кислотность равна 0. Для определения кислотности воду титруют 0,1 М раствором NaOH. Ко-

нец титрования определяют визуально. Кислотность выражают в ммоль эквивалентов на 1 л. Определению мешает свободный хлор. Его устраняют добавлением тиосульфата натрия.

**Свободная кислотность.** Она определяется, если рН пробы < 4,5 (кислая реакция по метиловому оранжевому), т. е. проба содержит свободную кислоту. К 100 мл пробы добавляют 2 капли раствора метилового оранжевого и титруют на белом фоне 0,1 н раствором NaOH до появления желтой окраски индикатора.

**Общая кислотность.** Пробу объемом 100 мл титруют в присутствии 3 капель раствора фенолфталеина 0,1 М раствором едкого натра до появления розовой окраски индикатора, не исчезающей в течение 1 мин.

Расчет свободной (С) и общей (О) кислотности (ммоль-экв/л) проводят по формулам:

$$C = \frac{A \times K \times Ю \text{ О}}{V}, \quad O = \frac{B \times K \times 1000}{V},$$

где А — объем 0,1 М раствора NaOH, израсходованного на титрование по метиловому оранжевому, мл;

В — то же по фенолфталеину, мл;

V — объем пробы воды, взятый для определения, мл.

K — поправочный коэффициент к 0,1 М раствору NaOH, определяемый по формуле:

$$K = \frac{V_{HCl}}{20},$$

где  $V_{HCl}$  — объем 0,1 н раствора соляной кислоты (из фиксанала), израсходованной на титрование 20 мл 0,1 н раствора гидроксида натрия, мл.

#### 8.2.4.5. Свинец [37, 40]

Свинец является одним из основных загрязнителей окружающей среды. Он обладает способностью поражать центральную и периферическую нервную систему, костный мозг и кровь, сосуды, генетический аппарат, нарушает синтез белка, вызывает малокровие и параличи. Большая концентрация свинца тормозит биологическую очистку сточных вод. Основными источниками загрязнения свинцом являются выхлопные газы автотранспорта и сточные воды различных производств. Допустимая концентрация свинца в воде — 0,03 мг/л.

$$C = a/Y(\text{мг/л}),$$

где **a** — содержание свинца в соответствующей пробирке шкалы, мг;

**V** — объем взятой на анализ воды, л.

### Обнаружение ионов свинца

Качественное определение с *родизонатом натрия*. На лист фильтровальной бумаги нанести несколько капель исследуемого раствора и добавить 1 каплю свежеприготовленного 0,2% раствора родизоната натрия. В присутствии ионов свинца образуется синее пятно или кольцо. При добавлении 1 капли буферного раствора синий цвет превращается в красный. Реакция очень чувствительна: обнаруживаемый минимум 0,1 мкг.

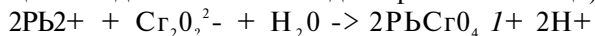
*Количественное определение с дихроматом калия*. Дихромат- и хромат-ионы образуют с ионами свинца малорастворимый хромат свинца желтого цвета. 0,5 — 1 л анализируемой воды упарить до объема 10 мл. К полученной пробе прилить 5 мл раствора азотной кислоты (1:2), нагреть на водяной бане в течение 15 мин., отфильтровать и в фарфоровой чашке выпарить. К сухому остатку прилить 2 мл 0,5% раствора ацетата натрия и 8 мл дистиллированной воды. Раствор перемешать и отфильтровать в пробирку. Подготовить стандартную шкалу (табл. 8.25).

Таблица 8.25.

Стандартная шкала растворов

№ пробирки	0	1	2	3	4	5
Стандартный раствор (мл)	0,00	0,05	0,10	0,30	0,50	0,80
0,5% раствор $\text{CH}_3\text{COONa}$	во все пробирки по 2 мл					
Дист. вода (мл)	8,00	7,95	7,90	7,70	7,50	7,20
Содержание свинца (мг)	0,00	0,005	0,010	0,030	0,050	0,080

Во все пробирки стандартной шкалы и в пробирку с пробой внести по 1 мл 50% раствора  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и перемешать. Добавить по 0,5 мл 10% раствора дихромата калия (при наличии в исследуемой пробе ионов свинца выпадает желтый осадок хромата свинца):



Пробирки встряхнуть и через 10 мин. приступить к определению. Содержимое пробирок рассматривать сверху на черном фоне, верхнюю часть пробирок до уровня жидкости прикрыть со стороны света картоном.

Концентрация свинца в анализируемой воде рассчитывается по формуле:

### Приготовление растворов

**Буферный раствор.** 1,9 г гидротартрата натрия  $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  и 1,5 г винной кислоты  $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$  растворить в 100 мл дистиллированной воды.

**Раствор дихромата калия.** 10 г  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  растворить в 100 мл дистиллированной воды.

**Стандартный раствор.** 0,032 г  $\text{Pb}(\text{NC})_3\text{H}$  растворить в 200 мл дистиллированной воды (1 мл раствора содержит 0,1 мг свинца).

Если для членов научного кружка доступны аналитические приборы, то они могут быть успешно применены для анализа катионов свинца в окружающей среде. Так, в вышеописанной методике вместо стандартной шкалы может быть применен фотоэлектроколориметр.

Хороших результатов при определении катионов свинца в окружающей среде можно добиться, применяя амперометрические методы анализа. Наиболее простым является метод амперометрического титрования ионов свинца раствором дихромата калия [41].

Для определения свинца этим методом можно использовать амперометрическую установку с платиновым вращающимся электродом. В ее состав входят: сосуд с исследуемым раствором, индикаторный и сравнительный электроды, микробюретка, микроамперметр, источник питания (батарея).

За счет разности потенциалов между электродами в системе возникает электрический ток, сила которого зависит от концентрации восстанавливающихся на катоде ионов свинца или дихромат-ионов (какой из этих ионов восстанавливается, зависит от pH раствора и приложенной разности потенциалов). Титрование проводят в ацетатном буфере (pH = 4,2). При добавлении в раствор титранта (раствора дихромата калия — *работать осторожно, не допуская разбрызгивания и разлива реактива!*) образуется малорастворимое соединение — хромат свинца, часть

„г,  
Си/

ионов свинца связывается, и сила тока в цепи изменяется.

Изменение силы тока регистрируется микроамперметром. Точка эквивалентности определяется по излому кривой титрования.

Расчет концентрации ионов свинца проводят по формуле:

$$V_{\text{св}} = \frac{C_{\text{св}} \cdot V_{\text{т}}}{V_{\text{р.р.}}},$$

где  $C_{\text{св}}$  — концентрация ионов свинца, моль/л;  
 $C_{\text{т}}$  — концентрация раствора дихромата калия, моль/л;

$V_{\text{т}}$  — объем дихромата калия, пошедшего на титрование, мл;

$V_{\text{р.р.}}$  — объем исследуемого раствора, мл.

Чувствительность метода (0,01 мг/л) вполне достаточна для надежной регистрации превышения ПДК.

#### 8.2.4.6. Обнаружение сероводорода, гидросульфидов и сульфидов [37]

Качественное определение в воде сероводорода и его солей можно проводить по наличию специфического запаха (пороговая концентрация восприятия запаха находится в пределах 0,1 — 0,3 мг/л) на месте отбора пробы, так как он быстро исчезает за счет окисления сероводорода.

Другой метод качественной оценки основан на реакции сероводорода и сульфидов с ионами свинца с образованием темного сульфида свинца. Определяют сероводород на месте отбора пробы.

**Приготовление свинцовой бумаги.** Бумагу готовят смачиванием фильтровальной бумаги 5% слабодокисленным уксусной кислотой раствором ацетата свинца. После сушки бумагу, разрезанную на узкие полоски, хранят в банке с притертой пробкой.

**Ход определения.** В бутыл, наполненную на 3/4 исследуемой водой, помещают полоску свинцовой бумаги, смоченную дистиллированной водой, зажимая ее между пробкой и горлышком. Потемнение бумаги указывает на присутствие свободного сероводорода. При отрицательной реакции воду подкисляют. Потемнение бумаги при подкислении указывает на наличие сульфидов.

#### 8.2.4.7. Обнаружение нефтепродуктов [37, 42]

Нефть — сложная смесь органических веществ.

Основные компоненты нефти:

- парафины (предельные углеводороды);
- циклопарафины (циклические предельные углеводороды);
- ароматические углеводороды;
- соединения серы, азота, металлоорганические комплексы;
- естественные радиоактивные элементы (уран, торий).

Нефтяные загрязнения (табл. 8.21) чаще возникают из-за экологически неграмотной деятельности человека.

Таблица 8.21.

Поступление нефти в океаны (млн. т/год) [40]

Источники	Среднее поступление
Естественный выход	0,6
Прибрежная добыча	0,08
Транспортировка	2,13
Береговые очистительные предприятия	0,2
Атмосфера	0,6
Муниципальные сбросы	0,3
Индустриальные сбросы	0,3
Смыв с городских территорий	» 0,3
Вывос реками	1,6
Итого	6,11

После разгрузки нефтеналивные суда заполняют морской водой, которая образует с нефтепродуктами устойчивую эмульсию. Эту эмульсию затем сливают в море недалеко от порта. Попавшая в море или океан нефть быстро растекается в виде тонкой пленки, препятствующей поступлению в воду свободного кислорода.

Часть нефти, оказавшаяся в водоеме, дает с водой эмульсию, губительно действующую на живые организмы. При концентрациях, больших 0,05 мг/л, уменьшается количество фитопланктона, погибает молодь. Вредное воздействие особенно губительно для обитателей прибрежной зоны и мелководья.

Наибольшую опасность для живых организмов представляют ароматические углеводороды, содержащиеся в нефти, их присутствие в количествах  $10^{-6}$  —

10<sup>-5</sup> % вызывает быстрые и нередко существенные изменения в биологической среде водоема, за счет чего происходит нарушение тонко сбалансированных процессов в цепях питания.

Морские хищники, например, охотятся на мелких животных и рыб, реагируя на выделяемые ими органические вещества, концентрация которых в морской воде составляет 10<sup>-8</sup> — 10<sup>-7</sup> %.

Ароматические компоненты нефти подавляют работу соответствующих рецепторов морских хищников, нарушают важные для отлаженной работы экосистем процессы.

При авариях на нефтеналивных судах и при значительных выбросах нефти может происходить практически полное вымирание морских рыб, птиц и других животных.

#### Простейшие способы обнаружения примесей нефти.

Признаки наличия нефтепродуктов в воде:

- радужная пленка на поверхности воды;
- масляное пятно на фильтровальной бумаге после высыхания нанесенной пробы воды;
- обесцвечивание подкисленного раствора перманганата калия.

Обнаружение загрязнения водоемов пленочной нефтью проводят визуально-описательно как показатель «плавающие примеси» по приведенной ниже шкале (табл. 8.22).

Таблица 8.22.

#### Оценка загрязнения водоемов пленочной нефтью [42]

Внешний вид водоема	Балл
Отсутствие пленок и пятен	
Отдельные пятна и серые пленки на поверхности воды	
Пятна и радужные пленки на поверхности воды. Отдельные промазки нефти по берегам и прибрежной растительности. Купаться неприятно из-за нефти	
Нефть в виде пятен и пленок покрывает большую часть поверхности водоема. Берега и прибрежная растительность вымазаны нефтью. Купаться невозможно из-за присутствия нефти	
Поверхность реки покрыта нефтью, видимой и во время волнения. Берега и прибрежные сооружения вымазаны нефтью. Купаться невозможно	

#### 8.2.4.7. Обнаружение фенолов [37].

Фенол, оксibenзол, карболовая кислота C6H5OH — бесцветные, розовеющие при хранении кристаллы с характерным запахом. Обладает слабокислыми свойствами, в воде растворяется плохо, образуя азеотропную смесь.

Применяют для производства фенолформальдегидных смол (бакелитов), капролактама, пикриновой кислоты, всевозможных красителей, пестицидов, лекарств, как антисептик для дезинфекции. На основе фенола синтезируются алкилфенолы, которые служат присадками к высококачественным маслам и сырьем для производства поверхностно-активных веществ.

Фенол и его производные — сильные яды. Механизм отравления таков: блокируются сульфгидрильные группировки жизненно важных ферментов, а в итоге нарушаются окислительно-восстановительные реакции в клетках организма.

Пары фенола в воздухе становятся опасными при концентрации > 0,001 мг/л. Почти 90% паров задерживается в легких. При сублетальном хроническом отравлении раздражаются дыхательные пути, появляются тошнота, мышечная слабость и потливость.

ПДК фенола варьирует от 0,1 мг/л в нехлорированной воде до 0,001 мг/л в хлорированной. Такая разница не случайна. Основным методом обеззараживания воды в нашей стране — это хлорирование. При этом фенол, если он присутствует в воде, превращается в пентахлорфенол (в 250 раз более токсичный, чем фенол) и 2,4,6-трихлорфенол (канцероген). А дальнейшее превращение этих веществ ведет к диоксинам.

Все промышленные стоки, которые могут содержать фенол, подлежат обязательной очистке. К сожалению, фенол часто, минуя очистку, попадает в реки и озера. А кроме того, фенол может образовываться в водоемах при гниении остатков древесины. Особенно опасны затопленные вырубki лесов, заторы бревен на лесосплавах. В воде фенол интенсивно поглощает кислород, возникают заморы, вода становится неприятной на вкус, а рыба, накапливая фенол в тканях, превращается в несъедобную.

Лабораторные методы определения фенолов трудоемки, длительны и требуют специальных приборов

и реактивов. Самое простое определение — качественное (по появлению запаха хлорфенолов).

**Качественное определение.** В коническую колбу емкостью 200 мл вносят 100 мл исследуемой воды и затем добавляют раствор хлорной извести (**Осторожно!**) или хлорную воду в небольшом объеме. Через 10 мин определяют (сначала на холоде, потом при нагревании), появился ли характерный для хлорфенолов «аптечный» запах.

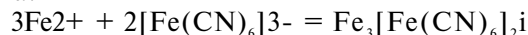
#### 8.2.4.9. Качественное обнаружение катионов тяжелых металлов в воде [8]

Находящиеся в питьевой воде и в поверхностных водах примеси тяжелых металлов, как правило, имеют очень малые концентрации ( $10^{-6}$  —  $10^{-8}$  моль/л). Для того чтобы определить присутствие этих загрязнителей с помощью качественных реакций, следует предварительно провести концентрирование примесей (например, вымораживанием или каким-либо другим способом). При выполнении качественных реакций необходимо строго придерживаться условий, при которых данная реакция протекает и дает заметный аналитический эффект. Для сравнения следует взять эталонный раствор, содержащий ПДК определяемого иона, или приготовить серию стандартных растворов с известными концентрациями.

**Железо.** Предельно допустимая концентрация общего железа в воде водоемов и питьевой воде 0,3 мг/л, лимитирующий показатель вредности органолептический.

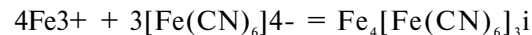
**Общее железо.** В пробирку помещают 10 мл исследуемой воды, прибавляют 1 каплю концентрированной азотной кислоты, несколько капель раствора пероксида водорода и примерно 0,5 мл раствора роданида калия. При содержании железа 0,1 мг/л появляется розовое окрашивание, а при более высоком — красное.

**Железо (II).** Гексацианоферрат (III) калия  $K_3[Fe(CN)_6]$  в кислой среде (pH - 3) образует с катионом  $Fe^{2+}$  осадок турнбулевой сини темно-синего цвета:



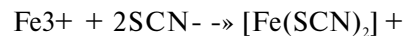
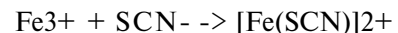
К 1 мл исследуемой воды добавить 2 — 3 капли раствора серной кислоты и 2 — 3 капли раствора реактива.

**Железо (III).** 1. Гексацианоферрат (II) калия  $K_4[Fe(CN)_6]$  в слабокислой среде с катионом  $Fe^{3+}$  образует темно-синий осадок берлинской лазури:



К 1 мл исследуемой воды прибавить 1 — 2 капли раствора соляной кислоты и 2 капли раствора реактива.

2. Роданид аммония  $NH_4SCN$  или калия  $KSCN$  образуют в кислой среде с  $Fe^{3+}$  роданиды железа, окрашенные в кроваво-красный цвет. В зависимости от концентрации роданид-иона могут образовываться комплексы различного состава:



К 1 мл исследуемой воды прибавить 2 — 3 капли раствора соляной кислоты и 2 — 3 капли раствора реактива.

#### Колориметрический экспресс-метод

1. Железо (III). К 5 мл исследуемой воды прибавить 3 капли роданида аммония (или калия), перемешать и сравнить окраску пробы со шкалой (табл. 8.23).

2. **Общее железо.** К 5 мл исследуемой воды прибавить 1 каплю бромного раствора и 3 капли раствора соляной кислоты. Через 5 мин. прибавить 3 капли раствора роданида аммония (калия), перемешать и сравнить со шкалой (табл. 8.23).

3. Железо (II). Определяют расчетным путем — по разности между содержанием общего железа и железа (III).

Таблица 8.23.

Шкала для определения железа

Fe, мг/л	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
Р-р № 1, мл	1,0	1,7	3,2	4,7	6,2	7,8	9,2	10,4	11,6
Р-р № 2, мл	0,7	1,7	3,4	5,1	7,0	9,0	11,1	13,7	16,3

Вода

до 50 мл

**Приготовление растворов**

*Роданид аммония.* 3,8 г  $\text{NH}_4\text{SCN}$  растворить в 100 мл дистиллированной воды.

*Гексацианоферрат (III) калия.* 5,5 г  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_1\text{H}_4)_6]$  растворить в 100 мл дистиллированной воды.

*Гексацианоферрат (II) калия.* 5,25 г  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  растворить в 100 мл дистиллированной воды.

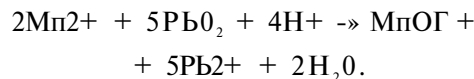
*Бромный раствор.* К 2,5 г  $\text{KBrO}_3$  прибавить 5 г  $\text{KBr}$  и растворить в 100 мл дистиллированной воды.

*Раствор № 1.* К 2 мл 10% раствора хлорида платины прибавить 10 мл концентрированной соляной кислоты и довести до 100 мл дистиллированной водой.

*Раствор № 2.* 2,5 г  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  растворить в 50 мл дистиллированной воды, прибавить 10 мл концентрированной соляной кислоты и довести объем до 100 мл.

**Марганец.** ПДК марганца в воде водоемов 0,1 мг/л, лимитирующий показатель вредности органолептический.

**Качественное обнаружение.** В колбу помещают 25 мл исследуемой воды, подкисляют несколькими каплями 25% азотной кислоты, прибавляют по каплям 2% раствор нитрата серебра до тех пор, пока продолжается помутнение. Затем вводят 0,5 г персульфата аммония или несколько кристалликов диоксида свинца, нагревают до кипения. В присутствии марганца при концентрации 0,1 мг/л и выше появляется бледно-розовая окраска:



**Медь.** ПДК меди в воде 0,1 мг/л, лимитирующий показатель вредности органолептический.

**Качественное обнаружение.**

*Первый способ.* В фарфоровую чашку поместить 3 — 5 мл исследуемой воды, осторожно выпарить досуха и на периферийную часть пятна нанести каплю концентрированного раствора аммиака. Появление интенсивно-синей или фиолетовой окраски свидетельствует о присутствии  $\text{Cu}^{2+}$ :



*Второй способ.* 5 — 10 мл исследуемой воды встряхнуть в цилиндре с небольшим количеством (10 — 20 мг) адсорбента — фторида кальция или талька. Ионы меди (II), находящиеся в воде, адсорбируются на его поверхности. Осадок отделить, осторожно слив воду, поместить на часовое стекло или в углубление на фарфоровой пластинке. Рядом для сравнения нанести каплю дистиллированной воды («холостой опыт»). К испытуемому осадку и воде одновременно прибавить по капле раствора хлорида железа (III) и по капле 0,2 М раствора тиосульфата натрия, перемешать стеклянной палочкой и сравнить скорость обесцвечивания обеих проб.

В «холостом опыте» наблюдается медленное обесцвечивание интенсивно окрашенного в фиолетовый цвет комплексного аниона  $[\text{Fe}(\text{S}_2\text{C}_2\text{O}_3)_2]^{4-}$ ; в присутствии же ионов меди, играющих роль катализатора, фиолетовый раствор обесцвечивается моментально.

**Количественное определение.** К 7,5 мл сконцентрированной пробы прибавить 2,5 мл концентрированного раствора аммиака, перемешать, визуально сравнить окраску со шкалой стандартных растворов (табл. 8.24) или определить содержание ионов меди на фотоэлектроколориметре. Чувствительность метода невысока, поэтому исследуемая вода должна быть сконцентрирована не менее чем в 20 — 30 раз.

Таблица 8.24.

Шкала для определения ионов меди

ОЛ	мг/л	5	10	30	50	70	90	100
Стандартный раствор, мл	0,1	0,2	0,6	1,0	1,4	1,8	2,0	
Р-р аммиака					по 2,5 мл			
Вода					до 10 мл			

**Приготовление растворов**

*0,2 М раствор тиосульфата натрия.* 0,5 г  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  растворить в 100 мл дистиллированной воды.

*Раствор хлорида железа (III).* 4,5 г соли растворить в 100 мл дистиллированной воды.

*Стандартный раствор.* 1,95 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  растворить в 1 л дистиллированной воды (в 1 мл раствора содержится 0,5 мг меди).

**Ртуть.** ПДК ртути в воде водоемов 0,0005 мг/л, лимитирующий показатель вредности санитарно-токсикологический.

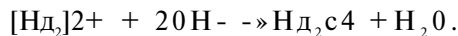
Количественные методы определения ртути в воде трудоемки, поэтому в школьных условиях можно ограничиться качественными методами анализа. В связи с тем, что ПДК ртути очень низка, особое внимание должно быть уделено концентрированию анализируемой пробы.

**Ртуть (I) и ртуть (II).** На стеклянную пластинку поместить по капле испытуемой пробы, азотной кислоты и раствора дифенилкарбазида. В присутствии ионов ртути (I и II) появляется интенсивно-синее окрашивание раствора.

**Ртуть (I).** Хромат калия дает с катионами одновалентной ртути красный осадок хромата ртути:

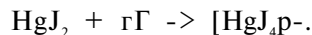
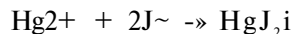


а гидроксиды — черный осадок оксида ртути (I):



В две пробирки поместить по 1 мл исследуемой воды; в первую пробирку добавить 1 — 2 капли раствора хромата калия, а в другую — 1–2 капли раствора щелочи. Появление красного и черного осадков свидетельствует о наличии в пробе ионов ртути (I).

**Ртуть (II).** В пробирку поместить 4 — 5 капель испытуемой воды и осторожно опустить палочку, смоченную раствором иодида калия. Вокруг палочки образуется ярко-красное кольцо иодида ртути, которое быстро исчезает:



### Приготовление растворов

**Раствор иодида калия.** 0,83 г KI растворяют в 10 мл дистиллированной воды.

**Раствор дифенилкарбазида.** 0,1 г реактива растворяют в 10 мл 96% этилового спирта.

**Раствор хромата калия.** 0,48 г K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> растворяют в 10 мл дистиллированной воды.

### 8.2.4.10. Остаточный хлор в водопроводной воде [37]

Для обеспечения надежности обеззараживания воды необходимо, чтобы после завершения процесса хлорирования в ней содержалось 0,3 — 0,5 мг/л свободного остаточного хлора.

В коническую колбу емкостью 500 мл наливают 250 мл водопроводной воды (перед отбором пробы воды следует пропускать ее из крана длительное время), 10 мл буферного раствора с pH 4,6 и 5 мл 10% раствора иодида калия. Затем титруют выделившийся иод 0,005 н раствором тиосульфата натрия до бледно-желтой окраски, приливают 1 мл 1% раствора крахмала и титруют раствор до исчезновения синей окраски.

Содержание остаточного хлора в воде (X) вычисляют по формуле:

$$X = \frac{V_i \cdot K \cdot 0,177 \cdot 1000}{V} \quad (\text{мг/л}),$$

где  $V_i$  — объем 0,005 н раствора тиосульфата натрия, израсходованный на титрование, мл;

$K$  — поправка к концентрации тиосульфата;

**0,177** — масса активного хлора, соответствующая 1 мл 0,005 н раствора тиосульфата натрия, мг;

$V$  — объем воды, взятой для анализа, мл.

**Приготовление буферного раствора.** Для приготовления буферного ацетатного раствора с pH 4,6 смешивают 102 мл 1 М раствора уксусной кислоты (60 г 100% кислоты в 1 л воды) и 98 мл 1 М раствора ацетата натрия (136,1 г кристаллической соли в 1 л воды) и доводят объем до 1 л прокипяченной дистиллированной водой.



## Глава 9

## ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЭКОМОНИТОРИНГА

## 1 9.1. Мониторинг шумового загрязнения

Одним из важнейших физических видов загрязнения окружающей природной среды является акустический шум. Шум представляет собой беспорядочное сочетание звуков — механических колебаний в области частот от 16 до 20000 Гц, воспринимаемых ухом человека. Его источниками являются всевозможные движущиеся объекты, а его действию подвергаются люди в условиях производства, на улице и в быту.

Исследованиями установлено, что по степени вредности воздействия шуму принадлежит второе место после химического загрязнения окружающей среды. Шум оказывает влияние на слух, на центральную нервную и сердечно-сосудистые системы, а с ними и на весь организм человека. Люди, подверженные действию шума, быстро утомляются, у них часто одышка, боли в сердце, сердцебиение, неустойчивость кровяного давления, психические расстройства, изменения желудочно-кишечного тракта и другие заболевания. Совокупность этих симптомов, появляющихся у человека под воздействием шума рассматривают как «шумовую болезнь».

Особенно вредное влияние на организм оказывают импульсные и инфразвуковые источники звука, где среди других присутствуют колебания с частотой ниже 16 Гц и с динамическим диапазоном до 75 — 85 дБ, ухудшающие условия труда и отдыха населения. Так, ин-

тенсивные инфразвуки с частотой порядка 7 Гц, совпадающей с так называемым «альфа-ритмом мозга», влекут серьезные функциональные нарушения здоровья человека. Эти шумы присущи производству (клепка, штамповка, ткачество, работа двигателей и др.), транспорту (движение самолетов, автомобилей, катеров, поездов и др.) и бытовым условиям проживания людей (работа пылесосов, стиральных машин и, особенно музыкальной аппаратуры с современными сверх низкочастотными трактами и акустическими системами высокой мощности).

Основным источником шума, оказывающим влияние на большинство из нас, являются транспортные потоки. Динамический диапазон их акустического шума составляет 75 — 85 дБ (болевые пороги слуха — 95 дБ для частоты 100 Гц и 120 дБ для 1000 Гц). Вблизи автомагистралей шум в течение 15 — 18 часов на уровне 50 — 70 дБ воздействуют на организм человека, ухудшая условия его труда и отдыха.

По данным Госкомсанэпиднадзора России, в 1996 г. на производстве воздействию сверх допустимых уровней подвергались 37,4% работающих на 58% предприятий, на транспорте — соответственно 50,8 и 61,6% (самые высокие показатели). Для объектов коммунального хозяйства, пищевой промышленности, общественного питания и торговли эти цифры несколько меньше. В городах обстановка по фактору шума более неблагоприятна, чем в сельской местности. Согласно результатам наблюдений, доля городов и сельских населенных пунктов с превышением допустимого уровня шума в жилых и общественных зданиях составляет, соответственно, 23,1 и 7,3%. Неблагоприятную акустическую обстановку, особенно в крупных городах, в районах жилой застройки создают объекты железнодорожного транспорта и аэропорты. Следует отметить, что реальная картина акустического загрязнения окружающей среды пока не ясна. Центры Госкомсанэпиднадзора России не располагают средствами измерений в достаточном количестве, а по причине дефицита финансирования не в состоянии приобрести новые [42].

Уровень шумового загрязнения можно измерять с помощью специальных приборов — шумомеров. Од-

нако в задачах школьного мониторинга этот метод измерения мало применим из-за дефицитности и дороговизны шумомеров. Поэтому ниже описывается простая методика измерения шума с использованием устройств, которые имеются практически в любом кабинете физики — это кассетный магнитофон и авометр. Проведение такого гигиенического мониторинга акустического шума, производимого автотранспортом и предприятиями в микрорайоне своей школы осуществляется учениками под руководством учителя физики. Методика исследований состоит из двух этапов — записи акустического шума на магнитофон и его анализа в лабораторных условиях любым из предложенных ниже методов.

### **Проведение мониторинга шума**

*1. Проведение предварительного обследования территории.*

На территории микрорайона школы выбирается ряд контрольных точек (одна или несколько), где будут проводиться наблюдения (наиболее шумные места, важные для жизни людей или просто более удобные для периодических исследований шума). Этим точкам присваивают номера и их наносят на план-карту микрорайона школы.

*2. Определение конкретного времени проведения периодических наблюдений.* Поскольку уличные шумы крайне неравномерны в разные периоды времени, то выбранное время должно быть всегда одним и тем же, что дает возможность сравнения шумового уровня территорий, а также проследить динамику шума на одной и той же территории. Кроме того, время измерения должно быть удобным для учащихся.

Периодичность исследований шума устанавливается в зависимости от задач исследовательской группы — раз в неделю, раз в месяц, в сезон, в год. В журнал результатов наблюдений мониторинга заносится для каждого объекта: час, день недели, месяц и год измерения шума.

*3. Первый этап исследований шумового загрязнения в каждой точке наблюдения* заключается в записи акустического шума на переносный магнитофон без автоматической регулировки уровня записи (APУЗ), или

с отключенной APУЗ. Уровни записи и тембра устанавливаются в постоянное положение и в дальнейшем, при проведении мониторинга, они всегда остаются одинаковыми. Их положение заносится в журнал, куда записывается и марка микрофона (при использовании внешнего микрофона).

Время записи шумов на улице составляет обычно 10—15 минут. В микрофон по окончании записи шумов сообщается номер объекта, час, день недели, месяц, год и фамилии учеников, проводивших исследование. Запись служит документом мониторинга шумового загрязнения.

Настройка каждого из таких приборов для записи шума делается при проведении предварительных исследований и заключается в выборе положений всех регуляторов магнитофона, с записью в лабораторном журнале.

*4. Второй этап исследований шумового загрязнения* — это наиболее ответственная часть мониторинга. Анализ и оценка записанных на пленку шумов (шумометрия) проводится в кабинете физики на базе стандартного оборудования школьного физического кабинета. Здесь могут быть использованы несколько подходов для измерения интенсивности записанного шума.

### **Акустический метод сравнения**

Акустический метод сравнения (фонометрия шума) является субъективным методом определения громкости шума путем сравнения его с чистым тоном.

Для этого метода необходим школьный звуковой генератор, к выходу которого подключен громкоговоритель (всегда один и тот же). Параллельно громкоговорителю включается вольтметр, например школьный авометр для контроля напряжения звуковой частоты. Частота выбирается всегда одна и та же (например 1000 Гц). Громкоговоритель и магнитофон располагаются рядом, чтобы оба звука воспринимались одновременно.

### **Ход работы**

Магнитофон включается на воспроизведение записанного на улице шума. Ручки регуляторов громкости и тембра устанавливаются в строго определенном положении (всегда одинаковом), например: уровень

громкости — 2 деления, регуляторы тембра выведены на максимум.

На школьном звуковом генераторе с помощью регулятора уровня звука устанавливается интенсивность звука так, чтобы оба звука (из магнитофона и громкоговорителя) были одинаковой громкости. Тогда уровни шума и сигнала сравнения будут считаться равными. Показания вольтметра, контролирующего напряжение звуковой частоты, записываются в лабораторный журнал. Измерения проводят не менее 10 — 20 раз и рассчитывается среднее значение. Это среднее напряжение и характеризует уровень шума в точке, где проводилась запись.

Отметим, что акустический метод сравнения можно реализовывать и посредством наушников, у которых один из телефонов подключен к звуковому генератору, а другой к магнитофону.

#### **Акустометрический метод**

Акустометрический метод является объективным способом определения громкости шума по уровню электрического сигнала.

Магнитофон включают на воспроизведение шума (ручки всех регуляторов в стандартном, строго определенном положении), к его выходу через согласующее устройство подключается вольтметр (школьный авометр, или гальванометр, включаемый через добавочное сопротивление). Согласующее устройство предназначено для некоторого сглаживания шума. Оно представляет собой обычный выпрямитель напряжения шума (диод из школьного набора полупроводников) со сглаживающим фильтром, состоящим из резистора и конденсатора (можно использовать конденсатор — магазин емкостей на 64 мкФ из школьного набора). Параметры фильтра (номиналы емкости конденсатора и значения сопротивления резистора) подбираются экспериментально. Эти значения остаются всегда одними и теми же и вносятся в лабораторный журнал.

**Ход работы.** Включается магнитофон в режиме воспроизведения шума, производится отсчет среднего положения колеблющейся стрелки (в единицах напряжения) и записывается в журнал. Измерения проводят 10 — 20 раз, после чего рассчитывается среднее

значение напряжения, которое и характеризует уровень шума в точке, где проводилась запись шума.

#### **Компьютерный метод**

Появление в школах компьютеров позволяет проводить наиболее точную оценку уровня громкости шума по характеристикам его электрического сигнала. В этом методе магнитофон включают на воспроизведение записанного на улице шума (ручки всех регуляторов в стандартном, строго определенном положении). К его выходу подключается вход звуковой карты компьютера. Шумовой сигнал поступает в компьютер и обрабатывается с помощью стандартных программ. Это позволяет получить значения средней мощности и спектра шума. Все характеристики шумов записываются и хранятся в файловом виде. Проведение оценок изменений в мониторинге акустического шума производится непосредственно компьютером, путем сопоставления файлов, полученных в разное время.

В заключение отметим, что те, кто любит мастерить, могут самостоятельно изготовить портативный шумомер для оценки уровней шума непосредственно в точках мониторинга. Не останавливаясь на бесчисленных возможностях конкретных конструкций прибора, поясним его структурную схему. Такой шумомер состоит из микрофона (например пьезоэлектрического капсюля), усилителя шумовых сигналов (на базе операционного усилителя), выпрямителя переменного напряжения (диода), активного фильтра (на базе операционного усилителя), стрелочного индикатора (микроамперметра) и источника питания (батарейки).

Ниже приводится описание испытанного на практике и хорошо зарекомендовавшего себя способа измерения шума акустометрическим методом.

#### **Рекомендуемый метод шумометрии**

##### **Ход работы**

**Цель:** исследование шумового загрязнения школы, микрорайона.

**Оборудование:** кассетный магнитофон (например, «Романтик-306»), многопредельный авометр (например, Ц-4317), таймер (в качестве таймера можно использовать любое фотореле, используемое в фотолaborатории

или простейший самодельный релаксационный генератор, например на основе динистора).

### Порядок выполнения работы:

#### 1 этап. Запись акустического шума на магнитофон

1. На территории своего микрорайона выбираются контрольные посты (точки наблюдений). Эти точки нумеруют и их местоположение наносят на план микрорайона школы.
2. Заранее устанавливаются конкретное время исследований шума (час, день недели, месяц) и периодичность измерений (раз в неделю, раз в месяц, в сезон, раз в год). Время наблюдений должно быть всегда одним и тем же, оно заносится в журнал мониторинга для каждого контрольного поста — час, день недели, месяц и год.
3. С помощью переносного магнитофона вначале записывается **наиболее шумный объект** (например, шумная улица). При записи ручку «Уровень записи» необходимо установить так, чтобы стрелка индикатора уровня не заходила за критическую отметку (на красное деление).
4. **Положение регулятора уровня записи заносится в журнал и в последующих записях сохраняется.** Запись шума производится в течение 10—15 мин.

#### 2 этап. Анализ шума в лабораторных условиях

Анализ записанных на пленку шумов (шумометрия) проводится акустометрическим методом стандартным школьным оборудованием кабинета физики.

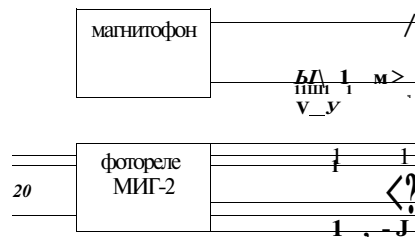


Рис. 9.1. Блок-схемы установки для анализа шума

Уровни силы тока выходного сигнала магнитофона, включенного на режим воспроизведения шума (ручки регуляторов громкости и тембра устанавливают в

положении максимума), измеряют школьным авометром, включенным последовательно с динамиком. Авометр включается в режиме измерения переменного тока. Для удобства работы (приглушения шума) магнитофон можно установить в коробку и закрыть тканью. Сила тока измеряется через равные промежутки времени 5—10 секунд в течение всей записи. Пределы измерения силы тока на авометре выбираются в зависимости от интенсивности звука, записанного на магнитофон.

В качестве таймера можно использовать фотореле (например, МИГ—2). К выходу фотореле вместо фотоувеличителя подключается настольная лампа. При ее включении фиксируется отклонение стрелки прибора.

Анализ шума проводят два человека. Один фиксирует отклонения стрелки прибора и сообщает другому, который заносит значения силы тока (делений шкалы) в рабочую тетрадь. Для удобства лучше заносить вначале количество делений шкалы измерительного прибора, а затем с учетом цены деления шкалы прибора перевести в значения силы тока. Каждый объект анализируется по три раза.

Результаты измерений оформляют в виде таблицы (табл. 9.1).

### Пример оформления результатов измерений

Опыт №1. Шумная улица. Измерение №1.

Прибор: авометр Ц—4317

Предел 1А.

Таблица 9.1.

Время t, с	5	10	15			600
число делений шкалы						
сила тока I, А	0,58	0,72	0,74			0,72
МОЩНОСТЬ P <sub>ср</sub> , Вт	1,8	2,1	2,2			2,1

Зная значения силы тока и сопротивление динамика, рассчитываются мощности для выбранных интервалов времени.

Результаты измерений обсчитывают по формуле

$$P = PR,$$

где P — мощность на выбранных интервалах времени, Вт,

$R$  — сопротивление динамика, Ом,  
 $I$  — сила тока, А.

### 3 этап. Обработка результатов измерений

По полученным значениям мощностей строится график зависимости мощности шума  $P(Br)$  от времени  $t(c)$ . Вертикальная ось мощности шума  $P$  разбивается на несколько (10 — 20) секторов, которые нумеруются. (рис. 9.2).

Для каждого сектора зоны подсчитывается количество точек, соответствующих определенному интервалу мощностей шума,  $p_i$ .

По полученным результатам строится график — гистограмма. По горизонтальной оси откладываются номера этих секторов или мощности шума. Каждому сектору соответствует определенное значение мощности. По вертикальной оси откладываются отношение числа точек в зоне  $p_i$  к общему количеству точек  $N$  ( $p_i/N$ ) или это отношение выраженное в процентах ( $p_i/N$ ) • 100% (рис. 9.3).

Используя гистограмму, рассчитывают средневзвешенное значение мощности шума по формуле:

$$P_{cp} = S_{p_i} \times (n^N),$$

где  $P_{cp}$  — средневзвешенное значение мощности,  
 $N$  — общее количество точек,  
 $P_i$  — мощность, соответствующая сектору  $i$ ,  
 $n_i$  — число точек в секторе  $i$ .

### 4 этап. Оценка и анализ результатов измерений

Отметим, что по данной методике можно количественно оценивать значения интенсивности звука в пределах от 40 (читальный зал) до 80 (шумная улица) дБ. При этом исключаются звуки наименьшей и наибольшей интенсивностей, так как магнитофон не может охватить по интенсивности весь звуковой диапазон.

По полученным трем значениям средневзвешенных мощностей определяется среднее значение мощности и оцениваются результаты измерений — вычисляются абсолютная и относительная погрешности рассеяния.

При выборе количества секторов мощностей около 20 данная методика позволяет определять средне-

### Шумная улица, 1-е измерение

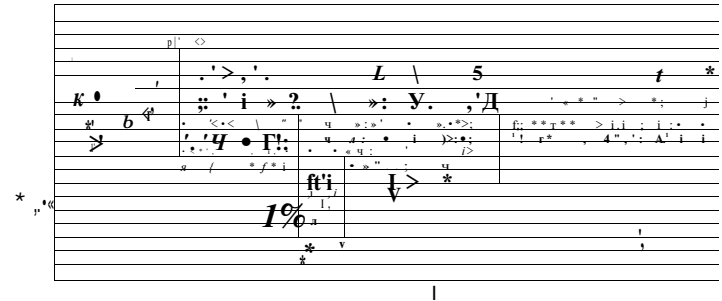


Рис. 9.2. Распределение экспериментальных точек по секторам

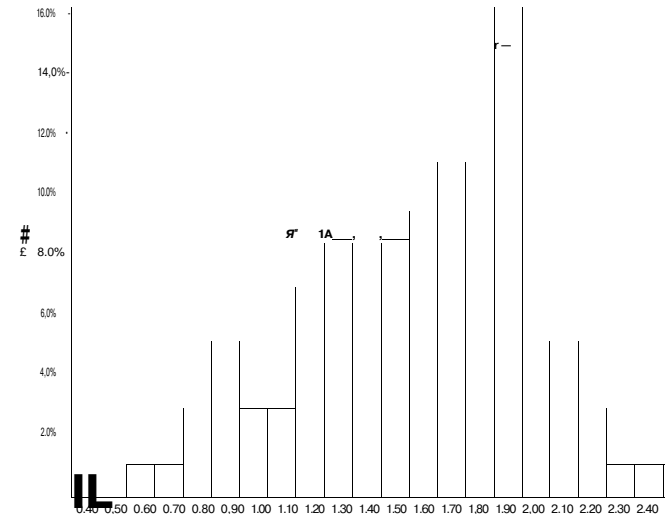


Рис. 9.3. Гистограмма спектра мощности шума исследуемого объекта

взвешенные значения мощностей с относительной погрешностью рассеяния порядка 2 — 5%.

Из гистограммы видно, что среднее значение мощности шума, которое присуще данному объекту, соответствует максимальным значениям отношений  $n/N$  (самые высокие столбцы на гистограмме — ее огиба-

»  
 СП

ющей). Гистограммы наглядно показывают, звуки какой мощности наиболее характерны для данного объекта. Для каждого объекта они имеют свой вид, например, для читального зала самые высокие столбцы гистограммы смещены в область малых мощностей, а для шумной улицы, наоборот — в область больших мощностей.

Поскольку динамический диапазон интенсивности звука достаточно широк, целесообразно введение логарифмической шкалы. По этой шкале звук измеряется в уровнях интенсивности (уровнях громкости) в децибелах. Поэтому при оценке результатов измерений, полученных данным методом, может возникнуть необходимость сравнения этих результатов с другими данными, где результаты представлены в децибелах. В этом случае возникает необходимость иметь результаты измерений средневзвешенной мощности в децибелах.

Для грубой оценки можно предложить следующий метод — графический. Экспериментально определяются значения средневзвешенных мощностей для 3-х объектов, например шумная улица, шумное помещение, читальный зал. Известны для этих объектов уровни шума в децибелах (эти данные можно взять из справочника по физике). Так, например, уровень шума для шумной улицы 80 дБ, шумного помещения — 70 дБ, читального зала — 40 дБ. Из экспериментальных данных рассчитываются логарифмы средневзвешенных мощностей: шумная улица,  $\lg P_{\text{ср}} = 0,43$ , шумное помещение,  $\lg P_{\text{ср}} = -0,44$ , читальный зал,  $\lg P_{\text{ср}} = -3,8$ . По этим данным строится график — по вертикальной оси откладывается логарифм средневзвешенной мощности, по горизонтальной — уровень шума в децибелах.

Используя график, можно перевести значения средневзвешенных мощностей, полученных при шумомерении с помощью магнитофона, в уровни шума в децибелах для интервалов от 40 до 80 дБ (рис. 9.4).

Отметим, что для более точного перевода средневзвешенных мощностей в уровни шума в дБ необходимо использовать шумомер, которым располагают службы санэпиднадзора, используя вышеизложенный метод.

lgP

0.43  
-0.44

-3.8

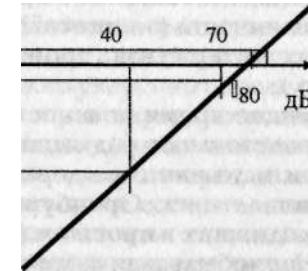


Рис. 9.4. График для перевода средневзвешенной мощности в децибелы

### 5 этап. Отчетность

Для каждого поста наблюдений подсчитывают средневзвешенное значение мощности шума, которые заносят в графы экопаспорта (табл. 9.2).

Таблица 9.2.

Мощность шума на территории микрорайона школы

№ поста	Пост наблюдения (местонахождение)	Время наблюдения (час, день недели, месяц и год)	Мощность $P_{\text{ср}}$ , Вт	Относит, погрешность $\Delta P_{\text{ср}}/P_{\text{ср}}$ , %

## 1 9.2. Методика радиоэкологического мониторинга

### Зачем нужен радиологический мониторинг

Уровни ионизирующего излучения в окружающей среде, действующего на все живые организмы, в том числе и на человека, не одинаковы на разных территориях и не постоянны во времени. В такой громадной стране, как Россия, всегда можно найти места многократно различающиеся по радиационному фону. Причинами возникновения в данной местности более высокого уровня радиоактивного излучения могут быть как естественные источники — космическое из-

лучение, радиоактивные элементы, содержащиеся в горных породах, продукты их распада, рассеянные в окружающей среде, так и искусственные — радиационное воздействие, связанное с деятельностью атомной промышленности (энергетикой, переработкой радиоактивных материалов, производством ядерного оружия и др.).

В настоящее время опасность для всего живого на Земле представляют радиационные «следы» — от взрывов при испытаниях ядерного оружия (Новая Земля, Семипалатинск, Оренбург) и атомных катастроф, происходивших в прошлом (Кыштымская, Кара-чаевская и Чернобыльская аварии). С территорий, где произошло загрязнение, ветрами поднимается радиоактивная пыль, которая переносится на расстояние многих сотен и тысяч километров. Следы Чернобыля обнаруживаются даже в Антарктиде. Этот процесс переноса радиоактивных веществ по Земле происходит в наши дни, будет продолжаться и в обозримом будущем.

Во всех крупных городах санитарно-эпидемические службы (СЭС) проводят радиологический мониторинг — постоянный контроль радиоактивности окружающей среды — воздуха, воды, почв сельскохозяйственных угодий, а также продуктов питания населения. Однако не все радиационные «следы» могут быть отслежены СЭС — большинство поселков, сел и малых городов, а тем более лесных угодий, садовых участков и огородов не обследуются. Кроме того, перенос ветром загрязнений с места выпадений радионуклидов чаще всего имеет кратковременный характер, а выпадения радиоактивной пыли могут происходить и на небольших территориях. Такие события и территории сотрудники СЭС просто физически не в состоянии контролировать.

Для контроля радиационной обстановки на конкретной (небольшой) территории — в своем поселке, микрорайоне школы, в школьном кабинете, необходимо регулярно проводить измерения радиоактивности — школьный радиологический мониторинг. Методика проведения радиологического мониторинга достаточно проста, требует обычного оборудования школьного кабинета физики.

### Что такое спектрометрия ионизирующего гамма-излучения

Различные атомные ядра при радиоактивном распаде испускают гамма-кванты, обладающие разным уровнем энергии. Поэтому, если удастся измерить величину энергии гамма-кванта, то, заглянув в специальные таблицы, можно уверенно определить его «происхождение» — массу и заряд распавшегося ядра. Различные ядра, распадаясь, испускают кванты различной энергии, которые, в свою очередь, взаимодействуют с веществом, изменяя и состав частиц и их энергию. Регистрируя такое гамма-излучение, можно по участкам электромагнитного спектра определять, какие конкретно радиоактивные элементы присутствуют в исследуемом объекте.

На практике каждый гамма-квант с высокой энергией обычно преобразуют в т. н. «конверсионные фотоны» видимого света при их попадании в специальную среду — сцинтиллятор (например монокристаллы NaI, CsI, растворы некоторых органических веществ). Конверсионные фотоны, в свою очередь, попадают на приемник видимого света, например фотокатод фотоэлемента, и в нем возникает импульс тока. Количество конверсионных фотонов прямо пропорционально энергии гамма-кванта, и величина импульса тока, проходящего через фотоэлемент, будет также пропорциональна энергии гамма-кванта.

На этой пропорциональности и основана спектрометрия ионизирующего гамма-излучения — основное средство для определения изотопного состава источников радиоактивного излучения. Считая импульсы тока с той или иной амплитудой определяют, тем самым, какая доля гамма-квантов с той или иной энергией находится в спектральном составе ионизирующего излучения.

### Как проводится спектрометрия гамма-излучения

Экомониторинг воздушной среды в условиях школы (спектрометрию гамма-излучения) можно осуществлять на базе стандартного школьного оборудования — счетчика Гейгера с усилителем, выход которого соединен с микроамперметром (например школьного авометра). В таких экспериментах помимо интенсивности

счета импульсов можно провести и оценку идентичности изотопного состава радионуклидов в окружающей среде, сравнивая амплитудные спектры по амплитудам на данный момент и в прошлых измерениях.

Методика сравнения гамма-излучения радиоактивных элементов, рассеянных продуктов их распада и космических лучей основана на предположении, что одинаковые источники и условия излучения должны давать одинаковые амплитудные спектры импульсов счетчика Гейгера. Амплитуда импульса пропорциональна энергии гамма-квантов, поэтому, чем больше число частиц с данной энергией регистрируется, тем большее число импульсов данной амплитуды будет на выходе измерительного прибора, шкала которого разбита на 10 секторов.

Изменения гамма-излучения радиоактивных элементов, например появление новых изотопов, вызывают изменения относительного числа импульсов в разных интервалах. Проводят подсчет числа импульсов в каждом интервале (по броскам стрелки прибора) и строят график в координатах «интервалы амплитуд — число импульсов, попавших в данный интервал».

Имеющийся в школах счетчик заряженных частиц представляет собой прибор, основными частями которого являются счетчик Гейгера (типа СТС — 5) и источник питания. Он предназначен для регистрации  $\alpha$ -лучей и жесткого  $\gamma$ -излучения (с энергией более 0,5 Мэв). Трубка счетчика заполнена смесью газов (неон с добавкой аргона и одного из галогенов), на его катод подается отрицательный потенциал, а нить (анод) соединяется с положительным полюсом источника тока.

При небольших напряжениях величина импульса зависит как от рода пролетающей частицы, так и от величины напряжения на электродах. Чем напряжение выше, тем менее вероятен процесс рекомбинации ионов. При повышении напряжения величина импульсов начинает расти за счет вторичной ионизации, в результате чего вместо каждого первичного электрона на анод приходит целая лавина.

Счетчик, работающий в таком режиме, называется «пропорциональным счетчиком», он и используется в нашем случае. Для счетчика СТС — 5 область напряжений составляет от 300 В до 360 В.

При прохождении гамма-кванта газ в счетчике ионизируется. Импульсы тока, проходя через резистор R, создают импульсы напряжения. Эти импульсы поступают через разделительный конденсатор C на школьный усилитель низкой частоты (УНЧ).

На выходе УНЧ через импульсный диод (например Д 219А) импульс поступает на микроамперметр (со шкалой на 100  $\mu$ А и с сопротивлением головки около 500 Ом). Таким сопротивлением обладает, например, микроамперметр авометра Ц20 или микроамперметры М24.

Измерения электрического импульса проводятся т. н. баллистическим методом, основанном на том, что под действием электрического импульса стрелка микроамперметра отклоняется на угол, прямо пропорциональный величине этого импульса.

В баллистическом режиме может работать любой магнитоэлектрический измерительный прибор. В нашем случае это микроамперметр. Нужно лишь, чтобы время прохождения импульса тока было много меньше периода колебаний рамки микроамперметра.

### Мониторинг радиологической обстановки

По результатам измерений строится график распределения числа частиц от энергии гамма-кванта в виде зависимости числа импульсов (бросков стрелки) от номера сектора. Огибающая такого спектра энергий гамма-квантов обычно имеет вид выпуклой кривой — «колокола» и используется для оценки постоянства изотопного состава.

Первой оценкой для задачи мониторинга радиологической обстановки является общий радиационный фон в данное время (в импульсах в минуту). Его расчет производится по формуле:

$$A = (i_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n) / t,$$

где  $t$  — время измерений, мин;  $P_i$  — число отсчетов (бросков стрелки) в  $i$ -м секторе амплитуд.

Проводя сравнение полученного при измерении в данный момент значения общего радиационного фона с предыдущими результатами, а также со средними значениями, можно сделать вывод об изменении радиационной обстановки.



Второй оценкой в задаче мониторинга радиологической обстановки является контроль изменения состава изотопов в окружающей среде. Для этого по результатам измерений строится график зависимости количества отсчетов от амплитуд импульсов (по интервалам). На графике отображается экспериментальная оценка спектра энергий гамма-квантов.

Типичный пример двух (среднего за год и экспериментально полученного в данный день) спектров отсчетов — оценок распределений числа частиц по амплитудам импульсов (энергиям гамма-квантов) приведен на рисунке (рис. 9.5). Отчетливо видно смещение в данный день максимума среднего значения в 4-й сектор шкалы, от среднего за год (3-й сектор). То же можно сказать и о сдвиге максимальных значений импульсов (с 7 на 9 сектор).

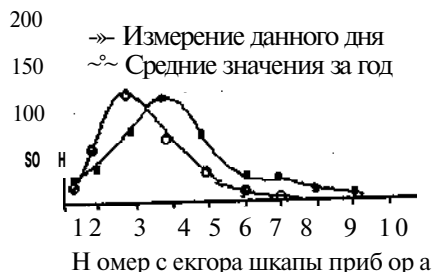


Рис. 9.5. Энергетические спектры гамма-квантов

1. Полученный из графика максимум спектра является индикатором средних значений энергий гамма-квантов. Его смещение говорит об изменении средних значений энергии излучения в результате появления в окружающей среде изотопов другого состава.

Проводят сравнение максимума спектра радиационного фона, полученного при измерении в настоящее время, со сделанными ранее. Делается вывод об изменении основной доли гамма-квантов в энергетическом составе излучения.

2. Область в правой части графика, где огибающая спектра энергий приближается к горизонтальной оси, является верхней границей спектра. Она индицирует максимальные энергии гамма-квантов ионизирующего излучения.

На основании сравнения верхней границы спектра радиационного фона, полученного при измерении в настоящее время, с предыдущими результатами, делается вывод об изменении в энергетическом составе излучения — исчезновении или появлении гамма-квантов с наибольшей энергией.

3. Для задач мониторинга необходима количественная оценка различий ионизирующего излучения. Для измерений, проводимых в разное время, можно сделать расчет показателя «различий» спектров  $p$ , характеризующего изменение условий распада изотопов в различных условиях окружающей среды — например в разное время года или в различных помещениях школы, по формуле:

где  $ПЦ$  и  $n_i$  — количества отсчетов  $i$ -го интервала амплитуды в первом и втором случае.

Формула применима для одинакового времени измерения (например 30 мин). С ростом  $b$  различия в составе изотопов возрастают, а при  $b = 0$  — радиационная обстановка не изменилась.

4. Рекомендуемая периодичность измерений при исследовании ионизирующих излучений в воздухе по программе радиологического мониторинга — 1 раз в неделю.

5. Исследования спектра излучений, проводимые в один день в одном и том же помещении показывают их хорошую воспроизводимость. Схожи как сами формы спектров импульсов тока, так и положения максимумов.

Однако измерения в различных помещениях зданий показывают изменение формы и самого спектра и смещение максимума. Это позволяет рассматривать график средних значений как «радиационный портрет» помещения. Эти «портреты» различаются при измерениях на разных этажах, а также в подвале здания, где выход радона из грунта максимален, а проветривание помещения проводится редко.

## Методика проведения работы

**Цель работы.** Проведение оценки изменения радиационного фона.

### Задачи работы:

- сборка и настройка экспериментальной установки по схеме на рис. 9.6, 9.7;
- проведение измерений и оценка радиационного фона;
- расчет изменения спектра ионизирующего излучения и оценка отличий результатов от полученных в данных условиях, но в другое время.

### Оборудование:

- счетчик Гейгера СТС — 5 (или СТС — 6);
- источник питания : ВУП — 2;
- усилитель низкой частоты: УНЧ — 3;
- микроамперметр М — 24 (сопротивление головки  $r = 690 \text{ Ом}$  ,  $100 \text{ цА}$ , класс точности 1,5).

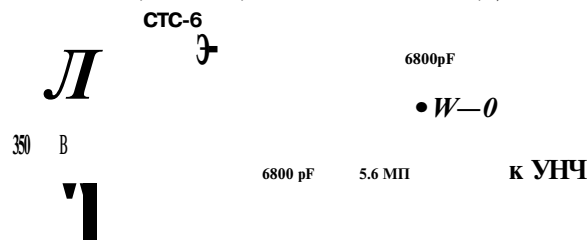


Рис. 9.6. Схема счетчика Гейгера

$R = 5,6 \text{ МОм}$ ,  $C_1, C_2 - 4700 - 6800 \text{ пФ}$   
(например КСО — 5).

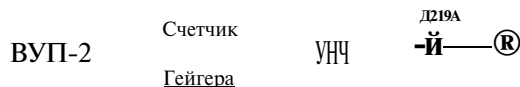


Рис. 9.7. Блок-схема установки

### Ход работы

1. Весь интервал амплитуд (вся шкала измерительного прибора, имеющая 100 делений) разбивается на 11 секторов (0-10, 10-20 ... 90- 100, более 100 делений).

Как показывает опыт, эксперимент желательно проводить вдвоем. Первый исследователь ведет отсчет — регистрацию импульса, и при его появлении, вслух сообщает второму человеку номер сектора, в

котором произошла регистрация события (например «пятый», «десятый», и т. д.).

Второй исследователь записывает эти сообщения в таблицу. В столбец таблицы им ставится галочка (или точка) в соответствующий сектор — с первого по одиннадцатый, где наблюдался бросок стрелки.

Таблица 9.3.

Результаты измерения энергетического спектра гамма-квантов

Дата и место измерения		Секторы шкалы микроамперметра				
		1	2		10	11
	Галочки — броски стрелки в данном секторе					
	Общее число бросков стрелки в данном секторе (за 30 мин.)					

### 2. Настройка установки.

а) Для того чтобы уменьшить погрешность, измерения должны вестись с использованием всей шкалы прибора, то есть максимальные отклонения стрелки должны достигать в некоторых случаях предельного отклонения.

б) При исследованиях излучений в воздухе ручка регулятора громкости усилителя (УНЧ) устанавливается **всегда в одно и то же положение**. Установка считается настроенной, если большинство бросков стрелки приходится примерно на середину шкалы микроамперметра (и лишь редкие «зашкаливают»). Это позволяет получать графики результатов измерений, имеющие форму «колокола». Максимум этого «колокола» соответствует энергии гамма-квантов, наиболее часто проходящих через счетчик.

в) Настройка установки для мониторинга в значительно различающихся условиях — например в кабинете физики и в подвале школьного здания (где уровень радиации обычно значительно выше за счет накопления радона), может потребовать различного положения ручки настройки уровня, а также дополнительной градуировки для сопоставления данных.

3. Производится подсчет числа импульсов (бросков стрелки микроамперметра) в каждом секторе. Для уменьшения статистической погрешности измерений общее время подсчета должно быть не менее 20 — 30 минут.

4. Результаты подсчета числа импульсов в каждом секторе, полученные в данном эксперименте и занесенные в таблицу, сравниваются:

- с результатами, полученными во время предыдущего измерения радиационного фона;
- со средними результатами, полученными в прошлом, за некоторый период измерений (например, средние за месяц, год).

5. Делается расчет показателя «сходства» спектров и вывод об изменении изотопного состава.

### ***Оформление результатов измерений***

1. Рассчитывается общий радиационный фон за время 20 — 30 минут. Уровень общего фона (в имп/мин), дату и место измерения (помещение класса, подвал) заносят в журнал мониторинга.
2. По результатам измерений строится график (оценка спектра энергии гамма-квантов). Вдоль горизонтальной оси откладывают номера секторов с первого по одиннадцатый (или интервалы амплитуд в делениях шкалы прибора), а по вертикальной оси — количество отсчетов (бросков стрелки). Отмечаются следующие результаты, с занесением в лабораторный журнал радиологического мониторинга.
  - а) Положение максимума в спектре количества отсчетов (индикатор средних значений энергии гамма-квантов в данных условиях).
  - б) Положение верхней границы спектра (индикатор максимальной энергии гамма-квантов ионизирующего излучения в данных условиях).
3. Проводят (по лабораторному журналу) сравнение со средними данными и предыдущими измерениями.
4. Делается вывод о динамике изменений радиологической обстановки, который записывается в лабораторный журнал.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Моисеев Н.Н.* Экология и образование. М.: ЮНИСАМ, 1996. С. 24.
2. *Зверев И.Д.* Экологическое образование и воспитание: узловые вопросы // Сб. научных трудов. Экологическое образование: концепции и технологии. Волгоград: Перемена, 1996. С. 72-84.
3. *Реймерс Н.Ф.* Азбука природы (микроэнциклопедия биосферы). М.: Знание, 1980. 208с.
4. *Реймерс Н.Ф., Яблоков А.В.* Словарь терминов и понятий, связанных с охраной живой природы. М.: Наука, 1982.
5. *Шапиро И.А.* Загадки растения-сфинкса: лишайники и экологический мониторинг. А: Гидрометеониздат, 1991.
6. *Ашихмина Т.Я., Сюткин В.М.* Комплексный экологический мониторинг региона. Киров: Изд-во ВШУ, 1997.
7. *Снакин В.В. и др.* Экологический мониторинг: Методическое пособие для учителей средних учебных учреждений. М.: РЭФИА, 1996.
8. *Логинов Н.Я., Воскресенский А.Г., Солодкин И.С.* Аналитическая химия. М.: Просвещение, 1975.
9. *Фенологические наблюдения (организация, проведение, обработка). Унифицированное руководство для добровольной фенологической сети.* А: Наука, 1982.
10. *Экология родного края / Под ред. Т.Я. Ашихминой.* Киров: Вятка, 1996.
11. *Практические задания по экологии: Методические рекомендации / Отв. за вып. Г.В. Есякова.* Владимир: Влад. обл. организация по охр. природы, 1994.
12. *Чернова Н.М.* Лабораторный практикум по экологии: Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по биол. спец. М., 1986.
13. *Жданов Н.В.* Качество пыльцы как показатель загрязнения среды. Экология родного края / Под ред. Т.Я. Ашихминой. Киров: Вятка, 1996. С. 193.
14. *Алексеев С.В., Груздева Н.В., Муравьев А.Г., Гущина Э.В.* Практикум по экологии. М.: АО МДС, 1996.
15. *Орлова А.Н., Сударкина А.А., Евсеева И.И.* Изучение факультативного курса «Химия в сельском хозяйстве». М.: Просвещение, 1975.
16. *Асаров Х.К.* Практикум по агрохимии. М.: Просвещение, 1974.
17. *Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Под ред. Р. Шуберта.* М.: Мир, 1988.
18. *Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова / Под ред. Б.Н. Норина и В.Т. Ярмишко.* Л.: Ботанический институт АН СССР, 1990.
19. *Дончева А.В., Казаков Л.К., Калуцков В.Н.* Ландшафтная индикация загрязнения природной среды. М.: Экология, 1992.
20. *Использование эпифитных лишайников для индикации атмосферного загрязнения. Методические рекомендации.* Апатиты: Институт проблем промышленной экологии Севера АН СССР, 1991.
21. *Горшков В.В.* Методика изучения эпифитного лишайникового покрова стволов сосен // Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова / Под ред. Б.Н. Норина и В.Т. Ярмишко. М.: Ботанический институт АН СССР, 1990. С. 147-149.
22. *Боголюбов А.С.* Методы лишайноиндикации загрязнения окружающей среды // Метод. пос. по полевой экологии для педагогов доп. образования и учителей. М.: Экосистема, 1998.
23. *Кузьмина М.М., Рыжов И.Н.* Транспорт и городская среда // Биология в школе. 1995. №2. — С. 68.
24. *Гурова А.И., Горлова О.Е.* Практикум по общей гигиене. М.: Изд-во университета дружбы народов, 1991.
25. *Жданов Н.В.* Генетический мониторинг белого клевера // Муниципальные проблемы природопользования. М-лы 3-й научной конф. Кирово-Чепецк, 1994. С. 25.
26. *Ватти К.В., Тихомирова М.М.* Руководство по практическим занятиям по генетике. М.: Просвещение, 1978.
27. *Тарарина Л.П.* Экологический практикум для студентов и школьников (Биоиндикация загрязненной среды). М.: Аргус, 1997.
28. *Голлербах М.М., Штина Э.А.* Почвенные водоросли. Л., 1969.
29. *Петербургский А.В.* Основы агрохимии. М.: Просвещение, 1979.

30. *Эстрин Э.Р.* Пособие по основам агрохимии: Материалы к лабораторным занятиям для студентов пед. вузов. Киров: Изд-во ВГПУ, 1998.
31. *Мишустин Е.Н., Востров С.А.* Аппликационные методы в почвенной микробиологии. Киев, 1971.
32. Определители пресноводных водорослей СССР: В 14 т. Л.: Наука, 1951-1983 гг.
33. *Кочурова Т.Н.* Апробация методик биоиндикации, рекомендуемых для экомониторинга Кировской области // Муниципальные проблемы природопользования: М-лы 3-й научно-практич. конф. Кирово-Чепецк, 1994. С. 32 — 33.
34. Методическое руководство по биотестированию воды. РД 18 - 02 - 90. М.: Госкомприроды СССР, 1991.
35. Химическое загрязнение почв и их охрана: Словарь-справочник / Орлов Д. С. и др. М.: Агропромиздат, 1991.
36. ГОСТ 17.15.05-85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков.
37. Методы исследования качества воды водоемов / Новиков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н. / Под ред. А.П. Шицковой. М.: Медицина, 1990.
38. *Злопшиков Э.Г., Эстрин Э.Р.* Химико-экологический анализ различных природных сред: экспериментальный материал для факультативных и кружковых занятий в средних школах. Киров: Изд-во ВГПУ, 1996.
39. *Рышков А.Л.* Нитратная кухня // Химия и жизнь. — 1989. — № 7. — С. 92.
40. *Демина А.А., Гухман Г.А.* Земля. Руководство-справочник для учителя: Приложение к основной книге интегрированного экспериментального учебного пособия «Земля». — М.: МИРОС, 1994.
41. *Барковский В.Ф., Городенцева Т.Е., Топорова Н.П.* Основные физико-химические методы анализа. — М.: Высш. шк., 1983.
42. Методические указания по санитарной охране водоемов от загрязнения нефтью. М.: Изд. Минздрава СССР, 1976.
43. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 2002 году». М.: Госком. РФ по охране окружающей среды, 2003.
44. *Кучер Т.В., Колтащикова И.Ф.* Медицинская география: Учеб. для 10—11 кл. профил. шк. М.: Просвещение, 1996.
45. *Лисицын Ю.П.* Слово о здоровье. М.: Мысль, 1993.
46. *Кардашенко В.Н., Кондакова Л.В., Варламова Л.П., Прохорова М.В. и др.* Руководство к лабораторным занятиям по гигиене детей и подростков / Под ред. В.Н. Кардашенко. М.: Медицина, 1983.
47. *Лебедева Н.Т.* Профилактическая физкультура для здоровых детей. Минск: ИПП Госэконом. Плана РБ, 1993.
48. *Пушкарев А.С.* Педагогические и медико-биологические проблемы физического совершенствования школьников. — Л.: 1983.
49. Картография с основами топографии / Под ред. Г.Ю. Грюнберга. М.: Просвещение, 1991.
50. *Салищев К.А.* Картоведение. М.: Изд-во МГУ, 1982.
51. *Гедьмин А.В., Грюнберг Г.Ю., Малых М.М.* Практикум по картографии с основами топографии. М.: Просвещение, 1981.
52. *Федоров Л. А.* Диалог о диоксинах // Химия и жизнь. 1990. № 11; Печальные события // Химия и жизнь. 1991. № 7; Второй диоксиновый фронт // Химия и жизнь. 1992. № 2; Универсальная беда // Химия и жизнь. 1992. № 6; Диоксины в пищевой воде // Химия и жизнь. 1993. № 1.
53. Вредные химические вещества. Справочник / Под ред. В.А.Филова. М.: Химия, 1989.
54. Нормативные данные по предельно-допустимым уровням загрязнения вредными веществами объектов окружающей среды: Справочный материал. СПб.: Крисмас +, 1997.
55. *Федоров Л.А.* Необъявленная химическая война в России: политика против экологии. М.: Центр экологической политики, 1995.
56. *Федоров Л.А.* Химическое оружие в России: История. Экология. Политика. М.: Центр экологич. политики, 1994.
57. Холодная смерть: Химическое оружие и средства массового уничтожения. М.: Прогресс, 1985.
58. *Труфанов А.Ф. и др.* Химическое, оружие в вопросах и ответах. Оричи, 1995.
59. *Плец В.М.* Органические соединения фосфора / Под ред. А.Е. Арбузова. М.: Госиздат, оборон, пром., 1940.
60. *Александров В.Н., Емельянов В.И.* Отравляющие вещества. М.: Воениздат, 1990.
61. *Ааркрог А. и др.* Изучение вклада ядерных инцидентов в радиоактивное загрязнение Уральского региона // Экология, 1998, №1. С. 36-43.
62. ГН 1.1.546 — 96. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды.

63. *Прутар Я., Пругарова А.* Избыточный азот в овощах. М.: Агропромиздат, 1990.
64. Азотистое питание и продуктивность растений. Труды Биологического научно-исследовательского института. №39. М.: Изд-во МГУ, 1988.
65. *Хорват Л.* Кислотный дождь. М.: Стройиздат, 1990.
66. *Зайков Г.В., Маслов С.А., Рубайло В.Л.* Кислотные дожди и окружающая среда. М: Химия, 1991.
67. *Денисова Л.В., Белоусова Л.С.* Редкие и исчезающие растения СССР. М: Лесная промышленность, 1974.
68. *Белоусова Л.С. и др.* Редкие растения СССР. М.: Лесная промышленность, 1979.
69. Красная книга СССР. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений. Том 1 и 2. М.: Лесная промышленность, 1984.
70. Красная книга РСФСР. Животные. М.: Россельхозиздат, 1983.
71. Красная книга РСФСР. Растения. М.: Росагропромиздат, 1988.
72. *Никитский КБ., Свиридов А.В.* Насекомые Красной книги СССР. М: Педагогика, 1987.
73. *Воронков Н.А.* Основы общей экологии: Уч. пособие для студ. вузов и учителей. М.: Агар, 1997.
74. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1995 году». М.: Госком. РФ по охране окружающей среды, 1996.
75. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1997 году» // Зеленый мир. 1998.
76. Нормативные данные по предельно-допустимым уровням загрязнения вредными веществами объектов окружающей среды: Справочный материал. СПб.:Крисмас + , 1997.
77. *Небел Б.* Наука об окружающей среде: Как устроен мир: В2-ХТ.М.: Мир, 1993.
78. *Муравьев А.Г.* Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. СПб.: Крисмас+, 1998.
79. *Муравьев А.Г.* Оценка экологического состояния природно-антропогенного комплекса: Учебно-методическое пособие. СПб.:Крисмас + , 1997.
80. *Кузнецов М.А., Ибрагимов А.К., Неручев В.А., Юлова Г.А.* Полевой практикум по экологии. М., 1994.
81. *Арановская Г.И., Козинцев Ю.Н., Ляликов Ю.С.* Справочник по физико-химическим методам исследования объектов окружающей среды. М.: Судостроение, 1979.

82. *Чернова Н.М., Былова А.М.* Экология: Учебн. пособие для студентов биол. спец. пед. ин-тов. Изд. 2-е. М., 1988.
83. *Заровный Г.М.* Школьные заказники. М.: Просвещение, 1983.
84. *Алалышина Н.М., Ашихмина Т.Я., Кондакова Л.В.* Фенология и региональный экологический мониторинг: Учеб.-методическое пособие к занятиям (элективный курс для студентов и школьников). Сыктывкар, 2004.
85. *Ашихмина Т.Я., Алалыкина Н.М., Носкова Т.С., Тарасова ЕМ.* По страницам Красной книги Кировской области: Учеб. пособие по экологии. Киров: Изд-во Вят ГТУ, 2004.
86. *Алексеев СВ.* Экология. СПб.: СМНО-ПРЕСС, 2001.
87. Методческие рекомендации: Здоровьесберегающие технологии общеобразовательной школы: методология анализа, формы, методы, опыт применения / Под ред. М.М. Безруких, В.Д. Сонькина. М.: Триада-фарм. 2002.
88. Ашихмина Т.Я. Школьный экологический мониторинг. М.: Агар, Рандеву-М, 2000.
89. Рабочая тетрадь школьника по экологии. /Под ред. Н.М. Алалыкиной, Т.Я. Ашихминой. Киров: Изд-во ВятГТУ, 2005.
90. Регионы России. Социально-экономические показатели, 2004. Стат. сб. Росстат. М., 2004.