

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Т.П. Хайрулина

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ПО МЕТОДАМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Учебное пособие

*Рекомендовано*

*Дальневосточным региональным учебно-методическим  
центром (ДВ РУМЦ) в качестве учебного пособия  
для студентов направлений подготовки  
35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение»  
и 05.03.06 «Экология и природопользование» вузов региона  
(Протокол №15 от 18 сентября 2015 года)*

БЛАГОВЕЩЕНСК  
Издательство Дальневосточный ГАУ  
2015

УДК 502.1 (075.8)

Хайрулина Т.П. Лабораторный практикум по методам экологических исследований: учебное пособие / Т.П. Хайрулина. – Благовещенск: ДальГАУ, 2015. – 143 с.

Учебное пособие составлено в соответствии с программой по методам экологических исследований для высших учебных заведений. В нем представлены лабораторные и практические работы по методам экологических исследований. В каждом разделе содержится краткое описание теоретических вопросов, порядок выполнения, контрольные вопросы и задания для самостоятельной работы.

Необходимость издания пособия обусловлена тем, что впервые весь теоретический материал необходимый для изучения курса дисциплины «Методы экологических исследований» представлен в полном объеме и закреплен практическими занятиями по изучаемым вопросам.

Материал, изложенный в пособии прошел длительную апробацию в процессе обучения студентов по направлениям «Агрохимия и агропочвоведение» и «Экология и природопользование».

Рецензенты:

*В.В. Епифанцев*, д-р с.-х. наук, профессор;

*Л.П. Шумилова*, канд. биол. наук, с.н.с.

ISBN 978-5-9642-0319-3

© Хайрулина Т.П., 2015  
Издательство ДальГАУ, 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ.....</b>	<b>5</b>
<b>ЧАСТЬ I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.....</b>	<b>7</b>
Тема 1. Методы и подходы, используемые в общей экологии для оценки состояния, динамики и эволюции экосистемы .....	7
Тема 2. Биоиндикационные методы определения качества среды.....	21
Тема 3. Биотестирование.....	27
Тема 4. Вегетационный опыт и его применение в экологических исследованиях.....	30
Тема 5. Использование полевого опыта в экологических исследованиях .....	36
Тема 6. Биометрические исследования в экологии .....	44
Тема 7. Математические методы обработки полученных данных .....	47
Тема 8. Экологическое картографирование.....	54
Тема 9. Физико-химические методы диагностики веществ в экологических исследованиях.....	63
Тема 10. Виды экотоксикантов и методы их диагностики в почве, растениях, продукции растениеводства и животноводства .....	71
Тема 11. Методы экологических исследований состояния и качества природных вод и атмосферного воздуха .....	77
Тема 12. Искусственные и естественные источники загрязнения ландшафтов и методы их оценки .....	83
Тема 13. Организация контроля за загрязнением окружающей природной среды.....	90

<b>ЧАСТЬ II. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ.....</b>	<b>96</b>
Лабораторная работа 1 Определение морфологических изменений древесных растений методом биоиндикации.....	96
Лабораторная работа 2. Определение пораженной ткани листа при антропогенном загрязнении воздушной среды .....	97
Лабораторная работа 3. Определение кислотности древесной коры как показателя концентрации SO <sub>2</sub> и NO в атмосферном воздухе .....	99
Лабораторная работа 4. Биоиндикация по морфологическим признакам хвои и продолжительности ее жизни.....	101
Лабораторная работа 5. Определение всхожести и энергии прорастания семян.....	105
Лабораторная работа 6 Посев зерновых и бобовых культур в вегетационные сосуды с разной кислотностью почвы .....	111
Лабораторная работа 7. Определение каротина и аскорбиновой кислоты в листьях бобовых и зерновых культур .....	112
Лабораторная работа 8. Биоиндикация кресс-салатом загрязненности воздуха и почвы.....	118
Лабораторная работа 9. Определение степени загрязнения воздуха с использованием микроорганизмов. ....	121
Лабораторная работа 10. Качественная оценка химического состава природных вод.....	123
Лабораторная работа 11. Определение суммарной токсичности почвы при применении почвенного гербицида.....	127
<b>Список рекомендуемой литературы.....</b>	<b>130</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>135</b>

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Улучшить экологическую ситуацию – значит не только найти пути решения отдельных задач: провести реабилитацию земель, очистку воды, обеззараживание стоков, контролировать состояние здоровья населения и т.д. Подойти к решению экологических проблем следует комплексно, всесторонне оценить ситуацию, и только тогда можно будет принимать необходимые меры для получения обнадеживающих результатов, чтобы остановить приближающуюся экологическую катастрофу.

В экологии часто используются методы, применяемые в других науках: биологических (биогеохимия, анатомия, физиология, и др.) и небιологических (физика, химия, геодезия, метеорология и др.). Но для выявления специфики экологических закономерностей существуют исключительно собственные – экологические методы. Они делятся на полевые, лабораторные, экспериментальные и количественные (математическое моделирование).

Изучение основных методов экологических исследований способствует формированию представлений и навыков у студентов, касающихся организации и проведения различных типов экологических исследований, направленных на установление базовых параметров природных систем и их компонентов, выявление динамики компонентов природных систем в условиях спонтанного и антропогенно-модифицированного средового фона и получение информационных характеристик, имеющих отношение к показателям качества и функций природных систем различного уровня и слагающих их компонентов.

При использовании учебного пособия для подготовки студентов направления «Агрохимия и агропочвоведение» будут реализованы следующие компетенции:

- владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; навыками работы с компьютером как средством управления информацией (ОК – 13);

- способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, приме-

нять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК–1);

- готовность изучать современную информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования (ПК – 20);

- способность к лабораторному анализу образцов почв, удобрений и растений (ПК – 22);

- способность к обобщению и статистической обработке результатов опытов, формулированию выводов (ПК – 23).

В результате изучения материала учебного пособия «Методы экологических исследований» обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

**знать:** методологию исследования естественных, искусственных экосистем и ландшафтов; приборы, устройства и оборудование, применяемые для наблюдений за состоянием объектов окружающей среды, принципы их действия, порядок работы; основные этапы организации экологических исследований; методику отбора и подготовки проб почвы, растений, воды и воздуха для химического и физико-химического анализа.

**уметь:** оценивать масштабы и характер антропогенных воздействий на компоненты ландшафтов; организовать стационарные исследования и наблюдения за миграцией различных веществ в атмосфере и фитоценозе; проводить лабораторные исследования; применять статистические методы оценки результатов лабораторных и полевых изысканий; оформлять записи аналитических и полевых исследований в полевом дневнике и журнале.

**владеть:** опытом проведения натуральных исследований и экспериментальной работы; навыками анализа и интерпретации полученных данных при проведении научных и прикладных исследований; методами биодиагностики различных сред с целью оценки их экологического состояния; опытом работы с вычислительной техникой, математическими методами обработки результатов экологических исследований.

## ЧАСТЬ I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

### Тема 1. Методы и подходы, используемые в общей экологии для оценки состояния, динамики и эволюции экосистемы

Поскольку экосистемы сложены множеством организмов, поскольку на каждый организм и на их совокупности, будь то отдельная группировка, популяция или ценоз, действуют не один, а сразу несколько экологических факторов и к тому на протяжении разных отрезков времени, постольку и связи, и свойства перечисленных объектов оказываются многочисленными и разнообразными. Следовательно методологией, главным принципом всех экологических исследований является системный подход, учитывающий как особенности самих объектов исследований, так и факторов эти особенности определяющие.

В зависимости от того, что является объектом, и какова цель исследований используются разные подходы: популяционный, экосистемный, эволюционный и исторический.

**Популяционный подход** предусматривает изучение размещения в пространстве, особенности поведения и миграции (у животных), процессов размножения (у животных) и возобновления (у растений), физиологических, биохимических, продукционных и других процессов, зависимость всех показателей от биотических и абиотических факторов. Исследования проводятся с учетом структуры и динамики (сезонной, онтогенетической, антропогенной) популяций, численности ее организмов. Популяционный подход обеспечивает теоретическую базу для прогнозирования рождаемости (в растительном сообществе - возобновления), выживания (динамики жизненного состояния) и смертности (распада, гибели). Он позволяет прогнозировать вспышки вредителей в лесном и сельском хозяйстве, позволяет выявить критическую численность вида, необходимую для его выживания.

**Экосистемный подход** выдвигает на первый план общность структурно-функциональной организации всех экосистем, независимо от состава сообществ, среды и места их обитания. Основное внимание при этом подходе уделяется изучению по-

тока энергии и циклам круговорота веществ в экосистемах, установлению функциональных связей между биологической составляющей и окружающей средой, т.е. между биотическими факторами и абиотическими. Экосистемный подход предусматривает всестороннее изучение всех популяций живых организмов сообщества (растения, микроорганизмы, животные) с учетом влияния на них ограничивающих факторов (эдафические, топографические, климатические). При этом подходе пристальное внимание уделяется анализу местообитаний, так как параметры факторов среды: физико-химические свойства почв, теплообеспеченность, влажность, освещенность, скорость ветра, и др., легко измеряются и поддаются классификации.

В качестве примера успешности экосистемного подхода к изучению биосферы можно привести итоги работы ученых из разных стран, работавших с 1964 по 1980 гг. по Международной биологической программе (МБП). Конечной целью МБП было выявление запасов и законов воспроизводства органического вещества, его качественного (фракционного) состава по всем природным зонам и в целом на планете, с тем, чтобы предотвратить возможные нарушения биологического равновесия в глобальном масштабе. Благодаря выполнению данной программы была решена актуальнейшая задача - выяснены максимально возможные нормы изъятия биомассы для нужд человечества.

*Эволюционный и исторический подходы* позволяют рассматривать изменения экосистем и их компонентов во времени. Эволюционный подход дает возможность понять основные закономерности, которые действовали в экосфере до того, как антропогенный фактор стал одним из определяющих. Он позволяет реконструировать экосистемы прошлого, принимая во внимание палеонтологические данные (анализ пыльцы, ископаемые остатки). В основе исторического подхода лежат изменения, обусловленные развитием цивилизации (от неолита до настоящего времени) и производств, созданных человеком. К этим изменениям относятся изменения климата, целенаправленное и случайное расселение человеком растений и животных.

Каждый из вышеуказанных подходов требует применения своих методов, специально разработанных с учетом состава объектов, условий местообитаний и поставленных задач.

*Полевые методы* имеют первостепенное значение. Они предполагают изучение популяций и сообществ в естественной среде (в природе) и позволяют установить воздействие на объект комплекса факторов, изучить общую картину развития и жизнедеятельности изучаемого объекта.

В качестве примера можно привести леса или поля на склонах разных экспозиций, на разных почвах, на разных географических широтах. Или водные экосистемы на разной глубине в одном и том же море, на одной глубине в южных и северных морях. Все они, несмотря на различия, развиваются по одним и тем же законам, под влиянием комплекса факторов, но значения этих факторов разные и зависят от местоположения объекта исследований.

Однако в полевых исследованиях очень сложно выявить роль одного фактора, как биотического (конкуренции, аллелопатии, плодородия почв), так и абиотического (тепло, влаги, света, засоления, кислотности почв), тем более что все факторы функционально связаны друг с другом.

Среди полевых методов выделяют аэрокосмические и наземные. Наземные методы по положению наблюдателя включают экспедиционные, полустационарные и стационарные методы наблюдения. **Экспедиционные методы** составляют от нескольких дней до нескольких месяцев в году и направлены на изучение малоисследованных ПТК и их состояний. **Полустационарные наблюдения** проводятся для изучения определенных состояний ПТК с частотой позволяющей охватить все типичные состояния, характерные в течение года. Организация таких исследований проводится после экспедиционного этапа. **Стационарные исследования** проводятся на физико-географических стационарах или на базе других научных учреждений (например, сети заповедников, национальных парков) по специально разработанной программе.

*Экспериментальные методы* отличаются от полевых тем, что организмы искусственно ставятся в условия, при которых можно дозировать размер изучаемого фактора, следовательно, можно точнее, чем при обычном наблюдении, оценить его влияние. При этом выводы, полученные в лаборатории, требуют обязательной проверки в полевых условиях.

В качестве примеров экологических экспериментов можно привести исследования функций лесозащитных полос, изучение осветления насаждений, влияния разных доз удобрений, вносимых под сельскохозяйственные культуры и т.д. Широко известен метод изучения конкурентных взаимоотношений деревьев в лесу путем ограничения определенной площади (площади питания), или сельскохозяйственных культур в поле.

Большое значение при проведении экологических исследований имеют химические и физиологические методы, так как они позволяют выявить роль разных компонентов экосистем, и в первую очередь, самого главного – фитоценоза, в аккумуляции и превращении вещества и энергии. Химические методы позволяют установить особенности накопления химических элементов в растениях и в целом в сообществах, особенности круговорота питания. С помощью физиологических методов можно в полевых условиях проследить физиологические процессы (фотосинтез и транспирация).

Так как все биосистемы обладают способностью к саморегуляции, т.е. к восстановлению экологического равновесия, а законы их развития имеют причинно-следственную связь, то в экологических исследованиях широкое распространение получили *математические методы* (математическая статистика, методы теории информации и кибернетики, теории чисел, дифференциальные и интегральные исчисления и др.). На основе этих методов – базируется моделирование. Моделирование биологических явлений, т.е. воспроизведение в искусственных системах процессов свойственных живой природе, получило широкое распространение в современной экологии.

*Модели подразделяются на: реальные (аналоговые) и знаковые.* Примеры реальных (аналоговых) моделей - аппараты искусственного кровообращения, искусственная почка, протезы рук, управляемые биотоками. Аквариумы и океанариумы модели разных водоемов, теплицы - модели экосистем соответствующих природных зон. Знаковые модели представляют собой отображение оригинала с помощью математических выражений или подробного описания и, в свою очередь, делятся на концептуальные и математические. Первые могут быть представлены текстом, схемами, научными таблицами, графиками и т.д., а вторые - формулами, уравнениями. Математические модели,

особенно при наличии количественных характеристик, являются более эффективным методом изучения экосистем. Математические символы позволяют сжато описать сложные экосистемы, а уравнения дают возможность формально выразить взаимодействия различных компонентов экосистем.

**Экологический мониторинг**— один из главных методов изучения динамики экосистем (биогеоценозов), происходящей под воздействием естественных и антропогенных факторов. Под мониторингом понимается специальное длительное слежение за состоянием одних и тех же экосистем. Подобные исследования сопряжены с большими время- и трудозатратами, так как предусматривают детальное описание и изучение всех компонентов, составляющих биогеоценоз, и потому возможны лишь при организации стационарных работ с закладкой как временных, так и постоянных пробных площадей. Мониторинг растительного покрова должен проводиться на разных уровнях в соответствии с хронологической (пространственной) дифференциацией биосферных систем.

### ***Специальные экологические методы***

**Метод светлых и темных сосудов**—метод, предложенный Т. Гаардером и Х. Грэнном (1927) метод определения суммарного (валового) фотосинтеза, позволяющий измерить продукцию кислорода ( $O_2$ ) и оценить таким образом первичную продуктивность в водных экосистемах. Для этого с разных глубин водоема берут пробы воды в попарно связанные стеклянные бутылки; одну бутылку из пары закрывают черной материей или алюминиевой фольгой, чтобы исключить попадание света. Параллельно с тех же глубин набирают пробы воды, в которых с помощью специальных реактивов определяют исходное содержание  $O_2$ . Затем пары светлых и темных наполненных бутылей погружают в водоем на ту же глубину, откуда были взяты пробы, и фиксируют их веревкой. Через 24 часа бутылки вытаскивают, определяют в каждой пробе содержание  $O_2$  и сравнивают с исходной его концентрацией. Вычитанием конечной концентрации  $O_2$  в темной бутылки из его концентрации в светлой определяют суммарный, или валовой, фотосинтез за сутки, так как количество выделяемого  $O_2$  пропорционально продуцированному органическому (сухому) веществу.

**Метод дендритов**—метод позволяет получать нелинейное упорядочение изучаемых единиц. Графически рассматриваемые случаи упорядочения можно представить в виде точек либо кружков (со вписанными в них обозначениями или номерами), связанных отрезками. Точки, изображающие единицы, называются вершинами, а отрезки – связями (дугами). В каждом конкретном случае возможны несколько вариантов упорядочения, заключающаяся в нахождении такого дендрита, в котором смежные единицы будут иметь наименее различающиеся значения признаков. Выполнение этого условия приведет к упорядочению с наименьшими расстояниями (если в качестве меры сходства берется мера расстояния) либо с наибольшими связями (в случае меры связи) между отдельными элементами. В оптимальном дендрите смежные объекты в наименьшей степени отличаются друг от друга.

**Метод ключевых участков** – оценка состава, структуры и продуктивности фитоценоза или популяции растений с использованием ключевых участков как минимальных единиц экстраполяции; применяют при геоботанических обследованиях. Использование этого метода подразумевает более или менее строгую приуроченность растений или фитоценозов к определенным типам лесорастительных условий (элементам рельефа, типам угодий, почв, растительных сообществ и т. д.). Необходимо также наличие картографического материала, на котором выделены элементы рельефа, типы растительных сообществ, почвенных разностей и др. характеристики. Эти материалы используются и для определения площадей изучаемых угодий или популяций.

*Ключевые участки* - это площади, которые служат эталонном конкретного типа фитоценоза или популяции определенного вида растения.

**Подсчет общего количества микроорганизмов**— для определения количества микроорганизмов в 1 мл жидкости производят, подсчет их под микроскопом в счетной камере (Тома-Цейса, Горяева, Бюркера или Предтеченского). Счетная камера имеет вид толстого предметного стекла, в центре которого находится стеклянная пластинка с выгравированной на ней сеткой (или 2 сетки на разделенной пополам пластинке). Подсчитывают все клетки микроорганизмов, находящиеся внутри большого квадрата, а также на пограничных линиях, если клетки большей

половиной находятся в данном квадрате. Клетки, большая половина которых находится в другом квадрате, не подсчитываются. Если клетки пересекаются пограничной линией пополам, то клетки считают только на двух смежных сторонах квадратов, например, на левой и нижней. В каждом препарате подсчитывают клетки в пяти больших квадратах, например, по углам и в центре сетки. В слишком густых суспензиях считать микроорганизмы трудно, поэтому их следует разбавлять водой и пользоваться такими разведениями, при которых количество клеток в одном большом квадрате будет не более 30. Для того чтобы результат подсчета был достоверен, необходимо сосчитать не менее 600 микроорганизмов. Число микроорганизмов в 1 мл суспензии ( $x$ ) удобно определять по формуле (1):

$$x = a \cdot 50000 \cdot b, \quad (1)$$

где  $a$  – средняя сумма количества подсчитанных клеток в пяти больших квадратах;  $b$  – разведение исходной суспензии микроорганизмов; 50000 – коэффициент пересчета объема пяти больших квадратов на 1 мл.

**Метод дифференциации живых и мертвых организмов** – метод состоит в окрашивании препарата в флуорохромомпримулином. При рассматривании препарата в люминесцентном микроскопе клетки мертвых микроорганизмов люминесцируют в результате проникновения красителя внутрь. Живые микроорганизмы не видны. Приготовленные препараты рассматривают в люминесцентном микроскопе в фиолетовой и синей видимой части спектра. Для этого пользуются светофильтрами «синий свет», «сине-зеленый свет», «белый свет» и запирающим «желтым».

**Метод изъятия** – определение плотности популяции животных путем их периодического отлова. Число особей, изымаемых с некоторой площади при последовательных выборках, откладывают по оси ординат, а число изъятых ранее – по оси абсцисс. Если вероятность отлова относительно постоянна, то точки образуют прямую, которую можно продолжить до нулевой точки (на оси абсцисс), теоретически соответствующей 100%-ному изъятию с данной площади.

**Метод календарный**—разновидность *метода мечения*, заключающийся в регистрации определенных, взятых на заметку особей в период между первым и последним отловами.

**Метод клинсектный**—изучение структуры, массы и объема надземной фитомассы, поверхности листьев (в т. ч. процента перекрытий по горизонтам пологов), численности наиболее обильных популяций и встречаемости видов путем измерений, пересечений на наклонной ( $45^\circ$ ) поверхности (клинсекте) с помощью специальной рамки. Наиболее детально метод разработан Б. А. Быковым (1970).

**Метод общего подсчета** – метод определения плотности популяции, обычно крупных, хорошо заметных или живущих в колониях организмов, метод при котором подсчитываются все найденные на данной территории особи.

**Метод плансектный**— способ исследования структуры растительных сообществ (подземных и надземных ярусов и биогоризонтов), их сомкнутости и биомассы по горизонтальным объемам – плансектам. По суммарной проекции устанавливается общая сомкнутость фитоценоза.

**Метод полигонов**— изучение процессов, явлений, объектов или систем на участках суши или моря, специально оборудованных для проведения различного рода полустационарных исследований в течение определенного промежутка времени.

**Метод пробных площадок**— метод, состоящий в подсчете и взвешивании организмов на определенном числе участков соответствующих размеров для оценки плотности популяций на исследуемой площади. Пробные площадки имеют заранее установленную форму (квадратные, прямоугольные или круглые) и величину (от  $1 \text{ м}^2$  до  $100 \text{ м}^2$  и более).

**Метод сплошного учета**—способ изучения состава, структуры и продуктивности экосистемы в пределах одной, достаточно крупной учетной площади (объема).

**Метод трансектный**—способ исследования биоценозов с помощью площадок сильно вытянутой прямоугольной формы – трансект. Изучаются границы и комплексы сообществ, численность, размещение, проективное покрытие, продуктивность популяций и др. Иногда трансекту разбивают в серию площадок (метод пунктирной трансекты). Разработан Теетцманом (1845).

**Метод трендовый**—способ графического определения генеральной тенденции наблюдаемых изменений (флюктуации) соответствующего экологического явления (объекта) с помощью Тренд-линий, показывающих многолетнее среднее значение явления по ежегодным колебаниям.

Вычисляется по формуле (2):

$$y = v - ax, \quad (2)$$

где  $y$  – ежегодная величина наблюдаемого явления (например, численности);  $v$  – величина среднего значения первого года;

$a$  – величина, на которую ежегодно изменяется линия тренда;  $x$  – число лет каждого следующего года от исходной даты.

**Метод укосов**—способ изучения продуктивности травянистых или полукустарничковых фитоценозов, заключающийся в скашивании травостой на пробных участках (от 0,25 до 2,5 м<sup>2</sup>) с соблюдением соответствующих правил биометрии (повторяемость, доверительные интервалы и т. п.).

**Метод фитомеров** – способ анализа факторов местообитания путем перенесения растений (пересадкой или в сосудах) и небольших участков фитоценоза (обычно травостой с дерниной или в сосудах) в условия другого экотопа. Разработан Ф. Клементсом (1924).

**Метод мечения**—методы определения численности популяции, при которых часть популяции отлавливают, метят и освобождают, затем устанавливают долю меченых особей при повторном отлове. Применимы к подвижным животным и надежны только в случаях, когда плотность популяции не изменяется быстро.

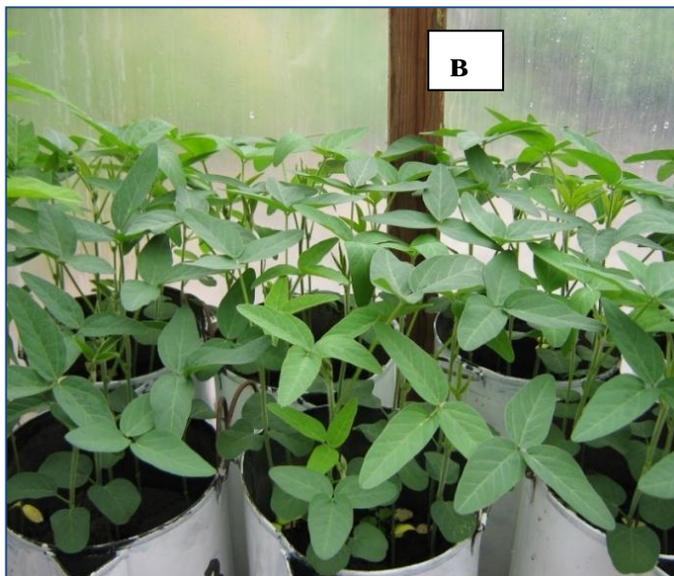
### **Вопросы и задания:**

1. Приведите примеры следующих методов исследований в экологии:

- А) экспериментального метода;
- Б) математического метода;
- В) полевого метода.

2. Назовите и охарактеризуйте методы, изображенные на рисунке 1.











**Рис.1. Методы, применяемые в экологических исследованиях**

3. Обоснуйте следующее высказывание В.М. Урусова, растения «не бегают по территории, как зайцы», их легко измерять, за ними легко наблюдать. Какие показатели растений необходимо изучать?

4. Назовите трансбиотические взаимовлияния у растений.

5. Почему широкое распространение получил метод трансформации пространственных рядов во временные, а не метод ботанического (экологического) мониторинга?

6. Рассчитайте число микроорганизмов в 1 мл исследуемого субстрата, если известно, что в пяти больших квадратах средняя сумма количества подсчитанных клеток равна 890, а разведение исходной суспензии микроорганизмов составляет 1,8 раза.

7. Почему растительность, выводимая из равновесия периодическими изменениями климата, не может восстановиться полностью, т.е. до первоначального состояния?

8. Объясните, почему в естественных экосистемах заповедников и других территорий организация мониторинга затруднена.

## **Тема 2. Биоиндикационные методы определения качества среды**

*Экологическая диагностика* является тем инструментом, который позволяет сделать заключение о состоянии среды, а экологический мониторинг – средство постоянного наблюдения за окружающей средой.

*Биологические методы контроля* воздействия - это характеристика состояния экосистемы по растительному и животному населению.

**Биоиндикация** – оценка качества среды обитания и ее отдельных характеристик по состоянию ее биоты в природных условиях. Для учета изменения среды под действием антропогенного фактора составляются списки индикаторных организмов.

Биоиндикатор – группа особей одного вида или сообщества, по наличию или по состоянию которых, а также по их поведению судят о естественных и антропогенных изменениях в среде.

Биоиндикационные методы оценки состояния окружающей среды являются перспективным направлением прикладных экологических исследований. Эти методы позволяют проводить интегральную оценку «здоровья среды», под которым в самом общем смысле понимается состояние (качество) среды, необходимое для обеспечения здоровья человека и других видов живых существ.

Существуют различные виды биоиндикации: *неспецифическая, специфическая*. Если одна и та же реакция вызывается различными факторами, то говорят о неспецифической биоиндикации. Если же те или иные происходящие изменения можно связать только с одним фактором, то речь идет о специфической 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, фенотипа, 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, обитающих в воде, мозг, почки, селезенка, печень млекопитающих, раковины моллюсков, мхи.

В практической экологии востребованность биотестирования наглядно просматривается в требованиях, предъявляемых к процедуре определения класса опасности отходов. Выявление класса опасности отходов для окружающей природной среды основывается не только на количественных расчетах по химическому составу содержащихся компонентов, но и на экспериментальной биологической проверке образцов. Экспериментальное определение класса опасности отходов заключается в лабораторном исследовании экологической токсичности анализируемых образцов с использованием биологических объектов.

Лучший индикатор опасных загрязнений – прибрежное обрастание, располагающееся на поверхностных предметах у кромки воды. В чистых водоемах эти обрастания ярко-зеленого цвета или имеют буроватый оттенок.

Биоиндикация воздуха проводится при помощи листьев древесных растений, хвои, лишайников и т.п.; почвы при помощи водорослей, микроорганизмов и т.д.

Таблица 1

**Шкала загрязнений по индикаторным таксонам  
(Арустамов Э.А.,2005)**

Индикаторные таксоны	Эколого-биологическая полноценность, класс качества воды, использование
Личинки веснянок, плоские личинки поденок, ручейник – риакофилла	Очень чистая. Полноценная. Питьевое, рекреационное, рыбохозяйственное
Крупные двустворчатые моллюски (перловица), плавающие и ползающие ручейник-нейреклиписис, вилхвостки, водяной клоп	Чистая. Полноценная. Питьевое, рекреационное, рыбохозяйственное, орошение, техническое
Моллюски-затворки, горошинки, роющие личинки поденок, ручейники при отсутствии реакофиллы и нейреклиписис, личинки стрекоз, плосконожки и красотки, мошки	Удовлетворительно чистая. Полноценная. Питьевое с очисткой, рекреационное рыбоводство, орошение, техническое
Шаровки, дрейсена, плоские пиявки, личинки стрекоз при отсутствии плосконожки и красотки, водяной ослик	Загрязненная. Неблагополучная. Ограниченное рыбоводство, ограниченное орошение
Масса трубочника, мотыля, червеобразные пиявки при отсутствии плоских, крыски, масса мокрецов	Грязная. Неблагополучная. Техническое
Макробеспозвоночных нет	Очень грязная. Неблагополучная. Техническое с очисткой

Дендрохронологический метод позволяет изучать изменение климатических условий на Земле и действие различных экологических и антропогенных факторов на древесные растения и лесные экосистемы. Установлена надежная корреляция между уровнями загрязнения воздуха фтором и снижением радиального годичного прироста у сосны, ели и лиственницы. Из этих пород ель (длительность жизни хвои от 7 до 15 лет в контроле) проявила большую чувствительность к фтору (отмечалось более существенное снижение годичного радиального прироста), лиственница – меньшую, видимо, из-за ежегодного опадания хвои.

Один из ведущих лихенологов Х. Трасс разделил методы лихеноиндикации (т.е. индикации с помощью лишайников) на три группы. На первое место он поставил методы, позволяющие изучать изменения, которые происходят в строении и жизненных функциях лишайников под воздействием загрязнения. Методы второй группы базируются на описании видов лишайников, обитающих в районах с различной степенью загрязнения атмосферы. Третья группа включает методы изучения целых лишайниковых сообществ в загрязненных районах и составление специальных карт. При использовании методов первой группы можно выбрать показательный вид лишайника, достаточно легко отзывающийся на ухудшение качества окружающей среды.

Существует несколько способов трансплантации. **Напочвенные лишайники** переносят вместе с почвой, вырезая участки размером 20x20 или 50x50 см. **Кустистые виды** можно переносить в специальных пластмассовых горшочках или подвешивать в сеточках. **Эпифитные виды** переносят вместе с ветками или кусочками коры, на которых они росли. Для высекания дисков из коры пользуются особыми бурами диаметром 4-6 см. В загрязненном районе кору и ветки с эпифитами прибывают на деревья тех же пород, что и деревья, с которых они были изъяты, или на специальные доски и столбы. Через несколько недель или месяцев лишайники исследуют и определяют степень их угнетенности. Пересадка дает сведения об индивидуальной устойчивости видов.

По отношению к загрязнению воздуха виды лишайников можно разделить на три категории: 1) самые чувствительные, исчезающие при первых симптомах загрязнения; 2) среднечувствительные, приходящие на смену погибшим чувствительным видам, с которыми они не могли конкурировать, пока воздух был чистым; 3) самые выносливые, толерантные к загрязнению.

Фитоиндикация развилась на основе теоретических представлений, высказанных еще в конце прошлого века В. В. Докучаевым, Е. Вармингом и другими учеными, о всеобщей взаимосвязи и взаимообусловленности элементов природы, а, следовательно, и о возможности судить, об изменениях одних элементов по изменению других.

Тесная взаимосвязь растений с условиями существования позволяет не только по особенностям среды судить о потребностях растений, но и по характеру растительности делать заключения о свойствах окружающей среды, иными словами, использовать растительность как индикатор условий. Определение свойств среды по растениям и растительному покрову составляет содержание особой отрасли ботаники - фитоиндикации, или учения о растительных индикаторах.

Фитоиндикация охватывает широкий круг явлений, связанных с распознаванием тех или иных особенностей среды или ее изменений. Например, она может включать определение солёности водоемов по характеру водной растительности; определение загрязнения воздуха в городах по составу и состоянию растений и т. д. Но особенно широко используется фитоиндикация для определения почвенно-грунтовых условий.

Что может служить в этой области объектом фитоиндикации, на какие признаки могут указывать растения и растительные сообщества? Это:

- 1) свойства почв (химический состав, плодородие, степень засоления, кислотность, режим увлажнения);
- 2) состав и свойства грунтов и горных пород (геологическая индикация), в том числе и такие особенности, как новейшие тектонические процессы;
- 3) антропогенные изменения в почвенной среде как современные (всякого рода загрязнения), так и прошлые (следы окультуривания и различных нарушений).

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое биоиндикация и фитоиндикация.
2. Охарактеризуйте метод трансплантации.
3. Охарактеризуйте метод лишеноиндикации.
4. Опишите линеевскую и экологическую классификации организмов.
5. Опишите методы лишеноиндикации предложенные Х. Трассом.
6. Опишите дендрохронологический метод исследований.

### Тема 3. Биотестирование

**Биотестирование** – оценка в лабораторных условиях качества объектов окружающей среды с использованием живых организмов.

Биотестирование может применяться для решения следующих задач:

- определение токсичности отдельных веществ, вынужденно или преднамеренно вносимых в окружающую среду;
- для представителей всех сообществ в целях скрининга и нормирования;
- выявление присутствия в объектах окружающей среды потенциальных токсикантов неизвестного состава, что могло бы служить основанием для последующего химического исследования этой среды;
- установление источников токсического загрязнения экосистем и оценка их интенсивности;
- определение необходимой степени разведения сточных вод до биологически и экологически безвредных уровней.

Для того чтобы быть пригодными для решения комплекса современных задач, методы биотестирования, используемые для оценки среды, должны соответствовать следующим требованиям: быть применимыми для оценки любых экологических изменений среды обитания живых организмов; характеризовать наиболее общие и важные параметры жизнедеятельности биоты; быть достаточно чувствительными для выявления даже начальных обратимых экологических изменений; быть адекватными для любого вида живых существ и любого типа воздействия; быть удобными не только для лабораторного моделирования, но также и для исследований в окружающей среде; быть достаточно простыми и не слишком дорогостоящими для широкого использования.

Одним из наиболее важных требований при оценке состояния среды является чувствительность применяемых методов. Потребность в таких методах особенно возрастает в настоящее время, когда в силу повышенного внимания к проблемам охраны природы и в связи с развитием природоохранных мероприятий становится необходимым оценивать не только и не столько су-

ществленные, как правило, уже необратимые изменения в среде, но первоначальные незначительные отклонения, когда еще возможно вернуть систему в прежнее нормальное состояние. Другое важное требование – универсальность как в отношении физического, химического или биологического оцениваемого воздействия, так и типа экосистем и вида живых существ, по отношению к которым такая оценка проводится. Причем, это необходимо как в отношении отдельных агентов, так и кумулятивно-го воздействия любого их сочетания (включая весь комплекс как антропогенных, так и естественных факторов).

Среди возможностей применения подходов биотестирования следует отметить их пригодность в мониторинге районов с интенсивным развитием промышленности и сельского хозяйства. Кроме того, биотестирование позволяет провести беглое сканирование больших пространств в целях ранней диагностики экологических нарушений. В данном случае достаточно ограничиться наиболее простыми, но эффективными методами, основанными, например, на морфологических или физиологических показателях.

Обобщить результаты, полученные методами биотестирования, допустимо по всем методам в пределах каждого подхода; по всем подходам для каждого вида или группы видов живых организмов; для экосистемы в целом, что дает надежную суммарную оценку состояния среды и исключает ошибочное заключение, вполне возможное при использовании единичных показателей в отношении отдельных видов. Итоговое заключение должно содержать характеристику качества среды в исследуемом районе (оценку степени отклонения от нормы и фонового состояния; оконтуривание зоны ощутимых последствий воздействия) и оценку благоприятности среды для человека. Комплексная оценка качества среды обитания помимо использования разных подходов и тест - объектов биотестирования подразумевает организацию наблюдений за всеми природными средами.

Организация наблюдений за загрязнением атмосферы. Такие наблюдения проводятся на стационарных, маршрутных и передвижных (подфакельных) постах. Стационарные и маршрутные посты служат для проведения систематических наблю-

дений, передвижные – для разовых наблюдений в зонах непосредственного влияния промышленных предприятий. Наблюдения под факелами дымовых труб предприятий проводятся с целью получения материалов по распределению вредных веществ от отдельных источников выбросов в зависимости от метеоусловий и для получения оценки их влияния на загрязнение атмосферы.

Ответным сигналом простейших на изменение химического состава среды является раздражение, приводящее к каким-либо изменениям других биохимических и физиологических функций организма.

Низшие ракообразные используются в лабораторном биотестировании и нормировании с начала прошлого века, поскольку они легко культивируются и имеют непродолжительный цикл развития. Наиболее часто используют ветвистоусых рачков – отдельные виды дафний и цериодафний. Основная цель острых экспериментов на дафниях – установить токсичность исследуемых проб воды, водных вытяжек из почв и т.д. по выживаемости тест-организмов.

Ведущая роль в синтезе органического вещества, а также в формировании качества природных вод принадлежит водорослям, что обусловило их широкое применение для оценки токсичности веществ различных классов (тяжелых металлов, хлора, фосфоро- и хлороорганических соединений, поверхностно-активных веществ и др.). все эти факторы обусловили включение водорослей в число обязательных объектов исследований по установлению эколого-рыбохозяйственных нормативов (ПДК и ОБУВ) загрязняющих веществ в воде, а также при определении класса опасности сточных вод.

Фитотестирование широко применяют для определения токсичности природных сред, в первую очередь почв. Фитотоксичность обычно регистрируют по изменениям в формировании корневой системы, морфологических характеристик надземной части растения, биомассе (общей и отдельных органов растения).

Плодовая мушка *Drosophilamelanogaster* является одним из наиболее изученных организмов, применяемых для тестирования. В качестве экспериментального объекта она была введена в

биологию в начале этого века и с тех пор доминирует в большинстве ее областей, от генетики до радиобиологии, от биологии старения до эволюции. С использованием этой тест-системы изучают генетические и онтогенетические последствия хронических стрессовых воздействий, таких, как малые дозы ионизирующих излучений, совместное действие тяжелых металлов и облучения, токсические химические вещества.

**Контрольные вопросы:**

1. Для решения, каких задач применяют биотестирование.
2. Охарактеризуйте метод биотестирования.
3. Какие организмы могут быть использованы в качестве тест-системы и почему?

**Тема 4. Вегетационный опыт и его применение  
в экологических исследованиях**

Вегетационный метод исследований растений помогает выяснить различные вопросы питания растений, имеющие как теоретическое, так и практическое значение. С помощью этого метода учеными было выяснено не только в каких элементах нуждается растение, откуда берет оно эти элементы, но и была изучена роль многих удобрений в развитии отдельных органов растений. Кроме того, вегетационный метод помогает изучать почвы, с которыми приходится иметь дело на практике, а также биологические особенности различных сельскохозяйственных растений.

Для защиты растений от атмосферных осадков и от случайных вредных влияний сосуды помещают в вегетационный домик, имеющий стеклянную крышу и стены. Сосуды с растениями устанавливают на подвижных вагонетках, которые в хорошую погоду по рельсам выкатывают на площадку, устроенную перед домиком и защищенную от птиц сеткой, а в плохую погоду и на ночь вкатывают обратно под защиту стекол. Конструкции вегетационных домиков различны: от обширных павильонов, состоящих из стекла и железа, вмещающих в себя сотни вагонеток и тысячи сосудов, до скромных «домиков», устроен-

ных из застекленных деревянных рам, вмещающих в себя три-четыре десятка сосудов.

В вегетационном методе различают **водные, песчаные и почвенные культуры**. Для решения вопросов, какие элементы нужны для развития растений, употребляют водные и песчаные культуры, а в почвенных культурах испытывают различные почвы и действие на растения разных удобрений.

Результаты, полученные при использовании вегетационного метода, проверяют в условиях полевого опыта, где растения выращивают в естественных условиях, а поэтому вегетационные и полевые опыты дополняют друг друга.

Вегетационные опыты, выясняющие роль микроэлементов (В, Мп, Си, Мг и др.), требуют тщательности в работе исследователя, так как микроэлементы встречаются в качестве примесей в обычных питательных растворах, употребляемых для выращивания растений, а также в воде и даже в стенках стеклянных сосудов. Для этих опытов требуются химически очищенные соли, тщательно перегнанная вода и парафинированные изнутри сосуды. При постановке обычных вегетационных опытов, для успешного роста растений, полезно в питательную смесь добавлять ничтожное количество наиболее важных микроэлементов, например, бора и марганца.

### **ВОДНЫЕ КУЛЬТУРЫ**

Растения выращивают в стеклянных сосудах, в которые наливается чистая дистиллированная вода и дистиллированная вода с растворами испытуемых солей. Размеры сосудов для водных культур берут от 1 до 20 л, в зависимости от размера растений и цели опыта. Чаще употребляют пятилитровые сосуды. Стеклянные сосуды следует обязательно затемнять чехлами из материи (внутри черными, снаружи белыми), чтобы не заводились водоросли и не нагревалась вода. Молодые проростки растений закрепляются в отверстиях пробки. Корень проростка погружают в воду, а росток направляют вверх. При ежедневном продувании воздуха (с помощью стеклянной трубки и пульверизатора) корневая система хорошо развивается в воде, а росточек при благоприятных условиях быстро начинает расти вверх. Так как вода испаряется, ее следует доливать в сосуд по мере надоб-

ности, оставляя между крышкой сосуда и водой влажное пространство.

В водных культурах растения зацветают и приносят плоды и семена. Если для опыта взять дистиллированную воду без солей, то вырастают карликовые растения, которые хотя и могут зацвести, но в них ничтожна прибавка сухих веществ по сравнению с тем количеством, которое было в семени. Возможность слабого развития растений в дистиллированной воде объясняется наличием некоторого количества минеральных солей в самом семени. Если к дистиллированной воде прибавить все необходимые соли, растение пышно развивается (рис.2).



**Рис.2. Водные культуры растений:**

- 1 – фасоль на полной питательной смеси; 2 – фасоль на дистиллированной воде; 3 – кукуруза на полной питательной смеси; 4 – то же, но без фосфора; 5 – то же, но без калия; 6 – то же, но без азота**

Необходимость таких элементов как – N, S, P, Ca, K, Mg и Fe для развития растений, доказывается выращиванием растений в растворах, из которых исключается в последовательном порядке каждый из них. Отсутствие хотя бы одного из указанных элементов влечет за собой полное прекращение роста и гибель растения, или крайне слабое его развитие, при котором оно недалеко уходит вперед по сравнению с теми карликовыми расте-

ниями, которые развиваются в чистой дистиллированной воде. Раствор солей, окружающий корневую систему, подвергается электролитической диссоциации, и в растение поступают в большом количестве или анионы, или катионы. Вследствие этого происходит изменение кислотности раствора.

Все питательные соли подразделяют на **физиологически кислые, физиологически щелочные и физиологически нейтральные**. Примером первых может служить сернокислый аммоний  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , из которого в растение в большом количестве поступают катионы  $(\text{NH}_4^+)$ , а анионы  $(\text{SO}_4^-)$  накапливаются в питательном растворе и усиливают кислотность среды. Примером физиологически щелочной соли может служить селитра  $(\text{CaNO}_3)$ , из которой в растение поступают анионы  $(\text{NO}_3^-)$ , а катионы  $(\text{Ca}^+)$  потребляются медленнее и остаются в растворе, усиливая щелочность среды. Примером физиологически нейтральных солей для большинства растений может служить сернокислый магний  $(\text{MgSO}_4)$ , из которого в растение поступают и анионы  $(\text{SO}_4^-)$  и катионы  $(\text{Mg}^+)$ , в результате чего кислотность раствора не изменяется. Из всех солей азотной кислоты к физиологической нейтральности наиболее близка аммонийная селитра. Но и у этой соли катионы  $(\text{NH}_4^+)$  поступают в растение быстрее, и потому анионы  $(\text{NO}_3^-)$  накапливаются в растворе делая его физиологически слабокислым.

Так как различные соли поступают в растение из питательного раствора с различной скоростью, то можно считать доказанным, что вода и соли поступают в корневые волоски и другие клетки независимо друг от друга. В дальнейшем ток воды в сосудах увлекает соли и разносит их по всему растению.

Увеличение кислотности питательного раствора усиливает поглощение растением анионов, а увеличение щелочности усиливает поглощение катионов. Для многих культурных растений вегетационными опытами установлены пределы величины pH, при которой возможен рост растений, а также наилучший их рост. Так, одни растения (свекла, пшеница, ячмень, люцерна) лучше растут в нейтральной или слабощелочной среде, а другие (картофель, рожь) – в слегка кислой среде.

## ПОЧВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ

Основными объектами для исследований в почвенных культурах являются почва и растение. Агрохимики и почвоведы рассматривают почву в вегетационных опытах как источник питательных элементов для растений, как естественную среду, действующую на удобрения, в результате чего изменяется химический состав самой почвы и удобрений в процессе питания растений.

Проведение вегетационных опытов с почвенной культурой позволяет глубоко изучить естественное и искусственное плодородие почвы, дать сравнительную характеристику плодородия типов и подтипов почв, их разновидностей; изучить эффективность видов и форм удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от почвенных условий.

В почвенных культурах раскрывается сущность взаимодействия удобрений с почвой, выясняются особенности почв, при этом индикатором на эти изменения остается растение. Только оно дает объективную картину в оценке негативных и позитивных процессов, происходящих в той или иной почве.

Почва для вегетационного опыта может быть взята с контрольных делянок полевого опыта или его запольных участков, при этом экспериментатор должен хорошо знать тип, подтип, гранулометрический состав, агрохимические показатели почвы.

Необходимое количество почвы для вегетационного опыта определяют с учетом числа сосудов и их емкости. Почва с оптимальной влажностью не должна пылить и мазаться, а должна хорошо распадаться в руках на мелкие комочки. Переувлажненную почву следует подсушить на открытом воздухе.

Для постановки вегетационных опытов с почвенной культурой можно использовать сосуды Вагнера и Митчерлиха.

*Сосуды типа Вагнера* представляют собой непроницаемые цилиндры разной высоты и диаметра. Для выращивания культур подбирают соответствующие сосуды по объему, для того чтобы в них лучше развивалась корневая система (рис. 3).



**Рис.3. Сосуд Вагнера**

*Сосуды типа Митчерлиха и Кирсанова* обычно бывают размером 20x20 см и на дне они имеют решетчатые отверстия (Митчерлиха) или продольную щель (Кирсанова) и поддонники для сбора воды.

В металлических сосудах первого типа полив производится по весу до 60 - 70% от полной влагоемкости

почвы через впаянную сбоку трубку, в стеклянных сосудах через стеклянную трубку, вставленную в сосуд.

Перед набивкой сосуда тщательно моют водопроводной водой, а при постановке опытов с микроэлементами – дистиллированной. Варианты, номера сосудов и другие показатели записывают в журнале в определенном порядке. Набивать сосуды следует с контрольных вариантов. Количество почвы, вносимой в сосуд, устанавливают пробной набивкой. При правильно выбранной навеске почвы и после набивки, от края поверхности сосуда должно оставаться 2 – 3 см.

Зерновые и бобовые культуры высевают пророщенными семенами на глубину 1,5 – 2,0 см, мелкосемянные – на глубину 0,5 см. При поливе сосуда ставят на весы и приливают столько воды, сколько требуется до установления поливной массы. Посеянные пророщенные семена в лунки заделывают легким надавливанием на них ладонью и равномерным прикатыванием поверхности почвы, после чего почву засыпают чистым кварце-

вым песком, для предохранения почвы от потери влаги и от размывания поверхности почвы при поливе.

### **Контрольные вопросы:**

1. Для каких целей применяют вегетационный метод исследования?
2. Какие культуры выделяют в вегетационном методе исследования? Охарактеризуйте эти культуры.
3. Виды питательных солей используемых для выращивания вегетационных культур.
4. Что является объектом исследований в почвенных культурах?
5. Какие виды сосудов используют для постановки вегетационных опытов с почвенной культурой?
6. С какой целью поверхность почвы после посева посыпают песком?

## **Тема 5. Использование полевого опыта в экологических исследованиях**

**Полевой опыт** - основной метод изучения различных вопросов полеводства в естественных (природных) условиях с использованием оптимальной агротехники максимально приближенной к производственным условиям. Полевой опыт представляет собой метод исследования, который проводится в полевой обстановке на специально выделенном участке в целях установления влияния факторов среды, условий или приемов возделывания на урожай сельскохозяйственных растений и его качество. Особенность его, в отличие от вегетационного опыта, состоит в том, что культурное растение изучается вместе со всей совокупностью почвенных, климатических, агротехнических, а часто и в условиях, очень близких к производственным или непосредственно в производственных условиях.

При помощи этого метода изучается влияние абиотических факторов на растения, испытываются новые сорта и гибриды, изучаются многие приемы агротехники. Результаты полевых опытов используют при разработке новых зональных техноло-

гий возделывания сельскохозяйственных растений, районирования новых сортов и гибридов.

Между лизиметрическими и полевыми опытами следует назвать **промежуточные опыты**.

Вегетационно-полевые опыты проводятся в полевой обстановке в цилиндрических или квадратных сосудах без дна. Почва здесь отгорожена только с боков на глубину 20-30 см и более. Промежутки между сосудами заполняют почвой и уплотняют до равновесной (естественной) плотности. Эти опыты могут быть использованы для оценки эффективности удобрений, плодородия различных генетических горизонтов почвы и других целей.

В полевых опытах экспериментальной единицей служит **деланка**. В зависимости от ее площади различают микрополевые (до 1 м<sup>2</sup>), мелкоделяночные (до 10 м<sup>2</sup>) и собственно полевые, или обычные опыты (от 20 до 1000 м<sup>2</sup>, в условиях производства >1000 м<sup>2</sup>). Под опыты выделяют предварительно изученные земельные участки, типичные для агроландшафтов конкретного региона. Микрополевые опыты базируются на ручном труде, а обычные - на механизированных технологиях. В отличие от вегетационных сосудов деланки нумеруют лишь в «слепых» опытах (дробный учет урожая рекогносцировочного посева).

Мелкоделяночные полевые еще больше сближаются с полевыми опытами, но отличаются от них тем, что площади опытных деланок имеют размер в несколько квадратных метров: 4, 8, 10. На таких деланках все работы выполняются вручную, количество растений незначительно, а их агротехника - не типичная для производственных условий. В этих опытах могут изучаться степень плодородия различных генетических горизонтов почвы, влияние степени плотности пахотного слоя или разных его частей на запасы доступной воды и урожай растений, размещение по профилю пахотного слоя удобрений и др.

Модельные опыты проводят в поле, теплице, лаборатории, хранилище и т. д. с целью моделирования условий окружающей среды. В настоящее время под модельным опытом чаще понимают расчеты заданных параметров на компьютере, или виртуальный эксперимент. Экспериментальной единицей служат площадки до 1 м<sup>2</sup> (микроделанки) или различные емкости с растительными субстратами (продукцией). В полевой обстановке

площадки под посев готовят путем рыхления почвы на соответствующую глубину +5...10 см. Между учетными площадками оставляют буферные полосы земли в качестве защиток.

Испытания и обследования научно-практического назначения проводят в условиях лабораторий, полей, садов (парков) и естественных угодий. Особенно широко эти методы используют в сфере международного сотрудничества.

Полевые опыты в условиях производства (максимум репрезентативности, минимум воспроизводимости) закладывают на производственных полях площадью более 1 га с ограниченным числом вариантов (3...6) и минимальной повторностью или без нее. Они служат пилотными (первыми) испытаниями экспериментальных идей или производственной проверкой результатов точных опытов.

#### **Методические требования, предъявляемые к полевому опыту**

К полевому опыту, как главному методу исследований в научной агрономии, предъявляются следующие требования: типичность; соблюдение принципа единственного логического различия; сравнимость; проведение его на специально выбранном участке; обязательный учет урожая; точность, достоверность, воспроизводимость; пригодность для решения поставленных на исследование вопросов.

Под *типичностью опыта* понимается соответствие условий его проведения почвенно-климатическим (природным), агротехническим и производственным условиям данного района или зоны. Различают следующие типичности: 1) почвенно-климатическую; 2) агротехническую; 3) организационно-хозяйственную.

Соблюдение **принципа единственного логического различия** является очень важным, но в то же время и очень спорным требованием к полевому опыту. Прежде всего, опыт должен быть построен по принципу единственного логического различия и иметь как минимум два варианта, все остальные условия должны быть совершенно одинаковыми, тождественными, за исключением одного «единственного», которое в одном варианте имеется, а в другом отсутствует. Различия в вариантах могут быть **количественные и качественные**, например, разные нор-

мы удобрения, наличие или отсутствие того или иного качества, того или иного элемента питания растений. В опыте, поставленном по принципу единственного различия, может быть не только два, а несколько вариантов. В этом случае необходимо, чтобы все варианты друг от друга отличались по одному признаку или варианты могли сопоставляться друг с другом парами, которые должны различаться единственным признаком.

**Сравнимость и равноточность** означает, что сравниваемые величины должны быть одного порядка, они должны характеризоваться равноточностью.

Требование проведения полевого опыта **на специально выделенном участке** есть логическое следствие требования соблюдения принципа единственного логического различия. Иногда закладываются опыты на случайных участках без знания их истории, выравнивания плодородия, и тем самым допускаются грубые ошибки.

Только в результате учета урожая устанавливается количественное воздействие факторов, условий или приемов возделывания растений на их продуктивность и качество. Показатель **точности опыта** позволяет дать оценку качеству опытной работы и достоверности тех выводов, которые могут быть даны на основании полученных результатов. **Точность полевого опыта** - это обобщенный статистический показатель и в математическом отношении есть случайное, выраженное в процентах к среднему урожаю, т. е. к средней арифметической величине. Случайные ошибки вызываются техническими ошибками проведения опыта, неоднородностью плодородия опытного участка, индивидуальной изменчивостью растений и механическими повреждениями, а также воздействиями болезней и вредителей. Существуют систематические и грубые ошибки - они порождаются различием в рельефе, почвенными разностями подопытного участка и небрежностью проведения опыта, ошибками при учете урожая.

**Достоверность опыта** рассматривается в двух аспектах: **достоверность по существу** - когда правильно логически и методически поставлен и проведен опыт. Проведенные опыты по неправильно разработанной схеме и методике, без соблюдения условий, с низким уровнем качества проведения полевых работ

являются недостоверными по существу и не подлежат характеристике критериями математической существенности; **математическая существенность опыта**, т.е. количественная существенность, оценивается определенными нормативами и утверждает, что разница между средними урожаями или другими изучаемыми показателями значительна, существенна и превосходит при том или ином уровне вероятности свою ошибку в известное число раз. Ориентировочно можно руководствоваться таким положением: если отклонение от контроля в процентах превышает величину точности опыта в три раза и более, то разница в урожаях может быть признана существенной.

**Воспроизводимость опыта** вызывает необходимость ведения тщательных записей всего, что делалось в ходе проведения опыта, чтобы можно было в точности повторить его. Опыт должен быть пригоден для решения поставленных вопросов. Производственный полевой опыт - комплексное научно обоснованное исследование, которое проводится непосредственно в производственных условиях и отвечает конкретным задачам самого материального производства, его постоянного развития и совершенствования.

Все разнообразие полевых опытов делится на две группы:

1. Опыты агротехнические (сравнительная объективная оценка действия различных факторов жизни, условий, приемов возделывания или их сочетаний на урожай сельскохозяйственных культур и его качество).

2. Опыты по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (сравниваются при одинаковых условиях генетически различные растения, служат для объективной оценки сортов и гибридов с/х культур).

Между указанными группами полевых опытов нет резкой границы. Для разработки сортовой агротехники опыты по сортоиспытанию нередко проводят на разных агротехнических фонах, а в схемы агротехнических опытов с удобрениями, обработкой почвы и севооборотах часто включают несколько перспективных сортов.

В зависимости от количества изучаемых факторов, охвата почвенно-климатических условий, длительности и места проведения полевых опытов подразделяют на несколько видов: одно-

факторные и многофакторные, единичные и массовые, краткосрочные, многолетние и длительные, эксперименты, заложенные на специальных опытных полях и в производственной обстановке.

Если в опыте изучается один простой или сложный количественный фактор в нескольких градациях (дозы удобрения, пестициды, нормы посева, полива) или сравнивается действие ряда качественных факторов (разные культуры, сорта, способы обработки, предшественники), то такой эксперимент называют простым или **однофакторным**.

Опыты, в которых одновременно изучают действие и устанавливают характер и величину взаимодействия нескольких: двух и более факторов называют **многофакторными**. Взаимодействие факторов - это дополнительная прибавка (или) снижение урожая, которая получается при совместном применении двух и более факторов.

**По характеру** различают *положительное* взаимодействие, когда прибавка от совместного применения факторов больше, и *отрицательное*, когда она меньше арифметической суммы прибавок от их раздельного применения. Факторы действуют независимо, то есть не взаимодействуют, когда прибавка от совместного их применения равна примерно арифметической сумме прибавок от их раздельного применения.

Установить величину и характер взаимодействия позволяют те многофакторные опыты, которые спланированы по схеме полного факториального эксперимента (ПФЭ), и которая предусматривает наличие всех возможных сочетаний изучаемых факторов и их градаций (доз). Поэтому не всякий опыт, включающий несколько факторов, можно назвать многофакторным. Многофакторный эксперимент по полной факториальной схеме, в котором изучаются два фактора в двух градациях ( $2 \times 2 = 4$ ), например, глубокая обработка почвы и удобрение, должен иметь четыре варианта:

1. Обычная обработка без удобрений (контроль).
2. Глубокая обработка без удобрений.
3. Обычная обработка+удобрение.
4. Глубокая обработка+удобрение.

При исключении из этого опыта любого второстепенного варианта схема становится неполной, нефакториальной. Такой эксперимент будет равноценен простому однофакторному опыту, он не может выявить величину и характер взаимодействия изучаемых факторов. Таким образом, принципиальной особенностью многофакторных экспериментов является постановка их по полным факториальным схемам.

Опыт называют **единичным**, если его закладывают в отдельных пунктах, независимых друг от друга, по различным схемам. Если полевые опыты одинакового содержания проводят одновременно по согласованным схемам и методикам в различных почвенно-климатических и хозяйственных условиях, в масштабе страны, области или района, то их называют **массовыми или географическими**, например географическая сеть опытов с удобрениями или опыты по оценке эффективности способов обработки почвы. Основная их задача - проследить за действием изучаемого приема в различных почвенно-климатических условиях. Сюда же относят опыты Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, а также опыты Всероссийского института растениеводства (ВИР), позволяющие установить закономерности в изменении химизма растений в зависимости от условий среды.

По **длительности** проведения полевые опыты разделяют на краткосрочные, многолетние и длительные. К *краткосрочным* относят опыты продолжительностью от 3 до 10 лет. Они могут быть нестационарными и стационарными. Первые закладывают ежегодно по неизменной схеме с одной и той же культурой на новых участках и повторяют во времени обычно 3–4 года. Этого периода считается достаточно для учета влияния условий погоды на эффективность какого-либо приема. Вторые закладывают на стационарных участках и проводят в течение 4–10 лет. *Многолетние* проводятся на протяжении ротации севооборота и более продолжительное время. Многолетние опыты могут быть стационарными и нестационарными. В стационарных опытах изучаются действие, последствие и взаимодействие изучаемых факторов, а в нестационарных - только прямое действие изучаемого фактора, приема. К многолетним относят однофакторные и многофакторные стационарные полевые опыты

продолжительностью 10-50, к длительным - более 50 лет. Основная задача многолетних и длительных стационарных экспериментов-изучение действия, взаимодействия и последствия систематически осуществляемых агротехнических приемов или их комплексов на плодородие почвы и качество продукции.

Многолетние и длительные опыты незаменимы при изучении физико-химических и биохимических процессов, медленно протекающих в почве и агрофитоценозах, расчетах баланса питательных веществ, при учете потерь элементов питания и возможных масштабов загрязнения окружающей среды. Многолетняя повторность как бы «спрессовывает время», ведет к выявлению качественно новых закономерностей, которые невозможно установить в краткосрочных опытах. Результаты этих опытов нередко противоречат общепринятым представлениям, но именно эти необычные на первый взгляд данные, указывают новые направления для научных поисков и разработок.

**По месту проведения** подразделяют полевые опыты, заложенные, на специально организованных и приспособленных для этих целей участках или опытных полях, и полевые опыты, проведенные в производственной обстановке - в колхозах и совхозах на полях хозяйственных севооборотов.

Часто полевой опыт в производственной обстановке называют **производственным опытом**, т.е. комплексное, научно поставленное исследование, которое проводится непосредственно в производственных условиях и отвечает конкретным задачам самого материального производства, его постоянного развития и совершенства.

### **Контрольные вопросы:**

1. Какова цель и особенность полевого опыта?
2. Назовите основные методические требования, предъявляемые к полемому опыту.
3. Охарактеризуйте, какими могут быть полевые опыты по длительности проведения?
4. С какой целью проводят опыты по сортоиспытанию?

## **Тема 6. Биометрические исследования в экологии**

Знания об окружающей среде приобретаются путем наблюдения, сравнения и опыта. Причем под наблюдением в широком смысле подразумевают процесс планомерного добывания и накопления фактов независимо от того, как оно осуществляется – в эксперименте или непосредственным описанием изучаемого предмета. «Истинная наука, – по словам Тимирязева, – основывается только на фактах и на логике и постоянно продвигается по пути достоверности своего знания». Только опираясь на прочный фундамент фактов можно рассчитывать на успех в работе.

**Специфика биометрии, ее место в системе биологических наук.** С формальной точки зрения биометрия представляет совокупность математических методов, применяемых в биологии и заимствованных главным образом из области математической статистики и теории вероятностей. Наиболее тесно биометрия связана с математической статистикой, выводами которой она преимущественно пользуется, но и биометрия влияет на развитие математической статистики. Взаимодействуя между собой, они взаимно обогащают друг друга. Однако отождествлять биометрию с математической статистикой и теорией вероятностей нельзя.

Биометрия имеет свою специфику, свои отличительные черты и занимает определенное место в системе биологических наук. Современная биометрия – это раздел биологии, содержанием которого является планирование наблюдений и статистическая обработка их результатов; математическая статистика и теория вероятностей – разделы математики, теоретические, фундаментальные науки, рассматривающие массовые явления безотносительно к специфике составляющих их элементов.

Биометрия – прикладная наука, исследующая конкретные биологические объекты с применением математических методов. Биометрия возникла из потребностей биологии. Биометрия опирается преимущественно на *индуктивный* метод, отправляясь от конкретных фактов, которые она анализирует с помощью математических методов.

Характерной особенностью биометрии является также то, что ее методы применяют при анализе не отдельных фактов, а их совокупностей, т. е. явлений массового характера, в сфере которых обнаруживаются закономерности, не свойственные единичным наблюдениям.

Рассматривая историю биометрии, нельзя не отметить тот огромный вклад в развитие теории вероятностей и математической статистики, который внесли такие ученые нашей страны, как С.Н. Бернштейн (1880 – 1968), А.Я. Хинчин (1894 – 1958), Е.Е. Слуцкий (1880 – 1948), А.И. Хотимский (1892 – 1939), Б.С. Ястремский (1877 – 1962), В.И. Романовский (1879 – 1954), В.С. Немчинов (1894 – 1964) и многие другие, особенно А.Н. Колмогоров (1903-1987) и его школа, получившие мировое признание.

Биометрия в своем историческом развитии прошла долгий и сложный путь – от чисто словесного описания биологических объектов к их измерениям, от статистических сводок и таблиц к статистическому анализу массовых явлений. В истории биометрии можно отметить несколько периодов, или этапов.

Знание научным работником, биологом или агрономом, основных положений биометрии, умение использовать их в своей практической работе помогают правильно планировать постановку цели исследований, глубоко разбираться в полученных данных и убедиться в их достоверности, а это главное в научной работе. Только правильное освещение наблюдавшихся фактов и закономерностей способствует развитию науки. Неточные исследования, непроверенные факты, необоснованные заключения тормозят прогресс науки, отнимают у исследователей время и энергию для опровержения ложных выводов.

*Предметом биометрии* служит любой биологический объект, изучаемый с применением счета или меры, т. е. с количественной стороны в целях более или менее точной оценки его качественного состояния.

Варьирующими признаками у растений являются, например, их высота, количество и масса зерен в колосе, содержание протеина и др. Варьирование возникает вследствие того, что растения одного и того же сорта всегда отличаются своей

наследственностью, кроме того, формирование их часто протекает в относительно различных условиях внешней среды.

Изменчивость, варьирование признаков создают известную трудность в тех случаях, когда требуется дать общую характеристику определенной варьирующей группе (совокупности) растений, почв и т.д. Таким образом, всю группу объектов, подлежащую изучению, называют *совокупностью*.

Наряду с понятием статистической совокупности существует понятие *статистического комплекса*. Так, если статистическая совокупность состоит из относительно однородных единиц, то статистический комплекс слагается из разнородных групп, объединяемых для совместного (комплексного) изучения. При этом каждая группа, входящая в состав комплекса, должна состоять из однородных элементов. Например, при испытании различных доз удобрений каждую опытную делянку рассматривают как отдельную группу, входящую в состав статистического комплекса.

Вопрос о форме объединения биометрических данных экспериментатор решает сам в зависимости от объекта и цели исследования. Объединяемые в статистическую совокупность или статистический комплекс результаты наблюдений представляют некую систему, не сводимую к сумме составляющих ее единиц или компонентов. В статистических совокупностях и в статистических комплексах существует внутренняя связь между частью и целым, единичным и общим, которая находит свое выражение в статистических закономерностях, обнаруживаемых в сфере массовых явлений. Эти закономерности являются той теоретической платформой, на которой базируется биометрия. Биометрические методы позволяют с определенной точностью установить достоверность полученных результатов.

### **Контрольные вопросы:**

1. Назовите специфические особенности биометрии.
2. Что является предметом биометрии?
3. Что называют совокупностью и статистическим комплексом в биометрии?

**Самостоятельная работа:** провести биометрический анализ полученного растительного образца по следующим показателям, которые занести в таблицу данных.

Таблица 2

**Биометрические показатели культуры**

п/п	Высота растения, см	Количество ветвей, шт	Кол-во бобов, шт	Кол-во семян, шт	Масса семян, г
1					
2					
...					
$\Sigma$					

**Тема 7. Математические методы обработки полученных данных**

При постановке полевых, вегетационных и лабораторных опытов, так же, как и при изучении живых объектов в естественной обстановке, всегда наблюдают некоторое разнообразие изучаемых показателей. Показателем степени разнообразия служит основное отклонение –  $\sigma$  (сигма). Еще более чувствительным показателем степени разнообразия (варьирования, дисперсии, разброса данных) служит  $\sigma^2$  (варианса, девиата, дисперсия) – сумма квадратов отклонений, деленная на число степеней свободы, вычисляют по формуле (3):

$$\delta = \left( \frac{\sum x - \bar{x}}{n-1} \right), \quad (3)$$

Использование этого показателя для обработки экспериментальных данных, получившее название «дисперсионный анализ», было впервые разработано и применено английским ученым Р.А. Фишером (1890 – 1962). В настоящее время дисперсионный анализ широко применяется для обработки данных в биологии, промышленности и сельском хозяйстве.

При постановке опытов всегда преследуют цель выявить действие определенного фактора (или факторов) на результа-

тивный признак – влияние различных форм и доз удобрений на урожайность, химический состав и другие хозяйственно-ценные свойства культур, сравниваем урожайность и качество различных сортов, изучают влияние факторов внешней среды на физиологические свойства организмов и т. д. Планируя опыт, предусматривают проведение его в определенном количестве повторностей.

Основная задача дисперсионного анализа – выявить степень влияния перечисленных факторов на результаты опыта.

При сравнении в полевых условиях урожайности пяти сортов: А, Б, В, Г, Д: где Д – стандарт, лучший районированный в данной области сорт, остальные сорта выведены селекционером. Необходимо установить, какие из новых сортов достоверно превышают по урожайности стандарт. Обычно такой опыт проводят в шести повторностях, сократим число повторностей до трех, чтобы упростить расчеты (табл. 3).

Таблица 3

## Исходные данные

Сорт	Повторности			Сум- ма	Отклонение от среднего, $x_1 = x_0 - \bar{x}$			Квадраты от- клонений $x_1 =$ $x_0^2 - \bar{x}$			Сум- ма
	1	2	3		1	2	3	1	2	3	
	урожайность в условных единицах										
А	4	5	6	15	0	+1	+2	0	1	4	5
Б	3	3	3	9	-1	-1	-1	1	1	1	3
В	2	4	6	12	-2	0	+2	4	0	4	8
Г	6	5	7	18	12	+1	+3	4	1	9	14
Д st	3	1	2	6	-1	-3	+2	1	9	4	14
Итого	18	18	24	60	-	-	-	1	12	22	44

1. При подсчете суммы урожая по сортам и повторностям итог должен быть одинаковым. В данном примере он равен 60. В данном задании было 15 вариантов (5 сортов и 3 повторности). Следовательно, средний урожай равен 4. Далее вычисляют отклонения от среднего по каждой делянке, записывают их в трех столбцах, идущих за суммой урожая по сортам. Возводим эти отклонения в квадрат и суммируем их по столбцам и строкам. Итог должен сойтись. Получили 44 – это сумма квадратов отклонений по опыту в целом.

**Пример:**

$$4^2+5^2+6^2+3^2+3^2+3^2+2^2+4^2+6^2+5^2+7^2+3^2+1^2+2^2-(60^2/15)=284 - 240=44$$

2. Вычисляют сумму квадратов отклонений (табл. 4) по сортам (по вариантам опыта).

**Таблица 4**

**Расчет суммы квадратов отклонений по сортам**

Сорт	Суммарный урожай	Средний урожай	Отклонение от общего среднего $x - x'$	$(x - x')^2$
А	15	5	+1	1
Б	9	3	-1	1
В	12	4	0	0
Г	18	6	+2	4
Д	6	2	-2	4
				10

Сумма квадратов отклонений по вариантам опыта (сортам) равна – умножают полученную сумму на количество повторностей  $10 \times 3 = 30$ .

**Пример:**

$$(15^2+9^2+12^2+18^2+6^2)/3 - (60^2/15)=810/3 - 240 = 30.$$

3. Вычисляют сумму квадратов отклонений по повторностям (табл.5).

**Таблица 5**

**Расчет суммы квадратов отклонений по повторностям**

Повторность	Суммарный урожай	Средний урожай	Отклонение от общего среднего $x - x'$	$(x - x')^2$
I	18	3,6	- 0,4	0,16
II	18	3,6	- 0,4	0,16
III	24	4,8	+ 0,8	0,64
				0,96

**Пример:**

$$(18^2+18^2+24^2) : 5 - (60^2 : 15) = 244,8 - 240 = 4,8.$$

Сумма квадратов отклонений, обусловленных случайными причинами, вычисляется по разности: общая сумма квадратов отклонений по опыту минус сумма квадратов отклонений по сортам (вариантам), минус сумма квадратов отклонений по повторностям

$$44 - 30 - 4,8 = 9,2.$$

1. Составляют таблицу дисперсионного анализа (табл. 6). Число степеней свободы для случайного варьирования равно произведению чисел степеней свободы по сортам и повторностям:

$$4 \times 2 = 8.$$

$F$  равно частному от деления дисперсии по вариантам опыта на дисперсию случайную:

$$7,5 : 1,15 = 6,52.$$

**Таблица 6**

**Результаты дисперсионного анализа**

Источник варьирования	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Варианса $\delta^2$	F $\phi$	F табличное	
					P = 0,95	P = 0,99
Общее по опыту	44	14	-	-	-	-
Варианты (сорта)	30	4	7,	6,	3,8	7,0
Повторности	4,8	2	5	52	4	1
Случайное	9,2	8	2,	1,	4,4	8,6
			4	20	6	5
			1,	-	-	-
			15			

Если фактическое  $F$  больше табличного, то различия между вариантами опыта реальны. Из полученных данных примера, видно, что по сортам  $F$  больше табличного при вероятности 0,95; по повторностям  $F$  меньше табличного. Следовательно, между урожайностью сортов есть различия, повторности же выровнены, разница между ними лежит в пределах ошибки опыта.

2. Для сравнения урожайности сортов необходимо вычислить *наименьшую существенную разность* – **НСР**. Для этого определяем  $\delta$  (основное отклонение), равное корню квадратному из дисперсии случайной:

$$\delta = \sqrt{1,15} = 1,07.$$

Ошибка среднего вычисляется по формуле (4):

$$m = \delta : \sqrt{n}, \quad (4)$$

При дисперсионном анализе она равна  $\delta$ , деленной на корень квадратный из числа повторностей.

Определим обобщенную ошибку среднего. Для этого разделим  $\delta$  на корень квадратный из числа повторностей:

$$m = 1,07 : \sqrt{3} = 1,07 : 1,7 = 0,63.$$

Поскольку ошибка для всех сравниваемых вариантов одна, формула ошибки разности находится по формуле (5):

$$md = \sqrt{2 \cdot m^2}, \quad (5)$$

$$md = \sqrt{2 \cdot 0,63^2} = 0,63 \cdot 1,43 = 0,9.$$

Достоверность разности определяется с помощью критерия **t** Стьюдента, который представляет собой отношение разности к ее ошибке при различном числе степеней свободы и различном уровне вероятности (прил. 1).

Наименьшая существенная разница (НСР) между изучаемыми вариантами опыта определяется путем умножения ошибки разности на **t** при принятой вероятности и числе свободы по случайной дисперсии.

В данном опыте:

при вероятности  $P = 0,95$   $НСР = 0,9 \cdot 2,31 = 2,08$ ;

при  $P = 0,99$   $НСР = 0,9 \cdot 3,36 = 3,24$ .

Далее необходимо вернуться к результатам опыта (табл. 7). Сорта А и Г дали достоверное превышение над стандартом: А – при вероятности 0,95; Г – при вероятности 0,99.

Урожайность сортов Б и В достоверно не отличается от стандарта (разница меньше НСР).

**Таблица 7**

**Урожайность сортов культуры (в условных единицах)**

Сорт	Средний урожай	± от стандарта
А	5	+ 3
Б	3	+ 1
В	4	+ 2
Г	6	+ 4
Д st	2	0

### Расчет корреляционной зависимости

При изучении корреляционной зависимости между X и Y проводят *n* пар наблюдений ( $X_1; Y_1$ ), ( $X_2; Y_2$ ), . . . ( $X_n; Y_n$ ) и по полученным данным вычисляют выборочный коэффициент корреляции.

Коэффициент корреляции вычисляют по следующей формуле (6):

$$r = \frac{\sum XY - (\sum X \cdot \sum Y) : n}{\sqrt{(\sum X^2 - (\sum X)^2 : n) \cdot (\sum Y^2 - (\sum Y)^2 : n)}} \quad (6)$$

### Пример:

Провести корреляционный анализ данных таблицы, в которой представлены данные по определению относительной влажности (X) и липкости (Y) обыкновенного чернозема (данные П.У. Бахтина, 1969).

**Таблица 8**

**Расчет вспомогательных величин  
для вычисления корреляции Y по X**

Номер пары	Значение признаков		X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
	X, %	Y, г/см <sup>2</sup>			
1	19,9	0,0	396,01	0,00	0,00
2	20,9	0,6	436,81	0,36	12,54
3	26,1	1,1	681,21	1,21	28,71
4	29,4	1,2	864,36	1,44	35,28
5	30,5	1,7	930,25	2,89	51,85
6	40,3	1,7	1624,09	2,89	68,51

7	44,8	2,6	2007,04	6,76	116,48
8	47,8	3,4	2284,84	11,56	162,52
9	55,6	4,2	3091,36	17,64	233,52
10	58,3	5,8	3398,89	33,64	338,14
11	64,5	6,3	4160,25	39,69	406,35
12	76,6	7,3	5867,56	53,29	559,18
Сумма	514,7= $\sum X$	35,9= $\sum Y$	25742,67= $\sum X^2$	171,37= $\sum Y^2$	2013,08= $\sum XY$

Расчет величин.

1.  $n=12$

$$\bar{x} = (\sum X) : n = 514,7 : 12 = 42,89\% \quad (7)$$

$$\bar{y} = (\sum Y) : n = 35,9 : 12 = 2,99 \text{ г/см}^2 \quad (8)$$

$$\sum(X - \bar{x})^2 = \sum X^2 - (\sum X)^2 : n = 25742,67 - (514,7)^2 : 12 = 3666,33 \quad (9)$$

$$\sum(Y - \bar{y})^2 = \sum Y^2 - (\sum Y)^2 : n = 171,37 - (35,9)^2 : 12 = 63,97 \quad (10)$$

$$\sum(X - \bar{x})(Y - \bar{y}) = \sum XY - (\sum X \sum Y) : n = 2013,08 - (514,7 \cdot 35,9) : 12 = 473,27 \quad (11)$$

2. Определение коэффициента корреляции по формуле (6):

$$r = \frac{\sum XY - (\sum X \cdot \sum Y) : n}{\sqrt{(\sum X^2 - (\sum X)^2 : n) \cdot \sum Y^2 (\sum Y)^2 : n}} = \frac{473,27}{\sqrt{3666,33 \cdot 63,97}} = 0,977$$

### Контрольные вопросы:

1. С какой целью применяют дисперсионный анализ и какие величины при этом используют?
2. Основная задача дисперсионного анализа.
3. Что называют наименьшей существенной разностью, и с какой целью производят определение НСР?
4. Что представляет собой критерий Стьюдента?

**Самостоятельная работа:** провести дисперсионный анализ представленных данных своего варианта (прил. 2).

## Тема 8. Экологическое картографирование

Экологическое картографирование – наука о способах сбора, анализа и картографического представления информации о состоянии среды обитания человека и других биологических видов, т.е. об экологической обстановке.

Целью экологического картографирования является анализ экологической обстановки и ее динамики, т.е. выявление пространственной и временной изменчивости факторов природной среды, воздействующих на здоровье человека и состояние экосистемы. Для достижения этой цели требуется выполнить сбор, анализ, оценку, интеграцию, территориальную интерпретацию и создать географически корректное картографическое представление экологической информации.

Экологическое картографирование традиционно в наибольшей степени ориентировано на обеспечение государственных, региональных и местных программ и проектов природоохранной направленности. Между тем любая природоохранная деятельность осуществляется в рамках конкретных территорий, и потому не возможна без использования картографической формы представления информации.

Основой картографирования и оценки природно-ландшафтных условий является инвентаризация геосистем территории. Под инвентаризацией геосистем подразумевают комплекс операций по их выявлению, систематизации, картографированию и описанию.

С экологической точки зрения наиболее важными являются следующие показатели:

1. Основные параметры геосистем, определяющие природные условия жизни населения и производства (климат, лесистость, характеристики почв и т.д.);
2. Показатели естественных ресурсов: агроклиматических, водных, минеральных, биологических, земельных и т.д.
3. Показатели, которые характеризуют взаимоотношения между человеческой деятельностью и геосистемами.

Анализ природных условий и ресурсов должен проводиться на основе сравнительного метода. Сравнение геосистем по тем или иным признакам – основа их оценки, поэтому важно выра-

зять все анализируемые показатели в форме пригодной и удобной для сравнения. Для целей экологического картографирования наибольшее значение из всего обилия природно-ресурсных карт имеют:

- карты земельных ресурсов;
- карты лесных ресурсов (карты лесистости, возраста, бонитета, запасов древесины, годового прироста и прочие);
- карты полезных ископаемых (металлических, неметаллических, горючих);
- карты водных ресурсов;
- карты агроклиматических ресурсов;
- карты природно-ресурсного потенциала (на основе схемы комплексного природно-ресурсного районирования или классификации ландшафтов по их ресурсному потенциалу).

Сущность оценки природной среды состоит в определении степени пригодности или благоприятности последней с точки зрения человека.

Устойчивость геосистемы - это ее способность активно сохранять свою структуру и характер функционирования в пространстве и во времени при изменяющихся условиях среды. Существует два аспекта проявления устойчивости геосистемы. Исходя из которых можно выделить: а) способность противостоять нагрузкам – устойчивость 1 рода (или устойчивость противостояния); б) способность к восстановлению нормального функционирования – устойчивость 2 рода (устойчивость-нормализация). Отдельные свойства геосистем и общие факторы их функционирования могут рассматриваться в качестве прогнозных показателей, определяющих устойчивость геосистемы в целом.

При отборе свойств компонентов геосистем, определяющих устойчивость последних, следует учитывать тип техногенного воздействия. Вероятно, на сегодняшний день мы не можем качественно и количественно оценить устойчивость той или иной геосистемы к техногенному воздействию вообще. Одни и те же свойства компонентов могут играть как положительную, так и отрицательную роль для устойчивости геосистем в зависимости от типа воздействия.

Определение устойчивости геосистемы к конкретному типу техногенного воздействия требует решения следующих задач: 1)

выявление наиболее значимых для данных физико-географических условий свойств компонентов геосистем; 2) оценка свойств компонентов геосистем с точки зрения их значения для устойчивости геосистемы в целом; 3) оценка интегральной устойчивости геосистемы.

В рамках природоохранной деятельности выделяются следующие основные составные части, требующие картографического обеспечения:

1) научно-исследовательская работа (с подразделениями по компонентам природной среды, методам исследования, территориальным единицам разного иерархического уровня или в глобальном масштабе);

2) практическая деятельность по охране атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв и недр, растительности и животного мира, ландшафтов (экосистем) в целом (включая юридические, экономические, технологические, гигиенические аспекты; в локальном, региональном, национальном и международном масштабах);

3) экологическое образование и воспитание (включая преподавание, пропаганду экологических знаний и осуществление прав личности и общества на информацию).

Использование материалов космических съемок для разработки экологических карт открывает новое важное направление в современном экологическом картографировании. Специфические свойства космической информации как источника при составлении карт обеспечивают выполнение основных требований к экологическим картам:

1) многоаспектность интерпретации данных позволяет многосторонне и целенаправленнее картографировать природные комплексы;

2) единая фотокартографическая основа облегчает согласование характеристик природных объектов и их единообразную локализацию в картографическом изображении;

3) единовременность исходной информации по всем видам и направлениям картографирования, позволяет достоверно картографировать современное состояние среды;

4) сокращение сроков сбора тематической информации намного ускоряет цикл подготовки картографических докумен-

тов за счет снижения объема трудоемких процессов наземных съемок;

5) возможность повторной регистрации состояния природных комплексов через определенные промежутки времени позволяет изучать особенности их динамики и развития, что способствует надежности прогнозирования.

Все виды работ по картографированию с помощью материалов космических съемок разделяются на 2 группы:

- 1) работы, связанные с разработкой и составлением исходных оригиналов космофотокарт;
- 2) редактирование и составление оригиналов карт и их издание.

Комплекс работ, по составлению карт природных условий и современного состояния природной среды, включает дешифрирование космических материалов и проведение определенных полевых исследований. Все работы по составлению на основе космической информации серии экологических карт проводятся в 3 этапа:

1. Предварительные камеральные работы;
2. Полевые исследования;
3. Окончательные камеральные работы.

Карты природных условий необходимы для выявления основных природных закономерностей и потенциальных экологических возможностей территории. Наиболее полно эти условия отражаются на ландшафтной карте.

Для обоснованности экологических прогнозов ландшафтная карта должна:

1. Содержать принцип комплексности, что выражается в синтетической форме обобщения;
2. Показывать динамическое состояние геосистем;
3. Иметь повышенную информационную емкость.

Ландшафтные карты, удовлетворяющие этим требованиям, должны быть центральными в серии тематических карт экологического содержания и при создании серии должны служить основой для построения покомпонентных карт.

Построение таких ландшафтных карт возможно на основе космических снимков. Космические снимки благодаря оптической генерализации природных систем представляют оператив-

но читаемую информацию о морфоструктурах земной поверхности.

Особенности их фотоизображения позволяют строить ландшафтные карты на морфоструктурной основе, т.е. с учетом структурно-тектонического строения территории и его отражения в рельефе. Космические фотоснимки, обладающие значительной обзорностью, служат важным материалом для изучения пространственных межландшафтных связей.

При построении карт выделение картографических единиц проводится сверху вниз, т.е. от общего к частному. Первоначально выделяются наиболее общие закономерности и единицы наиболее крупного таксономического ранга.

Для составления ландшафтной карты на основе дешифрирования космических снимков выявляют взаимосвязи между компонентами геосистем и между геосистемами различного таксономического ранга. Это позволяет наиболее полно интерпретировать материалы космических фотосъемок.

**Внутриландшафтные (вертикальные) связи** изучаются при анализе структуры фотоизображения. Индикаторами являются физиономические компоненты (рельеф, растительность). Дешифрируемые объекты – деципиентные компоненты (почвы, литология, грунтовые воды).

**Межландшафтные (горизонтальные) связи** изучаются при анализе текстуры фотоизображения. Индикаторами являются морфологическая структура ландшафта, сопряженность ландшафтных элементов. Дешифрируемые объекты – стадии современных геологических и физико-географических процессов, генезис явлений и объектов.

### **Экологические проблемы Амурской области**

Экологическая ситуация представляет собой пространственно-временное сочетание экологических проблем, которое определяет состояние систем жизнеобеспечения и создает на территории экологическую обстановку разной степени неблагополучия (остроты). Отсутствие проблем или слабое их проявление свидетельствует о нормальной или удовлетворительной экологической ситуации. Неблагоприятную экологическую ситуацию отличают следующие основные признаки: 1) негативное для человека изменение свойств природных ландшафтов; 2) де-

градация природно-ресурсного потенциала; 3) потеря уникальности, целосности, эстетической привлекательности ландшафтов.

Исходя из того, что формирование экологической ситуации является результатом пространственного взаимодействия антропогенной нагрузки (использование территории плюс плотность населения) и природных условий территории (ландшафтные особенности), а территория Амурской области на значительных площадях еще сохранила свой природный облик и природный потенциал, картографическое отображение экологического состояния осуществлялось на фоне показа природно-ландшафтной дифференциации территории.

В пределах Амурской области было выделено тринадцать типов зонально-секториальных ландшафтов, которые охарактеризованы с точки зрения присущих им экологически значимых для человека природных свойств (факторов) как благоприятных и ценных, так и неблагоприятных.

Среди благоприятных свойств – наличие месторождений полезных ископаемых, высокая естественная водообеспеченность угодий, благоприятные агроклиматические условия и высокое плодородие почв, особенно на юге области.

К неблагоприятным в экологическом отношении природным свойствам отнесены: многолетняя мерзлота, затрудняющая строительство и функционирование застроенных участков; слабая дренированность некоторых территорий; наличие грунтов легкого механического состава, легко подвергающихся эрозии и дефляции почв и др.

Для выявления и локализации экологических проблем и ситуаций наиболее важное значение имеет карта использования земель. Всего на территории Амурской области выделено 4 группы земель, различающихся по уровню антропогенной нагрузки:

1. Неиспользуемые земли;
2. Земли, используемые в качестве естественных угодий;
3. Возделываемые земли;
4. Застроенные (урбанизированные) земли.

В соответствии с природно-ландшафтной дифференциацией территории Амурской области и характером использования зе-

мель возможны три варианта выделения ареалов экологических проблем и ситуаций:

- 1) совмещение ареала распространения экологической проблемы с контурами ландшафта и (или) видам использования земель;
- 2) объединение нескольких сходных по природным особенностям ландшафтов с развитием в них одинакового набора экологических проблем или одинаковых, но разной интенсивности;
- 3) разделение контуров ландшафта и вида использования земель на два и более контуров с проявлением различных проблем.

Наибольшей остроты экологические проблемы в Амурской области достигают на давно освоенных и наиболее населенных территориях юга области, где развиваются промышленные центры, привязанные к Транссибирской магистрали. Это в первую очередь Райчихинский ареал с плотностью населения до 44 чел/км, где огромные площади нарушены открытыми угольными разработками, что сопровождается высоким уровнем загрязнения воздуха и вод, нарушением и потерей высокобонитетных сельскохозяйственных земель, отмечается ухудшение рекреационных качеств ландшафта.

Располагающийся севернее, в междуречье Зеи и Амура Шимановский ареал, также характеризуется значительной по площади зоной хронического загрязнения, сформировавшейся вокруг промцентра Шимановска. В ареале отмечено загрязнение воздуха и вод, а на небольших участках распахки, перемежающихся с массивами лесов, серьезными экологическими проблемами являются деградация лесных массивов и ухудшение почв. В силу особенностей рельефа этого района серьезную опасность представляет активизация эрозионных процессов и нарушение мерзлотного режима почво-грунтов, сопровождающие процесс хозяйственного освоения территорий.

Для обширного района возделываемых земель, примыкающего к левобережью Амура и Зеи, особенно острой проблемой является загрязнение почв остаточными количествами пестицидов, а сельскохозяйственной продукции - токсическими веществами. Это связано с особенностями климатических условий.

Относительно короткий период вегетации, недостаток влаги в апреле-мае, медленное прогревание почвы весной и избыток влаги в июле-августе не обеспечивают достаточно полного разложения химических веществ, применяемых для защиты растений и удобрения почв.

Чрезвычайно важной и актуальной экологической проблемой для всей южной части Амурской области является проблема нарушения режима охраняемых природных территорий (заповедников, заказников, памятников природы), связанная с влиянием городских и других застроенных территорий, так как именно на юге области сосредоточено наибольшее количество известных ценных природных объектов.

Не менее сложной экологической ситуацией характеризуется значительный по площади ареал, примыкающий к линии Транссибирской железнодорожной магистрали на участке Магдагачи - Сковородино. Он состоит из нескольких обособленных, но тесно смыкающихся между собой участков, различающихся по набору и остроте экологических проблем. В окрестностях города Сковородино отмечены проблемы загрязнения воздуха и вод как поверхностных, так и грунтовых. В местах разработки рудных и россыпных месторождений наблюдаются проблемы комплексного нарушения земель, достигающие высшей степени остроты. Но, пожалуй, наибольший интерес имеет здесь проблема обеднения видового состава лесов, видоизмененных рубками и пожарами в начале века, в период прокладки Транссиба.

Другим крупным ареалом с острой экологической ситуацией является район города Тынды. Он сложился в результате транспортного освоения территории - строительстве железной дороги. Приуроченная к межгорной котловине с широкими наклонными бортами эта территория отличается застойным режимом атмосферных процессов, что и способствует концентрации вредных выбросов и общему загрязнению окружающей среды. Вокруг города сформировался огромный по площади ореол - с 10-кратным превышением от общего загрязнения по сравнению с окружающей местностью. Транспортное освоение территории в условиях высокой естественной пожароопасности лесов приводит здесь к утрате и деградации лесных массивов, про-

денных пожарами, и к значительному обеднению и истощению промысловой фауны.

Особо выделяется акватория Зейского водохранилища. Огромный объем водной массы, сосредоточенной в межгорной впадине, в зоне 6-балльной сейсмической опасности, представляет собой объект высокой экологической опасности и риска разрушения плотины и катастрофического паводка в низовьях рек Зеи и Амура. Среди других проблем отмечены: деградация лесных массивов, утрата местообитаний дикой фауны за счет подтопления территории и достаточно высокий уровень загрязнения вод, связанный с кумулятивным эффектом застаивающихся водных масс.

Строительство космодрома «Восточный» в Амурской области это одна из приоритетных экологических проблем. До недавнего времени вопросам воздействия запусков космических аппаратов (КА) на экологические системы при создании и эксплуатации космической техники уделялось недостаточное внимание. Химическое воздействие носит локальный характер. Тем не менее, постоянное загрязнение создает опасность возникновения стойких изменений в функционировании экосистем, нарушая биотические процессы, изменяя видовой состав биогеоценозов. Экосистемы способны активно противостоять негативному воздействию, однако количественные характеристики этого явления нуждаются в серьезном изучении. На настоящий момент не определены величины допустимых нагрузок на экосистемы, которые не вызывают химических изменений, приводящих к долговременным негативным воздействиям на структуру и функционирование экосистем.

Приведенный выше анализ экологической обстановки с использованием методов экологического картографирования, сложившейся на территории Амурской области, показывает, что здесь имеется целый ряд районов с напряженной социально-экологической ситуацией, требующих незамедлительных мер, направленных на переориентацию их хозяйственного развития с целью создания устойчивого развития Амурской области в целом.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие показатели с экологической точки зрения являются наиболее важными?
2. Назовите аспекты проявления устойчивости геосистемы.
3. Обоснуйте необходимость экологического картографирования.
4. Для чего необходимо знание природных ландшафтов?
5. Расскажите об экологической ситуации в Амурской области.
6. С какой целью используют космические снимки?

**Тема 9. Физико-химические методы диагностики веществ в экологических исследованиях**

Химико-аналитический контроль окружающей среды необходим для получения объективных данных о содержании вредных для здоровья человека веществ в среде обитания. Среди методов и средств, которыми располагает современная аналитическая химия, электроаналитические методы занимают одно из первых мест по частоте применения для решения проблем охраны окружающей среды и широко используются в анализе вод, почв, атмосферы и пищевых продуктов.

Для решения этой задачи используют инструментальные методы современной аналитической химии, основанные на измерении различных физических свойств определяемых веществ или продуктов их химических превращений (аналитических реакций) с помощью физических и физико-химических приборов. Результат измерения, несущий химико-аналитическую информацию, часто называют аналитическим сигналом.

Спектроскопические методы анализа основаны на использовании взаимодействия атомов или молекул определяемых веществ с электромагнитным излучением широкого диапазона энергий. Ценную информацию в анализе вод предоставляют электрохимические методы анализа: потенциометрия, полярографические и кулонометрические методы.

Исключительно мощное средство контроля загрязнения различных объектов окружающей среды – хроматографические методы, позволяющие анализировать сложные смеси компонен-

тов. Важное значение приобрели тонкослойная, газожидкостная и высокоэффективная жидкостная и ионная хроматография. Так определяют пестициды, полихлорированные бифенилы, диоксины, нитрозоамины и другие токсичные вещества. Ионная хроматография удобна при анализе катионного и анионного составов вод.

Химическая информация о качестве окружающей среды очень важна. Однако даже все аналитические методы не в состоянии охватить функциональное разнообразие загрязняющих веществ. Не дают они и прямой информации об их биологической опасности. Это задача биологических методов. Результаты наблюдений за изменениями состояния биосферы используют для оценок и прогноза. Эта грандиозная и одна из серьезнейших проблем предопределяет высокую требовательность к правильности результатов химико-аналитического исследования природной среды.

**Центрифугирование.** Разделение веществ с помощью центрифугирования основано на разном поведении частиц в центробежном поле. Суспензию частиц, помещенную в пробирку, загружают в ротор, установленный на валу привода центрифуги. **Препаративное центрифугирование** заключается в выделении биологического материала для последующих биохимических исследований. Метод применяется также для выделения таких биологических макромолекул, как ДНК и белки из предварительно очищенных препаратов. При этом можно брать большие количества исходного биологического материала, например, посеvy микробных клеток из периодических или непрерывных культур, а также посеvy растительных и животных клеток из культур ткани и плазмы крови. С помощью препаративного центрифугирования выделяют большое количество клеточных частиц для изучения их морфологии, структуры и биологической активности. **Аналитическое центрифугирование** применяется главным образом для изучения чистых или практически чистых препаратов макромолекул или частиц, например рибосом. В данном случае используется небольшое количество материала, а седиментация исследуемых частиц непрерывно регистрируется с помощью специальных оптических систем. Метод позволяет

получать данные о чистоте, молекулярной массе и структуре материала.

**Фотоколориметрический метод** основан на количественном определении веществ на основании измерений интенсивности окраски или светопоглощения окрашенных соединений в видимой области спектра в соответствии с оптическим законом Бугера - Ламберта - Беера. Минимальная ошибка измерения возможна при использовании значений оптических плотностей в пределах 0,3 - 0,7. Фотоколориметрические методы, в которых измеряется свето - поглощение окрашенных растворов, используют сравнительно несложную аппаратуру и при этом обеспечивают достаточную точность измерений ( $\pm 1-2$  % отн.). В большинстве фотоколориметров используется длина волны света в видимой области, монохроматизация осуществляется с помощью светофильтров.

Важнейший элемент фотоколориметров фотоэлемент преобразует световую энергию, проходящую через исследуемый окрашенный раствор, в электрическую. Сила возникающего фототока (чувствительность фотоэлемента) зависит от длины волны падающего света и температуры.

Измерительные кюветы - это прямоугольные со строго параллельными стенками или цилиндрические сосуды с определенным расстоянием между стенками или крышками. Стеклокюветы пропускают все лучи видимого света, кварцевые - видимые, ультрафиолетовые лучи и часть инфракрасных лучей. В зависимости от интенсивности окраски раствора для измерения выбирают кювету с большей или меньшей толщиной слоя, чтобы достичь оптимального интервала оптической плотности.

**Спектрофотометрические методы** анализа отличаются от фотоколориметрических использованием поглощения монохроматического света. Чувствительность определения различных элементов и соединений спектрофотометрами 0,08-20 мг/мл пробы. Частными случаями спектрофотометрии являются турбидиметрический и нефелометрический методы анализа, применяющиеся для определения количества веществ, находящихся во взвешенном состоянии, посредством измерения интенсивности прохождения (турбидиметрический) или рассеивания (нефелометрический) света в контролируемом растворе пробы. Для из-

мерений турбидиметрическим методом служат спектрофотометры различных типов с синим светофильтром, а также специальные приборы - мутномеры. Рассматриваемый метод пригоден для измерения концентраций порядка несколько частей на миллион. Нефелометрический метод анализа более чувствителен для сильно разбавленных суспензий и при благоприятных условиях может дать точность, сравнимую с точностью других колориметрических методов.

**Атомно-абсорбционный спектральный анализ** основан на способности свободных атомов элементов селективно поглощать резонансное излучение определенной для каждого элемента длины волны. Метод универсален, прост, высокопроизводителен и позволяет выделить более семи элементов с точностью 0,1-0,01 мг/л.

**Люминесцентный (флуориметрический) метод** использует явление сильной флуоресценции у некоторых веществ (нефтепродуктов, фенолов и др.) при воздействии на них ультрафиолетовым излучением. Приборы для люминесцентного анализа называются спектрофлуориметрами.

**Газохроматографический метод** основан на селективном разделении соединений между двумя несмешивающимися фазами, одна из которых неподвижна (жидкость или твердое тело), а другая – подвижна (инертный газ – носитель). Рассматриваемый метод позволяет определять ничтожно малые количества веществ, не обладающих специфическими реакциями, анализировать смеси, состоящие из десятков и сотен компонентов с близкими свойствами.

**Полярографический метод**, использующий принцип восстановления анализируемого соединения на ртутном каплюющем электроде, как правило, при анализе следовых количеств веществ, находящихся в разных агрегатных состояниях. Полярографы имеют чувствительность равную 0,005-1 мкг/мл пробы.

**Масс-спектрометрический метод** заключается в ионизации газообразной пробы электронной бомбардировкой, после чего образующиеся ионы подвергаются воздействию магнитного поля. В зависимости от массы и заряда ионы отклоняются с различной скоростью и соответствующим образом разделяются.

**Рентгеноспектральный анализ** состоит в изучении спектров различных элементов и веществ под воздействием рентгеновского излучения.

**Потенциометрический метод**, основанный на измерении электродвижущих сил (э.д.с) обратимых гальванических элементов, используют для определения содержания веществ в растворе и измерения различных физико-химических величин. Различают *прямую потенциометрию (ионометрию)* – непосредственное измерение равновесного потенциала и нахождение активности ионов в растворе, и *косвенную (потенциометрическое титрование)* – регистрация изменения потенциала в процессе химической реакции между определяемым веществом и титрантом.

**Хроматографический метод** обладает наибольшим спектром возможностей для контроля загрязнения различных объектов окружающей среды. Хроматографический метод основан на сорбционных процессах – поглощении газов, паров или растворённых веществ твёрдым или жидким сорбентом. Сущность всех хроматографических методов состоит в том, что разделяемые вещества вместе с подвижной фазой перемещаются через слой неподвижного сорбента с разной скоростью вследствие различной сорбируемости. Иными словами, хроматография – это динамический сорбционный процесс разделения смесей, основанный на распределении вещества между двумя фазами, одна из которых подвижна, а другая – неподвижна, и связанный с многократным повторением актов сорбции – десорбции.

**Сорбция** – процесс поглощения газов, паров и растворённых веществ твёрдыми и жидкими поглотителями (сорбентами). *Абсорбция* – это избирательное поглощение компонентов газовой смеси жидким поглотителем (абсорбентом). *Адсорбцией* называется процесс поглощения газов (паров) или жидкостей поверхностью твёрдых тел (адсорбентов). По механизму взаимодействия веществ с сорбентами различают: ***физическую адсорбцию*** – молекулы сорбирующихся веществ взаимодействуют с поверхностью сорбента главным образом за счет дисперсионных Ван-дер-ваальсовых сил (в молекулах появляются диполи, наведенные зарядами поверхности). Такой механизм характерен для сорбции на активных углях. Сорбция может сопровождаться возникновением между сорбирующимся соединением и по-

верхностью прочной химической связи и образованием нового химического соединения на поверхности – **хемосорбция**. Кроме дисперсионных взаимодействий при сорбции воды, спиртов, кетонов, аминов на сорбентах, поверхность которых покрыта гидрокси- и оксигруппами (например,  $Al_2O_3$ , кремнезем), дополнительно происходит образование комплексов с межмолекулярной водородной связью. В этом случае может осуществляться **смешанный механизм**.

**Экстракцией** называется переводение вещества из одной фазы в другую, не смешивающуюся с ней. Чаще всего имеют ввиду две жидкие фазы – водную и органическую. Соединение (обычно в органической фазе), ответственное за образование экстрагируемого соединения, называют **экстрагентом**. Инертные органические растворители (хлороформ, четыреххлористый углерод, бензол), применяемые для улучшения физических и экстракционных свойств экстрагента, называют **разбавителями**. Органическую фазу, отделенную от водной фазы и содержащую экстрагированные соединения, называют **экстрактом**. Перевод вещества из органической фазы в водную называют **реэкстракцией**, а раствор, используемый для реэкстракции – **реэкстрагентом**. Экстрагируются только электронейтральные частицы.

**Флотация** – один из методов обогащения полезных ископаемых, который основан на различии способности минералов удерживаться на межфазовой поверхности, обусловленный различием в удельных поверхностных энергиях. **Гидрофобные** (плохо смачиваемые водой) частицы минералов избирательно закрепляются на границе раздела фаз, обычно газа и воды, и отделяются от **гидрофильных** (хорошо смачиваемых водой) частиц. При флотации пузырьки газа или капли масла прилипают к плохо смачиваемым водой частицам и поднимают их к поверхности. Флотация применяется также для очистки воды от органических веществ и твердых взвесей, разделения смесей, ускорения отстаивания в химической, нефтеперерабатывающей, пищевой и других отраслях промышленности.

**Масляная флотация** – при перемешивании измельченной руды с маслом и водой сульфидные минералы избирательно смачиваются маслом и всплывают вместе с ним на поверхность

воды, а порода (кварц, полевые шпаты) осаждается. *Пленочная флотация*– способность гидрофобных минеральных частиц удерживаться на поверхности воды, в то время как гидрофильные тонут в ней. *Пенная флотация*– при которой через смесь частиц с водой пропускают мелкие пузырьки воздуха, частицы определённых минералов собираются на поверхности раздела фаз «воздух-жидкость», прилипают к пузырькам воздуха и выносятся с ними на поверхность в составе трехфазной. Пену в дальнейшем сгущают и фильтруют. *Электрофлотация* – перспективный метод для применения в химической промышленности, заключается во всплытии на поверхности жидкости дисперсных загрязнений за счет выделения электролитических газов и флотационного эффекта.

**Спектроскопия** – раздел физики и аналитической химии, посвящённый изучению спектров взаимодействия излучения (в том числе, электромагнитного излучения, акустических волн и др.) с веществом. *Флуоресцентная спектроскопия* – весьма чувствительный метод анализа химического состава образца, позволяющий обнаруживать следовые количества веществ и даже их отдельные молекулы. В качестве источников возбуждающего излучения особенно эффективны лазеры. *Абсорбционная спектроскопия* незаменима при исследованиях в тех областях спектра, где флуоресценция слаба или отсутствует вовсе. Спектр поглощения регистрируется прямым измерением прошедшего через образец света или одним из многочисленных косвенных методов. Для наблюдения слабых и запрещенных переходов применяются длинные или многопроходные кюветы. Использование перестраиваемых лазеров в качестве источников излучения позволяет обойтись без щелевых диафрагм и дифракционных решеток.

**Рефрактометрия** – это метод исследования веществ, основанный на определении показателя (коэффициента) преломления (рефракции) и некоторых его функций. Рефрактометрия (рефрактометрический метод) применяется для идентификации химических соединений, количественного и структурного анализа, определения физико-химических параметров веществ.

**Микроскопия**– изучение объектов с использованием микроскопа. Подразделяется на несколько видов: оптическая мик-

роскопия, электронная микроскопия, рентгеновская или рентгеновская лазерная микроскопия, отличающиеся использованием электромагнитных лучей с возможностью рассмотрения и получения изображений микроэлементов вещества в зависимости от разрешающей способности приборов (микроскопов).

*Оптическая микроскопия.* Оптический, или световой микроскоп использует видимый свет, проходящий через прозрачные объекты, или отражённый от непрозрачных. Световая микроскопия обеспечивает увеличение до 2-3 тысяч раз, цветное и подвижное изображение живого объекта, возможность микрокиносъемки и длительного наблюдения одного и того же объекта, оценку его динамики и химизма.

*Электронная микроскопия*– совокупность электронно-зондовых методов исследования микроструктуры твердых тел, их локального состава и микрополей (электрических, магнитных и др.) с помощью электронных микроскопов – приборов, в которых для получения увеличения изображений используют электронный пучок. Электронная микроскопия включает также методики подготовки изучаемых объектов, обработки и анализа результирующей информации. Различают два главных направления электронной микроскопии: трансмиссионную (просвечивающую) и растровую (сканирующую), основанных на использовании соответствующих типов. Они дают качественно различную информацию об объекте исследования и часто применяются совместно.

*Рентгеновская микроскопия*– совокупность методов исследования микроскопического строения вещества с помощью рентгеновского излучения. В рентгеновской микроскопии используют специальные приборы – рентгеновские микроскопы. Разрешающая способность достигает 100 нм, что в 2 раза выше, чем у оптических микроскопов (200нм). Теоретически рентгеновская микроскопия позволяет достичь на 2 порядка лучшего разрешения, чем оптическая (поскольку длина волны рентгеновского излучения меньше на 2 порядка). Однако современный оптический микроскоп - наноскоп имеет разрешение до 3-10нм.

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите методы, основанные на количественном анализе веществ.
2. Какие физико-химические методы анализа вещества основываются на разделении исследуемого вещества?
3. В чем заключается отличие спектрофотометрического метода анализа веществ от фотоколориметрического метода?
4. Для какого физико-химического метода необходимо обязательное наличие микроскопа? Охарактеризуйте данный метод.

**Тема 10. Виды экотоксикантов и методы  
их диагностики в почве, растениях,  
продукции растениеводства и животноводства**

**Экотоксиканты** – это экологически опасные факторы химической природы, которые способны долгое время сохраняться, мигрировать и накапливаться в ее биотических и абиотических компонентах. В концентрациях, превышающих естественный природный уровень, экотоксиканты оказывают токсическое воздействие, как на окружающую среду, так и на здоровье человека.

**Экотоксиканты:**

*1. Пестициды* - общее наименование всех химических соединений и биологических препаратов, используемых в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями и болезнями растений, сорными растениями, вредителями хранящейся сельскохозяйственной продукции, внешними паразитами животных, а также для обеззараживания почвы, семян и посадочного материала. Пестициды различают по объектам применения:

- гербициды – для борьбы с сорными растениями;
- инсектициды – для борьбы с вредными насекомыми;
- фунгициды – для борьбы с грибными болезнями;
- антисептики – для предохранения дерева от разрушения микроорганизмами;
- дефолианты – для удаления листьев;
- протравители семян – для предпосевной обработки семян;

- регуляторы роста растений – вещества, влияющие на развитие растений.

Перечень неблагоприятных последствий широкого применения пестицидов велик: загрязнение воды почвы, продуктов питания, хронические заболевания и острые отравления, врожденные аномалии развития, детская смертность.

В растениях пестициды в основном накапливаются в листьях и в кожуре плодов сельскохозяйственных культур. Пестициды могут накапливаться в мясе и молоке.

Освобождение продуктов питания от остаточных количеств пестицидов происходит при использовании традиционных технологий их переработки и кулинарной обработки, таких как варка, жарение, печение, консервирование, изготовление варенья, джема, мармелада и т.д.

2. *Диоксины* – это стойкие органические загрязнители, имеющие некоторые общие характеристики: они представляют собой мало летучие, химически прочные соединения, которые могут оставаться в окружающей среде в течение длительного времени, не подвергаясь разложению. Попав в воздух, они перемещаются на большие расстояния, вплоть до регионов, расположенных в тысячах километрах от первоначальных источников загрязнения.

3. *Нитраты и нитриты*. Нитраты - соли азотной кислоты с радикалом NO<sub>3</sub>, широко распространенные в окружающей среде, главным образом в почве и воде. В больших количествах нитраты опасны для здоровья человека. Нитраты могут угнетать активность иммунной системы организма, снижать устойчивость организма к воздействию отрицательных факторов окружающей среды.

Поступающие с пищей нитраты всасываются в пищеварительном тракте, попадают в кровь и в ткани. Через 4-12 ч большая их часть (80 % у молодых и 50 % у пожилых людей) выводится из организма через почки. Остальное их количество остается в организме.

В России установлена допустимая суточная доза нитратов – 5мг на 1 кг массы тела человека. Острое отравление нитратами отмечено при одноразовой дозе 200-300 мг, а смертельный исход от 300-2500 мг.

4. *Микотоксины* – вторичные метаболиты плесневых грибов. Отравление микотоксинами – серьезная угроза здоровью людей. Известно более 250 видов различных микроскопических грибов, продуцирующих около 500 токсических метаболитов и отличающихся не только высокой токсичностью, но и мутагенными, тератогенными и канцерогенными свойствами.

Антибиотики также являются вторичными метаболитами грибов и попадают в продукцию животноводства в результате лечебно-ветеринарных мероприятий, а также при использовании их в качестве биостимуляторов роста животных.

При употреблении продуктов питания, содержащих антибиотики, изменяется кишечная микрофлора человека, что приводит к нарушению синтеза витаминов, размножению патогенных микробов в кишечнике и возникновению аллергических заболеваний. Под влиянием Антибиотиков чувствительные микроорганизмы погибают, а устойчивые, размножаясь, становятся преобладающей частью микрофлоры кишечника человека. Это приводит к увеличению длительности заболеваний диареей, необходимости повышения доз лечебных препаратов.

5. *Гормональные препараты* используются в ветеринарии и животноводстве для стимуляции роста животных, улучшения усвояемости кормов, многоплодия, ускорения полового созревания. Многие гормональные препараты применяются для откорма скота и птицы. У животных угнетают функцию надпочечников, они не токсичны, но имеют побочные действия.

6. *Тяжелые металлы* – основные неорганические экотоксиканты. Основным поставщиком тяжелых металлов – предприятия цветной металлургии. Сильное загрязнение свинцом и другими тяжелыми металлами наблюдается вокруг автострад. Часть техногенных выбросов тяжелых металлов поступает в атмосферу в виде тонких аэрозолей и переносится на значительные расстояния, приводя к глобальному загрязнению. Механизмы токсического действия тяжелых металлов различны. Многие металлы при определенных концентрациях ингибируют действие ферментов (медь, ртуть). Некоторые металлы образуют хелатоподобные комплексы с обычными метаболитами, нарушая обмен веществ (железо). Другие металлы повреждают клеточные мембраны, изменяя их проницаемость и другие свойства. Некоторые

металлы конкурируют с необходимыми организму элементами (Стронций-90 может замещать в организме Са, Цезий-137 – калий, кадмий может замещать цинк).

### **Отбор проб растительных и животных образцов**

При выборе мест отбора проб почвы и их первичной оценки обычно учитывают два главных параметра:

1) размер (площадь) элементарного участка, с которого отбирают смешанный почвенный образец, отражающий средний уровень загрязнения почвы,

2) ключевой участок, являющийся наименьшей геоморфологической единицей ландшафта, в достаточной мере отражающей генезис (тип, подтип) свойств почв.

Выбор места для отбора проб биоты является специфической задачей биомониторинга. Данная процедура имеет принципиальную особенность – индикационный характер поиска места для такого пробоотбора. Он заключается в том, что наблюдения за показаниями состояния растительности и животного мира должно показывать исследователю, где ему отбирать пробы биообъектов для последующего анализа на предмет их загрязненности.

В операцию поиска источника или места пробоотбора часто также включается задача идентификации характера воздействия или загрязняющего вещества (установление его природы, расшифровка состава основных компонентов смеси). При отсутствии технической возможности или необходимости в идентификации она должна заменяться более простой задачей обнаружения, т. е. подтверждения факта наличия загрязняющего вещества в среде. В случае обнаружения вредного физического фактора целесообразно сразу проводить количественное измерение его уровня.

Пробы отбирают для определения характера, степени и глубины проникновения в них загрязняющих веществ, изучения закономерностей процессов самоочищения, выявления источников вторичного загрязнения и учета воздействия антропогенного фактора на водные экосистемы.

Проба при этом должна характеризовать не столько донные грунты, сколько водный объект или часть за определенный про-

межуток времени. В водоемах и водотоках точки отбора проб выбирают с учетом распределения донных отложений и их перемещения. Отбор таких проб обязателен в местах максимального накопления донных отложений (места сброса сточных вод и впадения боковых потоков, приплотинные участки водохранилищ), а также в местах, где обмен загрязняющими веществами между водой и донными отложениями наиболее интенсивен (судоходные фарватеры рек, перекаты, участки ветровых волнений). При оценке влияния сточных вод на степень загрязненности донных отложений и динамики накопления загрязняющих веществ в них пробы отбирают выше и ниже места сброса в характерные фазы гидрологических режимов изучаемых водных объектов.

При отборе проб растительности обычно предполагается, что большинство загрязняющих веществ оседают на поверхности растительного образца и находятся там, в подвижной форме. Частицы пыли или почвы, содержащие загрязняющие вещества, прилипают прежде всего к листьям, стеблям и плодам, покрытым воскообразным веществом. Рекомендуется отбирать растения, не подвергавшиеся химической обработке. При этом целые растения или их части следует собирать в поле, где они находятся в естественном окружении. Для веществ, которые попадают в растения из почвы (хлорорганические соединения, тяжелые металлы, радионуклиды), необходимо учитывать тот факт, что определяемые соединения могут прочно связываться с внутренними тканями растения.

К отбору проб животного происхождения, в которых предполагается наличие следовых количеств загрязняющих веществ, предъявляют особые, дополнительные требования. Важно, чтобы проба была репрезентативной для всего исследуемого организма (человека или животного). В частности, в пробах крови, взятых из различных органов, часто обнаруживаются существенные различия. По этой причине необходимо особенно точно указывать условия отбора проб, в том числе и место отбора в организме. Следует также указывать особенности биологии исследуемых видов, стадию их развития и степень контактов с природной средой.

Пробы тканей могут отбираться отдельно для каждой из особей, как это рекомендуется при обследовании крупных животных, либо усредняются в единый образец.

Моллюсков собирают из расположенных в обследуемом районе водоемов: водохранилищ, прудов, озер, рек, ручьев (желательно по одной пробе из каждого водоема). Каждая проба должна содержать особи одного вида: по 5 – 8 экземпляров половозрелых животных (40 – 80 мм) с общим весом без раковин не менее 50 г. Отобранных моллюсков помещают на фильтровальную бумагу и после удаления заворачивают в фольгу или кальку. Пробы также хранятся до анализа замороженными. Для отбора проб тканей рыб их вылавливают в летний период. Иногда для контроля за содержанием загрязняющих веществ в воде, в местах сброса сточных вод вылавливают придонных рыб (каarp, лещ). В этом случае желательно в тех же местах отобрать для обследования и моллюсков.

### **Методы исследования состояния окружающей среды**

1. Химико-аналитические методы определения содержания экотоксикантов в объектах окружающей среды. Методы отбора, хранения и предварительной подготовки проб. Оптическая спектроскопия и люминесценция. Газовая хроматография. Хромато-масс-спектрометрия. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Использование ферментативных и иммунохимических реакций.

2. Биологические методы контроля окружающей среды. Биомониторинг как составная часть экологического мониторинга. Сущность метода биоиндикации. Требования, предъявляемые к биоиндикаторам уровней загрязнения. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем: млекопитающие, почвенная мезофауна и растительность как биоиндикаторы. Биотестирование и биоидентификация.

3. Оценка и управление экологическим риском. Качественная и количественная характеристика экологического риска. Задачи оценки риска и управления риском. Схема оценки экологического риска, предложенная Агентством по охране окружающей среды США (EPA USA). Планирование и основные стадии-блоки схемы (постановка задачи, анализ, характеристика риска).

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите основные группы экотоксикантов.
2. Охарактеризуйте наиболее опасные экотоксиканты.
3. Что необходимо учитывать при выборе места отбора проб почвы?
4. Как проводится отбор проб растительного образца?
5. Как осуществляется отбор проб образца животного происхождения?

**Тема 11. Методы экологических исследований состояния и качества природных вод и атмосферного воздуха****ПРИРОДНЫЕ ВОДЫ**

**Водопользование** – использование водных объектов для удовлетворения любых нужд населения и народного хозяйства.

Водные объекты используются для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, сброса сточных вод и (или) дренажных вод, производства электрической энергии, движения водного и воздушного транспорта, сплава древесины и других целей.

**Пробы из рек и водных потоков** отбирают для определения качества воды в бассейне реки, пригодности воды для пищевого использования, орошения, для водопоя скота, рыборазведения, купания и водного спорта, установления источников загрязнения.

Для определения влияния места сброса сточных вод и вод притоков, пробы отбирают выше по течению и в точке, где произошло полное смешение вод. Следует иметь в виду, что загрязнения могут быть неравномерно распространены по потоку реки, поэтому обычно пробы отбирают в местах максимально бурного течения, где потоки хорошо перемешиваются. Пробоотборники помещают вниз по течению потока, располагая на нужной глубине.

Следует отметить, что качество воды в водоемах (как озерах, так и реках) носит циклический характер, причем наблюда-

ется суточная и сезонная цикличность. По этой причине ежедневные пробы следует отбирать в одно и то же время суток (например, в 12 часов), а продолжительность сезонных исследований должна быть не менее 1 года, включая исследования серий проб, отобранных в течение каждого времени года.

**Пробы грунтовых вод** отбирают для определения пригодности грунтовых вод в качестве источника питьевой воды, а также для технических или сельскохозяйственных целей; для определения влияния на качество грунтовых вод потенциально опасных хозяйственных объектов; при проведении мониторинга загрязнителей грунтовых вод.

Грунтовые воды изучают, отбирая пробы из артезианских скважин, колодцев, родников. Следует иметь в виду, что качество воды в различных водоносных горизонтах может значительно различаться, поэтому при отборе пробы грунтовых вод следует оценить доступными способами глубину горизонта, из которого отобрана проба, возможные градиенты подземных потоков, информацию о составе подземных пород, через которые пролегает горизонт. Поскольку в точке отбора пробы могут создаться концентрации различных примесей, отличные от их концентраций в водоносном слое, необходимо откачивать из скважины (или из родника, делая в нем углубление) воду в количестве, достаточном для обновления воды в скважине, водопроводе, углублении и т.п.

**Пробы воды из водопроводных сетей** отбирают в целях определения общего уровня качества водопроводной воды, поиска причин загрязнения распределительной системы, контроля степени возможного загрязнения питьевой воды продуктами коррозии и др.

Для получения репрезентативных проб при отборе воды из водопроводных сетей соблюдают следующие правила:

- отбор проб проводят после спуска воды в течение 10–15 мин (времени, обычно достаточного для обновления воды с накопившимися загрязнителями);

- для отбора не используют концевые участки водопроводных сетей, а также участки с трубами малого диаметра (менее 1,2 см);

- для отбора используют, по возможности, участки с турбулентным потоком – краны вблизи клапанов, изгибов;
- при отборе проб вода должна медленно течь в пробоотборную емкость до ее переполнения.

Большинство полевых методов определения показателей качества воды являются химическими, т.к. позволяют определить содержание химических компонентов в составе воды и основаны на *химико-аналитических* реакциях.

Характеристики образцов воды могут определяться непосредственно в отобранных пробах различными методами: визуальным, органолептическим, визуально-колориметрическим, титриметрическим, турбидиметрическим и расчетным.

В нормативных документах не оговорены условия применения полевых методов, однако такими условиями для большинства методов определения могут быть приняты следующие:

- температура анализируемой воды 15–25°C;
- температура воздуха 5–30°C;
- относительная влажность воздуха и атмосферное давление (не ограничены).

#### **Особенности выполнения анализа органолептическими методами**

При анализе визуальным, органолептическим и турбидиметрическими методами определяют: запах, вкус, цветность, мутность, концентрацию сульфат-анионов, используя собственные вкусовые ощущения, обоняние и зрение.

#### **Особенности выполнения анализа колориметрическими методами**

*Колориметрическим* (от английского "colour" – цвет) называется метод анализа, основанный на сравнении качественного и количественного изменения потоков видимого света при их прохождении через исследуемый раствор и раствор сравнения. Определяемый компонент при помощи химико-аналитической реакции переводится в окрашенное соединение, после чего измеряется интенсивность окраски полученного раствора. При измерении интенсивности окраски проб с помощью прибора фотоколориметра метод называется *фотоколориметрическим*. Соответственно, при измерении интенсивности окраски визуальным способом (например, оценивая интенсивность окраски сравни-

тельно с каким-либо образцом) метод называется *визуально-колориметрическим*.

Наиболее точные результаты при анализе визуально-колориметрическим методом достигаются, если сравнивать окраску пробы с окраской *модельных эталонных растворов*. Для упрощения визуального колориметрирования при полевых анализах окраску раствора-пробы можно сравнивать не с эталонными растворами, а с нарисованной контрольной шкалой, на которой образцы воспроизводят окраску (цвет и интенсивность) модельных эталонных растворов, приготовленных с соблюдением заданных значений концентрации целевого компонента.

### **Особенности выполнения анализа титриметрическим методом**

*Титриметрический* метод анализа основан на количественном определении объема раствора одного или двух веществ, вступающих между собой в реакцию, причем концентрация одного из них должна быть точно известна. Раствор, концентрация вещества в котором точно известна, называется титрантом, или титрованным раствором. При анализе чаще всего стандартный раствор помещают в измерительный сосуд и осторожно, малыми порциями, дозируют его, приливая к исследуемому раствору до тех пор, пока не будет установлено окончание реакции. Эта операция называется титрованием. В момент окончания реакции происходит *стехиометрическое* взаимодействие титранта с анализируемым веществом и достигается точка эквивалентности. В точке эквивалентности затраченное на титрование количество (моль) титранта точно равно и химически эквивалентно количеству (моль) определяемого компонента. Точку эквивалентности обычно определяют, вводя в раствор подходящий индикатор и наблюдая за изменением окраски.

При выполнении анализа титриметрическим методом (карбонат, гидрокарбонат, хлорид, кальций, общая жесткость) определение проводят в склянках или пробирках вместимостью 15–20 мл, имеющих метку 10 мл. В процессе титрования раствор перемешивают стеклянной палочкой либо встряхиванием.

## АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

Степень загрязнения атмосферного воздуха сильно колеблется во времени и пространстве, причем эти колебания связаны с особенностями источников эмиссии загрязнителей (тип источника, природа и свойства загрязняющих воздух веществ, объем выброса) и с влиянием метеорологических и топографических факторов (направление и скорость ветра, температурные инверсии, атмосферное давление, влажность воздуха, рельеф местности и расстояние до источника загрязнения).

Необходимость унификации единиц измерения для характеристики степени загрязнения атмосферного воздуха стала особенно очевидной в начале 70-х годов, когда в соответствии с программами ООН и других международных и национальных организаций по охране окружающей среды начали интенсивно разрабатывать методы контроля воздушных загрязнений и стандарты качества атмосферного воздуха. По рекомендации ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения) и ВМО (Всемирная метеорологическая организация), для выражения степени загрязнения атмосферного воздуха, как унифицированные единицы приняты  $\text{мкг/м}^3$  или  $\text{мг/м}^3$ .

Для борьбы с загрязнением атмосферного воздуха необходимы стандарты качества воздуха, на базе которых осуществляются все мероприятия по сохранению чистоты окружающей среды. Наличие стандартов качества воздуха позволяет направлять усилия по оздоровлению атмосферного воздуха более рационально, т.е. на мероприятия в тех регионах, где уровень загрязнений воздуха превышает установленные нормативы.

В 1951 г. в СССР впервые в мире были установлены национальные стандарты качества атмосферного воздуха – **предельно допустимые концентрации** (ПДК) для наиболее часто встречающихся атмосферных загрязнений. Сейчас в нашей стране нормировано содержание в атмосферном воздухе населенных пунктов более 1000 химических соединений.

Анализ воздуха, содержащего загрязнение, довольно сложен, так как необходимо, с одной стороны, проанализировать сложную по составу многокомпонентную смесь, а с другой – провести избирательное определение содержания вредных веществ при их концентрации в воздухе на уровне ПДК и ниже.

Кроме того, определение не должно быть длительным (по ГОСТу длительность отбора проб не должна превышать 30 мин).

Пробы атмосферного воздуха отбирают в сосуды ограниченной емкости, как правило, аспирационным способом. Этот способ основан на извлечении анализируемого загрязнения поглотительными растворами или твердыми сорбентами с большой поглощающей поверхностью (силикагель, алюмогель, активный уголь и др.). Широко распространено использование фильтрующих материалов из тонких и ультратонких волокон (ацетилцеллюлозы, полиакрилопиритрила, полиакрилата и др.).

Подготовка пробы зависит от метода анализа загрязнений в атмосфере. Основные методы: фотометрический, полярографический, газохроматографический.

Наибольшее распространение для определения загрязнений в атмосфере получили *фотоколориметрический и спектрофотометрический методы*. Они основаны на том, что световой поток при прохождении через слой раствора ослабляется в результате поглощения и отражения раствором. Оптическая плотность раствора при постоянной толщине слоя пропорциональна концентрации.

*Полярографический метод*. Применяют для анализа микропримесей, находящихся в различных агрегатных состояниях. Метод предложен Я. Гейровским в 1922 г. При анализе атмосферного воздуха загрязнения, выделенные с помощью аспирации через фильтры, поглотительные растворы или адсорбенты, переводят в раствор, состав которого указан в специальных методиках. Этот раствор анализируют на полярографе, состоящем из измерительного прибора и полярографической ячейки. Метод основан на определении зависимости между силой тока в цепи электролитической ячейки и напряжением поляризации  $E$  при электролизе раствора. Для определения концентрации загрязнений строят калибровочные графики.

*Лихеноиндикация* (изучение загрязнения воздуха при помощи лишайников). В лишеноиндикационных исследованиях в качестве субстрата используются различные деревья. Для оценки загрязнения атмосферы города, районного центра, поселка выбирается вид дерева, который наиболее распространен на исследуемой территории. 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, определяют размеры розеток лишайников и степень покрытия в процентах. 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. Оценка встречаемости и покрытия дается по 5-балльной шкале.

### **Контрольные вопросы:**

1. Почему пробы воды отбирают в местах максимального течения и выше по течению?
2. Что необходимо оценить при отборе пробы грунтовых вод?
3. Какие правила необходимо соблюдать при отборе пробы водопродной воды?
4. Охарактеризуйте методы анализа качества природных вод.
5. Как производят отбор проб атмосферного воздуха?
6. Какие методы используют для анализа загрязнения атмосферного воздуха?

## **Тема 12. Искусственные и естественные источники загрязнения ландшафтов и методы их оценки**

Почва – особое природное образование, обладающие рядом свойств, присущих живой и неживой природе, сформировавшееся в результате длительного преобразования поверхностных слоев литосферы под совместным взаимообусловленным взаимодействием гидросферы, атмосферы, живых и мертвых организмов.

Почти все загрязняющие вещества, которые первоначально попали в атмосферу, в конечном итоге оказываются на поверхности суши и воды. Оседающие аэрозоли могут содержать ядовитые тяжелые металлы – свинец, кадмий, ртуть, медь, ванадий, кобальт, никель. Обычно они малоподвижны и накапливаются в почве. Состав и свойства почвы постоянно меняются

под влиянием жизнедеятельности, климата, деятельности человека. При внесении удобрений почва обогащается питательными для растений веществами, изменяет свои физические свойства. Неправильная эксплуатация может привести к нарушению почвенного покрова – деградации почвы: эрозия (сношение верхнего слоя почвы водой или ветром), загрязнение, заболачивание, затопление, опустынивание, отчуждение.

Одним из источников загрязнения почв в России являются промышленные отходы производства черных и цветных металлов, а также отходы химической промышленности и её продукция (органические химические соединения, продукты неорганической химии, поверхностно активными веществами и др.). Значительный вклад в загрязнение окружающей среды вносят предприятия простого органического синтеза. Это, прежде всего, технологические отходы - остатки или продукты, отработанные в технологическом цикле и имеющие, как следствие, ухудшенные физико-химические свойства.

При производстве высокомолекулярных соединений источниками загрязнения почв являются мономеры, растворители, катализаторы, стабилизаторы, наполнители красители и т.д., а также непосредственно и сама продукция - лакокрасочные материалы (растворы смол или синтетических веществ в органических растворителях), пластмассы, резина, продукты переработки, в том числе химической, древесины и некоторые другие вещества.

Одним из источников загрязнения окружающей природной среды являются продукты добычи и переработки нефти. Положение ухудшается вследствие аварий на трубопроводах и транспорте, перевозящем органические и неорганические вещества, а также на предприятиях, имеющих запредельную выработку проектного ресурса, и атомные электростанции.

Особо токсичное вещество – мышьяк попадает в почвы в результате внесения удобрений и обработки пестицидами и инсектицидами, а также при производстве пигментов, стекла, лекарств, инсектицидов, фунгицидов, редентицидов, дубильных веществ. Источники поступления тяжелых металлов в ландшафты чрезвычайно разнообразны, они могут быть как антропогенными, так и природными, причем интенсивность поступления

элементов в окружающую среду от этих источников различна. В районах активной производственной деятельности антропогенная доля возрастает, в фоновых районах содержание тяжелых металлов в атмосфере определяется, в основном, природной составляющей. Главными антропогенными источниками поступления тяжелых металлов в атмосферу, а затем и в почву, являются предприятия по производству цветных металлов и сплавов, нефтепереработки, автомобильный транспорт, химическая промышленность и др. Основные природные источники – это продукты деятельности вулканов, пыль, морские соли и др. Вклад антропогенных факторов в фоновое содержание ртути в атмосфере составляет от 30 до 50 %. Остальная ртуть поступает от природных источников.

Общеизвестно о загрязнении почв химическими и биологическими препаратами (в том числе и удобрениями) используемыми в сельском хозяйстве. Внесение высоких доз азотных удобрений иногда отрицательно влияет на почвенную структуру и снижает противоэрозионную устойчивость почв. Применение повышенных доз пестицидов, содержащих соли тяжелых металлов, также может снижать плодородие почв, т. к. при обработке в ней уничтожаются полезные микроорганизмы и черви, а также изменяется кислотность. В процессе решения вопроса эффективного и безопасного для окружающей среды применения пестицидов реализуются разные подходы. Постоянно совершенствуется ассортимент пестицидов за счет включения к ним менее токсичных и персистентных препаратов, разрабатывают и внедряют в практику новые технологии и мероприятия, которые позволяют снизить содержание в объектах окружающей среды остатков недостаточно "экологических" за своими характеристиками пестицидов и их негативное влияние на агрофитоценозы, животных и людей. Мелиоративные работы. При неправильной технологии таких работ снижается гумусовый слой почвы, плодородный слой почвы засыпается почвообразующей породой.

Места хранения и уничтожения отходов (бытовых, фармацевтических и промышленных отходов) и отравляющих веществ (места захоронения химического оружия и отходов их производств), свалки являются источниками загрязнения почв и поч-

венных вод такими суперэкоотоксикантами, как диоксины, боевые отравляющие вещества и продукты их уничтожения, полихлорированные бифенилы и другие галогенсодержащие органические соединения.

Контроль за загрязнением почв населенных пунктов проводится с учетом функциональных зон города. Места отбора проб предварительно отмечаются на картосхеме, отражающей структуру городского ландшафта. Пробная площадка должна располагаться на типичном для изучаемой территории месте. При неоднородности рельефа площадки выбирают по элементам рельефа. На территорию, подлежащую контролю, составляют описание с указанием адреса, точки отбора, общего рельефа микрорайона, расположения мест отбора и источников загрязнения, растительного покрова, характера землепользования, уровня грунтовых вод, типа почвы и других данных, необходимых для правильной оценки и трактовки результатов анализов образцов.

Интегральной оценкой риска загрязнения почв (ландшафтов) при техногенных нагрузках, возникающих в результате попадания сточных вод, является объем сброса, содержание ионов натрия в стоках, почвогрунтах зоны аэрации и грунтовых водах, а также количественные и качественные характеристики биогеоценозов. При этом поле риска загрязнения ограничено площадью сброса стоков и мощностью зоны аэрации, т.е. принимается во внимание объемное воздействие загрязнителей.

Главными способами извлечения загрязняющих веществ из почвы являются: термодесорбция; жидкостная экстракция; экстракция в микроволновом поле; экстракция субкритической водой; сверхкритическая флюидная экстракция; парофазный анализ.

На ранних стадиях воздействия на ландшафт или при низкой интенсивности техногенных нагрузок работают методы биотестирования и компонентной индикации, т.е. индикаторами выступают биотические компоненты, а при длительном интенсивном техногенном воздействии удается проследить нарушение на уровне организации его морфоструктуры. Ландшафтная индикация загрязнения окружающей среды по сравнению с биотестированием и компонентной индикацией более сложный вид

исследований, так как требует не только установления компонентов-индикаторов, но и поисков показателей нарушенности вертикальных и горизонтальных связей в ландшафтах.

Ландшафтный метод направлен на комплексное изучение происхождения, структуры, современного состояния функционирования ландшафтов под воздействием природных и антропогенных факторов. Ландшафтная съемка как основа исследований – заключается в полевом изучении ландшафта методами ландшафтного картографирования и профилирования, комплексного описания точек наблюдения.

Метод комплексного физико-географического профилирования широко распространен в традиционных ландшафтных, ландшафтно-геохимических, ландшафтно-экологических и прикладных исследованиях. Главная цель ландшафтного профилирования выявление взаимосвязи внутри ПТК и сопряженности комплексов друг с другом. *ПТК – пространственно-временная система географических компонентов, взаимообусловленных в своем размещении и развивающихся как единое целое.*

При оценке воздействия антропогенной деятельности на состояние окружающей среды одной из проблем является определение изменчивости различных компонентов природной среды и определяющих ее факторов. Масштабы различных антропогенных воздействий варьируют от локального до регионального уровня. В зависимости от вида воздействия используются разные системы показателей, характеризующих качество среды. Влияние антропогенных факторов модифицируется действием естественных процессов. Показано (McDonnell, Pickett, 1990), что наибольшая чувствительность и селективность наблюдений более достижима в однородных физико-географических условиях на градиенте фактора антропогенного влияния. Поскольку влияние техногенных воздействий будет в наибольшей степени проявляться вблизи источников выбросов, то наиболее целесообразно изучение техногенного воздействия на следующем градиенте: территории промышленных предприятий, селитебная зона (в том случае, если территории жилых кварталов отделены от территорий промышленных предприятий небольшой санитарно-защитной зоной), пригородные ландшафты и импактные зоны со сходными природными условиями.

Главную роль в оценке степени опасности радиоактивных и химических загрязнений для ландшафтов играет скорость их самоочищения. Применительно к почвам скорость самоочищения определяется, так называемой, персистентностью вещества, характеризующей время его выведения из почвы под влиянием процессов различной природы, в том числе разрушения.

При проведении оценки воздействия промышленных, сельскохозяйственных и иных предприятий на территорию обследования и ареалы функционирования природных экосистем устанавливаются границы территории, на которой окружающая природная среда может быть подвергнута деградации или загрязнению (граница техногенного ландшафта; площадь территорий, подверженная повышенному загрязнению атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почв; размеры депрессионных воронок и зон смещения горных пород и др.), проводится анализ результатов воздействия и динамики изменения состояния окружающей среды.

Для выявления зон с наибольшей техногенной нагрузкой в первую очередь устанавливается перечень потенциальных источников загрязнения территории. Определяются приоритетные загрязняющие химические вещества для каждого промышленного предприятия и их опасность. Конечным итогом предварительного этапа работы является выявление зон, наиболее неблагоприятных и уязвимых в отношении загрязнения земель, дается примерная оценка площади и интенсивности загрязнения в этих зонах, определяется стратегия пробоотбора почв и их анализа на первом этапе картографирования.

Проводится покомпонентная оценка окружающей среды (загрязненность воздушного и водного бассейнов, шумовое и электромагнитное загрязнение, нарушенность территорий и др.), составляются аналитические схемы, характеризующие геохимическую активность ландшафта и его устойчивость к физическим нагрузкам, а также локализацию антропогенных нагрузок.

Бонитировка – качественная оценка отдельных природных ресурсов (вод, земель, лесов, животного мира и т.п.), их территориальных сочетаний, либо совокупностей (биогеоценозов, ландшафтов, угодий и т.п.) или отдельных хозяйственных ценностей.

При социально-гигиенической оценке ущерба учитываются потери, которые возникают от снижения оздоровительной, спортивной и эстетической ценности ландшафтов (поддающиеся денежной оценке).

Оценка качества участка ландшафтных комплексов производится по ряду природных параметров, среди которых можно выделить площадь участка, индекс биоразнообразия, антропогенную преобразованность, уязвимость к антропогенным нагрузкам, историческую ценность, позицию в экологическом пространстве, потенциальную рекреационную ценность. В условиях современных городов важнейшим фактором становится и экологическое состояние территории, которое характеризуется геоэкологическими и биогеохимическими условиями.

В настоящее время основным методом оценки окружающей среды является *экологическое нормирование*. В соответствии с природоохранительным законодательством Российской Федерации нормирование качества окружающей природной среды производится с целью установления предельно допустимых норм воздействия, гарантирующих экологическую безопасность населения, сохранение генофонда, обеспечивающих рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития хозяйственной деятельности. При этом под *воздействием* понимается антропогенная деятельность, связанная с реализацией экономических, рекреационных, культурных интересов и вносящая физические, химические, биологические изменения в природную среду.

Определяющее значение для контроля и управления качеством окружающей среды имеют гигиенические нормативы, направленные в первую очередь на профилактику неблагоприятного воздействия загрязняющих веществ на здоровье человека.

*Санитарно-гигиенические нормативы* – это устанавливаемые в законодательном порядке, обязательные для исполнения всеми ведомствами, органами и организациями допустимые уровни содержания химических и других соединений в объектах окружающей среды.

Гигиенические нормативы в связи со специфичностью и изменчивостью физико-химических свойств атмосферного воз-

духа, воды, почвы, пищевых продуктов растительного и животного происхождения, а также особенностями их воздействия на организм устанавливаются отдельно для каждого объекта или используется принцип разделения объектов санитарной охраны.

Современные методы контроля химических веществ, загрязняющих окружающую среду, это по сути методы современной аналитической химии, основанные на измерении различных физических свойств определяемых веществ или продуктов химических превращений с помощью физических и физико-химических приборов. Результат измерения, несущий химико-аналитическую информацию, часто называют аналитическим сигналом.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Назовите основные группы загрязняющих окружающую среду веществ.
2. Какие методы исследования используют при оценке ландшафта?
3. Перечислите наземные методы исследования ландшафта?
4. Назовите методы оценки загрязнения окружающей среды?

### **Тема 13. Организация контроля за загрязнением окружающей природной среды**

**Контроль загрязнения окружающей природной среды**— деятельность, включающая выполнение измерений одного или нескольких показателей загрязнения окружающей среды и сравнение полученных результатов с установленными предельно допустимыми значениями в соответствии с требованиями, установленными федеральным органом исполнительной власти в области гидрометеорологии и смежных с ней областях.

**Мониторинг загрязнения окружающей природной среды**— система долгосрочных наблюдений (измерений) за состоянием окружающей среды, ее загрязнением и происходящими в ней природными явлениями, а также оценка и прогноз состояния окружающей природной среды и ее загрязнения.



**Рис. 4. Единая государственная система экологического мониторинга**

В России организационной формой экологического мониторинга является Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ), которая начала создаваться по инициативе природоохранных органов в соответствии со специальным постановлением Правительства, закрепившим на тот момент распределение функций в ЕГСЭМ между центральными органами федеральной исполнительной власти - специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей среды (и других сферах экологического управления). В российской государственной системе управления природоохранной деятельностью формирование ЕГСЭМ играет важную роль, являясь основой информационного обеспечения управленческих решений в экологической сфере.

Формируемая ЕГСЭМ включает в себя следующие компоненты:

- мониторинг источников антропогенного воздействия на окружающую среду;

- мониторинг загрязнения абиотического компонента природной среды;
- мониторинг биотического компонента окружающей природной среды;
- социально-гигиенический мониторинг;
- обеспечение создания и функционирования экологических информационных систем (баз данных, геоинформационных систем и т.д.).

В настоящее время в России экологическим мониторингом фактически руководят два специальных государственных органа, на которые возложены следующие основные функции:

**Росгидромет** – организация мониторинга состояния окружающей природной среды, ее загрязнения (атмосферы, поверхностных вод, морской среды, почв, континентального шельфа, исключительной экономической зоны, околоземного космического пространства), радиационной обстановки на поверхности Земли и в околоземном космическом пространстве, комплексного фонового мониторинга и космического мониторинга состояния природных объектов, формирование и обеспечение деятельности и охраны государственной наблюдательной сети, ведение Единого государственного фонда данных о состоянии окружающей природной среды, ее загрязнении, а также централизованного учета экологической информации;

**Министерство природных ресурсов (МПР) РФ** – общая координация деятельности министерств и ведомств, предприятий и организаций в области мониторинга ОПС, организация мониторинга источников антропогенного воздействия на ОС, мониторинга животного и растительного мира, наблюдение за состоянием недр и мониторинг водных объектов совместно с другими специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей природной среды (в том числе Госкомрыболовством и ФПС России), а также мониторинг лесов, который ранее осуществлялся упраздненным Рослесхозом.

Кроме того, в работе ЕГСЭМ принимают участие:

**Санитарно-эпидемиологическая служба Минздрава России** (осуществление мониторинга воздействия вредных факторов среды обитания на состояние здоровья населения);

**Росземкадастр** (мониторинг земель);

**Госгортехнадзор России** (координация развития и функционирования мониторинга геологической среды, связанного с использованием ресурсов недр на предприятиях добывающих отраслей промышленности, а также осуществление мониторинга промышленной безопасности, за исключением предприятий Минобороны и Минатома России);

**Минатом России** (мониторинг радиационно-опасных объектов и территорий);

**Минобороны России** (осуществление мониторинга окружающей природной среды и источников воздействия на нее на военных объектах, а также обеспечение ЕГСЭМ средствами и системами военной техники двойного применения);

**Минсельхоз России** (обеспечение создания и функционирования отраслевой системы мониторинга окружающей природной среды, животных и растений на землях сельхозназначения);

**Госкомрыболовства России** (мониторинг рыб и других гидробионтов);

**Роскартография** (осуществление топографо-геодезического и картографического обеспечения ЕГСЭМ, включая создание цифровых, электронных карт и геоинформационных систем (ГИС)).

ЕГСЭМ в настоящее время решает следующие задачи:

- разработка программ наблюдения за состоянием окружающей природной среды на территории России, в ее отдельных регионах и районах;

- организация наблюдений и проведение измерений показателей объектов экологического мониторинга;

- обеспечение достоверности и сопоставимости результатов наблюдений как в отдельных регионах и районах, так и по всей территории России:

- сбор и обработка результатов наблюдений;

- организация хранения результатов наблюдений, ведение специальных банков данных, характеризующих экологическую обстановку на территории России в целом и отдельных ее районах;

- гармонизация банков и баз экологической информации с международными эколого-информационными системами;

- оценка и прогноз состояния объектов окружающей природной среды и антропогенных воздействий на них, состояния природных ресурсов, откликов экосистем и показателей здоровья населения на изменения в окружающей природной среде;

- организация и проведение оперативного контроля, измерений радиоактивного и химического загрязнения окружающей среды, образовавшегося в результате аварий и катастроф, а также прогнозирование экологической обстановки и оценка нанесенного природе ущерба;

- обеспечение доступности интегрированной экологической информации широкому кругу потребителей, включая население, общественные движения и организации;

- информационное обеспечение органов управления информацией о состоянии окружающей природной среды, качестве и количестве природных ресурсов и показателях экологической безопасности,

- разработка и реализация единой научно-технической политики в области экологического мониторинга.

В структуре ЕГСЭМ существуют *тематические* и *территориальные* подсистемы экологического мониторинга.

*Тематические подсистемы* осуществляют наблюдение и контроль состояния *отдельных объектов*, следят за экологическим состоянием объектов окружающей природной среды, за экологической безопасностью людей в зависимости от состояния компонентов окружающей природной среды; за состоянием и качеством природных ресурсов, используемых в конкретных видах деятельности; за состоянием источников антропогенного воздействия на окружающую природную среду.

*Территориальные подсистемы* ЕГСЭМ создаются в соответствии с административным делением РФ. Построение таких подсистем реализует иерархический принцип и когда экологическая обстановка этого требует - в городах и районах создаются отдельные подсистемы экологического мониторинга соответствующего уровня.

Система экологического мониторинга предусматривает не только контроль состояния окружающей среды и здоровья населения, но и возможность активного воздействия на ситуацию. При использовании верхнего иерархического уровня ЕГСЭМ

(сфера принятия решения), а также процедур государственной экологической экспертизы и оценки воздействия на окружающую среду появляется возможность управления источниками загрязнения на основании результатов математического моделирования деятельности промышленных объектов или регионов.

**Контрольные вопросы:**

1. Что подразумевает под собой контроль за загрязнением окружающей природной среды.
2. Что представляет собой мониторинг загрязнения окружающей природной среды?
3. Назовите, каких два специальных государственных органа в России занимается экологическим мониторингом. Перечислите их функции.
4. Какие задачи в настоящее время решает ЕГСЭМ?

## ЧАСТЬ II. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

### Лабораторная работа 1

#### Определение морфологических изменений древесных растений методом биоиндикации.

**Цель работы:** определить влияние загрязняющих веществ, присутствующих в атмосферном воздухе на древесные растения методом биоиндикации.

*Теоретические сведения.* Действие вредных веществ на растения зависит от вида загрязняющего вещества, концентрации этих веществ в атмосфере, длительности действия, относительной восприимчивости растений к газам, стадии физиологического развития растений. Повреждения, вызванные промышленными газами, подразделяются на острые и хронические (прил. 3).

Хроническое отравление происходит при низких, постоянных концентрациях, действующих длительное время. Острое отравление появляется при быстром действии высоких концентраций.

Видимыми симптомами повреждений являются:

- изменение степени ксероморфности листьев (выражается в увеличении толщины кутикулы, густоты опушения, толщины листа и степени суккулентности);
- изменение структуры древесины (например, исчезновение годичных колец у мягкодревесных пород под влиянием поваренной соли, применяемой для таяния льда; слабое одревеснение корней злаков при обработке гербицидами).

*Материалы:* листья газонных трав, цветочных и древесных растений, произрастающих в различных зонах загрязнения атмосферного воздуха.

*Оборудование:* лупа.

*Ход работ:*

1. Сравнить растения, произрастающие в различных зонах загрязнения атмосферного воздуха.
2. Обратить внимание на характер морфологических изменений.

3. Сделать выводы о влиянии уровня загрязнения окружающей среды на растения, о чувствительности различных растений к воздействию вредных веществ.

4. Зарисовать различные некрозы листьев в таблицу и определить стрессовый фактор (прил. 4).

Таблица

Влияние загрязнения атмосферного воздуха на растения

Название растения	Рисунок некроза	Источник загрязнения	Расстояние до источника загрязнения, м	Примечание

### Контрольные вопросы:

5. Какие химические вещества могут приводить к морфологическим изменениям растений?

6. Назовите источники поступления этих веществ в окружающую среду.

7. В чем разница между хроническим и острым отравлением?

8. Назовите видимые симптомы повреждений растений различными вредными веществами.

9. Назовите типичные формы некрозов на листьях двудольных, однодольных и хвойных растений.

## Лабораторная работа 2.

### Определение пораженной ткани листа при антропогенном загрязнении воздушной среды

**Цель работы:** определить процент поражения листьев деревьев при загрязнении атмосферного воздуха.

*Теоретические сведения.* Ткани листьев древесных растений, поврежденные в результате антропогенного загрязнения воздуха, перестают выполнять свои функции (фотосинтез, газообмен, транспирация). Значительно уменьшается их пылезадерживающая роль (пыль оседает на слегка влажной поверхности живого листа). В условиях промышленного загрязнения воздуха древесным листопадным видам присуще сокращение срока жиз-

ни листьев и ускорение цикла сезонного развития. Растения в большинстве случаев снижают продуктивность. У древесных растений это может выражаться в снижении прироста, уменьшении пыльцы, ухудшении ее свойств, а также в снижении плодородия и качества семян. Тормозятся ростовые процессы, значительно изменяется развитие растений: сдвигается цветение, сокращается вегетационный период, происходит преждевременный листопад, изменение других фаз. Проявление основных функций листа зависит от площади здоровой поверхности листа (прил. 4).

**Самостоятельная работа.** На выбранных территориях опишите видовой состав древесной и кустарниковой растительности. Соберите листья с разных видов деревьев. Точно укажите их местонахождение: удаленность от автомагистралей или других источников загрязнения; расположение улицы по сторонам света и направлению основных ветров; солнечная или теневая сторона улицы; ширина автомагистрали; с какой стороны кроны дерева взяты листья (со стороны дороги или с противоположной); имеются ли стоянка автотранспорта, светофоры; какова плотность жилой застройки (наличие «зеркального» эффекта возвращения загрязняющих веществ от стен домов); какова степень экранизации (наличие преград).

*Материалы и оборудование:* водный термометр; емкость на 0,5 л; вода; 0,2N раствор соляной кислоты; 10 – 12 листьев с одного дерева.

*Ход работы:*

Работа выполняется студентами попарно, по возможности с листьями разных видов растений.

1. Листья, выдержанные в термостате при температуре 35 – 37°C не менее получаса (для размягчения тканей), поместите на 20 минут в 0,2N раствор соляной кислоты. Кислота с легкостью проникает в поврежденные клетки, вследствие чего мертвые и поврежденные ткани окрасятся в коричневый цвет.

2. Осмотрите листья у разных растений. Рассчитайте долю (в процентах) поврежденных тканей на листе. Сделайте выводы.

3. Сделайте выводы о правильности подбора зеленых насаждений по видовому составу, учитывая, что на поверхности

листьев взрослых растений разных видов может оседать за летний период различное количество пыли.

**Контрольные вопросы:**

1. Объясните, что происходит с листьями растений при антропогенном загрязнении атмосферного воздуха.
2. Какие факторы учитывают при проведении подбора зеленых насаждений в городской местности?

**Лабораторная работа 3.  
Определение кислотности древесной коры  
как показателя концентрации SO<sub>2</sub> и NO  
в атмосферном воздухе**

**Цель работы:** определить кислотность древесной коры разных пород деревьев.

*Теоретические сведения.* Действие вредных веществ на растения зависит от вида загрязняющего вещества, концентрации этих веществ в атмосфере, длительности действия, относительной восприимчивости растений к газам, стадии физиологического развития растений. Повреждения, вызванные промышленными газами, подразделяются на острые и хронические. Острое отравление появляется при быстром действии высоких концентраций. Хроническое отравление происходит при низких, постоянных концентрациях, действующих длительное время.

Известно, что показатель рН является достоверным индикатором качества среды. Этот показатель довольно часто используют при мониторинге загрязнения различных сред: снежного покрова, водоемов, для определения кислотности почвы и т.д.

Согласно литературным данным кора деревьев бывает бедная минеральными и питательными веществами и богатая ими. Бедная кора, как правило, имеет более низкий показатель рН, и наоборот, богатая – более высокий показатель рН. Такие породы как сосна, ель, берёза, ольха и дуб имеют кислую кору (рН=3,1-3,4). Богатая, или она еще называется субнейтральная кора, имеет рН=4,7-7,1 и наблюдается у вяза, клёна, ясеня, липы, тополя и осины. Свойства коры одной и той же породы могут изменяться

в зависимости от общего геохимического фона. Кислотное загрязнение окружающей среды ведёт к подкислению коры. При щелочном загрязнении, к которому относятся известковая пыль, зола, рН коры – повышается.

Р. Шуберт, в своих исследованиях указывает, что рН коры дерева является хорошим методом аккумулятивной биоиндикации. Он представил данные, которые показывают, что под влиянием кислотных выбросов в атмосферу повышается кислотность коры.

Исследования изменения свойств коры клена, липы, вяза, ольхи, лещины, сосны обыкновенной в промышленных регионах показали, что по мере уменьшения расстояния до центра города показатель рН коры снижается с 5,0 до 3,0, а содержание серы увеличивается в среднем с 0,25 до 0,45%. Кора сосны обыкновенной имела самое низкое значение рН, а кора ясеня – самое высокое.

В результате оценки состояния лесов и парков, подвергшихся значительному воздействию  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}$ , можно установить зависимость между кислотностью коры деревьев и концентрацией загрязняющего вещества в воздухе.

*Материалы:* кора хвойных и широколиственных пород деревьев, произрастающих на различных расстояниях от источника загрязнения.

*Оборудование:* рН-метр; стаканчики с дистиллированной водой.

*Ход работы:* для образцов следует отбирать кору деревьев, которая имеет грубую поверхностную структуру и максимальную кислотность, толщиной не более 3 мм, на высоте 1,5 м от земли. Образцы коры следует отбирать ранней весной, когда ее кислотность максимальна.

Образцы коры измельчить, взять навеску 2 г добавить 20 мл дистиллированной воды, оставить настаиваться на 24 часа, затем измерить кислотность на приборе рН-метр.

По окончании работы занести полученные данные в таблицу 9 и сделать соответствующие выводы.

Таблица 9

**Действие вредных веществ на древесные растения**

Порода дерева	Количество поврежденных деревьев на расстоянии, м							
	0 – 10		10 – 50		50 – 100		100 – 500	
	шт.	pH	шт.	pH	шт.	pH	шт.	pH

**Контрольные вопросы:**

1. Почему образцы коры деревьев для определения кислотности следует брать ранней весной?
2. Какие повреждения вызывают у древесных растений промышленные газы? Охарактеризуйте их.
3. Назовите видимые повреждения у растений вызываемые промышленными газами.

**Лабораторная работа 4.****Биоиндикация по морфологическим признакам хвои и продолжительности ее жизни**

**Цель работы:** рассчитать индекс повреждения хвойных пород деревьев вредными газами.

*Теоретические сведения.* Характерные темные верхушечные некрозы хвои и продолжительность ее жизни являются удобными параметрами для биоиндикации. Некрозы появляются сразу после образования хвои их можно определять в течение всего года.

Некроз – омертвление участка тканей растений, чаще всего отмирание листьев под влиянием негативных факторов. Положение на растении и цвет некроза позволяют сделать вывод о степени и виде воздействия. Принято различать: а) краевой некроз – отмирание ткани по краям листа; б) срединный некроз – отмирание листовой ткани между жилками; в) точечный некроз - отмирание ткани листа в виде точек и небольших пятен, рассыпанных по всей поверхности листа.

Карты степеней повреждения представляют собой мозаику различных степеней повреждения в зависимости от вида, мест

произрастания, возраста древесных насаждений. Карты зон повреждений дают четкое представление о распространении и средней градации территории с вредными веществами в соответствии со средней степенью повреждения. При комплексной оценке диагноза повреждений газами от промышленных предприятий или автотранспорта. Средние значения этих критериев сравниваются между зонами вредного воздействия. При этом интенсивность симптомов повреждения усиливается при приближении к источникам выброса.

Одно из первых мест в биоиндикации состояния окружающей среды принадлежит древесным растениям. Они способны поглощать и нейтрализовать часть атмосферных поллютантов, задерживать пылевые частицы, а также индифицировать особенности загрязнения посредством разнообразия ответных реакций. Реакция древесных пород на загрязнение окружающей среды существенно различается. Результаты многочисленных исследований показывают, что наиболее устойчивыми древесными породами к антропогенному загрязнению окружающей среды являются лиственные породы. Голосеменные более чувствительны к воздействию поллютантов и повреждаются в первую очередь, хотя и среди них имеются довольно устойчивые виды, которые широко используются в озеленении городов.

В качестве объекта исследования чаще всего используется сосна обыкновенная *Pinussylvestris*, отвечающая всем требованиям, предъявляемым к биоиндикаторам. Другим индикатором в различных местностях используется ель обыкновенная или европейская *Piceaabies*. В зависимости от степени повреждения экосистем показатели их состояния сильно различаются. В качестве дендроиндикационных показателей в сосновых древостоях рассматриваются следующие: средняя высота деревьев, средний диаметр стволов, радиальный прирост древесины ствола, надземная биомасса среднего дерева, возрастной состав хвои, прирост побегов текущего года, процентное содержание некрозной и хлорозной хвои, вес хвои, состояние генеративных органов и ростовых почек на побегах, степень деградации деревьев, наличие эпифитных растений, накопление фитотоксикантов в биомассе.

*Материалы:* средняя проба с 10 ветвей хвойных деревьев по 10 хвоинок, отобранных на высоте от 1,5 до 2 м, произрастающих на 3 участках: возле автодороги в центре города, в парке города, в лесном массиве.

*Ход работы:*

1. Установить класс и степень повреждения, класс усыхания и степень усыхания хвои, а также класс пожелтения. Данные занести в рабочую таблицу 10.

*Класс повреждения хвои:* 1, 2, 3.

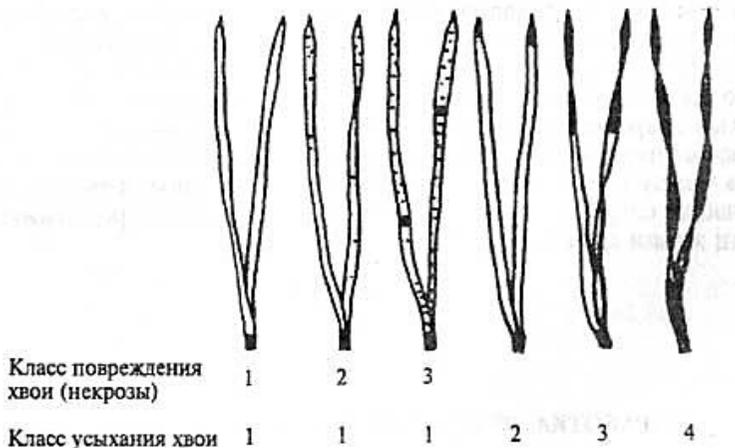
*Степень повреждения:*

- хвоинки без пятен,
- хвоинки с небольшим числом пятен,
- хвоинки с большим числом чёрных и жёлтых пятен, некоторые из них крупные, во всю ширину хвоинки

*Класс усыхания хвои:* 1, 2, 3, 4.

*Степень усыхания:*

- нет сухих участков,
- усох кончик 2-5 мм,
- усохла треть хвоинки,
- вся хвоинка жёлтая или более половины её длины - сухая



**Рис. 5. Повреждение хвои: 1 – хвоинки без пятен; 2, 3 – хвоинки с черными и желтыми пятнами; 4,5,6 – хвоинки с усыханием**

Таблица 10

**Результат определение степени повреждения хвои  
сосны обыкновенной для оценки загрязненности атмосферы**

Показатель	Номер участка и доля хвоинок в %					
	1	%	2	%	3	%
Общее число обследованных хвоинок						
Количество не поврежденных хвоинок						
Количество хвоинок с пятнами						
Количество хвоинок с усыханием						
Класс усыхания						

**2. Тест по Гертелю.** По наблюдениям Гертеля, толщина воскового слоя на хвое сосны тем больше, чем выше концентрация или продолжительнее воздействие на нее сернистого газа. Это обстоятельство послужило основанием для разработки количественного метода индикации данного соединения в атмосфере. Суть метода заключается в том, что определенное количество хвои кипятится в воде. Принимается, что степень помутнения экстракта прямо пропорциональна количеству воска, покрывающего хвою. Чем выше мутность, устанавливаемая с помощью приборов, тем больше концентрация сернистого газа в воздухе. Такой метод получил название "тест помутнения по Гертелю".

1. Поместить по 10 хвоинок с каждого участка в пробирку, залить одинаковым количеством дистиллированной воды.

2. С помощью спиртовки нагреть пробирки и кипятить в течение 5 минут.

3. Оценить, визуально сравнивая с контролем (дистиллированная вода), степень помутнения воды в пробирках. (Степень помутнения воды в пробирках пропорциональна количеству воска на хвое).

Бальная оценка:

0 - нет пожелтения (потеря общей окраски кроны 0-10%);

1 - слабое (потеря 10-25% окраски);

2 - среднее (25-60 %);

3 - сильное (более 60 %).

3) Дать количественную оценку степени повреждения деревьев, рассчитав индекс повреждения отдельных игл, индекс повреждения отдельных деревьев и средний индекс для района произрастания в целом по формулам (12, 13, 14):

$$\text{Индекс повреждения хвои} = \frac{\text{средняя длина некроза хвои} \times 100}{\text{средняя длина иглок}}, \quad (12)$$

$$\text{Индекс повреждения дерева} = \frac{\text{индекс повреждения иглок}}{100} \times 4, \quad (13)$$

Индекс для района в целом равен осредненному по всем деревьям индексу повреждения отдельного дерева. (14)

### **Контрольные вопросы:**

1. Почему хвоя является удобным биоиндикатором загрязнения атмосферного воздуха?
2. Охарактеризуйте сущность метода биоиндикации по морфологическим признакам хвои.
3. Что представляют собой карты степени повреждения и о чем можно узнать из карты зоны повреждения?
4. Перечислите основные источники загрязнений в исследуемом районе.
5. Предложите меры, которые обеспечат регламентирование вредных выбросов в атмосферу.

## **Лабораторная работа 5.**

### **Определение всхожести и энергии прорастания семян**

**Цель работы:** определить всхожесть и энергию прорастания семян пшеницы, сои.

*Теоретические сведения.* **Всхожесть семян**, способность семян давать за установленный срок нормальные проростки при определённых условиях проращивания. В России всхожесть семян определяют государственные семенные инспекции при контрольно-семенном анализе, руководствуясь методикой, предусмотренной стандартом (ГОСТ 12038 – 84). Число нормально проросших семян выражают в процентах от общего числа семян,

взятых для анализа. Всхожесть семян – одно из важнейших полевых качеств, определяющих пригодность семян для посева; имеет большое производственное значение. Семена с высокой всхожестью дают быстрые и дружные всходы, обеспечивающие при соблюдении агротехники высокий урожай. Всхожесть семян в большой мере зависит от техники их выращивания, способов уборки и условий хранения.

**Энергия прорастания** – скорость прорастания, выражаемая в проценте семян, проросших (давших корешки, равные половине длины семени, и ростки) в срок, установленный опытным проращиванием. Для полевых культур он колеблется в пределах от 3 до 15 суток. В настоящее время на практике обычно пользуются не процентом семян, проросших за определенный срок, а "средним сроком прорастания одного семени", показывающим условное число дней, необходимое для прорастания отдельного семени (скорость прорастания).

*Пример.* Вычисляется этот срок так. Если спустя трое суток проросло 15%, четверо суток-30, пятеро суток-50, восемь суток-10, десять суток-2% семян, то средний срок прорастания одного семени равен  $(3 \times 15) + (4 \times 30) + (5 \times 50) + (8 \times 10) + (10 \times 2) = 515 : 107 = 4,8$  суток. Если этот срок для второго образца будет характеризоваться большим количеством суток (например – 5,7), то это будет указывать, что семена второго образца имеют пониженную энергию прорастания, так как на прорастание одного семени требуют больше времени. Определение энергии прорастания ведется обычно на двух пробах по 100 семян каждая, но для получения более точных результатов вместо 100 семян (за исключением крупносемянных культур, например кукурузы, бобов, фасоли, гороха, свеклы) для каждой пробы берется 200 семян. Энергия прорастания у свеклы устанавливается по отношению к сотне проросших клубочков, взятых для проращивания, или по отношению к 1 г или 1 кг семян. В последних двух случаях до закладки определяется вес проб, ставящихся на проращивание. Ростки у свеклы при отсчете осторожно удаляются пинцетом, а проросшие клубочки перекадываются на другое место для дальнейшего учета числа проростков. Высокая энергия прорастания гарантирует одновременность появления и

дружность развития всходов, высокий и доброкачественный урожай.

К невсхожим семенам относят:

**а) ненормально проросшие:**

- имеющие проростки, у которых первичный корень отсутствует или короткий остановившейся в росте, или тонкий, слабый;

- подсемядольное колено с перетяжкой или короткое и толстое, или закрученное, водянистое;

- семядоли отсутствуют или одна семядоля с признаками повреждения или две увеличенные семядоли с коротким подсемядольным коленом, но без первичного корня, или семядоли, у которых больше половины площади обломана;

- имеющие проростки со сгнившими семядолями, подсемядольным коленом, первичным корнем или поврежденной верхушкой побега;

- проростки, имеющие корешки со вздутиями, которые к моменту учета не дали нормальных для культуры дополнительных корешков;

**б) загнившие:**

- семена с мягким разложившимся эндоспермом, с загнившим зародышем, с частично или полностью загнившими корешками;

**в) набухшие:**

- семена, которые при проращивании к сроку не проросли.

*Материалы:* семена пшеницы и сои; спирт этиловый; чашки Петри; фильтровальная бумага; термостат; сосуды для проращивания семян в рулонах; вода дистиллированная.

*Ход работы:*

**Подготовка к анализу.**

Термостаты моют горячей водой с моющими средствами и дезинфицируют 1% раствором марганцовокислого калия или спиртом через каждые 10 дней. Один раз в месяц термостаты дезинфицируют спиртом. В рабочую камеру термостата ставят поддон с водой, 1% раствор марганцовокислого калия.

Растильни, чашки Петри, Коха, сосуды для проращивания семян в рулонах, используемые для приготовления ложа, моют горячей водой с моющими средствами, ополаскивают 1% рас-

твором марганцовокислого калия, а затем водой. При проращивании семян на ложе из фильтровальной бумаги посуду перед употреблением дезинфицируют спиртом.

Чашки Петри и Коха допускается стерилизовать в сушильном шкафу при температуре 130 °С в течение 1 ч или кипячением в воде в течение 40 мин.

### **Проращивание семян на бумаге (НБ).**

Семена раскладывают на двух-трех слоях увлажненной бумаги в чашках Петри, Коха или аппаратах типа аппарата Якобсена. Семена лекарственных культур допускается проращивать в растильнях на 4 - 5 слоях увлажненной бумаги.

### **Проращивание семян в рулонах (Р).**

*Первый способ.* На двух слоях увлажненной бумаги размером 100 x 100 см (+/- 2 см) раскладывают одну пробу семян зародышами вниз по линии, проведенной на расстоянии 2 - 3 см от верхнего края листа. Семена округлой формы раскладывают без ориентации зародыша. Сверху семена накрывают полоской увлажненной бумаги такого же размера, затем полосы неплотно свертывают в рулон и помещают в вертикальном положении в растильню.

*Второй способ* (для подсолнечника, сои, клещевины). Лист бумаги размером 40 x 50 см (+/- 2 см) складывают по ширине вдвое и увлажняют. Отгибают половину увлажненного листа, а на другой половине раскладывают пробу семян на расстоянии 2 - 2,5 см от верхнего края листа и внизу на расстоянии 6,5 - 7 см от отогнутой стороны листа, размещая их в четыре ряда в шахматном порядке. Семена накрывают отогнутой половиной листа, сворачивают рулон и ставят его вертикально в сосуд, который прикрывают, оставляя небольшое отверстие для вентиляции. Каждую пробу подсолнечника и сои раскладывают в два рулона - по 50 шт.

Необходимо обеспечивать постоянную вентиляцию в термостатах. Ежедневно на несколько секунд следует приоткрывать крышки чашек Петри.

Воду в поддоне на дне термостата следует менять через каждые 3 - 5 суток.

Если все семена проросли (полностью или с учетом загнивших) раньше установленного срока, то окончательный срок уче-

та всхожести может быть сокращен, а при недостаточном развитии проростков - продлен до 3 суток с отметкой об этом в выдаваемом документе.

При определении энергии прорастания и всхожести семян учитывают также поражение семян плесневыми грибами. Средний процент пораженных семян определяют визуально по четырем пробам и устанавливают степень поражения в соответствии с таблицей 11.

**Таблица 11**

**Степень поражения семян**

Степень поражения семян	Семена, покрытые плесневыми гриба- ми, %
Слабая	До 5
Средняя	До 25
Сильная	Более 25

Перед проращиванием семена промывают водой комнатной температуры в течение 2 – 3 мин. Затем семена просушивают фильтровальной бумагой. Промытые и просушенные семена проращивают обычными методами.

При проведении анализа по четырем пробам и отклонении всхожести семян одной из четырех проб от среднеарифметического значения на величину, большую, чем допускаемое отклонение, всхожесть и энергию прорастания вычисляют по результатам анализа трех остальных проб, а при отклонении выше допускаемого результатов анализа двух проб - анализ повторяют.

За результат анализа принимают среднеарифметическое результатов определения всхожести всех проанализированных проб, если при определении всхожести семян по четырем пробам отклонения результатов анализа отдельных проб от среднеарифметического значения не превышают указанные в таблице 11, а в случае определения всхожести по двум пробам - расхождение результатов анализа двух проб не превышает указанное в таблице 12.

Если при повторном проращивании семян за пределы допускаемых отклонений выходят результаты анализа двух проб или всхожесть оказалась ниже нормы, установленной стандартом, то всхожесть и энергию прорастания вычисляют как сред-

неарифметическое значение двух определений, то есть по восьми пробам.

**Таблица 12**

**Среднеарифметическое значение всхожести**

Среднеарифметическое значение всхожести, %	Допускаемое отклонение результатов анализа отдельных проб от среднего для анализа 4x50 семян, %
99 или 1	-2
98 " 2	±4
97 " 3	±5
от 95 до 96 " от 4 до 5	±6
от 93 до 94 " от 6 до 7	±7
от 90 до 92 " от 8 до 10	±8
от 88 до 89 " от 11 до 12	±9
от 84 до 87 " от 13 до 16	±10
от 79 до 83 " от 17 до 21	±11
от 65 до 73 " от 27 до 35;	±12
от 36 до 64	±13

Пример. При проращивании четырех проб по 50 семян в каждой проросло 46, 44, 48, 49 семян, что при вычислении процента всхожести соответствует 92, 88, 96, 98%, а средняя всхожесть - 94%. По таблице 6 для среднего значения всхожести 94% допускаемое отклонение составляет ±7%. Поскольку фактические отклонения результатов анализа отдельных проб от среднего значения всхожести не превышают допускаемое, анализ повторять не следует.

При определении всхожести смеси семян по двум пробам анализ повторяют, если расхождение между результатами анализа проб превышает допускаемое значение, указанное в таблице 11.

Посевную годность семян (**X**) в процентах вычисляют по формуле (15):

$$X = \frac{A \cdot B}{100}, (15)$$

где А - семена основной культуры (чистота), %;

Б - всхожесть семян, %.

**Контрольные вопросы:**

1. Что называют всхожестью семян?
2. Что такое энергией прорастания?
3. С какой целью определяют энергию прорастания и всхожесть семян.
4. Какие способы определения всхожести семян можно назвать.
5. Какие семена относят к невсхожим?

**Лабораторная работа 6****Посев зерновых и бобовых культур в вегетационные сосуды с разной кислотностью почвы**

**Цель работы:** овладеть методикой закладки вегетационного опыта в сосудах, поддерживать необходимую реакцию среды почвы.

*Материал:* проросшие семена сои; сосуды; весы; почва; марля; трубки для полива; кварцевый песок; дренаж; дистиллированная вода; пинцет; кислый фосфат ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) и щелочной фосфат ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ).

*Ход работы:* На дно подготовленного сосуда аккуратно укладывают поверх дренажа марлевый кружок по диаметру на 2 – 3 см шире диаметра сосуда. Кружок «примазывается» точно отвешенным (300 – 500 г) количеством увлажненного кварцевого песка (на 100 г песка добавляют 15 мл воды). Затем отвешивают необходимое количество почвы, которое обычно устанавливают набивкой пробного сосуда. Чтобы ослабить испарение воды, предотвратить образование почвенной корочки и уменьшить нагрев солнцем, сверху почвы насыпают кварцевый песок.

Все сосуды необходимо пронумеровать и присвоить каждому номеру свой вид кислотности почвы, согласно следующей схеме опыта: 1 – контроль (полив дистиллированной водой); 2 – кислая среда почвы; 3 – щелочная среда почвы. Каждый вариант закладывают в трех повторностях.

Посев проводят пророщенными семенами сои (лабораторная работа 5), отбирают пинцетом одинаковые по размеру семена и помещают в лунки, которые затем осторожно заделывают песком. После посева необходимо провести полив сосудов со-

гласно схемы опыта и продолжать до наступления фазы первого тройчатого листа у сои.

По достижению необходимой вегетативной массы растений приступают к анализу влияния кислой и щелочной реакции почвы на содержание каротина и аскорбиновой кислоты в листьях растений (лабораторная работа 7).

### **Контрольные вопросы:**

1. Какая реакция среды почвы является наиболее благоприятной для роста и развития растений?
2. С какой целью почву сверху посыпают кварцевым песком?

## **Лабораторная работа 7.**

### **Определение каротина и аскорбиновой кислоты в листьях бобовых и зерновых культур**

**Цель работы:** определить количество каротина (витамина А) и аскорбиновой кислоты (витамина С) в листьях сои и пшеницы.

*Теоретические сведения.* Витамины относятся к различным классам низкомолекулярных органических соединений, среди которых имеются углеводороды, спирты, кислоты. Витамины являются жизненно необходимыми веществами для живых организмов, их отсутствие в пище и кормах вызывает ряд специфических заболеваний. В растениях витамины широко распространены и выполняют в них роль биокатализаторов, активно участвуя в различных процессах обмена веществ. Количественное содержание их в растениях, как правило, очень невелико, что обуславливает специфику и необходимость особо точных методов определения витаминов. Некоторые растения или их отдельные органы являются естественными концентраторами одного или нескольких витаминов одновременно. Так, например, овощные и плодовые растения накапливают повышенные количества аскорбиновой кислоты, фолиевой кислоты, каротина. Количество аневрина, ниацина и рибофлавина выше в зерне зерновых культур (особенно злаковых и бобовых) по сравнению с другими сельскохозяйственными растениями.

Витамины принадлежат к очень лабильным веществам и их количественное накопление, в тех или иных растениях, определяется генетическими особенностями и условиями выращивания этих растений. Значительная роль в изменчивости содержания витаминов принадлежит климатическим факторам и биологическим особенностям изучаемых культур. Так, количество аскорбиновой кислоты повышается у ряда культур (моркови, огурцов, яблок) при их выращивании в северных районах страны, в то время как у ряда других сельскохозяйственных растений, таких, как томаты, перцы и некоторые другие, количество аскорбиновой кислоты выше при их выращивании на юге.

Для получения высоковитаминной продукции сельского хозяйства при выращивании растений должны проводиться мероприятия, способствующие накоплению в урожаях различных групп витаминов.

Отмечены значительные различия в содержании витаминов по отдельным органам и тканям растений. Так, содержание аскорбиновой кислоты, как правило, выше в зеленых листьях растений, чем и корнеплодах или клубнеплодах. Количество каротина выше и зеленых листьях; исключение составляют клубни батата, корнеплоды моркови и плоды некоторых видов тыквы. Установлена значительная индивидуальная изменчивость по содержанию витаминов по отдельным растениям, плодам и семенам. Эти различия связаны с величиной, возрастом, условиями созревания. Так, плоды томатов, созревшие на растении, содержат больше аскорбиновой кислоты и каротина, чем дозаренные. При этом условия дозаривания также определяют величину накопления различных витаминов. Индивидуальная изменчивость витаминов определяет необходимость правильного отбора средней пробы.

Большое значение в изменчивости витаминов имеют и способы выращивания растений, например различные виды культивационных сооружений. Для выяснения процессов накопления витаминов является обязательным изучение их изменчивости в онтогенезе растений, так как в отдельные периоды развития ход накопления витаминов бывает различным. Интенсивность того или иного процесса накопления определяется особенностями периода вегетации, количеством осадков, температурой, степенью освещенности. Многообразие внешних факторов, влияю-

щих на количественное содержание витаминов, необходимо учитывать при оценке витаминных качеств получаемой сельскохозяйственной продукции.

*Витамины группы А* – производные каротина. Так же, как и каротин, они нерастворимы в воде, но растворяются в различных жировых растворителях и жирах. Эти витамины встречаются исключительно в тканях животных и продуктах животного происхождения, в растениях они отсутствуют. Однако образуются они из каротиноидов, широко распространенных в растениях. Тесная связь между каротином и витаминами группы А была выяснена как в результате опытов на животных, так и при исследовании их химической структуры. Установлено, что витамин А образуется в животном организме из каротина под действием особых ферментов. Эти факты свидетельствуют, что каротин представляет собой провитамин А. Поэтому витаминная промышленность изготавливает очищенные препараты каротина для обогащения ими различных пищевых продуктов.

Известно, что каротины, в частности,  $\beta$ -каротин, является наиболее распространенным метаболитом живых организмов, участвующим в системе защиты клеток от воздействия неблагоприятных факторов среды. В пользу этого свидетельствуют данные об увеличении количества этого пигмента при экстремальных воздействиях – ультрафиолетового (УФ) и рентгеновского облучений, гипоксии, а также загрязнениях химическими веществами.

Витамин А участвует в окислительно-восстановительных реакциях благодаря наличию двойных связей в молекуле, тормозит превращение сульфгидрильных групп в дисульфиды, влияет на процессы клеточной дифференцировки, пролиферации, репродуктивные процессы.

*Витамин С* является наиболее распространенным антиоксидантом в растениях, но при этом именно витамин С наименее изучен. Важная роль аскорбиновой кислоты и ее участие в окислительно-восстановительных процессах, происходящих в живой клетке, связаны с тем, что витамин существует в двух формах – собственно аскорбиновой кислоты и легко образующейся из нее при окислении дегидроаскорбиновой кислоты; последняя при восстановлении снова дает аскорбиновую кислоту.

Взаимопревращения аскорбиновой и дегидроаскорбиновой кислот в растительном организме теснейшим образом связаны с ферментативными взаимодействиями окисленного и восстановленного глутатиона.

Аскорбиновая кислота представляет собой бесцветные кристаллики кислого вкуса, хорошо растворяется в воде, легко разрушается в растворах, особенно в присутствии воздуха, света и следов меди или железа. Аскорбиновую кислоту в производственных условиях получают синтетически из глюкозы.

Наиболее активным водорастворимым антиоксидантом является аскорбиновая кислота, способная формировать окислительно-восстановительную систему в месте с дегидроаскорбиновой кислотой. Аскорбиновая кислота стимулирует активность системы цитохром, в частности цитохрома Р-450, процессы фагоцитоза, усиливает антиоксидантные свойства  $\beta$ -каротина и токоферола, активизирует пролиферативную активность лимфоидной ткани и стимулирует иммунные реакции.

Уже давно известно, что для растений витамин С очень важен – он выступает как антиоксидант, помогающий растениям противостоять засухе, озону и активному ультрафиолетовому излучению. Однако до сих пор было неизвестно, что витамин С также участвует в процессах роста растений. Так, установлено, что понижение температуры, как правило, увеличивает содержание витамина С в растениях.

*Материал:* проростки сои и пшеницы; бензин; окись кальция; окись алюминия; ступка; пестик; весы лабораторные; коническая колба на 100 мл; мерные колбы на 100 мл; цилиндр на 100 мл; фотоэлектроколориметр; кюветы; фильтр бумажный; воронка; 1% соляная кислота; 1% водный раствор щавелевой кислоты; 0,001 н раствор 2,6-дихлорфенолиндофенола; толуол; 2%  $H_2SO_4$ ; кристаллы аскорбиновой кислоты; 0,001 н раствор иодистого калия; 1% крахмал; дозатор; бюретка; марля.

**Определение витамина А (каротина).** Метод основан на экстрагировании каротина из растительного материала бензином, затем удалением окисью кальция и алюминия сопутствующих пигментов.

*Ход работы:* 5 – 10 г свежего растительного материала растирают в ступке, переносят в мерную колбу на 100 мл и добавляют 60 – 70 мл бензина. Каротин и другие пигменты экстраги-

руют длительным (несколько суток) настаиванием или встряхиванием в течение двух часов на механической мешалке. После этого содержимое колбы доводят петролевым эфиром до метки и фильтруют в коническую колбу на 200 мл.

Для связывания сопутствующих пигментов в коническую колбу добавляют 2 г порошка окиси алюминия и 0,5 г окиси кальция. Смесь тщательно перемешивают 10 – 15 мин до получения чистого желтого окрашивания раствора, которое обусловлено присутствием каротина. Затем раствор отфильтровывают и колориметрируют при длине волны 440 нм против бензина. Для колориметрирования используют кюветы с толщиной слоя 10 мм.

Вычисление результатов проводили по формуле (16):

$$x = \frac{a \cdot V \cdot D_1 \cdot 100}{H \cdot D_2}, \quad (16)$$

где  $x$  – количество мг каротина в 1 мл, которому соответствует стандартный раствор бихромата калия (720 мг  $K_2Cr_2O_7$  растворяют в воде и доводят объем до 100 мл), оптическая плотность соответствует содержанию 0,0046 мг каротина в 1 мл (полученный раствор разбавляли в 10 раз);  $V$  – объем раствора каротина, мл;  $D_1$  – оптическая плотность исследуемого раствора;  $H$  – навеска растительного материала, г;  $D_2$  – оптическая плотность стандарта.

**Определение аскорбиновой кислоты.** Метод определения основан на редуцирующих свойствах аскорбиновой кислоты. Раствор 2,6 - дихлорфенолиндефенола синей краски восстанавливается в бесцветное соединение экстрактами растений, содержащими аскорбиновую кислоту (реакция Тильманса).

*Ход работы.* Взвешивают 5 г исследуемого образца, высыпают в фарфоровую ступку и добавляют 10 мл 1%  $HCl$ , растирают фарфоровым пестиком до получения однородной массы. После этого в смесь приливают 1% щавелевую кислоту, доводя объем до 50 мл. Перемешивают в стакане стеклянной палочкой в течение 2-х минут, оставляют на 10 мин для экстракции.

После этого фильтруют смесь через 3 слоя марли и фильтрат делят на 3 части по 10 мл, добавляют по 2 мл толуола и титруют до появления розового окрашивания, устойчивого в те-

чение 1 мин. Отмечают объем краски пошедший на титрование (V2).

**Установление титра краски.** Несколько кристаллов (около 1 – 2 мг) чистой аскорбиновой кислоты растворяют в 50 мл 2% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Затем 5 мл этого раствора титруют краской из микробюретки. Сразу же после этого другую колбу с 5 мл раствора аскорбиновой кислоты титруют из другой микробюретки точностью 0,001 н раствором иодата причем в колбочки перед титрованием прибавляют несколько кристаллов (около 5 – 10 мг) иодистого калия и 5 капель 1% крахмала (более высокие количества иодистого калия сильно тормозят окисление аскорбиновой кислоты иодом). Расчет титра краски производится по следующей формуле (17):

$$T = (0,088 \cdot a) / b, \quad (17)$$

где T – количество аскорбиновой кислоты, мг; a – объем 0,001н раствора иодистого калия, мл; b – объем раствора краски, мл; 0,088 мг аскорбиновой кислоты соответствует 1 мл 0,001н раствора KI

Расчет содержания аскорбиновой кислоты выражается в мг на 100 г исследуемого материала (или мг%) и вычисляют по формуле (18):

$$x = \frac{100 \cdot V1 \cdot (V2 - K) \cdot T}{n \cdot V3} \quad (18)$$

где V1 – общий объем, мл; V2 – объем синей краски, пошедшей на титрование, мл; V3 – объем взятый для титра, мл; K – контроль; T – титр; n – масса навески, г.

### **Контрольные вопросы:**

1. Значение витаминов для растений.
2. Что влияет на содержание витаминов в растениях?
3. Свойства каротина (витамина А).
4. Роль аскорбиновой кислоты в жизнедеятельности растений.
5. Назовите свойства витамина С.

### **Самостоятельная работа:**

6. Постройте график зависимости аскорбиновой кислоты и каротина от влажности почвы в листьях сои в фазе третьего тройчатого листа.

Таблица 13

## Содержание витаминов в листьях сои

Сорт	Витамин	Вариант опыта						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
Фаза третий тройчатый лист								
Лидия	Витамин С	88,6	55,8	148,6	109,2	57,6	88,5	79,5
	Каротин	0,040	0,023	0,039	0,038	0,024	0,043	0,043
I– контроль (70%); II– 135% весь период; III– 35% весь период; IV– 35% до цветения, затем 70%; V– 135% до цветения, затем 70%; VI– 70% до цветения, затем 35%; VII– 70% до цветения, затем 135%.								

2. Проанализируйте полученные кривые и сделайте выводы:

1) при каких условиях выращивания сои содержание аскорбиновой кислоты и каротина будет максимальным;

2) какие условия выращивания действуют губительно на растения сои и содержание витаминов минимально?

## Лабораторная работа 8.

## Биоиндикация кресс-салатом загрязненности воздуха и почвы

**Цель работы:** определить степень загрязнения почвы и воздуха по всхожести семян кресс-салата.

*Теоретические сведения.* 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 кресс-салата под действием загрязнителей подвергаются заметным морфологическим изменениям (задержка роста и искривление побегов, уменьшение длины и массы корней, а также числа и массы семян).

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 хорошо аэрированной почве, богатой гумусом, всхожесть и ка-

чество проростков всегда лучше, чем в тяжелой глинистой или бедной песчаной почве, Поэтому при осуществлении данного эксперимента следует строго стандартизировать условия проведения для всех повторов и вариантов.

Следует помнить, что кроме загрязнения почвы, на кресс-салат оказывает влияние состояние воздушной среды. Газообразные выбросы автомобилей вызывают морфологические отклонения от нормы у проростков и в частности отчетливо уменьшают их длину. В этой связи кресс-салат можно использовать в качестве индикатора загрязнения воздуха, проводя эксперименты по проращиванию семян на незастекленных балконах многоэтажных зданий, расположенных вдоль оживленных автомобильных магистралей. Газообразные выбросы автотранспорта имеют плотность более высокую, чем воздух, и скапливаются в приземном слое до 2 м. Одновременное проращивание семян кресс-салата на различной высоте в период теплой и безветренной погоды, как правило, показывает заметные различия в качестве и количестве проростков.

*Материалы:* чашки Петри; банки или горшочки; фильтры; семена кресс-салата; пинцет.

*Ход работы:* прежде чем приступить к самому эксперименту, необходимо партию семян кресс-салата проверить на всхожесть.

1) в несколько чашек Петри насыпать промытый речной песок слоем в 1 см. Сверху песок накрыть фильтровальной бумагой. Далее песок и бумагу увлажнить до полного насыщения водой и на нее разложить определенное количество семян. Сверху семена закрыть фильтровальной бумагой и неплотно накрыть стеклом. Проращивание проводить при температуре 20 – 25 °С и желателно в стационарных условиях (в термостатах). Нормой считается проращение 90 – 95 % семян в течение 3 – 4-х суток. Просчитать процент проросших семян от числа посеянных.

Определив всхожесть, приступить непосредственно к эксперименту.

2) чашки Петри наполнить до половины исследуемым субстратом (загрязненной почвой, речным или озерным илом и т.п.). В другие чашки поместить точно такой же объем заведомо



**Контрольные вопросы:**

1. Почему кресс-салат является хорошим индикатором загрязнения?
2. Какие морфологические изменения происходят у кресс-салата под действием загрязнения?
3. Что оказывает влияние на всхожесть семян и качество проростков кресс-салата?

**Лабораторная работа 9.  
Определение степени загрязнения воздуха  
с использованием микроорганизмов.**

**Цель работы:** определить степень загрязнения воздуха в биоценозах.

*Теоретические сведения.* Микроорганизмы – это маленькие существа, объем которых редко превышает нескольких кубических микронов, и они очень специализированы. Некоторые из них используют такие газы, как метан, водород, окись углерода, сероводород и др., в качестве субстратов роста, то есть они питаются ими, окисляя кислородом воздух и получая при этом энергию. Многие из них используют диоксид углерода (углекислоту) как источник углерода для построения клеточного вещества. Отличительные признаки микроорганизмов.

*Бактерии* – это колонии гладкие или морщинистые; блестящие или матовые; круглые либо неправильной формы, а также выпуклые, вогнутые или плоские; белые, серые, часто желтые, красные, розовые; никогда не бывают пушистыми.

*Плесневые грибы* – это колонии разной окраски; большие иногда распространяются по всей поверхности питательной среды, обычно круглые, всегда пушистые.

*Актиномицеты* – это колонии плотные, часто кожистые; выпуклые либо плоские, круглые либо фестончатые; обычно белые, серые, темно-коричневые. Поверхность колонии покрыта шелковистым либо мучнистым налетом.

*Материалы:* мясопептонный агар; чашки Петри.

*Ход работы:* 1) в начале эксперимента необходимо определить, что будет контролем. Для этого открытые чашки Петри с питательной средой (МПА – мясопептонный агар) оставляют в комнате на 20 – 30 мин. Затем их закрывают и помещают в спе-

циально отведенное место при комнатной температуре. Колонии микроорганизмов, которые вырастут на этой питательной среде, будут контрольными.

2) в этот же период времени взять пробы воздуха в частях леса, луга, подвергшиеся различной антропогенной нагрузке. После экскурсии чашки Петри поместить рядом с контрольными;

3) через 2 – 3 суток в чашках появляются колонии. Их определить и зарисовать (на 3-е сутки смотрят бактерий; 5 – 7 суток смотрят грибы; на 7 – 10 суток смотрят актиномицетов).

4) для определения степени загрязнения воздуха леса, луга микроорганизмами необходимо подсчитать в чашках Петри количество колоний различных микроорганизмов, учитывая и мелкие колонии. Полученное число колоний разделить на время выдержки в минутах и умножить на 7644 (*коэффициент пересчета площади чашки Петри на 1 м<sup>2</sup>*).

5) результаты выполнения заданий записать в таблицу 15.

Таблица 15

#### Определение степени загрязнения воздуха

Место взятия пробы	Количество спор за 1 час на 1м <sup>2</sup>		
	Бактерии	Плесневые грибы	Актиномицеты
Контроль			
Опыт			

Итогом работы должен быть вывод о степени загрязнения воздуха в помещении, лесу, на лугу.

#### Контрольные вопросы:

1. Назовите отличительные признаки плесневых грибов и актиномицетов.
2. Укажите возможные причины загрязнения.
3. Назовите отличительные черты бактерий.
4. Какие микроорганизмы первыми заселяют питательную среду?

## **Лабораторная работа 10.** **Качественная оценка химического состава** **природных вод**

**Цель работы:** определить степень загрязнения природных вод нитритами, хлоридами и сульфатами, проведя качественный анализ проб воды.

*Теоретические сведения.* Важным косвенным показателем загрязнения воды органическими веществами животного происхождения являются соли аммиака, азотной и азотистой кислот. Катионы аммония являются продуктами микробиологического разложения белков животного и растительного происхождения. Присутствие аммонийных солей в количествах превышающих 0,1 мг/л указывает на свежее загрязнение воды, т.к. аммиак является начальным продуктом разложения органических азотосодержащих веществ.

Нитрит анионы являются промежуточными продуктами биологического разложения азотосодержащих органических соединений и содержат анионы азота в промежуточной степени окисления "+3". Наличие в анализируемой воде повышенного содержания нитритов свидетельствует о загрязнение воды, причём с учётом частично прошедшей трансформации азотистых соединений из одних форм в другие. Одновременное содержание в воде аммиака, нитритов и нитратов свидетельствует о явном неблагополучии водоисточника, постоянном его загрязнении.

Гигиеническое значение хлоридов определяется их происхождением. Большое содержание хлоридов возможно при прохождении водоносного горизонта через солончаковые почвы, загрязнением воды сточными водами. Большие количества хлоридов могут образовываться в промышленных процессах концентрирования растворов, ионного обмена, высоливания и т.д., образуя сточные воды с высоким содержанием хлорид аниона. Основным источником поступления хлоридов в водные объекты являются соленосные отложения, магматические породы, в состав которых входят хлорсодержащие минералы (хлорапатит, содалит и др.), засоленные почвы, вулканические выбросы. Повышенные содержания хлоридов ухудшают вкусовые качества

воды, делают ее малопригодными для питьевого водоснабжения и ограничивают применение для многих технических и хозяйственных целей, а также для орошения сельскохозяйственных угодий.

Естественное содержание сульфатов в поверхностных и грунтовых водах обусловлено выветриванием пород и биохимическими процессами, происходящих в водоносных слоях земли. Повышенная концентрация сульфатов может свидетельствовать о загрязнении источника сточными водами, в основном производственными. Предельное содержание сульфат-ионов в воде источников централизованного водоснабжения не должно превышать 500 мг/л, но обычно составляет 100-150 мг/л. Ухудшение вкуса воды и ощущение привкуса сульфатов возникает при их концентрации 250 – 400 мг/л.

В сточных водах бытового происхождения сульфатов столько же, сколько их было в питьевой воде, а производственных стоках сульфатов может быть до несколько граммов в литре. В аэробных условиях сульфаты не изменяются, а в анаэробных, сульфаты восстанавливаются сульфатредуцирующими бактериями до сульфидов, которые выпадают затем в осадок преимущественно в виде сульфида железа. Этот процесс чаще всего наблюдается и в водопроводных сетях, если они мало эксплуатируются, и в них надолго застаивается вода.

В таблице 16 представлены предельно допустимые концентрации (ПДК), превышение которых может говорить о загрязнении воды.

**Таблица 16**

**Предельно допустимые концентрации веществ в воде**

Исследуемый компонент	ПДК, мг/л
Хлориды	350
Сульфаты	500
Нитриты	3,0
Железо	0,3

*Материалы:* природная вода; плоскодонные пробирки; стаканчики на 50 мл; реактив Грисса; водяная баня; 10% раствор нитрата серебра; 10% раствор хлорида бария; 25% соляная кис-

лота; концентрированная хлороводородная кислота; персульфат аммония (калия); роданид аммония (калия).

*Ход работы:*

### 1) Определение нитритов.

В плоскодонную пробирку бесцветного стекла диаметром 13 – 14 мм вносят 10 мл исследуемой воды и 0,5 мл реактива Грисса. Помещают в водяную баню при температуре 50 – 60°C и нагревают 10 мин. В присутствии нитритов проба окрашивается в розовый цвет.

Таблица 17

#### Примерное определение азота нитритов $N-NO_2^-$

Окрашивание при рассмотрении		Содержание азота нитритов, мг/л
Сбоку	Сверху вниз	
Нет	Нет	<0,001
Едва заметное розовое	Чрезвычайно слабо розовое	0,002
Очень слабо розовое	Слабо розовое	0,004
Слабо розовое	Светло розовое	0,02
Светло-розовое	Розовое	0,04
Розовое	Интенсивно розовое	0,07
Сильно розовое	Красное	0,2
Красное	Ярко-красное	0,4

### 2) Определение хлоридов

К 5 – 10 мл исследуемой воды добавляют 2 мл 10% раствора нитрата серебра. В присутствии хлоридов выпадает белый осадок.

Таблица 18

#### Примерное определение хлоридов $Cl^-$

Характеристика осадка или муты	Содержание хлоридов, мг/л
Слабая муть	1-10
Сильная муть	10-50
Образуются хлопья, осаждаются не сразу	50-100
Белый, объемный осадок	>100

### 3) Определение сульфатов

*Первый способ.* К 5 – 10 мл исследуемой воды добавляют 2 мл 10% раствора хлорида бария. В присутствии сульфатов выпадает белый осадок.

Таблица 19

#### Примерное определение содержания сульфатов $\text{SO}_4^{2-}$

Осадок	Содержание $\text{SO}_4^{2-}$ , мг/л
Слабая муть	1-100
Сильная муть	100-500
Осадок	>500

*Второй способ.* К 5 – 10 мл исследуемой воды добавляют 2 капли 25%  $\text{HCl}$  и 10 капель хлорида бария, жидкость взбалтывают стеклянной палочкой и через 1 – 2 мин стаканчик ставится дном на таблицу из шрифтов разного размера. Если через муть стаканчика виден самый мелкий шрифт, то сульфатов 40 – 50 мг/л. Если мелкий шрифт не виден, передвигают стаканчик на следующие, более крупные шрифты, до появления видимости букв против каждого шрифта указано количество сульфатов в мг в 1 л воды.

### 4) Определение железа

В пробирку наливают 10 мл исследуемой воды, вносят 2 капли концентрированной хлороводородной кислоты и несколько кристаллов персульфата аммония (калия) и 0,2 мл роданида аммония (калия).

Таблица 20

#### Приближенное определение общего железа с роданидом

Окрашивание при рассмотрении		Содержание железа, мг/дм <sup>3</sup>
сбоку	сверху	
Нет	Нет	Менее 0,05
Едва заметное желтовато-розовое	Чрезвычайно слабое желтовато-розовое	0,1
Очень слабое желтовато-розовое	Слабое желтовато-розовое	0,25
Слабое желтовато-розовое	Светло-желтовато-розовое	0,5
Светло-желтовато-розовое	Желтовато-розовое	1,0
Сильное желтовато-розовое	Желтовато-красное	2,0
Светло-желтовато-красное	Ярко-красное	Более 2,0

**Контрольные вопросы:**

1. Какие показатели необходимо определять в питьевой воде?
2. О чем свидетельствует повышенное содержание нитритов в воде?
3. Что является основным источником поступления хлоридов в водные объекты?
4. Чем обусловлено естественное содержание сульфатов в воде?
5. Сделайте выводы о содержании исследуемых элементов в вашей пробе воды.

**Лабораторная работа 11.****Определение суммарной токсичности почвы при применении почвенного гербицида**

**Цель работы:** ознакомиться с методом, позволяющим учитывать совместное влияние пестицидов на почву.

*Теоретические сведения.*

Скорость токсичности гербицида в почве зависит от дозы, способа и глубины заделки. При глубокой заделке препарат сохраняется в почве дольше и токсичность его для культурных растений возрастает. Миграция препаратов в почве зависит от физико-химических свойств пестицидов, растворимости их в воде, характеристик почвы (гранулометрического состава, содержания гумуса, температурного режима, влажности и т.д.).

В условиях Амурской области самым устойчивым к остаткам трефлана оказался овес, наиболее чувствительным к действию пивота оказался ячмень.

Уменьшить опасность загрязнения сельскохозяйственных объектов, особенно почвы, остатками пестицидов можно, применяя препараты по вегетирующим растениям. При такой технологии возможно фотохимическое разложение препаратов, рассеивание на поверхности листьев, поглощение и метаболизация растениями, химическое разложение, улетучивание, адсорбция почвенными коллоидами и разложение микроорганизмами.

*Материалы:* семена редиса; автоклав; сушильный шкаф; встряхиватель; фильтровальная бумага; вата; колбы конические на 250 мл; стаканчики химические на 75 мл; чашки Петри.

*Ход работы.* Средний образец почвы составляют из 20 проб свежей почвы с каждого варианта опыта, тщательно перемешивают и очищают от остатков корней растений, 100 г почвы вносят в 250-миллилитровую колбу со 100 мл стерильной водопроводной воды (1:1). Колбу закрывают стерильной резиновой пробкой и взбалтывают в течение 2,5 ч при 60 колебаниях в 1 мин. Затем почвенную вытяжку фильтруют через складчатый фильтр в химически чистые колбы. Предварительно отбирают семена рапса (редиса), близкие по величине и цвету (обычно репродукция имеет семена двух видов - с более светлой и более темной оболочкой). Лучше использовать семена со светло-желтой оболочкой последнего года репродукции, обладающие более высокой всхожестью. Перед проведением исследований необходимо предварительно проверить всхожесть семян.

Отобранные семена по 100 шт. помещают в химический стаканчик емкостью 75 мл, заливают 5 мл почвенной вытяжки и замачивают в течение 24 ч. После этого срока семена раскладывают и стерильные чашки Петри с кружками фильтровальной бумаги и слоем ваты, в которые вносят запас дистиллированной воды в количестве 10 мл, (чашки Петри стерилизуют в сушильном шкафу при температуре 120°C и течение 1 ч). После внесения воды поверхность фильтров выравнивают шпателем. В каждую чашку помещают по 20 семян, которые равномерно распределяют по поверхности чашки. Повторность четырехкратная.

Для построения графика зависимости уменьшения длины корней проростков от дозы гербицида параллельно закладывают семена в чашки Петри как описано выше, предварительно замачивая семена растворами исследуемого гербицида с известными концентрациями. Для построения ряда логарифмически снижающихся доз гербицида берем процент снижения дозы (Р) равным 40%, то есть  $P=40\%$ . При расчете последующей концентрации ( $D_1$ ) гербицида предыдущую в логарифмически снижающемся ряду дозу ( $D$ ) умножают на постоянную величину, назы-

ваемую коэффициентом разведения (К) и определяемую по формуле (19):

$$K = (100-P): 100, \quad (19)$$

так как  $P = 40$ , то  $K = 0,6$ .

Первая концентрация  $D = 0,04$  мг/кг;

$D_1 = 0,04$  мг/кг  $\cdot 0,6 = 0,024$  мг/кг;

$D_2 = 0,024$  мг/кг  $\cdot 0,6 = 0,014$  мг/кг;

$D_3 = 0,014$  мг/кг  $\cdot 0,6 = 0,009$  мг/кг;

$D_4 = 0,009$  мг/кг  $\cdot 0,6 = 0,005$  мг/кг;

$D_5 = 0,005$  мг/кг  $\cdot 0,6 = 0,003$  мг/кг.

Опыт учитывают на трети сутки после прорастания семян при комнатной температуре. При их прорастании в биотермостате при температуре  $25 - 26^\circ\text{C}$  время учета сокращается до 2 – 2,5 суток. Контролем служат семена, замоченные в том же объеме стерильной водопроводной воды. Измеряют общую длину корней проростков в каждой повторности, учитывают также невсхожие семена (всхожими считаются семена, прорвавшие оболочку).

После измерения длины корней в четырех повторностях рассчитывают среднюю длину корней проросших семян, а также процент снижения их длины по сравнению с контролем. Уменьшение длины корней проростков по отношению к контролю, выраженное в процентах, и является показателем токсичности почвы при применении пестицидов.

Для определения концентрации гербицида в исследуемой почве из показателей уменьшения длины корней от действия логарифмически снижающихся доз рабочих растворов строят калибровочный график.

### **Контрольные вопросы:**

1. Почему рапс и редис можно использовать для проведения биотеста на содержание гербицида в почве?
2. Расскажите о применении и детоксикации почвенных гербицидов в агроэкологических условиях Верхнего Приамурья.

### Список рекомендуемой литературы

1. Авраменко, И.М. Природопользование: Курс лекций / И.М. Авраменко. – СПб.: Лань, 2003. – 90 с.
2. Агрэкология / Под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – М.: КолосС, 2000. – 516 с.
3. Арустамов, Э.А. Экологические основы природопользования: учебник / Э.А. Арустамов, Н.В. Баркалова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательско – торговая корпорация «Дашков и Ко», 2007. – 316 с.
4. Аликаев, В.А. Руководство для практических занятий по гигиене сельскохозяйственных животных. / В.А. Аликаев, А.В. Озеров, А.П. Онегов, Т.К. Старов. – М.: Колос, 1953, с. 17-87.
5. Ашихмина, Т. Я. Биоиндикация и биотестирование - методы познания экологического состояния окружающей среды. Вып. 4, ч. 3 [Текст] / Т. Я. Ашихмина, Н. М. Алалыкина, Г. Я. Кантор, Л. В. Кондакова, С. Ю. Огородникова. - Киров: [б. и.], 2005. - 52 с.
6. Беккер, А.А. Охрана и контроль загрязнения природной среды: Учебное пособие. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 287 с.
7. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем /Под ред. Р.Шуберта. – М.: Мир, 1988. – 248 с.
8. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование [Текст]: учеб.пособие; доп. м-вомобраз. и науки РФ / О.П. Мелихова [и др.]; под ред.: О.П. Мелиховой, Е.И. Сарапульцевой. – 2-е изд., испр. – М.: Академия, 2008. – 288 с.
9. Биологический контроль окружающей среды: генетический мониторинг. Учебное пособие / Сарапульцева Е.И., Цаценко Л.В., Гераськин С.А. – М.: ИЦ Академия, 2010. – 208 с.
10. Глуховцев, В.В. Практикум по основам научных исследований в агрономии / В.В. Глуховцев, Кириченко В.Г., С.Н. Зудилин. – М.:Колос, 2006. – 240 с.
11. ГОСТ 10968-88 Зерно. Методы определения энергии прорастания и способности прорастания.

12.ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.

13. ГОСТ Р 8.589 – 2001 «Государственная система обеспечения единства измерений. Контроль загрязнения окружающей природной среды. Метрологическое обеспечение. Основные положения»

14.Добровольский, Г.В. Роль почвы в формировании и сохранении биологического разнообразия / Г.В. Добровольский, отв. ред. И.Ю. Чернов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – 273 с.

15.Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А.Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.

16.Другов, Ю.С. Мониторинг органических загрязнений природной среды. 500 методик [Текст]: практическое рук. / Ю.С. Другов, А.А. Родин. – 2-е изд., доп. И перераб. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 893, [3] с. – (Методы в химии)

17.Ермаков, А.И. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков и др. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.

18. Иваченко, Л.Е. Влияние условий выращивания сои на антиоксидантную систему ее семян / Л.Е. Иваченко, О.А.Селихова, В.К. Гинс// Вестник РАСХН. – 2004. – №4. – С. 55-57.

19.Ивлев, А.М. Почвенно-экологическое картографирование:Учебное пособие / А.М. Ивлев, А.М. Дербенцева, В.И. Ознобихин, Л.Т. Крупская, Б.Г. Саксин. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2005. – 104 с.

20.Киреев, Д.М. Лесное ландшафтоведение: Текст лекций / Д.М. Киреев. – СПб: СПбЛТА, 2002. – 240 с.

21.Короткова, Е.И. Физико-химические методы исследования и анализа: учебное пособие / Е.И. Короткова, Т.М. Гиндуллина, Н.М. Дубова, О.А. Воронова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 168 с.

22.Криворученко, Э.П. Методические указания к лабораторным занятиям по курсу «Экология (Биоиндикация)» / Э.П.

Криворученко, Н.Ю. Иванова. – Благовещенск: Изд.-во Даль-ГАУ, 2006. – 30 с.

23.Кулеш, В.Ф. Практикум по экологии: учеб. пособие / В.Ф. Кулеш, В.В. Мавришев. – Минск: Выш. шк., 2007. – 271 с.

24.Ляшенко, О.А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды: Учебное пособие / О.А. Ляшенко. – СПб.: СПбГТУРП, 2012. – 67 с.

25.Матерна, Я. Воздействие атмосферного загрязнения на природные экосистемы /Загрязнение воздуха и жизнь растений / Под ред. Майкла Трешоу. – Ленинград, Гидрометеиздат, 1988 – с.447.

26.Мелехова, О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова. – М.: изд. Академия, 2007. – 288 с.

27.Методы дендрохронологии. Ч. I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: учеб.-метод. пособие / С. Г. Шиятов [и др.]; под ред. С. Г. Шиятова, Е. А. Ваганова. – Красноярск: Изд-во КрасГУ, 2000. – 80 с.

28.Моисейченко, В.Ф. Основы научных исследований в агрономии: Учебник / В.Ф.Моисейченко и др.; под редакцией А.А.Белоусовой. - М.: Колос, 1996. - 336 с.

29.Мониторинг среды обитания: учебно-методическое пособие / Новосиб. гос. техн. ун-т; сост. Г. И. Дьяченко - Изд-во НГТУ, 2014. - 40 с.

30. Мубарак, А. М. Введение в биометрию [Электронный ресурс]: Учебное пособие / А.М. Мубарак, Пфейфер Н. Э., Тарасовская Н. Е., Химич Г. З., Хлущевская О. А. – Павлодар, 2009. - 97 с./ <http://do.gendocs.ru>

31. Муравьев, А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами / А.Г. Муравьев – 3-е изд. – СПб.: Крисмас +, 2009. – 248 с.

32. Муравьев, А.Г. Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки / А.Г. Муравьев – СПб.: Крисмас +, 2011. – 264 с.

33. Никитенко, Г.Ф. Опытное дело в полеводстве /Г.Ф.Никитенко. - М.: Россельхозиздат, 1982. - 190 с.

34. Овчаров, К.Е. Витамины растений / К.Е. Овчаров. – М., Колос, 1969. – 328 с.

35. Постановление Правительства РФ от 24.11.93 N 1229 "О создании Единой Государственной Системы Экологического Мониторинга"

36. Пискунов, А.С. Методы агрохимических исследований / А.С. Пискунов. – М.: КолосС, 2004. – 312 с.

37. Полоус, Г.П. Основные элементы методики полевого опыта: Учебное пособие / Г.П. Полоус. - Ставрополь: СтавГАУ, 2009. - 108 с.

38. Пономарева, И.Н. Общая экология: учеб. пособие; доп. УМО / И.Н. Пономарева, В.П. Соломин, О.А. Корнилова. – Ростов н/Д: Феникс, 2009. – 541 с.

39. Попутникова, Т.О. Биотест-системы для задач экологического контроля: Методические рекомендации по практическому использованию стандартизованных тест-культур / Т.О. Попутникова, под ред. В.А. Терехова. – М.: МГУ, 2011. – 48 с.

40. Региональное природопользование: методы изучения, оценки, управления: Учебное пособие / под ред. П.Я. Бакланова, В.П. Каракина. – М.: ЛОГОС, 2002. – 160 с.

41. Росляков, П.В. Методы защиты окружающей среды [Текст]: учеб.; доп. УМО по образ.; рек. Корпоративным энерг. ун-том / П.В. Росляков. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 336 с.

42. Снакин, В.В. Экология и охрана природы. Словарь-справочник / под ред. Академика А.Л. Яншина. – М.: Academia, 2000. – 384 с.

43. Стурман, В.И. Экологическое картографирование: Учебное пособие / В.И. Стурман. – М.: Аспект Пресс, 2003. – 251 с.

44. Трифонова, Т.А. Эколого-геохимический анализ загрязнения ландшафтов / Т.А. Трифонова, Л.А. Ширкин, Н.В. Селиванова. – Владимир: ООО «Владимир Полиграф», 2007. – 170 с.

45. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7 – ФЗ «Об охране окружающей среды»

46. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 1995г. № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе» (в редакции 31 декабря 2005г.).

47. Федоров, А.И. Методы математической статистики в биологии и опытным деле / А.И. Федоров. – Алма-Ата: "Кайнар", 1967. – С. 84 – 129.

48. Хайрулина, Т.П. Влияние абиотических факторов на антиоксидантную систему и продуктивность сои: дис. ...канд. биол. Наук.- Благовещенск, 2011. – 184 с.

49. Харина, С.Г. Сельскохозяйственная экология. Учебное пособие / С.Г. Харина. – Благовещенск: издательство ДальГАУ, 2002. – 102 с.

50. Экологическое состояние территории России: Учебное пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / Под ред. С.А. Ушакова, Я.Г. Каца. – М.: Издательский центр «Академия», 2002. – 128 с.

51. Экологическая экспертиза: учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / В. К. Донченко, В. М. Питулько, В. В. Растоскуев, С. А. Фролова; под ред. В. М. Питулько. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 528 с.

52. Юдин, Ф.А. Методика агрохимических исследований / Ф.А. Юдин. – М.: «Колос», 1971. – 272 с.

53. Яшин, И.М. Методы экологических исследований: Рабочая тетрадь / И.М. Яшин, И.И. Васенев, В.А. Черников. М.: Изд. РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2011. – 94 с.

54. Яшин, И.М. Курс лекций по Методам экологических исследований [Электронный ресурс]: Учебное пособие для бакалавров и специалитета / И.М. Яшин. – М.: МСХА им. Тимирязева, 2010. –80 с. / [www.ecology.timacad.ru](http://www.ecology.timacad.ru)

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Значения критерия t на 5 и 1%-ном уровне значимости

Число степеней свободы	Уровень значимости	
	0,05	0,01
1	12,71	63,66
2	4,30	9,93
3	3,18	5,84
4	2,78	4,60
5	2,57	4,03
6	2,45	3,71
7	2,37	3,50
8	2,31	3,36
9	2,26	3,25
10	2,23	3,17
11	2,20	3,11
12	2,18	3,06
13	2,16	3,01
14	2,15	2,98
15	2,13	2,95
16	2,12	2,92
17	2,11	2,90
18	2,10	2,88
19	2,09	2,86
20	2,09	2,85
21	2,08	2,83
22	2,07	2,82
23	2,07	2,81
24	2,06	2,80
25	2,06	2,79
26	2,06	2,78
27	2,05	2,77
28	2,05	2,76
29	2,05	2,76
30	2,04	2,75
50	2,01	2,68
100	1,98	2,63
$\infty$	1,96	2,58

## Приложение 2

**Вариант 1.**Высота растений сои, см

Вариант	Повторности		
	I	II	III
Контроль-70% ПВ весь период вегетации	61,1	40,9	51,0
135%ПВ-весь период вегетации	87,1	80,3	81,0
35%ПВ-весь период вегетации	50,8	46,1	56,5
35%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	66,4	34,9	51,0
135%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	73,5	85,8	65,0

**Вариант 2.**Высота растений сои, см

Вариант	Повторности		
	I	II	III
Контроль-70% ПВ весь период вегетации	125,0	130,3	81,0
135%ПВ-весь период вегетации	131,1	59,5	144,0
35%ПВ-весь период вегетации	133,6	55,3	52,0
35%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	88,9	54,0	90,0
135%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	135,9	75,4	97,0

**Вариант 3.**Количество бобов на одном растении сои, шт

Вариант	Повторности		
	I	II	III
Контроль-70% ПВ весь период вегетации	12,0	5,0	12,0
135%ПВ-весь период вегетации	14,0	7,0	14,0
35%ПВ-весь период вегетации	5,0	4,0	5,0
35%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	9,0	4,0	9,0
135%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	10,0	7,0	10,0

**Вариант 4.**Количество бобов на одном растении сои, шт

Вариант	Повторности		
	I	II	III
Контроль-70% ПВ весь период вегетации	16,0	10,0	7,0
135%ПВ-весь период вегетации	7,0	61,0	17,0
35%ПВ-весь период вегетации	9,0	1,0	4,0
35%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	14,0	2,0	13,0
135%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	16,0	4,0	9,0

**Вариант 5.**Количество семян с одного растения, шт

Вариант	Повторности		
	I	II	III
Контроль-70% ПВ весь период вегетации	27,0	7,4	27,0
135%ПВ-весь период вегетации	28,7	12,8	28,7
35%ПВ-весь период вегетации	11,4	8,7	11,4
35%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	19,1	5,73	7,0
135%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	20,2	9,8	9,0

**Вариант 6.**Количествосемян с одного растения, шт

Вариант	Повторности		
	I	II	III
Контроль-70% ПВ весь период вегетации	19,1	16,1	12,0
135%ПВ-весь период вегетации	15,5	113,1	39,0
35%ПВ-весь период вегетации	11,6	3,6	10,0
35%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	13,6	4,6	25,0
135%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	13,7	8,1	22,0

**Вариант 7. Масса семян с одного растения, г**

Вариант	Повторности		
	I	II	III
Контроль-70% ПВ весь период вегетации	4,6	1,1	3,9
135%ПВ-весь период вегетации	3,9	1,4	2,0
35%ПВ-весь период вегетации	1,7	1,0	1,3
35%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	3,2	0,7	1,1
135%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	3,2	1,0	1,3

**Вариант 8. Масса семян с одного растения, г**

Вариант	Повторности		
	I	II	III
Контроль-70% ПВ весь период вегетации	1,7	0,4	1,0
135%ПВ-весь период вегетации	0,3	1,4	0,3
35%ПВ-весь период вегетации	0,9	0,8	0,5
35%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	1,3	0,1	0,6
135%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	1,0	0,1	0,5

**Вариант 9. Высота растений, см**

Вариант	Повторности		
	I	II	III
Контроль-70% ПВ весь период вегетации	59,9	46,0	51,0
135%ПВ-весь период вегетации	94,1	45,1	94,1
35%ПВ-весь период вегетации	110,8	65,2	66,0
35%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	136,0	66,0	91,0
135%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	98,2	55,4	82,1

**Вариант 10.**Количество бобов с одного растения, шт

Вариант	Повторности		
	I	II	III
Контроль-70% ПВ весь период вегетации	16,0	10,0	7,0
135%ПВ-весь период вегетации	6,0	3,0	6,0
35%ПВ-весь период вегетации	9,0	5,0	9,0
35%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	14,0	6,0	13,0
135%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	11,0	9,0	18,0

**Вариант 11.**Количество семян с одного растения, шт

Вариант	Повторности		
	I	II	III
Контроль-70% ПВ весь период вегетации	27,0	7,4	27,0
135%ПВ-весь период вегетации	14,2	5,5	8,0
35%ПВ-весь период вегетации	22,3	9,2	22,3
35%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	26,6	12,5	28,0
135%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	32,3	15,1	40,0

**Вариант 12.**Масса семян с одного растения, г

Вариант	Повторности		
	I	II	III
Контроль-70% ПВ весь период вегетации	4,6	1,1	3,9
135%ПВ-весь период вегетации	2,3	0,6	1,4
35%ПВ-весь период вегетации	3,3	1,0	3,6
35%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	1,5	0,3	0,7
135%ПВ-всходы-цветение; затем перевод на 70%	1,0	0,4	1,1

## Приложение 3

**Важнейшие загрязняющие вещества и симптомы их воздействия**

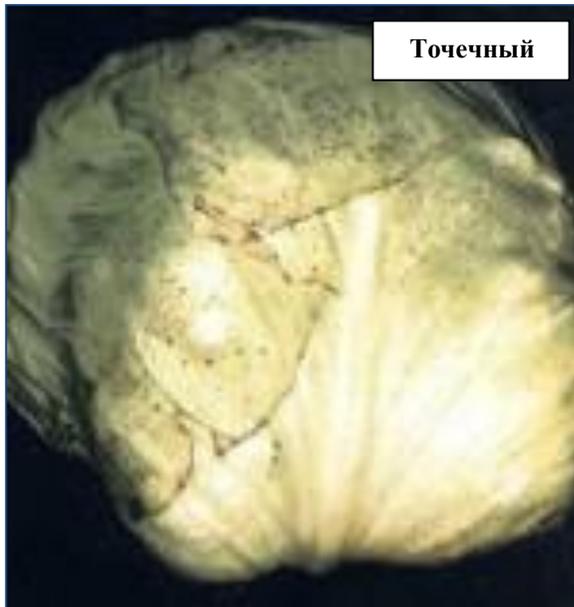
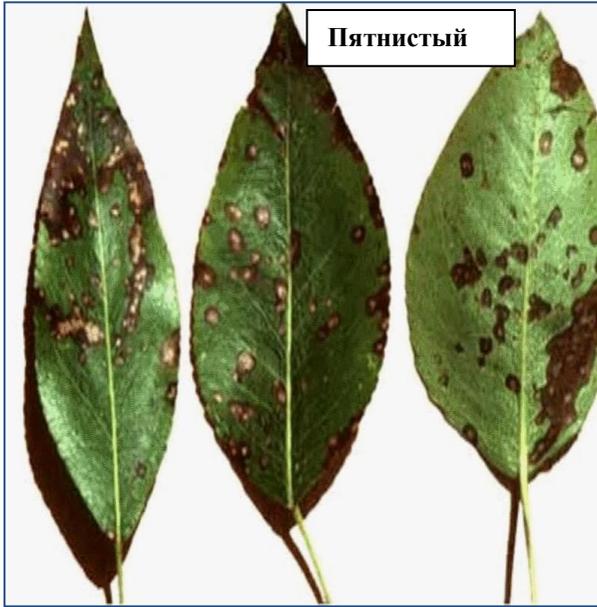
Название	Источник загрязнения	Симптомы воздействия
Двуокись серы	Электростанции, котельные (бурый, каменный уголь, мазут), химические предприятия, металлургические заводы, заводы сульфитной целлюлозы, коксовые заводы	Междилковый, верхушечный некроз листьев и хвои, хлороз или обесцвечивание листьев с изменением их окраски до красно-бурого цвета, у хвойных - покраснение хвоинок от кончика к основанию
Фтористый водород	Предприятия фтористых химикатов, заводы фосфорных удобрений	У хвойных – хлоротическое увядание и появление пятен от зеленовато-желтых до коричневых, у лиственных – некроз кончиков и краев листьев, сначала поверхность как бы смочена водой, потом становится серо-зеленой, затем коричневой
Хлор, хлористый водород	Электролиз с выделением хлора. Калийная промышленность, сжигание отходов полихлорвинила, бурого угля с повышенным содержанием солей	Быстрое сбрасывание листьев. По краям листа появляются пятна от темно-зеленого до черного цвета, которые потом обесцвечиваются до белого или становятся бурыми. Сходны с признаками повреждения двуокисью серы
Окислы азота	Выхлопные газы, химическая промышленность	Сходны с признаками повреждения двуокисью серы
Озон	В особых метеоусловиях образуется в нижних слоях атмосферы	Пятнистость металлическая или коричневая, со временем обесцвечивается до рыжевато-коричневого и белого. Хлороз и опадение листьев. Сходны с симптомами повреждения патогенами
Аммиак	Комбинаты промышленного откорма животных, навозная жижа, производство удобрений	При высоких дозах – почернение листьев, при малых - посеребрение
ПАН	Вторичный продукт в результате сложной реакции между углеводородами с участием света	На внутренней стороне листьев возникновение водянистых пятен с дальнейшим посеребрением или побронзовением. Некрозы в виде пятен с нижней поверхности листьев. сходны с озоном, с повреждением клещами и насекомыми
Этилен	Автомобильные выбросы	Старение листьев, хлороз, опад цветков и плодов

Приложение 4

Типичные формы некрозов на листьях и хвое







*Хайрулина Татьяна Петровна*

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ПО МЕТОДАМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Учебное пособие*

*Редакторы А.И. Казимова, Н.П. Власевская  
Компьютерная верстка Н.Н. Федотовой*

Лицензия ЛР 020427 от 25.04.1997 г.  
Подписано к печати 12.11.2015 г. Формат 60×90/16.  
Уч.-изд.л. – 5,6. Усл.-п.л. – 7,8.  
Тираж 300 экз. Заказ 139.

---

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии издательства ДальГАУ  
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86