

лейбусы, не играющие большой роли в загрязнении атмосферы, можно не учитывать). Смена наблюдателей на створах должна проводиться не реже, чем через 1 – 1,5 ч.

На одних и тех же створах возможно проведение разнообразных наблюдений:

- в разное время дня (суточные изменения);
- в разные дни недели, но в одно и то же время (недельные изменения);
- в разные сезоны года, но в одни и те же дни (сезонная динамика движения транспорта).

По данным учетных таблиц можно построить графики суточной и недельной динамики движения транспорта на конкретной улице, сравнить транспортные потоки в центр и из центра города, сопоставить интенсивность движения на оживленной магистрали, возле своей школы, на улице вблизи своего дома и т. д. При построении графика на горизонтальной оси откладывается время (в часах — для суточной динамики или в днях — для длительного периода наблюдений), а на вертикальной оси — суммарная интенсивность транспортного потока. Такие графики легко сравнить между собой.

В целях единообразия и получения информации в региональном плане необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

- выбрать не менее двух постов наблюдений (с значительным и наиболее интенсивным движением транспорта), на которых будет проводиться ежегодное изучение автотранспортного потока;
- проводить измерение в одни и те же сроки: ежедневные наблюдения с 14 до 15 ч в разные периоды года;
- в табл. 14 экопаспорта микрорайона проставлять среднюю за период наблюдений интенсивность транспортного потока (авт./ч).

МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ПОЧВ

На уровне школьного мониторинга биоиндикация по растениям является доступным методом и используется для выбора контрольного и опытного участков, сходных по почвам и фитоценозам и имеющих единственное различие — степень антропогенного воздействия.

Для характеристики почв ключевых участков можно использовать индикаторные виды растений, которые могут свидетельствовать о водном режиме почв, их кислотности, обеспеченности элементами минерального питания, состоянии плодородия.

Ежегодные наблюдения за состоянием растительности исследуемых ключевых участков позволят определить антропогенную нагрузку на опытном участке, выявить виды, чувствительные к антропогенному воздействию. Для сравнения флор контрольного и опытного участка можно использовать следующие критерии: видовое разнообразие флор, состав видов-доминантов, встречаемость видов, морфологические изменения растений, степень поражения растений вредителями и болезнями.

7.1. Биоиндикационные методы

7.1.1. Растения - индикаторы плодородия почв ИВ, 111

Почва — один из главных объектов окружающей среды, центральное связующее звено между биотическим и абиотическим компонентами биосферы. Полный анализ почвы требует много времени и труда. Однако многие особенности почвы, в том числе и плодородие,

можно определить по населяющим ее растениям-индикаторам.

Так, например, о высоком плодородии свидетельствуют следующие растения: малина, крапива, иван-чай, таволга, сныть, чистотел, копытень, кислица, вале-риана, чина луговая, костер безостый, таволга.

Индикаторы умеренного (среднего) плодородия: майник двулистный, медуница, дудник, грушанка, гравилат речной, овсяница луговая, купальница, вероника длиннолистная.

О низком плодородии свидетельствуют сфагновые (торфяные) мхи, наземные лишайники, кошачья лапка, брусника, клюква, белоус, ситник нитевидный, душистый колосок.

Безразличны к почвенному плодородию: лютик едкий, пастушья сумка, мятлик луговой, Черноголовка, ежа сборная. Малотребовательна к почвенному плодородию сосна обыкновенная.

Кроме общего понятия «плодородие почвы», можно выяснить обеспеченность почвы определенными элементами.

Например, о высоком содержании азота свидетельствуют растения-нитрофилы — иван-чай, малина, крапива; на лугах и пашне — разрастания пырея, гусиной лапчатки, спорыша (горца птичьего). При хорошем обеспечении азотом растения имеют интенсивно-зеленую окраску.

Наоборот, недостаток азота проявляется бледно-зеленой окраской растений, уменьшением ветвистости и числа листьев.

Высокую обеспеченность кальцием показывают кальциефилы: многие бобовые (например, люцерна серповидная), листовница сибирская.

При недостатке кальция господствуют кальциефобы — растения кислых почв: белоус, щучка (луговик дернистый), щавелек, сфагнум и др. Эти растения устойчивы к вредному действию ионов железа, марганца, алюминия.

7.1.2. Растения - индикаторы водного режима почв

- Индикаторами разного водного режима почв являются растения-гигрофиты, мезофиты, ксерофиты.

Влаголюбивые растения (гигрофиты) — обитатели влажных, иногда заболоченных почв: голубика, багульник, морощка, селезеночник очереднолистный, белозор, калужница, герань луговая, камыш лесной, сабельник болотный, таволга вязолистная, горец змеиный, мята полевая, чистец болотный.

Растения достаточно обеспеченных влагой мест, но не сырых и не заболоченных — мезофиты. Это большая часть луговых трав: тимopheевка, лисохвост луговой, пырей ползучий, ежа сборная, клевер луговой, горошек мышиный, чина луговая, василек фригийский. В лесу это брусника, костяника, копытень, золотая розга, плауны.

Растения сухих местообитаний (ксерофиты): кошачья лапка, ястребинка волосистая, очитки (едкий, пурпурный, большой), ковыль перистый, толокнянка, полевика белая, наземные лишайники.

7.1.3. Растения - индикатору глубины залегания грунтовых вод

Установление показателей глубины залегания грунтовых вод имеет значение для уточнения свойств почв и для выработки рекомендаций по мелиорации их. Для индикации глубины залегания грунтовых вод можно использовать группы видов травянистых растений (индикаторные группы). Для луговых почв выделяется 5 групп индикаторных видов (табл. 7.1).

Таблица 7.1.

Индикаторные группы растений — указатели глубины грунтовых вод на лугах (по Г.Л. Ремезовой, 1976)

Индикаторная группа	Глубина грунтовых вод
I. Костер безостый, клевер луговой, подорожник большой, пырей ползучий	Более 150 см
II. Полевица белая, овсяница луговая, горошек мышиный, чина луговая	100-150 см
III. Таволга вязолистная, канареечник	50-100 см
IV. Осока лисья, осока острая, вейник Лангедорфа	10-50 см
V. Осока дернистая, осока пузырчатая	0-10 см

Помимо названных групп растений, есть переходные виды, которые могут выполнять индикаторные

функции, например мятлик луговой, может быть включен как в первую, так и во вторую группы. Он указывает залегание воды на глубине от 100 до более 150 см. Хвощ болотный — от 10 до 100 см и калужница болотная — от 0 до 50 см.

В качестве биоиндикатора может быть использован и один вид, если этот вид имеет массовое развитие в конкретном местообитании.

Глубину почвенно-грунтовых вод в лесных экосистемах и характер увлажнения почв можно определить по табл. 7.2.

Таблица 7.2.

Растения-индикаторы глубины залегания грунтовых вод и характера увлажнения почв
(по С.В. Викторову и др., 1988)

Индикаторы	группы растений	Глубина грунтовых вод (м)
1. Ельник-кисличник	Кислица заячья, седмичник европейский, майник двулистный	3-5
2. Ельник-черничник	Черника, кислица заячья, <u>зеленые мхи</u>	1-3
3. Ельнички-долгомошники	Черника, багульник, мох <u>политрихум</u>	до 1 м
4. Ельнички <u>сфагновые</u>	Багульник, андромеда, Кассандра, сфагновые мхи	0-0,5
Ельнички дубовые	Ясменник душистый, медуница неясная, звездчатка ланцетовидная, зеленчук	5-10
6. Сосново-ельник-кисличник	Кислица заячья, папоротники, зеленые мхи	3-5
7. Сосново-ельник-черничник	Черника, брусника, кислица, папоротники, зеленые мхи	3-5
8. Сосняк лишайниковый	Кошачья лапка, ястребинка волосистая, кладонии	более 10
9. Сосняк <u>брусничный</u>	Брусника, зеленые мхи	3-5
10. Сосняк-черничник	Черника, кислица, зеленые мхи	до 2 м
11. Сосняк <u>орляковый</u>	Орляк, кислица, майник двулистный	1-3
12. Сосняк <u>долгомошный</u>	Голубика, черника, мох <u>политрихум</u>	0,5-1
13. Сосняк сфагновый	Багульник, Кассандра, сфагнум	0-0,2

7.1.4. Растения - индикаторы кислотности почвы [101]

Кислотность — одно из характерных свойств почвы лесной зоны. Повышенная кислотность отрицательно сказывается на росте и развитии ряда видов растений. Это происходит из-за появления в кислых почвах вредных для растений веществ, например растворимого алюминия или избытка марганца. Они нарушают углеводный и белковый обмен в растениях, задерживают образование генеративных органов и приводят к нарушению семенного размножения, а иногда вызывают гибель растений.

Повышенная кислотность почв подавляет жизнедеятельность почвенных бактерий, участвующих в разложении органики и высвобождении питательных веществ, необходимых растениям.

В лабораторных условиях кислотность почв можно определить универсальной индикаторной бумагой, набором Алямовского, рН-метром, а в полевых условиях — при помощи растений-индикаторов. В процессе эволюции сформировались три группы растений: ацидофилы — растения кислых почв, нейтрофилы — обитатели нейтральных почв, базифилы — растут на щелочных почвах. Зная растения каждой группы, в полевых условиях можно приблизительно определить кислотность почвы (табл. 7.3).

Таблица 7.3.

Растения-индикаторы кислотности почв
(по Л.Г. Раменскому, 1956)

Группа	Биоиндикатор	рН почвы
1. Ацидофилы 1.1. Крайние ацидофилы	Сфагнум, зеленые мхи: гилокомиум, дикранум; плаун булавовидный, плаун годичный, плаун сплюснутый, ожика волосистая, пушица влагалищная, подбел многолистный, кошачьи лапки, Кассандра, цетрария, белоус, щучка дернистая, хвощ полевой, шавелек малый	3,0-4,5
1.2. Умеренные ацидофилы	Черника, брусника, багульник, калужница болотная, сушеница, лютик ядовитый, толокнянка, седмичник европейский, белозор болотный, фиалка собачья, сердечник луговой, вейник наземный	4,5 - 6,0

1.3. Слабые ацидофилы	Папоротник мужской, ветреница лютиковая, медуница неясная, зеленчук, колокольчик крапиволистный, колокольчик широколистный, бор развесистый, осока волосистая, осока ранняя, малина, смородина черная, вероника длиннолистная, горец змеиный, орляк, иван-да-марья, кисличка заячья	5,0–6,7
1.4. Ацидофильно-нейтральные	Зеленые мхи: гилокомиум, плеврозиум, ива козья	4,5–7,0
2. Нейтрофильные 2.1. Околонейтральные	Сныть европейская, клубника зеленая, лисохвост луговой, клевер горный, клевер луговой, мыльнянка лекарственная, аистник цикутный, борщевик сибирский, цикорий, мятлик луговой	6,0–7,3
2.2. Нейтрально-базифильные	Мать-и-мачеха, пупавка красильная, люцерна серповидная, келерия, осока мохнатая, лядвенец рогатый, гусиная лапка	6,7 – 7,8
2.3. Базифильные	Будина сибирская, вяз шершавый, бересклет бородавчатый	7,8–9,0

Данные о растениях-индикаторах на ключевых участках вносятся в табл. 18 экопаспорта.

7.1.5. Индекс состояния окружающей среды по частотам встречаемости фенотипов белого клевера ИВ, 25, 261

Оценить состояние окружающей среды и уровень антропогенного воздействия можно с помощью фенотипических биоиндикаторов.

Фены — это четко различающиеся варианты какого-либо признака или свойства биологического вида.

Под воздействием антропогенных факторов в популяциях увеличивается частота встречаемости специфических фенотипов у различных видов растений и животных. Таким образом, частота встречаемости некоторых фенов является биологическим индикатором воздействия антропогенных факторов, в том числе загрязнения.

В качестве фенотипического биоиндикатора можно использовать широко распространенный белый клевер *Trifolium repens* (клевер ползучий). Формаседого рисунка на пластинках листа и частота встречаемо-

сти может использоваться как индикатор загрязнения среды.

Наблюдения осуществляются путем подсчета форм с различным рисунком и без него (рис. 7.1) и последующего расчета частоты их встречаемости в процентах. Диагностику желательно проводить на разных пробных площадках, различающихся антропогенной нагрузкой и положением в ландшафте.

Рекомендуется следующая методика работы. Сначала задается направление движения, по которому будет производиться исследование. Обнаружив экземпляр белого клевера (обычно в виде куртинки), определяя фенотип, к которому он относится (рис. 7.1), и делают отметку в соответствующей графе рабочей таблицы (табл. 7.4).

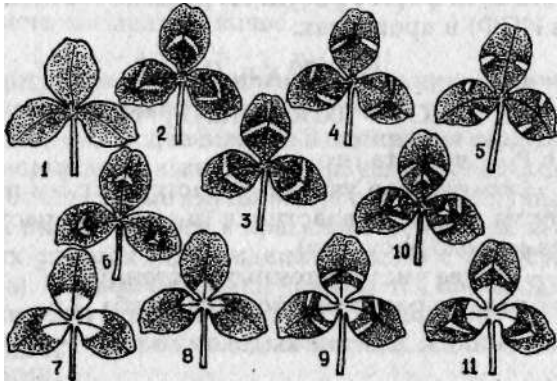


Рис. 7.1. Фенотипы белого клевера

Таблица 7.4.

Рабочая таблица учета фенов белого клевера

Фен 1 (без рисунка)	Фен 2	Фен 3	Фен ...	«новые» формы

Отсчеты фенов следует проводить не чаще, чем через два — три шага. Эта процедура повторяется по ходу Движения в заданном направлении до конца пробной

площадки. После этого направление движения меняется, и подсчет продолжается до тех пор, пока не будет сделано не менее 200 отсчетов. Если в какой-либо точке площадки обнаруживаются два разных фена, то данный результат не учитывается ввиду переплетения куртинок.

При обнаружении на пробной площадке фенов, не указанных на рис. 7.1, результаты вносятся в графу «новые формы». Отдельно отмечается наличие растений с какими-либо уникальными фенами (например, с рисунком красного цвета), растения-мутанты с четырьмя, пятью и более листьями и т. д., делается их гербарий с описанием места и даты обнаружения.

Для популяции белого клевера на каждой пробной площадке рассчитываются частоты встречаемости отдельных фенов P_i , а также суммарная частота встречаемости всех форм с рисунком (индекс соотношения фенов ИСФ) в процентах:

$$P_i = 100x_{ni}/N,$$

$$\text{ИСФ} = 100x(p_2 + p_3, \dots)/N,$$

где P_i — частота i -го фена,

x_i — количество учтенных растений с i -м рисунком на листовой пластинке (n_i — число растений без «седого рисунка»),

N — общее число учтенных растений.

Результаты расчетов вносятся в табл. 7.5.

Таблица 7.5.

Результаты фенотипической диагностики пробной площадки №__

Фен 1 (без рисунка)	Фен 2	Фен 3	Фен 4	«новые» формы	всего	Фен 2	Фен 3	Фен 4	«новые» формы	ИСФ

По величине ИСФ при достаточно большом количестве пробных площадок на исследуемой территории можно выделить наиболее антропогенно нагруженные участки. На чистых территориях величина ИСФ не превышает 30%, а на загрязненных территориях ИСФ может достигать 70 — 80%.

Результаты феноиндикации заносятся в табл. 19 экопаспорта.

7.1.В. Биодиагностика почвенных микро- и макроэлементов

В результате глобального и регионального антропогенного загрязнения из воздуха и воды, а также при сбросе и захоронении отходов в почву попадают повышенные количества соединений, содержащие катионы металлов, что приводит к увеличению их поступления в организм растений и накоплению в органах и тканях. Повышенное количество микроэлементов и соединений тяжелых металлов вызывает нарушения метаболизма в тканях растений и обуславливает соответствующие признаки избыточного содержания. Полевые исследования дикорастущих форм могут выявить избыток того или иного элемента в почве.

Признаки избыточного содержания химических элементов в почве [11]

Цинк — обесцвечивание и отмирание ткани листьев, молодые листья желтеют, верхушечные почки отмирают, более старые листья могут опадать без увядания, жилки окрашиваются в красный или черный цвет (на ранних стадиях повреждение сходно с недостатком железа). Первые признаки появляются на молодых растениях, при этом поражается все растение.

Медь — хлороз молодых листьев, жилки остаются зелеными.

Марганец — первые признаки появляются на молодых растениях, поражение местное. Ткань некротическая, хлороз развивается между жилками молодых листьев, превращая их в желтые или беловатые с темно-коричневыми или почти белыми некротическими пятнами, лист искривляется и сморщивается (в этом основное отличие от голодания).

Железо — ткань не некротическая: хлороз развивается между жилками молодых листьев, жилки остаются зелеными, позднее весь лист становится желтым или беловатым, что сходно с голоданием.

Кобальт — у некоторых растений вдоль основных зеленых жилок листа появляются прозрачные, наполненные водой участки; между жилками развивается

также некроз; позднее листья становятся коричневыми и опадают.

Фосфор — первые признаки проявляются на взрослых растениях, повреждается все растение. Ткань некротическая, общее пожелтение листьев; желтоватые или коричневые концы и края более старых; появление ярких некротических пятен; опадение листьев, у некоторых растений сходное с калийным голоданием, у других — с избытком азота.

Магний — листья слегка темнеют и немного уменьшаются; иногда наблюдается свертывание и сморщивание молодых листьев, на поздних стадиях роста концы их втянуты и отмирают.

Калий — ткань не некротическая: на ранних стадиях слабый рост растений, удлинение междоузлий, светло-зеленая окраска листьев; на поздних стадиях рост замедляется, у листьев появляются пятна, листья вянут и опадают.

Сера — общее огрубление растений, листья маленькие, тускло-зеленые, стебли твердые, позднее листья могут скручиваться внутрь и покрываться наростами, края их становятся коричневыми, затем бледно-желтыми.

Хлор — общее огрубление растений, листья маленькие, тускло-зеленые, стебли твердые, у некоторых растений на более старых листьях появляются пурпурно-коричневые пятна, после чего листья опадают.

Азот аммонийный или нитратный — повреждение местное. Ткань некротическая: хлороз развивается на краях листьев и распространяется между жилками, появляется коричневый некроз, и концы листьев свертываются, затем листья опадают (повреждение у многих растений сходно с голоданием).

Кальций — хлороз развивается между жилками с беловатыми и некротическими пятнами, которые могут быть окрашенными или иметь наполненные водой концентрические кольца; у некоторых растений происходит рост листовых розеток, отмирание побегов и опадение листьев (по повреждению сходно с недостатком магния и железа).

Бор — хлороз концев и краев листьев, который распространяется внутрь, особенно между жилками, пока весь лист не становится бледно-желтым или бе-

ловатым; ожоги краев листьев и некроз с закручиванием краев, опадение листьев.

В программе экомониторинга предусмотрено определение признаков избытка микро- и макроэлементов в почве ключевых участков методом биодиагностики. В табл. 20 экопаспорта обозначается знаком «+» наличие у растений признаков, свидетельствующих об избыточном количестве того или иного химического элемента.

7.1.7. Ишднцн (101)

Одним из наиболее важных показателей антропогенного воздействия на почвы и экосистемы в целом является изменение видового состава и количества почвенных и напочвенных беспозвоночных животных. Их изучение проводится на учетных площадках, линейно-радиальных маршрутах, профилях, где делаются почвенные прикопки и устанавливаются ловушки по методу «ловчих стаканов».

Исследования почвенной и напочвенной фауны дает наиболее наглядные результаты при изучении различных форм землепользования: сельскохозяйственной деятельности, дорожно-тропиночной сети, воздействия локальных загрязнителей природной среды; при изучении экосистем леса и открытых ландшафтов; отдельных видов рекреационного природопользования.

Для определения общего характера антропогенного воздействия на экосистемы на учетной площадке в 1 га необходимо заложить 4—5 прикопок размером 50 x 50 см на глубину встречаемости почвенных беспозвоночных.

При более детальном изучении локальных антропогенных воздействий рекомендуется брать пробы на площадке 0,01 га (10x10 м) в 1/16 м² (25x25 см). При этом число проб с одного участка увеличивают до 9—12. Расположение прикопок на учетной площадке зависит от цели и задач выполняемой работы. На однородных площадках достаточно заложить 3 (по диагонали), а лучше 5 (четыре по углам и одну в центре).

Процесс взятия пробы проходит следующим образом. Сначала отмечают площадь пробы, забивая по углам квадрата колышки, натягивая между ними шнур.

Затем от границ отмеренной площадки отгребают в разные стороны опад, или подстилку (если пробу берут в лесу), или сухую сыпучую землю поверхностного слоя (на парах). Рядом с пробой с одной или с двух сторон раскладывают клеенку или плотную ткань, на которую потом помещают выбираемую из пробы почву. Сначала с пробной площадки руками снимают опад и растительные остатки, которые тщательно перебирают, учитывая и собирая всех найденных животных. После удаления растительных остатков приступают к выкапыванию почвы с площади пробы лопатой. Вынутую на клеенку почву тщательно перебирают руками, при этом крупные комья дробят, а сплетения корней — разрывают. Всех обнаруженных животных собирают в баночки, матерчатые мешочки. Животных собирают из каждой пробы и слоя отдельно и тут же записывают в полевой дневник с той точностью определения, которая возможна в полевых условиях. В дневнике дается подробная характеристика участка и места взятия пробы. Весь собранный при раскопке материал фиксируют для последующей камеральной обработки в лабораторных условиях школы.

Для повышения точности размера пробы можно использовать металлические пластины заданного размера, которые забивают в почву, а затем выбирают почвенные слои.

Учет численности дождевых червей [10]

Дождевые черви — постоянные обитатели почвы. Количество их сильно варьирует, достигая в благоприятных условиях до 1000 особей на 1 м². В обычных условиях численность колеблется от нескольких десятков до двух—четырех сотен. Они играют особую роль в почвообразовательном процессе, обогащая почву азотом и биогенными элементами, участвуют в разложении растительного опада.

Изучение численности и биомассы дождевых червей позволяет понять ход почвообразовательного процесса на исследуемой территории. Для сбора червей необходимо иметь длинный пинцет, нож, совок и лопату. Собранных червей помещают в мешочки, сшитые из плотной ткани или в стеклянные банки вместе с землей или влажным мхом. В банках в жаркую погоду

черви быстро гибнут, поэтому лучше использовать мешочки.

На полевой экологической практике и в ходе исследований сбор червей и учет их численности можно осуществлять методами раскопки и выгонки. Раскопка и ручная разборка почвенных проб на месте дают наиболее достоверные данные о порядке численности и соотношении встречаемости отдельных видов червей и экологических групп. Полученные этим методом данные оказываются наиболее сопоставимыми при региональных исследованиях. Однако следует отметить трудоемкость этого метода.

Можно использовать для подсчета дождевых червей метод подсчета выползков после дождя или для выгонки червей залить участок водой (5 — 6 ведер на 1 м²), но эти методы дают лишь приблизительные результаты.

При изучении влияния дорожно-тропиночной сети и других форм антропогенного воздействия на почву подсчитывают численность дождевых червей по уровням удаления от объекта. Данные заносят в табл. 7.6.

Таблица 7.6.

Зависимость количества и биомассы дождевых червей от степени антропогенного воздействия (расстояния от дороги)

Показатели	Номера прикопок и расстояние от объекта			
	I-0 м	II-2,5 м	III - 5 м	IV-10 м
Количество				
Биомасса				

Из каждой пробы червей подсчитывают и взвешивают, а затем результаты сравнивают между собой. Отмечают в дневнике изменение численности и биомассы червей.

Подобные исследования проводят в разных экосистемах, различающихся степенью хозяйственного воздействия. Подсчитывают биомассу червей на 1 га каждого биотопа и данные заносят в табл. 7.7. После завершения исследования делают выводы. Составляют диаграмму размещения дождевых червей в исследуемом районе.

Таблица 7.7.

Сводная таблица численности и биомассы дождевых червей в различных экосистемах района практики (на 1 м²)

Биотопы	Показатели	
	численность	биомасса
Лес смешанный		

С целью изучения влияния структуры почвы на численность и биомассу червей можно провести исследования на разных типах почв по вышеуказанной методике, а полученные данные занести в табл. 7.8.

Таблица 7.8.

Зависимость количества и биомассы червей на 1 м² от структуры почв

Структура почвы	Показатели	
	численность	биомасса

Для выяснения влияния кострищ на заселение почвы дождевыми червями исследуют кострища разного возраста, данные заносят в таблицу 7.9 и делают выводы.

Таблица 7.9.

Количество и биомасса дождевых червей на 1 м² на разных стадиях восстановления кострищ

Возраст кострищ, лет	Показатели	
	численность	биомасса
0 - 1		
4 - 5		
7 - 8		
10 - 12		

Для учета численности беспозвоночных животных, обитающих на поверхности почвы и в подстилке леса, используют биоценометр, ловушки и ловчие канавки.

Учет беспозвоночных ловушками и ловчими канавками

Метод учета беспозвоночных ловушками и ловчими канавками позволяет учесть крупных хищных жу-желиц, пауков, которые в дневное время находятся в укрытиях и при кошении сачком не учитываются. Для учета используют ловушки Барбера, которые представляют собой стеклянные банки с небольшим количеством фиксирующей жидкости на дне, вкопанные таким образом, чтоб верхний край банки оказался на одном уровне с почвой. Ловушки Барбера чаще используются с ловчими канавками, на дне которых они и вкапываются. Ловушки проверяют 2 раза в сутки — утром и вечером. Таким образом можно установить, какие животные ведут ночной, а какие дневной образ жизни. Для получения сравнимых результатов по видовому составу и количественному учету животных время отлова рассчитывают в количестве ловушко-суток для каждого биотопа.

Например, в смешанном лесу 8 ловушек простояли 2 суток, поймали 32 жужелицы, а в сосновом — 12 ловушек поймали 48 жужелиц за 3 суток. Получается: в смешанном лесу $8 \times 2 = 16$ ловушко-суток, в сосновом лесу $12 \times 3 = 36$ ловушко-суток. Чтобы сравнить эти данные, количество животных делим на количество ловушко-суток и получаем: в смешанном лесу — $32:16 = 2$ жужелицы на 1 л/с и $48:36 = 1,3$ в сосновом лесу.

После подсчета и определения животных выпускают (если не была использована фиксирующая жидкость), а результаты заносят в табл. 7.10.

Таблица 7.10.

Количество беспозвоночных животных на поверхности почвы и в подстилке леса

№	Вид (семейство) беспозв"очных	Номер ловушки							
		№ 1		№ 2		№ 3		№ 4	
		кол-во лов.-суток	кол-во живот-ных	кол-80 лов.-суток	кол-во живот-ных	кол-во лов.-суток	кол-80 живот-ных	кол-во лов.-суток	кол-во живот-ных
1									
2									
3									

Сравнительный анализ результатов изучения количества беспозвоночных в течение нескольких лет

дает представление об изменении плодородия почв, обеспеченности влагой и кислородом.

7.1.8. Дошешные методы

7.1.8.1. Использование листьев липы в качестве биоиндикатора солевого загрязнения почвы [10, 27]

Для предотвращения гололедицы на проезжих частях улиц городов часто используют песчано-солевую смесь. В весеннюю пору в период таяния снега часть соли растворяется и вместе с талой водой уносится в реки, а часть соли вместе с песком оказывается на газонах, приводя к загрязнению почвы. Большинство растений не выносит хлорид-ионов и гибнет, древесные растения ослабляются, у них повреждаются листья, уменьшается фотосинтезирующая поверхность и замедляется рост, рано опадают листья. Особенно чувствительны к солевому загрязнению липы. Показателем реакции липы на солевой фактор является появление краевого хлороза на листьях. Под хлорозом понимается утрата листовой пластинкой зеленой окраски вследствие разрушения хлорофилла и появления желтой окраски, что приводит к отмиранию участков листа в целом и раннему сбрасыванию их на землю. О степени засоления почвы газонов можно судить по величине повреждения листовых пластинок липы. Исследования лучше всего вести с половины июля по август, когда лист достигнет своего полного развития. При этом следует внимательно осмотреть листья лип и выявить степень повреждения листовых пластинок. Выделяется 4 степени повреждения, соответствующие характеру засоления почв:

- первая степень загрязнения — на крае листа появляется узкая желтая полоска, в почве отмечаются следы соли;
- вторая — сильный хлороз, проявляющийся в виде широкой краевой полосы, при этом в почве отмечается среднее количество соли;
- третья — обширная зона краевого некроза с желтой пограничной полоской;
- четвертая — большая часть листовой пластинки отмирает, количество соли в почве крайне велико и граничит с пределами выносимости вида.

Исследуя характер повреждений листьев липы по кварталам, данные заносят на план города. После полного обследования можно получить реальную картину засоления микрорайонов города и выработать предложения по оздоровлению почвы. Для борьбы с засолением иногда прибегают к смене почвенного покрова на газонах, но это мелиоративное мероприятие ложится тяжелым бременем на городской бюджет, поэтому не следует допускать складирования сметаемого с дороги песка на газоны.

7.1.8.2. Использование почвенных водорослей для биоиндикации состояния почв [28]

С водорослями как с низшими автотрофными организмами школьники знакомятся в курсе ботаники. Однако более детальное знакомство с этой группой организмов может быть осуществлено при изучении их индикационных свойств.

Почвенные водоросли, составляя постоянную и активную часть почвенных микроорганизмов, отражают состояние почвенной среды и используются для биодиагностики почв. Альгологический анализ (по водорослям) может быть использован для экологического мониторинга почв и в практике работы школы. Ниже дается краткое описание методов изучения почвенных водорослей и приводятся примеры использования их в индикационных целях. Данные методики рассчитаны на старших школьников. При затруднении в определении видового состава водорослей их идентификация может быть проведена до отдела (синезеленые, зеленые, желтозеленые, диатомовые) и использованы количественные методы учета водорослей.

Почвенные водоросли — это совокупность нескольких экологических группировок водорослей:

- 1) наземные водоросли, разрастающиеся на поверхности почвы;
- 2) водно-наземные, разрастающиеся на поверхности постоянно влажной почвы;
- 3) собственно почвенные водоросли, населяющие толщу почвенного слоя [28].

Водоросли представляют собой совокупность нескольких обособленных систематических отделов. Большая часть встречающихся в почвах водорослей отно-

сится к четырем отделам: синезеленые, зеленые, желтозеленые и диатомовые водоросли.

Группировки водорослей в каждой почве относительно стабильны по флористическому составу, доминирующим и специфическим видам. Разным типам почв соответствует определенный состав водорослей. Как биоиндикаторы водоросли имеют ряд преимуществ перед другими почвенными микроорганизмами. Их можно заметить невооруженным глазом при «цветении» почвы — позеленение поверхностного слоя при массовом разрастании микроводорослей. Некоторые виды водорослей (носток) образуют макроскопически заметные талломы, и их можно собирать. Используя школьный биологический микроскоп, дающий увеличение в 400, 600 и более раз, водоросли можно идентифицировать до вида. Анализ альгофлоры дает возможность подобрать индикаторные виды, наличие которых говорит об определенных свойствах почвы. Альгоиндикация является надежным критерием оценки направленности почвенных процессов при действии разных факторов.

Методы изучения почвенных водорослей

Методы сбора, фиксации и культивирования водорослей разнообразны. Остановимся на тех из них, которые доступны для школьных исследований.

1. Сбор почвенных проб. На выбранном для сбора проб участке следует подробно описать растительность, рельеф местности, тип почвы. Если имеются макроскопически заметные поверхностные разрастания водорослей в виде общего позеленения почвы, пленок, корочек, собирают поверхностный слой площадью 10 — 100 см². Для выявления водорослей в толще целинной почвы берут индивидуальные пробы весом 20 — 50 г, приуроченные к определенным растительным ассоциациям и к определенному почвенному горизонту. В окультуренных почвах берут смешанный образец весом 20 — 50 г, составленный из 5— 10 индивидуальных (методика отбора индивидуальных проб и приготовления смешанного образца приведена в разделе 7.2.1). Пробы берут стерильным ножом, совком или лопатой. В полевых условиях стерилизация может быть проведена многократным втыканием ножа в исследуемую

почву. Образцы почв отбирают в конверты из плотной бумаги. На конверте делается надпись простым карандашом: номер образца, дата сбора, глубина взятия. Делаются записи в полевом дневнике.

2. Определение видового состава почвенных водорослей. Видовой состав водорослей определяется при изучении свежевзятой почвы (прямое микроскопирование) и с использованием культуральных методов. Просмотр небольшой порции свежевзятой почвы под микроскопом в капле воды дает представление о доминирующих видах. Методом прямого микроскопирования изучаются водоросли, образующие макроскопически заметные поверхностные разрастания на почве, и водоросли, образующие заметные талломы.

Главным методом выявления видового состава водорослей является метод культур. При постановке культур пользуются общепринятыми приемами микробиологической техники, касающимися стерильности посуды, питательных растворов, воды и инструментов (автоклавирование или кипячение и стерилизация спиртом). Задача культивирования заключается в получении интенсивного роста всех имеющихся в почве водорослей. Наиболее простым методом выявления видового состава водорослей является метод «стеклообрастания». Исследуемую почву помещают в стерильные чашки Петри, увлажняют дистиллированной водой (если почва сухая). На поверхности почвы раскладывают стерильные покровные стекла в количестве 4 — 8 на чашку. Стерилизация покровных стекол может быть проведена спиртом или легким прокаливанием в пламени спиртовки. Стекла положить так, чтобы между стеклами и почвой оставались свободные пространства — «влажные камеры». Через 5 — 7 дней можно начать просмотр стекол под микроскопом. Покровное стекло снимают с поверхности почвы пинцетом, удаляют крупные частички почвы и кладут на предметное стекло в каплю воды. Для полного выявления видового состава водорослей в почве достаточно 3 — 6 недель культивирования. Метод «стеклообрастания» дает возможность выявить активную альгофлору исследуемой почвы, определить виды-доминанты, выявить видовой состав водорослей.

Существуют также методы водных и агаровых культур, но в школе они мало применимы, так как требуют специального оборудования и реактивов.

Для определения почвенных водорослей нет специального определителя. Используются многотомные «Определитель пресноводных водорослей СССР», «Визначник прісноводних водоростей УРСР» и др.

3. *Количественные методы изучения почвенных водорослей:*

- 1) прямое взвешивание — • используется для определения массы поверхностных корочек или пленок водорослей, собранных с определенной площади (1 см^2 или 1 дм^2);
- 2) подсчет водорослей, рассеянных между частицами почвы. Для количественного учета берут среднюю пробу почвы. Средняя проба составляется из разного числа (от 5 до 10) индивидуальных проб. Пробы отбираются способом случайного отбора или в шахматном порядке. Отбор почвенных образцов проводят с глубины 0 — 5 см.

При подготовке образца к количественному анализу почву необходимо подсушить, чтобы можно было разрушить комочки, и тщательно перемешать. Затем распределить ровным слоем толщиной 0,5 см в виде прямоугольника, разделить на квадраты. Для составления навески берут из каждого квадрата небольшое количество почвы. Навески в 1 г помещают в пенициллиновые склянки. Повторность проб — 3 — 5. Допустимо хранение проб в холодильнике при 5°C в течение нескольких суток. Если обработка проб проводится не сразу, пробы фиксируют 4% формалином (4 — 5 мл). На склянку наклеивают этикетку, на которой указывают номер пробы, дату. Приготовление препарата для прямого учета микроскопических водорослей состоит в следующем. Навеску почвы тщательно растирают в склянке с добавлением небольшого количества дистиллированной воды (если почва свежая) или в небольшом объеме формалина. Для растирания используют пестик, изготовленный из препаровальной иглы и резинового наконечника, вырезанного пробочным сверлом. Затем добавляют воду до 4 мл, склянку тщательно взбалтывают в течение 2 минут. После 0,5 мин отстаивания взвесь сливают в пробирку, к осадку добавляют

3 мл воды, взбалтывают 1 мин, отстаивают 0,5 мин и взвесь сливают в ту же пробирку. Процедуру повторяют еще раз. Осадок отбрасывают, а суспензию доводят до объема 10, 20, 40 мл (в зависимости от густоты), пробирку закрывают пробкой и взбалтывают (не менее 2 мин). Затем мерной пипеткой со слегка подточенным носиком наносят каплю суспензии на предметное стекло (одну из первых капель, пока не нарушена гомогенность суспензии). Каплю закрывают покровным стеклом. Препарат готов для микроскопирования. Для замедления подсыхания препарата в каплю суспензии можно добавить каплю глицерина, перемешать краем покровного стекла. Определяют объем капли суспензии, подсчитав число капель в 1 мл.

Приготовленный к счету препарат изучают под микроскопом. Отмечают число встреченных в препарате водорослей по систематическим группам: синезеленые, зеленые и желтозеленые, диатомовые.

Обязательно просчитывают три навески, а при значительном расхождении результатов — все пять. Количество клеток водорослей определяется по формуле:

$$x = a \cdot x \cdot x \cdot 20,$$

где x — число клеток в 1 г почвы,
 a — число клеток, обнаруженных при счете,
 x — количество капель в 1 мл суспензии,
 20 — разведение в мл.

При просмотре препарата необходимо отличать водоросли от спор грибов и от протонемы мхов. Споры грибов имеют толстую оболочку и гомогенное содержимое. Нити протонемы мхов отличаются от нитей водорослей косыми перегородками и большим количеством хлоропластов в клетках.

Количество водорослей в почве подвержено резким колебаниям и изменяется за короткий промежуток в значительных пределах, поэтому для установления численности водорослей в почве необходимы многократные учеты.

Альгологический метод оценки используется при изучении водного режима почв, влияния мелиорации, Удобрений, пестицидов на почвенную биоту и др.

Так, влажность почвы, действуя как постоянный экологический фактор, обуславливает специфику во-

дорослевых сообществ и интенсивность развития отдельных видов и групп водорослей. Выявлены виды водорослей, специфичные для участков различного увлажнения почв выработанных торфяников. Индикаторами **слабого** увлажнения почв (40%) являются виды: *Nostoc calcicola*, *Chlorosarcinopsis minor*, *Actmochloris sphaerica*, *Dictyococcus irregularis*, *Spongioococcus tetrasporum*, *Characiopsis minutissima*, *Pleurochloris pyrenoidosa*, *Navicula pelliculosa*, рис. 7.2 (1 — 4); **среднего** увлажнения (60%): *Phormidium valderiae*, *Phormidium corium*, *Phormidium boryanum*, *Chlorhormidium flaccidum* f. *nitens*, *Dispora crucigenoides*, *Tribonema ulotrichoides*, *Bumilleria sicula*, *Navicula mutica*, рис. 7.2 (5 — 9); **сильного** увлажнения (80%): *Gleocapsa minima*, *Gleocapsa minuta*, *Anabaena variabilis*, *Cylindrospermum majus*, *Oscillatoria splendida*, *Oscillatoria amoena*, *Oscillatoria limosa*, *Tetraedron minimum*, *Nitzschia palea*, рис. 7.2 (10—12), рис. 7.3 (1, 3, 4, 12).

Наблюдения за макроскопическими разрастаниями водорослей показали, что при умеренном увлажнении преобладали водоросли из отделов зеленые, желтозеленые, а при сильном увлажнении — нитчатые синезеленые из порядка осцилляториевые и зеленые водоросли из рода зигнема, являющиеся типичными гидрофильными видами. Массовые разрастания водорослей на выработанных торфяниках служат индикаторами увлажнения почв. Следует помнить, что при использовании водорослей в целях биодиагностики надо учитывать сезонную динамику их состава и численности.

На неосушенных дерново-подзолистых почвах выявлены виды водорослей — показатели переувлажнения минеральных почв (рис. 7.3). Присутствие данных видов водорослей в пахотной почве указывает на ее заболачивание и необходимость проведения осушительной мелиорации.

В процессе окультуривания постепенно формируются водорослевые сообщества пахотных почв, которые отличаются богатым видовым разнообразием синезеленых, зеленых, желтозеленых и диатомовых водорослей. Доминирующими видами пахотных почв являются: *Nostoc punctiforme*, *Anabaena sphaerica* (рис. 7.3 (1, 2)), *Cylindrospermum licheniforme*, *Cylindrospermum mu-*

scicola (рис. 7.4 [5]), *Cylindrospermum catenatum* (рис. 7.4 [6]), *Phormidium autumnale* (рис. 7.4 [4]), *Microcoleus vaginatus* (рис. 7.4 [3]), *Navicula mutica* (рис. 7.2 [9]), *Hantzschia amphioxys* (рис. 7.4 [9]), *Pleurochloris magna* (рис. 7.5.[1]), *Pleurochloris anomala* (рис. 7.5 [3]), *Botrydiopsis eriensis* (рис. 7.5 [8]), *Botrydiopsis arhiza*, *Polyedriella helvetica* (рис. 7.5 [9]), *Polyedriella irregularis* (рис. 7.5 [10]), *Characiopsis minuta* (рис. 7.5 [12]), *Heterothrix exilis* (рис. 7.4 [7]), *Chlamydomonas gloegama* (рис. 7.4 [8]), *Chlorhormidium flaccidum* f. *nitens* (рис. 7.2 [6]).

Многие из названных видов при благоприятных условиях среды (влажности, температуры, наличии питательных веществ) образуют макроскопически заметные разрастания на поверхности почвы (рис. 7.4). В весенний период в поверхностных разрастаниях основную численность и биомассу составляют диатомовые, зеленые, желтозеленые водоросли; летом — зеленые и желтозеленые; осенью преобладают синезеленые, составляя 93 — 99% численности и 60 — 90% биомассы поверхностных разрастаний. При этом численность водорослей в пятнах «цветения» достигает 2,0— 16,1 млн клеток на 1 см².

Желтозеленые водоросли отзывчивы на окультуривание почвы. В старопашотных дерново-подзолистых почвах видовое разнообразие желтозеленых водорослей обычно бывает в 3 — 4 раза больше по сравнению с целинной почвой. Желтозеленые водоросли являются показателями чистых почв (рис. 7.5). При различных способах загрязнения почвы данная группа водорослей исчезает.

7.1.8.3. Кресс-салат как тест-объект для оценки загрязнения почвы и воздуха [27]

Кресс-салат — однолетнее овощное растение, обладающее повышенной чувствительностью к загрязнению почвы тяжелыми металлами, а также к загрязнению воздуха газообразными выбросами автотранспорта. Этот биоиндикатор отличается быстрым прорастанием семян и почти стопроцентной всхожестью, которая заметно уменьшается в присутствии загрязнителей.

Кроме того, побеги и корни этого растения под действием загрязнителей подвергаются заметным морфологическим изменениям (задержка роста и искрив-

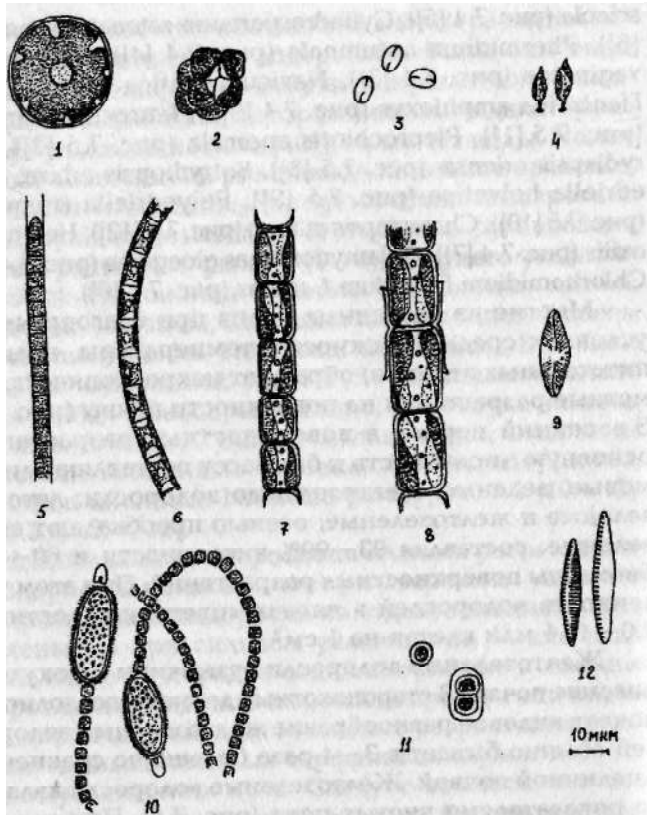


Рис. 7.2. Водоросли, специфичные для участков различного увлажнения торфяников:

- слабое увлажнение (40%)
 - 1 — *Actinochloris sphaerica*;
 - 2 — *Chlorosarcinopsis minor*;
 - 3 — *Navicula pelliculosa*;
 - 4 — *Characiopsis minutissima*;
- среднее (60%)
 - 5 — *Phormidium boryanum*;
 - 6 — *Klebsormidium flaccidum* f. *nitens*;
 - 7 — *Tribonema ulotrichoides*;
 - 8 — *Bumilleria sicula*;
 - 9 — *Zuticola mutica*;
- сильное (80%)
 - 10 — *Cylandrospermum majus*;
 - 11 — *Gleocapsa minuta*;
 - 12 — *Nitzschia palea*



Рис. 7.3. Водоросли — показатели переувлажнения минеральных почв

- 1 — *Anabaena variabilis* f. *variabilis*;
- 2 — *Cylandrospermum stagnale*;
- 3 — *Oscillatoria limosa*;
- 4 — *Phormidium splendidum*;
- 5 — *Pseudanabaena galeata*;
- 6 — *Closterium pusillum*;
- 7 — *Cosmarium cubrenatum*;
- 8 — *Cosmarium cucurbita*;
- 9 — *Mesotaenium macrococcum*;
- 10 — *Cylandrocystis brebissoni*;
- 11 — *Cylandrocystis crassa*;
- 12 — *Tetradron minimum*

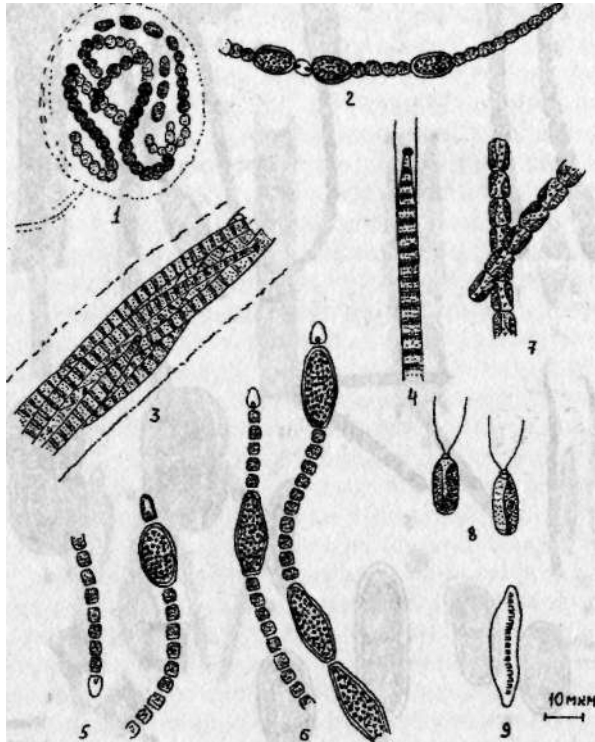


Рис. 7.4. Водоросли, вызывающие «цветение» пахотных почв

- 1 — Nostoc sp.;
- 2 — Anabaena sphaerica;
- 3 — Microcoleus vaginatus;
- 4 — Phormidium autumnale;
- 5 — Cylandrospermum muscicola;
- 6 — Cylandrospermum catenatum;
- 7 — Xanthonema exilis;
- 8 — Chlamydomonas gloeogama;
- 9 — Hantzschia amphioxys

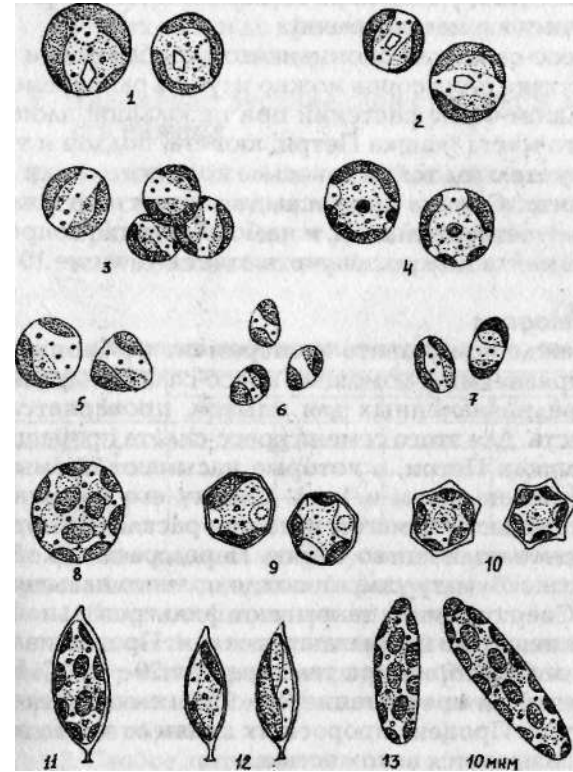


Рис. 7.5. Желтозеленые водоросли — показатели чистых почв

- 1 — Eustigmatos magnus;
- 2 — Pleurochloris imitans;
- 3 — Pleurochloris anomala;
- 4 — Pleurochloris pyrenoidosa;
- 5 — Pleurochloris inaequalis;
- 6 — Monodus chodatii;
- 7 — Ellipsoidion oocystoides;
- 8 — Botrydiopsis eriensis;
- 9 — Vischeria helvetica;
- 10 — Polyedriella irregularis;
- 11 — Characiopsis saccata;
- 12 — Characiopsis minuta;
- 13 — Bumilleriopsis brevis

ление побегов, уменьшение длины и массы корней, а также числа и массы семян).

Кресс-салат как биоиндикатор удобен еще и тем, что действие стрессоров можно изучать одновременно на большом числе растений при небольшой площади рабочего места (чашка Петри, кювета, поддон и т. п.). Привлекательны также и весьма короткие сроки эксперимента. Семена кресс-салата прорастают уже на третий — четвертый день, и на большинство вопросов эксперимента можно получить ответ в течение 10— 15 суток.

Методика

Прежде чем ставить эксперимент по биоиндикации загрязнений с помощью кресс-салата, партия семян, предназначенных для опытов, проверяется на всхожесть. Для этого семена кресс-салата проращивают в чашках Петри, в которые насыпают промытый речной песок слоем в 1 см. Сверху его накрывают фильтровальной бумагой и на нее раскладывают определенное количество семян. Перед раскладкой семян песок и бумагу увлажняют до полного насыщения водой. Сверху семена закрывают фильтровальной бумагой и неплотно накрывают стеклом. Проращивание ведут в лаборатории при температуре 20 — 25 °С. Нормой считается прорастание 90 — 95% семян в течение 3 — 4 суток. Процент проросших семян от числа посеянных называется всхожестью.

После определения всхожести семян приступают к проведению эксперимента, закладывая один или несколько опытов в следующей последовательности.

1. Чашку Петри заполняют до половины исследуемым субстратом (почвой, илом и т. п.). В другую чашку кладут такой же объем заведомо чистого субстрата, который будет служить в качестве контроля по отношению к исследуемому материалу.
2. Субстраты во всех чашках увлажняют одним и тем же количеством отстоянной водопроводной воды до появления признаков насыщения.
3. В каждую чашку на поверхность субстрата укладывают по 50 семян кресс-салата. Расстояние между соседними семенами должно быть по возможности одинаковым.

4. Покрывают семена теми же субстратами, насыпая их почти до краев чашек и аккуратно разравнивая поверхность.
5. Увлажняют верхние слои субстратов до влажности нижних.
6. В течение 10 — 15 дней наблюдают за прорастанием семян, поддерживая влажность субстратов примерно на одном уровне. Результаты наблюдений записывают в таблицу (табл. 7.11).

Таблица 7.11.

Скорость прорастания семян кресс-салата

Исследуемый субстрат	Число проросших семян, %.				
	3 сут	4 сут	5 сут		15 сут
Опыт 1					
Опыт 2					
Контроль					

В зависимости от результатов опыта субстратам присваивают один из четырех уровней загрязнения.

1. Загрязнение отсутствует

Всхожесть семян достигает 90 — 100%, всходы дружные, проростки крепкие, ровные. Эти признаки характерны для контроля, с которым следует сравнивать опытные образцы.

2. Слабое загрязнение

Всхожесть 60 — 90%. Проростки почти нормальной длины, крепкие, ровные.

3. Среднее загрязнение

Всхожесть 20 — 60%. Проростки по сравнению с контролем короче и тоньше. Некоторые проростки имеют уродства.

4. Сильное загрязнение.

Всхожесть семян очень слабая (менее 20%). Проростки мелкие и уродливые.

При проведении опытов с кресс-салатом следует учитывать, что большое влияние на всхожесть семян и качество проростков оказывают водно-воздушный режим и плодородие субстрата. В гумусированной, хорошо аэрированной почве (чернозем, верхний горизонт серой лесной почвы) всхожесть и качество проростков всегда лучше, чем в тяжелой глинистой почве, которая

из-за малой проницаемости для воды и воздуха имеет плохой водно-воздушный режим. Поэтому в качестве субстрата для контроля следует брать почву того же типа, что и для опытов.

Кроме загрязнения почвы, на кресс-салат оказывает влияние состояние воздушной среды. Газообразные выбросы автомобилей вызывают морфологические отклонения от нормы у проростков кресс-салата, в частности, отчетливо уменьшают их длину.

Кресс-салат можно выращивать на незастекленных балконах многоэтажных домов, расположенных вдоль автодорог. Газообразные выбросы автотранспорта имеют плотность более высокую, чем воздух, и скапливаются в приземном слое до высоты 2-х метров. Одновременное выращивание кресс-салата на балконах нижних и верхних этажей летом, в период теплой и безветренной погоды, обычно показывает заметные различия в качестве проростков.

7.1.8.4. Учет беспозвоночных при помощи биоценометра

Работа с биоценометром представляется одним из наиболее достоверных методов при работе на маленьких площадках. Биоценометр представляет собой ящик размером 1 м x 1 м и высотой 0,5 м, обтянутый марлей. Учеты беспозвоночных таким способом проводятся в часы наименьшей активности их. При этом исследователь идет так, чтобы его тень не падала на сидящих насекомых и не отпугивала их. Затем какой-то участок быстро накрывают ящиком, плотно прижимая его к земле и выбирая всех членистоногих, оказавшихся внутри его. Сначала вылавливают из биоценометра летающих насекомых, затем собирают спрятавшихся насекомых с растений и с поверхности земли. Бегающих насекомых ловят руками или пинцетом, мелких — смоченной спиртом кисточкой или эксгаустером и переносят в пробирку со спиртом. После того как все быстробегающие животные собраны, обрезают вокруг биоценометра растения до поверхности почвы, удаляют биоценометр и продолжают обследовать изучаемую площадку. Сначала срезают траву и переносят ее в мешочки для детального анализа в лаборатории; собирают насекомых, обнаруженных у корней, в отдельные пробирки; выкапывают дернину и

переносят ее также в мешочки для детального изучения. После обработки материала все данные заносят на карточку по следующей форме.

Карточка учета беспозвоночных биоценометром

№ _____ Название биоценоза _____ Дата _____
 Время взятия пробы _____ Характер растительного покрова _____
 Метеоусловия _____ Способ взятия пробы _____

Название животных	Количество				Примечание
	на растениях	на поверхности почвы	в земле	на корнях	
1	2	3	4	5	6

При учете численности нестадных саранчовых можно использовать метод трансект. Метод трансект заключается в том, что исследователь медленно продвигается по прямой полосе длиной 25 — 100 м, внимательно осматривает пространство впереди себя шириной 1 м, регистрируя всех замеченных саранчовых. Трансекты лучше всего делать по 100 м и в 10-20-кратной повторности. Это обеспечивает достаточную достоверность полученных результатов. Исследователь с помощью метода трансект может определить общую плотность насекомых, рассчитать абсолютную плотность для каждого вида. Если набор видов саранчовых невелик и они легко определяются на глаз, можно сразу на трансекте вести учет по каждому виду.

7.2. Физико-химические методы исследования почв

В программу школьного экомониторинга включено изучение кислотности, влагосодержания, механического состава почв, общего солесодержания и микробиологической активности (табл. 21 экопаспорта). В экопаспорт включено сравнительно небольшое количество физико-химических характеристик почв. Это обусловлено тем, что далеко не все школы имеют возможность проводить химические анализы из-за отсутствия соответствующих реактивов и оборудования.

В данном разделе приводятся методики, по которым можно проводить более широкие исследования, чем это предусмотрено программой школьного экомониторинга. Полученные результаты могут быть дополнительно включены в экологический паспорт.

7.2.1. Пробоотбор и подготовка образцов к физико-химическому анализу [16, 29, 30]

Для проведения физико-химического анализа почвы необходимо правильно провести пробоотбор. Отбор почвенных образцов лучше проводить в весенний или осенний период. Рекомендуется составлять объединенные (смешанные, средние) образцы пробы из 5—8 индивидуальных, взятых в различных точках участка площадью от 100 кв. м до 1 га. Почву на многолетней залежи отбирают с глубины 0—10 см; на пашне — с глубины 0—20 см; на территориях, занятых лесом, — из лесной подстилки; на болотных почвах — верхний торфяной слой 0—20 см. На практике для отбора почвенных образцов часто используют метод конверта [29] (рис. 7.6).

Подготовка почвы к анализу состоит в измельчении материала, удалении посторонних примесей, просеивании через сито с диаметром отверстий 1 мм и сокращении до небольшой массы (около 500 г). Для сокращения пробы пользуются разными методами. Один из них — метод квартования (рис. 7.7). Измельченный материал тщательно перемешивают, рассыпают ровным

тонким слоем в виде квадрата или круга, делят на четыре сектора. Содержимое двух противоположных секторов отбрасывают, а двух остальных соединяют вместе. Операцию квартования проводят многократно, после чего среднюю пробу высушивают до воздушно-

сухого состояния и хранят в картонных коробках или бумажных пакетах с этикетками. Из полученного таким образом однородно-

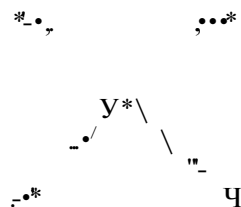


Рис. 7.6. Взятие почвенных образцов методом конверта.

*—точки отбора индивидуальных образцов

го материала делают различные вытяжки (водные, солевые, кислотные).

Приготовление водной вытяжки

Водную почвенную вытяжку используют чаще всего для определения водорастворимых соединений, а также для определения актуальной кислотности почвы. Для ее приготовления 20 г воздушно-сухой просеянной почвы помещают в колбу на 100 мл, добавляют 50 мл дистиллированной воды, взбалтывают в течение 5—10 мин и фильтруют.

Приготовление солевой вытяжки

Для определения обменной кислотности почвы солевую вытяжку готовят следующим образом. 10 г воздушно-сухой почвы помещают в колбу, приливают 25 мл 1 М раствора хлорида калия (или хлорида натрия). Содержимое хорошо взбалтывают и оставляют до следующего дня, после чего фильтруют.

Гидролитическую кислотность почвы определяют в солевой почвенной вытяжке, приготовленной с использованием гидролитически щелочной соли (чаще всего ацетата натрия). В колбу насыпают 40 г воздушно-сухой почвы, добавляют 100 мл 1 М раствора ацетата натрия, содержимое взбалтывают в течение 1 часа (желательно на ротаторе), фильтруют.

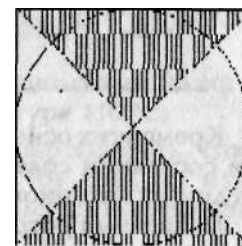


Рис. 7.7. Метод квартования

7.2.2. Определение физических свойств почв [7, 11]

Почва — верхний корнеобитаемый слой земной коры, из которого растения извлекают необходимые для их жизнедеятельности воду и элементы минерального питания. Любая почва состоит из трех главных составляющих частей, которые находятся между собой в тесном взаимодействии.

Твердая фаза почвы содержит основной запас питательных веществ для растений. Она состоит на 90% и более из сложных минералов и примерно на 10% и менее из органических веществ, которые играют очень важ-

ную роль в плодородии почвы. Почти половина массы твердой фазы почвы приходится на связанный кислород, одна треть — на кремний, более 10% — на алюминий и железо, и только 7% — на остальные элементы.

Совокупность мелкораздробленных (коллоидных) частиц почвы и органических веществ составляет почвенно-поглощающий комплекс (ППК). Суммарный заряд ППК большинства почв отрицательный, и тем самым он удерживает на своей поверхности в поглощенном состоянии в основном положительно заряженные ионы — катионы. Схематично ППК с поглощенными катионами можно изобразить следующим образом.

Кислые почвы	Al ³⁺ [ППК] Н ⁺ Ca ²⁺ * Mg ²⁺	- В составе поглощенных катионов наряду с Ca ²⁺ * и Mg ²⁺ содержатся Н ⁺ и Al ³⁺ *
Черноземы	Ca ²⁺ [ППК] Mg ²⁺	- В составе поглощенных катионов преобладают Ca ²⁺ * и Mg ²⁺
Солонцовые почвы	Na ⁺ [ППК] Ca ²⁺ Mg ²⁺	- В составе поглощенных катионов, кроме Ca ²⁺ и Mg ²⁺ , содержится Na ⁺

Кроме этих основных групп катионов, в поглощенном состоянии содержатся также ионы K⁺, NH₄⁺ и ряд других катионов.

Почвенный раствор — наиболее подвижная и активная часть почвы, в которой совершаются разнообразные химические процессы и из которой растения непосредственно усваивают питательные вещества. Элементы питания, находящиеся в почвенном растворе, наиболее доступны для растений.

Почвенный воздух служит основным источником кислорода для дыхания корней растений. Он отличается от атмосферного повышенным содержанием углекислого газа и несколько меньшим — кислорода.

Анализ почвенных образцов целесообразно начинать со знакомства с основными морфологическими признаками и физическими свойствами почвы непосредственно в полевых условиях.

Качественные методы описания основных физических свойств почв (механический состав, структу-

ра, окраска, плотность, влажность) приведены в разделе 3.4.2. Кроме того, в полевых условиях можно определить водопрочность структурных агрегатов почвы, а в лаборатории выполнить количественный анализ влажности.

Водопрочность структурных агрегатов — способность противостоять размывающему действию воды. Несколько структурных отдельностей поместить в стакан с водой. Если при легком взбалтывании они быстро разрушаются, то это свидетельствует об их непрочности, а если сохраняют свою форму, значит, почва обладает водопрочной структурой.

Определение влажности почвы методом гравиметрии:

- взвесить пустой бюкс или стакан, записать его массу (а);
- взвесить массу бюкса с почвой, записать его массу (в);
- поместить бюкс с почвой на 5 ч в сушильный шкаф при температуре 110°C;
- достать образец из шкафа, охладить в эксикаторе и взвесить (б);
- снова поместить образец в сушильный шкаф на несколько часов при температуре 110 °C;
- вынуть бюкс, охладить, повторно взвесить, чтобы убедиться в постоянстве веса (б): если вес изменился, повторить операцию высушивания и взвешивания до постоянного веса (б);
- провести расчет процентного содержания воды от веса сухой почвы (влажность почвы — С) по формуле:

$$C = (f \cdot c) \times 100\%$$

Измерение влажности в течение вегетационного периода позволяет следить за сезонной динамикой увлажнения почв. Данные о влажности почвы, измеренные в различные годы, могут дать представление об изменении данного показателя в течение ряда лет. Влажность почв можно сравнивать и увязывать с климатическими параметрами (частота и количество осадков, температура воздуха и др.).

7.2.3. КИСЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ И МЕТОДЫ ЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ [29, 30, 351]

Реакция почвы оказывает большое влияние на развитие растений и почвенных микроорганизмов, на скорость и направленность происходящих в ней химических и биохимических процессов. В природных условиях pH почвенного раствора колеблется от 3 (в сфагновых торфах) до 10 (в солонцовых почвах). Чаще всего кислотность не выходит за пределы 4 — 8. Кислые почвы занимают в нашей стране значительные площади. Связь между кислотностью почвы и величиной pH приведена в табл. 7.12.

Таблица 7.12.

Зависимость кислотности почвы от pH

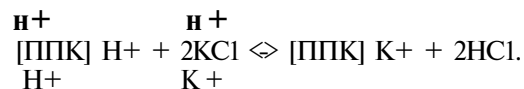
pH	Степень кислотности почв
<4,5	Сильнокислые почвы
4,5 - 5,0	Среднекислые почвы
5,1-5,5	Слабокислые почвы
5,6-6,0	Близкие к нейтральным
6,1-7,0	Нейтральные почвы
>7,1	Щелочные почвы

Различают два основных вида почвенной кислотности — фактическую и потенциальную.

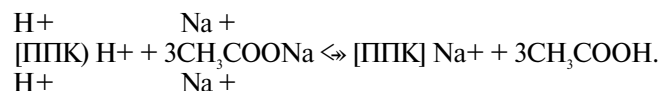
Фактическая (активная) кислотность — кислотность почвенного раствора. Такую кислотность определяют в водной вытяжке из почв. Фактическая кислотность оказывает непосредственное влияние на корни растений и почвенные микроорганизмы.

Потенциальная (скрытая) кислотность почвы обусловлена наличием поглощенных ионов водорода в почвенном поглощающем комплексе. Поглощенные ионы водорода не вытесняются водой, они могут быть вытеснены лишь при воздействии на почву катионов растворенных солей. В зависимости оттого, с помощью каких именно солей поглощенные ионы водорода вытесняются в раствор, потенциальная кислотность делится на обменную и гидролитическую.

Та часть поглощенных ионов водорода, которая может быть вытеснена и извлечена из почвы в виде кислот при взаимодействии нейтральных солей (KCl или NaCl), называется *обменной* кислотностью:



Потенциальная кислотность, определяемая путем обработки почвы раствором гидролитически щелочных солей (например, CH_3COONa), получила название *гидролитической* кислотности:



Величина гидролитической кислотности больше обменной. Для большинства почв pH водной вытяжки несколько выше (а определяемая при этом кислотность ниже), чем величина pH солевой вытяжки, так как в солевую вытяжку переходят ионы водорода, находящиеся не только в почвенном растворе, но и в поглощенном состоянии.

Определение фактической кислотности

Фактическую (активную) кислотность определяют в водной почвенной вытяжке. Для этого необходимо поместить в пробирку или колбу 2 г почвы, добавить 10 мл дистиллированной воды; полученную суспензию 1 : 5 хорошо встряхнуть и дать отстояться осадку; в надосадочную жидкость внести полоску индикаторной бумаги и, сравнивая ее цвет с цветной таблицей, сделать вывод о величине pH почвы. Кроме того, pH можно измерить с помощью прибора Алямовского: к 3 мл почвенной вытяжки добавить 2 — 3 капли универсального индикатора и сравнить со шкалой (табл. 7.13).

Таблица 7.13.

Шкала окраски раствора индикатора

pH раствора	Окраска раствора индикатора
3,0	Оранжевая
4,0	Желто-оранжевая
5,0	Желтая
6,0	Зеленовато-желтая
7,0	Желто-зеленая
8,0	Зеленая
9,0	Сине-зеленая
10,0	Синяя

В последнем случае кислотность может быть измерена как в вытяжках, так и в суспензии почвы (без предварительного фильтрования).

Определение обменной кислотности

Обменную кислотность устанавливают в солевой почвенной вытяжке после взаимодействия почвы с раствором нейтральной соли (чаще всего хлорида калия). Для определения обменной кислотности обычно пользуются теми же методами, что и для определения актуальной (индикаторная бумага, набор Алямовского, рН-метр). По показателям рН солевой вытяжки часто решают вопрос о необходимости известкования почв и о дозах извести (табл. 7.14).

Таблица 7.14.

Дозы извести в зависимости от рН солевой вытяжки почв

рН солевой вытяжки	Необходимость известкования	Доза извести, т/га	
		на легких почвах	на тяжелых почвах
<4,5	Острая	4,0	6,0
4,6	Сильная	3,4	5,5
4,8	Средняя	3,0	5,0
5,0	Средняя	2,5	4,5
5,2	Слабая	2,0	4,0
5,4	Слабая	2,0	3,5
>5,5	Не требуется		

Определение гидролитической кислотности

При обработке почвы раствором нейтральной соли не все поглощенные ионы водорода переходят в раствор, т. е. в этом случае не выявляется вся потенциальная кислотность. Более полно ионы водорода из ППК можно вытеснить, действуя на почву раствором гидролитически щелочной соли. Место водорода в ППК занимает натрий, а в растворе образуется эквивалентное количество уксусной кислоты (в случае использования раствора ацетата натрия, который чаще всего и применяется для определения гидролитической кислотности почвы). Путем титрования фильтрата раствором щелочи легко определить количество образующейся уксусной кислоты, а по ней — количество поглощенного водорода. Поэтому в тех случаях, когда необходимо особо тщательно обследовать почву, определяют гидролитическую кислотность и по ее значению рассчитывают дозу извести.

Из 40 г воздушно-сухой почвы и 100 мл 1 М раствора ацетата натрия готовят солевую вытяжку. После фильтрования отбирают 50 мл, переносят в коническую колбу, добавляют 2 — 3 капли фенолфталеина и оттитровывают 0,1 М раствором едкого натра до устойчивой розовой окраски раствора. Значение гидролитической кислотности выражают в молях на 1 кг почвы. Расчет ведут по формуле:

$$H_r = \frac{0,1 \times V \times K \times 50 \times 1,75}{1000} = 0,0857 \times V \times K.$$

где V — объем раствора щелочи, израсходованный на титрование 50 мл почвенной вытяжки, мл;

K — поправка к концентрации 0,1 М раствора едкого натра (вводится в том случае, когда концентрация раствора щелочи несколько отличается от 0,1 М):

$$K = \frac{[\text{NaOH}]}{0,1}$$

При расчете нормы извести по результатам определения гидролитической кислотности надо перейти от тех единиц, в которых измеряется кислотность почвы, к количеству извести, необходимой для нейтрализации пахотного слоя почвы на площади 1 га. С учетом всех постоянных величин формула для расчета дозы извести (т/га) приобретает вид:

$$X = 0,15 \times H_r,$$

где H_r — гидролитическая кислотность, моль/кг.

При изменении кислотности почвы изменяется и степень подвижности катионов металлов (табл. 7.15), происходит биоаккумуляция наиболее подвижных катионов в тканях растений.

Таблица 7.15.

Подвижность микроэлементов в зависимости от кислотности почвы

Реакция почвы	Rb	Cr	Ni	V	As	Co	Si	Zn	Cd	<i>ш</i>	S
Кислые почвы	СП	СП	СП	СП	СП	СП	п	п	п	ш	п
Нейтральные почвы	ПН	СП	СП	п	п	СП	СП	п	СП	п	п
Щелочные почвы	ПН	ПН	ПН	п	п	ПН	СП	СП	СП	ПН	п

Примечание: ПН — практически неподвижные; СП — слабоподвижные; П — подвижные.

Важной характеристикой почв является их буферность. Буферные свойства почв, богатых глиной и гумусом, выражены особенно хорошо. И наоборот, бедные гумусом песчаные почвы защищены от внешнего воздействия хуже, изменение величины рН при антропогенном воздействии протекает в них резче, чем в почвах с хорошими буферными свойствами.

7.2.4. Методы определения биологической активности почв

Биологическая активность почвы выражается суммарным проявлением активности биохимических процессов и характеризует размеры и направление превращения веществ и энергии в почве, происходящего под действием живых организмов.

Показатели биологической активности почвы могут быть использованы при тестировании состояния почв. При загрязнении почв небольшими количествами органических соединений может наблюдаться возрастание некоторых показателей биологической активности, так как более интенсивно развиваются группы микроорганизмов, участвующих в переработке дополнительных субстратов (фенолов, углеводов). При загрязнениях тяжелыми металлами, оксидами серы, большими количествами различных органических веществ преобладает токсический эффект, вследствие чего биологическая активность подавляется.

В качестве показателей активности, характеризующих экологическое состояние почвы, в литературе чаще всего рекомендуется следующие: выделение почвами диоксида углерода (дыхание почвы), активность ферментов, токсичность почв по отношению к тестовым организмам, различные аппликационные методы.

Интегральной характеристикой напряженности микробиологических процессов является скорость выделения углекислого газа. В большинстве случаев чем она выше, тем лучше экологическое состояние почвы. В оптимальных условиях скорость выделения углекислого газа может достигать нескольких кг/га в час.

Так как интенсивность дыхания почвы является исключительно вариабельной величиной и зависит от большого количества факторов (температурного режима, влажности, состояния фитоценоза и др.), для оцен-

ки экологического влияния загрязнений необходимо проводить сравнение данных, полученных на различных участках в близких условиях.

Для школьного мониторинга доступен абсорбционный метод Штатнова, в котором количество выделившегося в течение определенного времени углекислого газа определяют по нейтрализации им раствора щелочи.

Определение дыхания почвы этим методом заключается в том, что поверхность почвы изолируют от окружающего воздуха сосудом, под которым помещают чашку с 2 мл 0,1 г раствора КОН для поглощения углекислого газа. Через определенное время (0,5—1 час) сосуд-изолятор снимают, щелочь оттитровывают 0,05 г раствором НСl по фенолфталеину до обесцвечивания. Одновременно делают контрольные измерения (изолятор и щелочь ставят не на почву, а в какой-либо плоскодонный сосуд и также изолируют от воздуха). По разнице титрования определяют количество выделившегося из почвы углекислого газа. Расчет проводят по формуле:

$$F = \frac{b - b_1}{t} \cdot \frac{V}{S}$$

где

F — скорость выделения углекислого газа из почвы, кг/га в час;

a — объем 0,05 н. НСl, пошедший на титрование щелочи при определении содержания углекислого газа в воздухе контрольного сосуда, мл;

b — объем 0,05 н. НО, пошедший на титрование щелочи при определении содержания углекислого газа в воздухе сосуда-изолятора на почве, мл;

$1,1$ — масса углекислого газа, эквивалентная 1 мл 0,05 н. раствора кислоты, мг;

100 — пересчетный коэффициент (1 мг/см² = 100 кг/га);

S — площадь почвы под сосудом-изолятором, см²;

t — время экспозиции, час.

Тестировать активность различных групп почвенных микроорганизмов в почвах можно при помощи различных аппликационных методов. Наиболее распространенным является измерение скорости распада Целлюлозы. Этот метод был рекомендован академиком Е.Н. Мишустиним.

Для проведения исследований берут стерильную тонкую суровую льняную ткань (неотбеленную). Определяют массу 1 дм² этой ткани, затем ее полосы (шириной обычно 10 см, длина зависит от глубины изучаемого почвенного слоя) пришивают к полимерной пленке. В почве вырывают свежие разрезы, в которые помещают полосы ткани, полиэтилен с обратной стороны придавливают почвой, и разрез засыпают. Верхняя грань ткани должна быть на 3,5 см погружена в почву. Через определенное время ткань извлекают из разреза, отмывают и взвешивают. Потеря массы характеризует интенсивность разложения клетчатки. Для определения динамики процесса повторные куски ткани извлекают последовательно через разные интервалы времени.

Для оценки интенсивности разложения клетчатки (% за сезон) используется следующая шкала:

очень слабая	меньше 10%
слабая	10-30%
средняя	30-50%
сильная	50-80%
очень сильная	больше 80%

Шкала интенсивности позволяет определить микробиологическую активность почв: чем выше процент разложения клетчатки, тем она выше.

7.2.5. Качественное определение химических элементов в почве [16, 30]

Определение химического состава почвы чаще всего начинают с анализа водной почвенной вытяжки, так как хорошо растворимые соединения почвы в первую очередь поглощаются растениями. Избыточные количества растворимых солей (более 0,2% от массы сухой почвы) создают повышенную концентрацию ионов в почвенном растворе, а это снижает плодородие почвы и ее экологическое состояние. С агрономической точки зрения наиболее вредными для растений считаются гидрокарбонаты, карбонаты и сульфаты натрия, а также хлориды (особенно магния и кальция). По степени экологической опасности химические вещества, попадающие в почву различными путями, делят на 3 класса: 1 — кадмий, ртуть, свинец, цинк, фтор,

мышьяк, селен, бенз(а)пирен; 2 — кобальт, молибден, бор, медь, хром, никель, сурьма; 3 — ацетофенон, барий, вольфрам, марганец, ванадий, стронций.

При анализе почв прежде всего следует обратить внимание на кислотность почвенной вытяжки. Помимо того, что кислотность почвы — один из наиболее важных агрохимических показателей, по ее величине можно предсказать наличие тех или иных микроэлементов в почве, а также оценить их подвижность (табл. 7.15).

Сухой остаток почвенной вытяжки — это общее содержание растворимых солей в водной почвенной вытяжке. Его определяют путем выпаривания в фарфоровой чашке некоторого объема фильтрата. Прокаливанием можно разделить сухой остаток на минеральный и органический.

В прокаленную и взвешенную фарфоровую чашку наливают при помощи пипетки по 25 — 50 мл фильтрата водной вытяжки столько раз (по мере выпаривания), чтобы в сумме получить от 100 до 250 мл вытяжки (в зависимости от засоленности почвы — чем выше засоленность, тем меньше объем вытяжки берут на анализ). После выпаривания жидкости чашку помещают в сушильный шкаф и высушивают ее содержимое при температуре 105°C в течение 3 — 4 ч (до постоянной массы). Содержание сухого остатка выражают в процентах:

а) к воздушно-сухой почве:

$$x = \frac{K - m_2}{mV_2} \times V_{1 \times 1(X)} \%$$

б) к абсолютно сухой почве:

$$x_y = \frac{(m_1 - m_2) \times V_j}{mV_2} \times \frac{100}{100 - y}$$

где m_1 — масса чашки с сухим остатком, г;

m_2 — масса пустой чашки, г;

V_j — общий объем фильтрата, мл;

V_2 — объем фильтрата для анализа, мл;

m — масса почвы для приготовления вытяжки, г;

y — влажность воздушно-сухой почвы, %.

Рассчитанное значение общего солесодержания в процентах к воздушно-сухой массе почвы заносится в табл. 17 экопаспорта.

Если содержимое чашки после взвешивания озолить и прокалить, то потеря от прокаливания даст ориентировочное содержание в вытяжке органических веществ, а остаток в чашке — содержание минеральных солей. Озолье и прокаливание можно провести на газовой горелке или в муфельной печи при температуре не выше 525 °С. Расчет ведут аналогично сухому остатку (минеральная часть); органический остаток узнают по разности между сухим остатком и минеральной частью.

По количеству минерального остатка судят о засоленности почвы (табл. 7.16).

Таблица 7.16.

Определение степени засоления почвы

Содержание солей, в % от массы сухой почвы	Степень засоления почвы
Менее 0,3	Не засолена
0,3–1,0	Слабо засолена
1,0–2,0	Засолена
2,0–3,0	Сильно засолена
Более 3,0	Солончак

Довольно точное представление о степени засоленности почвы дает определение плотности водной вытяжки из почвы ареометром или при помощи пикнометра (взвешиванием).

Карбонат-ионы. Небольшое количество почвы помещают в фарфоровую чашку и приливают пипеткой несколько капель 10% раствора соляной кислоты. Образующийся по реакции оксид углерода CO_2 выделяется в виде пузырьков (почва «шипит»). По интенсивности выделения их судят о более или менее значительном содержании карбонатов.

Почву, вскипающую от 10% раствора соляной кислоты, относят к группе карбонатных почв. Для такой почвы проводят анализ водной вытяжки. Если почва не «вскипает», то для качественных реакций готовят не водную, а солянокислую вытяжку.

Хлорид-ионы. К 5 мл фильтрата, помещенного в пробирку, прибавляют несколько капель 10% раствора азотной кислоты и по каплям 0,1 М раствор нитрата серебра. Образующийся осадок в виде белых хлопьев указывает на присутствие хлоридов в количестве десятых долей процента и более. При содержании сотых

и тысячных долей процента хлоридов осадка не выпадает, но раствор мутнеет.

Сульфат-ионы. К 5 мл фильтрата добавить несколько капель концентрированной соляной кислоты и 2 — 3 мл 20% раствора хлорида бария. Если образующийся сульфат бария выпадает в виде белого мелкокристаллического осадка, это говорит о присутствии сульфатов в количестве нескольких десятых процента и более. Помутнение раствора также указывает на содержание сульфатов — сотые доли процента. Слабое помутнение, заметное лишь на черном фоне, бывает при незначительном содержании сульфатов — тысячные доли процента.

Нитрат-ионы. К 5 мл фильтрата по каплям прибавляют раствор дифениламина в серной кислоте. При наличии нитратов и нитритов раствор окрашивается в синий цвет.

Кальций. К 10 мл фильтрата добавить несколько капель 10% раствора соляной кислоты и 5 мл 4% раствора оксалата аммония. Белый осадок оксалата кальция свидетельствует о наличии нескольких процентов кальция. При незначительном содержании кальция (сотые и тысячные доли процента) наблюдается не осадок, а легкое помутнение раствора.

Железо (II и III). В две пробирки внести по 3 мл вытяжки. В первую пробирку прилить несколько капель раствора красной кровяной соли $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_1\text{M})_6]$, во вторую — несколько капель 10% раствора роданида аммония или калия NH_4SCN или KSCN . Появившееся синее окрашивание в первой пробирке и красное во второй свидетельствует о наличии в почве соединений железа (II) и железа (III). По интенсивности окрашивания можно судить об их количестве.

Алюминий. К 5 мл солевой почвенной вытяжки прибавляют по каплям 3% раствор фторида натрия до появления осадка. Чем быстрее и обильнее выпадает осадок, тем больше алюминия содержится в почве.

Натрий. О присутствии натрия в почве судят по ярко-желтому окрашиванию пламени горелки при внесении в него стеклянной палочки с каплей раствора почвенной вытяжки.

Присутствие соединений тяжелых металлов в почвах можно определять и количественным методом. Для

этого готовят водную вытяжку (раздел 6.2.1), которую анализируют по методикам, описанным в главе 7 данной книги, или по другим имеющимся в кабинете химии инструкциям. Полученный результат в мг/л вытяжки пересчитывают в мг/кг почвы по формуле:

где C_n — содержание определяемого элемента в почве, мг/кг;

C_v — концентрация этого же элемента в водной вытяжке, мг/л.