

ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет»

Полевая практика
по экологии

*Учебно-методическое пособие
для студентов биологических и экологических специальностей*

Ульяновск 2012

УДК 58
ББК 28.5я73
П49

Авторы-составители:

Е. Г. Климентова — зав. кафедрой общей биологии, кандидат биологических наук, доцент;
С.В. Ермолаева — кандидат биологических наук, доцент;
Е.В. Рассадина — кандидат биологических наук, доцент;
Ж.А. Антонова — кандидат биологических наук, ст. преподаватель;
Т.А. Зудова - кандидат биологических наук, доцент;
Ю.А. Лебедева - ст. преподаватель

Рецензент:

Кандидат биологических наук, доцент кафедры природопользования УлГУ
О.А.Индирякова;

Рекомендовано к изданию Научно-методическим советом
ИМЭиФК Ульяновского государственного университета

П49 Полевая практика и экологии : учеб.-методич. пособие для студентов экологического фак-та / Климентова Е.Г., Ермолаева С.В. [и др.]. — Ульяновск, 2012. — 84 с.

В учебно-методическом пособии изложены методические рекомендации и задания к прохождению полевых практик студентами экологического факультета. Пособие предназначено для студентов биологических и экологических специальностей, преподавателей, аспирантов, учителей школ.

УДК 58
ББК 28.5я73

©. Климентова Е.Г., Ермолаева С.В [и др.], 2012

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ

Практика — одно из важнейших звеньев системы профессиональной подготовки будущего специалиста. Она является связующим звеном между теоретическим обучением студента и его будущей самостоятельной деятельностью. Организация и проведение практики — это целостный процесс, характеризующийся интегрированностью, взаимосвязанностью всех компонентов, что обеспечивает высокий уровень развития и функционирования. Обязательность организации практики — это подчинение всех ее частей, этапов, компонентов, функций основной цели — развитию индивидуальности студента как будущего специалиста, совершенствованию его компетентности как интегральному показателю.

Целью проведения практик на экологическом факультете является обеспечение практической реализации знаний будущего специалиста в соответствии с видами его профессиональной деятельности.

Факультет обеспечивает проведение:

- полевых практик на собственной лабораторно-экспериментальной базе, на базах предприятий и организаций, с которыми заключены договора, в полевых условиях;
- педагогических практик на базе образовательных учреждений, способных обеспечить высокий организационный уровень их реализации.

Полевые практики — обязательное звено учебного процесса в системе высшего образования естественно-научного направления. Данное учебно-методическое пособие посвящено организации полевых практик на факультете экологии и биологии.

Учебная полевая практика предназначена для общего ознакомления студентов с будущей профессией и направлена на овладение основными методическими приёмами изучения как отдельных компонентов природы, так и их взаимосвязи, на адаптацию студентов к требованиям и условиям проведения полевой исследовательской, изыскательской, экологической и другой деятельности, на изучение различного рода природных компонентов и рекреационных ресурсов, ознакомление с планированием и организацией, этапами и видами географическими исследований, а также на получение студентами первичных профессиональных умений и навыков.

Основными задачами проведения учебной полевой практики являются:

- практическое закрепление знаний по теоретическим курсам, полученных в процессе обучения;
- освоение основными методическими приёмами, используемыми при проведении крупномасштабных исследований природных, ландшафтных, социально-экономических, историко-культурных и других компонентов в подготовительный, полевой и камеральный периоды;
- овладение диагностикой геолого-геоморфологических, почвенных, ботанических свойств природно-территориальных комплексов (ПТК), анализ пространственной изменчивости отдельных компонентов, их индикационная роль в геокомплексе;
- изучение водной составляющей природно-территориального комплекса, проведение и анализ гидрологических наблюдений, измерения и экологического состояния водных объектов;
- выявление вертикальных и горизонтальных взаимосвязей, возникающих между компонентами природы и всего геокомплекса в целом;
- получение навыков документирования результатов полевых наблюдений (работа с полевыми дневниками, топографическими картами, бланками, гербариями и т.д.) и камеральной обработки собранных в поле материалов (обобщение полевых записей, составление сводного, систематизированного списка результатов полевых наблюдений,

компьютерная обработка полученных данных, составление профилей) и составление отчета.

- установление факторов дифференциации и интеграции природно-территориальных комплексов в ландшафте, определяющие иерархические уровни, пространственную структуру, особенности ландшафтного рисунка;
- систематизация и типология природных комплексов;
- освоение методикой составления ландшафтной карты, ландшафтных профилей и других моделей ПТК;
- анализ морфологической структуры ландшафта;
- изучение воздействия человека на природно-территориальные комплексы.

В пособие включены задания, методические рекомендации к их выполнению, рекомендуемая литература и т. д. по общей экологии, биологическим основам сельского хозяйства, физиологии растений. Пособие может быть полезным для студентов биологических специальностей, преподавателей, аспирантов, учителей школ.

Полевая практика по общей экологии предназначена для углубленного изучения основ экологии студентами педвузов, учащимися старших классов общеобразовательных школ, учащимися специализированных (медико-биологических) лицеев. Практика помогает приобрести навыки работы в природе, углубить и закрепить теоретические знания, может использоваться как дополнение к учебнику экологии.

В соответствии с общепринятой методикой полевых исследований практика делится на три основных этапа:

1. Подготовительный;
2. Полевой;
3. Камеральный.

Время отводимое на эти периоды при отраслевых исследованиях делится на следующие части 1 : 2 : 1, т. е. на подготовительный период отводится одна часть полевой практики, две части на полевой период и одна часть на камеральный.

Подготовительный этап. Этот период включает в себя знакомство с литературой по территории (объектам), непосредственно связанных с местом проведения практики; написание реферата, где даётся физико-географическая и экономгеографическая характеристика района исследования; подбор картографического материала; инструктаж по технике безопасности и мединструктаж, подготовка полевого оборудования и снаряжения и т.д.

Полевой период начинается с выбора и оборудования места лагеря (базы) практики, рекогносцировочного маршрута, обработки методик изучения объектов исследования на точках фиксации изученных данных в бланках, дневниках, картах и т.п.

Ежедневно проводятся камеральные работы по анализу результатов исследования, проводятся картографические работы, вычерчиваются профили и т.п. При ландшафтной съемке строятся таблицы ПТК, ландшафтные карты, комплексные физико-географические профили.

Структура отчета.

Вводная часть. В ней отражается актуальность, цель, задачи проводимых работ (исследований), время и место практики. Здесь даётся краткое описание объектов изучения, его географическое положение, приводятся методы исследования и т.п.

Основная часть: даётся 1) физико-географическая и экономико- географическая характеристика района (территории расположения объекта) практики; 2) результаты исследования, компьютерной обработки материалов по изучаемым объектам. Работа иллюстрируется фотографиями, графиками, картами, в приложении обязательно приводится фактический материал в виде таблиц, картосхем и т.д.

Заключение – основные выводы, интерпретация выявленных взаимосвязей и закономерностей.

В конце отчета даётся список использованной литературы (в алфавитном порядке с указанием издательства, города, года издания и количества использованных в работе страниц) и приложения к отчёту фактического материала.

Отчёт должен быть сброшюрован, снабжён содержанием (оглавлением), приложением и подписан руководителем практики.

По окончании полевой учебной практики студент должен уметь:

- владеть методикой работы в полевых условиях по изучению как отдельных компонентов природы, так и всего природно-территориального комплекса;
- квалифицированно выполнять работы по описанию, диагностике почв, фитоценозов, определять в поле геолого-геоморфологические свойства ПТК, уметь работать с приборной базой (топография, гидрология и др.), владеть методикой натурных сборов (пробы на химический анализ, образцы почво- грунтов, гербарии и пр.);
- проводить аналитические работы, собирать статистический материал, использовать в работе технологическую информацию, составлять и оформлять картографический материал, строить профиль, уметь писать тестовую часть отчёта, оформлять списки литературы и приложения и т.п.;
- уметь применять методы физико-географических, экономико- географических исследований, методов картографии и т.д. для обработки, анализа и синтеза полевых и лабораторных (камеральных) источников географической информации;

ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕД НАЧАЛОМ И ВО ВРЕМЯ ПРАКТИКИ

Во время прохождения практики ответственность за безопасность производства работ возлагается на руководителя. Именно он перед началом практик проводит общий инструктаж по правилам техники безопасности и в дальнейшем следит за соблюдением всеми студентами этих правил. Учитывая это, руководитель имеет полное право на отстранение от прохождения практики студентов, не выполняющих его требования. А отстранение от практики по этим причинам всегда имеет для неисполнительного студента самые печальные последствия. Поэтому неукоснительное соблюдение студентами его указаний по безопасному ведению полевых работ – неосуждаемый принцип.

Содержание лекции-инструктажа устанавливается в соответствии с действующими «Правилами техники безопасности студентов ВУЗов в период прохождения ими полевых практик и нахождения в экспедициях».

Руководитель вправе дополнить их, учитывая специфику работ и выбранного для практики места её проведения. После инструктажа студенты дают расписку об ознакомлении с правилами техники безопасности.

В целом требования к безопасному ведению полевых работ достаточно просты и кратко могут быть сформулированы следующим образом:

1. Больные студенты к прохождению практики не допускаются. Невозможность прохождения практики должна быть документально подтверждена. Но необходимо иметь в виду, что в этом случае на кафедре речь пойдёт о невыполнении студентом учебного плана и о возможности дальнейшего обучения студента по выбранному профилю подготовки.
2. Все работы проводятся только с разрешения и под контролем руководителя практики.
3. Без разрешения руководителя практики запрещается отлучаться с участка работ, купаться, устраивать несанкционированные привалы, разводить костры и т.п.
4. Запрещается опаздывать к назначенному времени и месту работ, возвращаться с места работ в одиночку, работать в тёмное время суток, пить сырую воду из рек, родников, употреблять иные дары природы и т.п.

5. В каждой бригаде должна быть аптечка скорой помощи; при необходимости студент может пользоваться своими лекарствами.
6. При получении студентом любой травмы или внезапно начавшегося недомогания он обязан немедленно сообщить об этом руководителю практики.
7. Одежда и обувь должны отвечать условиям полевых работ, в частности они должны защищать тело от укусов насекомых, от раздражения растениями (крапивой, осокой, борщевиком и т.п.), от солнечного перегрева и т.п.
8. Запрещается работать в дождливую погоду, после дождя и, особенно, во время грозы.

Правила техники безопасности во время практики

На практику допускаются студенты, прошедшие медицинское обследование, сделавшие противозенцефалитную прививку (если район практики относится к энцефалитоопасному).

Перед выездом группы на место практики руководители в университете проводят инструктаж по технике безопасности, о чём должна быть сделана соответствующая запись в контрольном листе (журнале) учёта инструктажа, где каждый студент ставит свою подпись. Преподаватель-руководитель практики также напоминает студентам, как оказывать первую медицинскую помощь.

Основные правила безопасности, на которые следует особо обратить внимание:

1. Группа студентов должна иметь общую аптечку с необходимым набором лекарств (составляется список совместно с руководителем практики), а также меньшую по размерам и количеству медикаментов, перевязочных средств походную аптечку, которую нужно обязательно каждый раз брать с собой в маршруты бригадам. Все участники практики, пользующиеся индивидуальными лекарствами (желудочными, противоаллергическими и др.), должны обеспечивать свои потребности в них самостоятельно, независимо от наличия этих препаратов в общей аптечке.
2. Учитывая, что практика проходит в середине лета – при прибытии и дальнейшем нахождении в полевом лагере или маршруте студенты должны строго соблюдать правила пожарной безопасности, особенно в лагере, на особо охраняемых природных территориях, в лесных и лесопарковых массивах, вблизи сельскохозяйственных угодий, машинно-транспортных парков. Разведение костров разрешается только вдали от деревьев с разрешения руководителя практики, с обязательным оборудованием очага, не ближе 20 метров от палаток. Запрещено пользоваться в палатках свечами и другими формами открытого огня.
3. При работах по заготовке дров при помощи топоров запрещается находиться рядом с рубящим человеком. Инструмент должен быть исправным и заточенным.
4. Запрещается уходить с территории базы или временного лагеря поодиночке или группой, но без разрешения преподавателя.
5. Для соблюдения мер безопасности и для исключения неблагоприятных воздействий во время прохождения маршрутов необходимо: иметь средства защиты от прямых солнечных лучей (головные уборы, солнцезащитные очки, защитный крем и т.д.); средства защиты от дождя (зонт, плащ-дождевик, лист полиэтилена, куртки-ветровки и т.д.); хорошо подогнанную по ноге обувь, не вызывающую неудобства при длительной ходьбе и уже разношенную. При использовании соляной кислоты (HCl) для определения карбонатности пород следует переносить её в плотно закрытых капроновой пробкой пузырьках и только в полевой сумке, а при непосредственной работе избегать попадания кислоты на незащищённые участки тела.
6. Перед выходом группы в маршрут бригадир обязан лично проверять обеспеченность бригады аптечкой, необходимым снаряжением, одеждой,

обувью, средствами защиты от неблагоприятных природных явлений. С руководителем практики обговаривается контрольное время возвращения в лагерь.

7. Каждая полевая бригада должна в обязательном порядке иметь в маршруте спички (или зажигалку), нож и запас продуктов питания и воды.

8. Проведение самостоятельных маршрутов в одиночку запрещено.

Заболевший студент в маршрут не допускается. При непогоде (сильный дождь, ураганное усиление ветра) выход в маршрут откладывается.

9. При прибытии на место изучения или описания необходимо убедиться в отсутствии объектов опасных для жизни и здоровья (нависающих карнизов и уступов, вязких топей, осыпающихся склонов, оголённых электрических проводов и т.д.). Перед работой на точках наблюдений следует произвести его осмотр во избежание опасности обвала, осыпания, падения деревьев.

Особенно осторожным следует быть после дождя, вблизи выходов родников или высачивания грунтовых вод. Запрещается бегать и прыгать на склоне. Нельзя стоять и сидеть на обрывистых склонах, подходить к обрывам, а также трещинам ближе, чем на 2 метра. В случае опасного состояния обнажения работать на нём запрещается. При выявлении подобных объектов необходимо скорректировать маршрут и уведомить об этом руководителя практики.

10. При движении по залесённым участкам территории во избежание травмирования ветками, расстояние между идущими в бригаде должно быть не менее 3-х метров. При передвижении по незнакомым участкам сухостоев, остепнённых лугов с высокой травой следует идти медленно, производя шум и обращая внимание на возможное скопление змей. Впереди идущий должен предупреждать об опасности следующего за ним.

11. Если непогода застала уже в маршруте, работы прекращаются и группа возвращается на базу, либо пережидает в укрытии, но без нарушения контрольного срока возвращения. Во время грозы следует держаться вдали от отдельно стоящих деревьев, металлических предметов (в том числе и от геологического молотка, лопаты), не оставаться на открытых возвышенных местах. Во время грозы запрещается пользоваться сотовыми телефонами.

12. Запрещается пить не кипячёную воду (кроме родниковой), пробовать на вкус и трогать в маршруте какие-либо растения, грибы, животные, на учебной базе есть не мытые, а также незрелые овощи и фрукты, подбирать продукты с земли. Воду для приготовления пищи набирают из естественных источников выхода подземных вод на дневную поверхность. Необходимо соблюдать чистоту лица и рук при приёме пищи; принимать пищу только после мытья рук и лица с мылом или другими очищающими и дезинфицирующими средствами (влажные салфетки). После обеда на маршруте запрещается оставлять мусор, банки, стекло, пищевые отходы. Остатки обязательно закапываются на дне вырытых почвенных шурфов.

13. При несчастном случае или любом ухудшении самочувствия пострадавший или очевидец немедленно сообщает об этом руководителю практики, который обязан срочно организовать первую помощь пострадавшему и доставку его в ближайшее лечебное учреждение или медицинский пункт. При необходимости оставить пострадавшего человека по ходу маршрута для ожидания помощи, с ним обязательно должен остаться ещё один человек. Студенты и руководитель практики должны оказать пострадавшему первую медицинскую помощь.

14. Абсолютно недопустимо употребление спиртосодержащих, наркотических, галлюциногенных, токсических и т.п. веществ. В случае сознательного нарушения правил, особенно, если оно привело к жертвам, заболеваниям, остановке и/или существенной корректировке рабочего процесса, «студенты-виновники» отправляются в университет, считаются не прошедшими практику и отчисляются.

Оказание первой медицинской помощи пострадавшим

Каждый студент должен уметь оказать первую медицинскую помощь пострадавшему при обмороке, солнечном ударе, укусах ядовитых насекомых, ожоге, при вывихах, растяжениях, переломах, сотрясении мозга, поражениях молнией и электрическим током. При переломах и вывихах конечностей на место перелома (вывиха) должны быть наложены шины. При открытых переломах и вывихах нельзя пытаться вправлять обломки костей или сустава. Это может делать только врач.

При переломах позвоночника и тазобедренного сустава, пострадавшего осторожно, не сгибая тела, уложить на носилки из жесткого материала (доски и др.), прибинтовать к ним и на них доставить в лечебное учреждение. Делать это необходимо только в том случае, если нет возможности вызова на место происшествия медицинского работника.

При сильном кровотечении, связанном с повреждением крупных кровеносных сосудов (артерий и вен), необходимо принять меры по его остановке. При артериальном кровотечении (алая кровь вытекает под большим давлением), выше места кровотечения необходимо наложить резиновый жгут. Жгут нельзя оставлять более 1 часа в тёплое время, 0,5 часа в холодное время. По происшествии этого времени его необходимо снять или ослабить, дать стечь застоявшейся крови и только после этого затянуть вновь.

При венозном кровотечении (тёмная кровь вытекает под небольшим давлением) на место кровотечения необходимо наложить тугую повязку.

І ОБЩЕЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. ЛЕС КАК ЭКОСИСТЕМА

Оборудование: термометр, люксметр, анемометр, гигрометр, бинокль, энтомологический сачок, мерная рулетка, колышки, определители растений, животных и грибов, лопата, равнобедренный прямоугольный треугольник, миллиметровая бумага, планшет, булавки, шнуры, учебные принадлежности (тетрадь для записей, авторучка, цветные и простые карандаши, линейка и т. п.), вата.

Выполнение работы

1. Выберите однородный участок лесной изучаемой лесной экосистемы. Заложите на нем площадку размером 400 м² (20×20 м), отмерив мерной рулеткой стороны, по углам вбейте ограничивающие колышки.

2. Определите тип леса по основной лесообразующей породе. Укажите его название и местоположение.

3. При помощи простейших метеорологических приборов (термометр, люксметр, анемометр, гигрометр) изучите микроклимат данной территории. Подобные измерения проведите на открытом пространстве. Сравните полученные результаты и сделайте вывод об особенностях действия климатических факторов в лесу.

4. Дайте качественную оценку загрязнения воздуха на данном участке с помощью лишайников. Для этого выберите 10 отдельно стоящих старых, но здоровых, вертикально растущих деревьев, на каждом из которых подсчитайте количество видов лишайников. При этом не обязательно знать точное название видов, надо лишь различать их по цвету и форме слоевища. Все обнаруженные виды разделите на 3 группы: кустистые, листоватые, накипные.

Степень загрязнения воздуха определите по таблице 1.

Таблица 1

Определение степени загрязнения воздуха по наличию лишайников
(по С. В. Алексееву и др., 1996)

Зона	Степень загрязнения	Наличие (+) или отсутствие (–) лишайников		
		Кустистые	Листоватые	Накипные
1	Загрязнения нет	+	+	+
2	Слабое загрязнение	–	+	+
3	Среднее загрязнение	–	–	+
4	Сильное загрязнение	–	–	–

5. Установите видовой состав беспозвоночных животных в лесной подстилке, в травяно-кустарниковом ярусе, на стволах и в кроне деревьев.

6. Найдите следы деятельности других позвоночных животных и определите их принадлежность.

7. Вспомните основные типы биотических отношений (мутуализм, комменсализм, паразитизм, хищничество, конкуренция), приведите примеры таких отношений в лесу.

8. Выберите два хорошо вам известных организма и опишите их экологические ниши, указав абиотические условия среды, биоценотическое окружение, пищевые ресурсы, образ жизни и средообразующую деятельность, а также выявите у них адаптации к условиям обитания и образу жизни в лесу.

9. Составьте схему пищевой сети лесной экосистемы.

10. Приведите примеры продуцентов, консументов разных порядков и редуцентов леса.

11. Сделайте вывод по работе, в котором коротко докажете, что лес — целостная система.

2. ЛУГ КАК ЭКОСИСТЕМА

Оборудование: термометр, люксметр, анемометр, гигрометр, бинокль, энтомологический сачок, мерная рулетка, колышки, определители растений, животных и грибов, лопата, равнобедренный прямоугольный треугольник, миллиметровая бумага, планшет, булавки, шнуры, учебные принадлежности (тетрадь для записей, авторучка, цветные и простые карандаши, линейка и т. п.), вата, серп, весы (безмен), пакет для взвешивания растений, пробирки.

Выполнение работы

1. Определите тип луга и укажите его месторасположение.
2. Дайте общую характеристику рельефа. Опишите микрорельеф. Каково его происхождение?
3. Определите видовую принадлежность растений данного участка. Укажите их ярус, высоту, фенофазу, обилие, жизненную форму, экологическую группу по отношению к воде (гигрофиты, гелофиты, гигрофиты, мезофиты, ксерофиты).
4. Растения из каких семейств преобладают на лугу? Вспомните основные черты строения злаков и представителей семейства бобовых. Возьмите 2 растения из вышеназванных семейств и сделайте их биоморфологическое описание.
5. Установите видовой состав беспозвоночных животных в надпочвенном слое, среди растений и летающих над ними.
6. Найдите следы деятельности других позвоночных животных и определите их принадлежность.
7. Вспомните основные типы биотических отношений и приведите примеры таких отношений в лугу.
8. Выберите 2 хорошо вам известных организма и опишите их экологические ниши, указав абиотические условия среды, биоценотическое окружение, пищевые ресурсы, образ жизни и средообразующую деятельность, а также выявите у них адаптации к условиям обитания и образу жизни на лугу.
9. Составьте схему пищевой сети луговой экосистемы.
10. Приведите примеры продуцентов, консументов разных порядков и редуцентов луга.
11. Определите степень антропогенного влияния (низкая, средняя, высокая) на изучаемую экосистему и предложите меры рационального использования и охраны луга.
12. Сделайте вывод по работе, в котором коротко докажете, что луг — целостная система.

3. СТЕПЬ КАК ЭКОСИСТЕМА

Оборудование: термометр, люксметр, анемометр, гигрометр, бинокль, энтомологический сачок, мерная рулетка, колышки, определители растений, животных и грибов, лопата, равнобедренный прямоугольный треугольник, миллиметровая бумага, планшет, булавки, шнуры, учебные принадлежности (тетрадь для записей, авторучка, цветные и простые карандаши, линейка и т. п.), вата, пробирки.

Выполнение работы

1. Определите тип степи и укажите его месторасположение.
2. Дайте общую характеристику рельефа. Опишите микрорельеф. Каково его происхождение?
3. Определите видовую принадлежность растений данного участка. Укажите их ярус, высоту, фенофазу, обилие, жизненную форму, экологическую группу по отношению к воде (гигрофиты, гелофиты, гигрофиты, мезофиты, ксерофиты) и хозяйственное значение.
4. Растения каких семейств преобладают в степи? Вспомните основные черты их строения. Возьмите 2 растения из вышеназванных семейств и сделайте их биоморфологическое описание.

5. Установите видовой состав беспозвоночных животных в надпочвенном слое, среди растений и летающих над ними.

6. Найдите следы деятельности других позвоночных животных и определите их принадлежность.

7. Вспомните основные типы биотических отношений и приведите примеры таких отношений в степи.

8. Выберите 2 хорошо вам известных организма и опишите их экологические ниши, указав абиотические условия среды, биоценотическое окружение, пищевые ресурсы, образ жизни и средообразующую деятельность, а также выявите у них адаптации к условиям обитания и образу жизни в степи.

9. Составьте схему пищевой сети луговой экосистемы.

10. Приведите примеры продуцентов, консументов разных порядков и редуцентов степи.

11. Определите степень антропогенного влияния (низкая, средняя, высокая) на изучаемую экосистему и предложите меры рационального использования и охраны степей.

12. Сделайте вывод по работе, в котором коротко докажете, что степь — экосистема.

4. ВОДОЕМ КАК ЭКОСИСТЕМА

Оборудование: термометр, колба с пробкой, пробирки, диск Секи с тросом, рН-тест «экопротект» или универсальный индикатор, банка, водный сачок, ведро (5 л), шумовка, полиэтиленовый пакет, определители растений и животных, учебные принадлежности (тетрадь для записей, авторучка, цветные и простые карандаши, линейка и пр.), миллиметровая бумага, планшет, мерный шнур, микроскоп, предметные и покровные стекла.

Выполнение работы

1. Определите тип водоема (пруд, озеро, река, водохранилище и т. п.). Охарактеризуйте его берега, воду (температуру, характер и интенсивность запаха, цветность, прозрачность, кислотность) и грунт (илистый, глинистый, песчаный и т. п.).

1.1. *Определение температуры воды.* Погрузите термометр непосредственно в водоем не менее чем на одну треть шкалы и выдержите в погруженном состоянии не менее 5 мин. Не вынимая термометра из воды, произведите отсчет показаний.

1.2. *Определение характера и интенсивности запаха.* Заполните колбу водой на 1/3 объема и закройте пробкой. Сильно взболтайте содержимое колбы. Откройте колбу и осторожно, неглубоко вдыхая воздух, сразу же определите характер и интенсивность запаха.

Характер запахов в воде может быть естественным (неотчетливый, землистый, гнилостный, плесневый, торфяной, рыбный) и искусственный (бензиновый, нефтяной, хлорный, уксусный, фенольный).

1.3. *Определение цветности воды.* Заполните пробирку водой до высоты 10—12 см. Определите цветность воды, рассматривая пробирку сверху на белом фоне при достаточном боковом освещении. Выберите из приведенных ниже вариантов цветности воды наиболее подходящий вашему случаю. Варианты цветности воды: бесцветная, слабо-желтая, светло-желтая, желтая, интенсивно-желтая, коричневая, красно-коричневая, другая.

1.4. *Определение кислотности воды.* В пробирку налейте 5 мл анализируемой воды. Добавьте в нее 4—5 капель раствора универсального индикатора. Обратите внимание: раствор в пробирке сразу приобретает окраску. Содержимое пробирки перемешайте, покачивая ее. Окраску раствора сразу же сравните с контрольной шкалой, выбирая ближайший по характеру окраски образец шкалы.

2. Установите видовой состав прибрежно-водный и водных растений. Определите их ярус (первый ярус занимают надводные растения, второй — растения с листьями, плавающими на поверхности воды, третий — крупные погруженные в воду растения, четвертый — низкие придонные растения), высоту (для надводных растений), глубину, на которую

заходят растения в воду, фенофазу, обилие, жизненную форму, экобиоморфологический тип, группу и хозяйственное значение.

3. Определите видовой состав позвоночных и беспозвоночных животных водоема. Для этого наблюдайте за животными, движущимися на поверхности воды, в ее толще и у дна. Обратите внимание на особенности их передвижения. В нескольких местах погрузите водный сачок на дно, сделайте скребок по нему, зачерпнув ил вместе с обитающими в нем животными. Освободите животных от ила, промыв сачок водой, и поместите их в банку. Рассмотрите пойманных обитателей водоема, установите их видовую принадлежность и отпустите обратно в водоем.

4. Выберите 2 хорошо вам известных организма и опишите их экологические ниши, указав абиотические условия среды, биоценотическое окружение, пищевые ресурсы, образ жизни и средообразующую деятельность, а также выявите у них адаптации к условиям жизни в воде.

5. Приведите примеры основных типов (мутуализм, комменсализм, паразитизм, хищничество, конкуренция) биотических отношений в водоеме.

6. Составьте схему пищевой сети водной экосистемы.

7. Назовите основные продуценты, консументы разных порядков и редуценты водоема.

8. Предложите меры по более рациональному использованию водных ресурсов и сохранению их от загрязнения.

8. Сделайте вывод по работе, в котором коротко докажете, что водоем — экосистема.

5. СРАВНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЛИСТЬЕВ ГЕЛИОФИТОВ И СЦИОФИТОВ

Материал: зафиксированные в спирте листья мать-и-мачехи — *Tussilago farfara* L., пижма — *Tanacetum vulgare* L.

Выполнение работы

1. Приготовить поперечные срезы, рассмотреть под микроскопом. По анатомическому строению листа выделить гелиофиты и сциофиты.

2. Связать строение листьев с условиями мест обитания растений. Найти сходные черты у растений одной экологической группы и черты различий у этих же представителей. Сравнить детали строения эпидермы у листьев пижмы и мать-и-мачехи. Объяснить, в чем их адаптивность. Какие еще особенности строения эпидермиса могут быть у растений — гелиофитов? Какую экологическую роль они выполняют?

3. Составить и заполнить таблицу, внося в нее названия исследованных признаков строения листьев: толщины листа, строения эпидермы, губчатой, палисадной, механической ткани, межклетников, развития жилок и других деталей строения листьев.

6. АНАЛИЗ ЖИЗНЕННЫХ ФОРМ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

Материал: многолетние травы.

Выполнение работы

1. Внимательно рассмотреть внешний облик растений. Особое внимание обратить на строение подземных органов.

2. На основе внешнего строения распределить исследуемые виды по категориям жизненных форм, указанных ниже (классификация по И. Г. Серебрякову).

Стержнекорневые травянистые поликарпики: одноглавые, многоглавые, перекасти-поле, подушковидные.

Кистекорневые и короткокорневищные травянистые поликарпики: кистекорневые, короткокорневищные.

Дерновинные травянистые поликарпики: плотнокустовые, рыхлокустовые, длиннокорневищные.

Столonoобразующие и ползучие травянистые поликарпики: столonoобразующие, ползучие.

Клубнеобразующие травянистые поликарпики.

Корнеотпрысковые травянистые поликарпики.

Вопросы

1. Какие принципы положены в основу разделения на жизненные формы травянистых многолетних растений по данной системе?
2. Каковы адаптивные преимущества растений с вегетативным размножением при помощи надземных и подземных столонов или стелющихся побегов?
3. В каких условиях адаптивна форма растений перекасти-поле?
4. Почему плотнодерновинные злаки характерны в основном для степей и болот?
5. В каких условиях проявляется преимущество длинностержнекорневых растений?
6. В каких условиях водоснабжения обитают обычно кистекорневые растения?
7. Какие почвы наиболее удобны для длиннокорневищных трав — рыхлые и увлажненные или плотные и сухие?

7. СРАВНЕНИЕ ТЕНЕВЫХ И СВЕТОВЫХ ЛИСТЬЕВ ОДНОГО РАСТЕНИЯ

Материал: живые листья сирени, липы, вяза.

Выполнение работы

Сравнить внешний вид теневых и световых листьев, обратить внимание на степень развития жилок, толщину и окраску листа.

Вопросы

1. В чем адаптивный смысл наличия у одного и того же древесного растения одновременно и теневых, и световых листьев?
2. У каких видов деревьев можно предполагать больший диапазон различий между теневыми и световыми листьями — дуба, сирени? Объясните почему.
3. Можно ли ожидать таких же различий в структуре листьев травянистых растений? У каких в большей мере?
4. Станут ли теневые листья световыми, если удалить затеняющую их часть кроны дерева?
5. Когда и чем определяется световая или теневая структура в онтогенезе листа?

Программа фенологических наблюдений

Весна

Появление первых воронок около деревьев в лесу. Начало рассеивания семян ели европейской. Первая песня большой синицы. Первая барабанная дробь дятла.

Появление первых проталин на полях. Прилет передовых грачей. Начало сокодвижения у клена остролистного. Прилет передовых скворцов.

Первая песня полевого жаворонка.

Начало сокодвижения у березы бородавчатой. Первое появление бабочки крапивницы.

Исчезновение сплошного снежного покрова. Прилет первых белых трясогузок. Начало цветения мать-и-мачехи.

Первая подвижка льда на реке. Прилет первых уток-крякв. Начало ледохода. Первые стаи гусей. Конец ледохода. Первые стаи журавлей.

Исчезновение ледяного покрова на стоячих водоемах. Начало цветения ольхи серой, лещины (орешника), ольхи черной. Начало выставки ульев на пасеку. Первое появление муравьев на муравейниках.

Установление мягко-пластичного состояния почвы. Начало цветения красной вербы, осины. Начало весенней пахоты. Первое появление шмелей. Начало выхода сусликов из нор.

Начало цветения ивы бредины, ветреницы лютичной. Первое кукование кукушки. Начало сева ранних зерновых культур.

Начало цветения вяза обыкновенного, калужницы. Прилет первых деревенских ласточек.

Начало разворачивания первых листьев у черемухи обыкновенной, зеленение лиственницы сибирской. Прилет первых городских ласточек.

Начало цветения лиственницы сибирской. Начало рассеивания семян сосны обыкновенной.

Распускание цветочных почек у садовой яблони. Первый выгон скота (стада) на пастбище.

Распускание цветочных почек у вишни садовой. Начало разворачивания первых листьев у березы бородавчатой.

Первая гроза. Начало цветения березы бородавчатой. Первое появление сморчков и строчков. Начало посадки картофеля в поле. Первый вылет майских жуков.

Начало цветения тополей (душистого и черного), одуванчика, клена ясенелистного.

Начало цветения ивы ломкой, сурепки, клена остролистного.

Начало разворачивания первых листьев у осины. Первая песня соловья.

Начало разворачивания первых листьев у липы мелколистной, дуба летнего (ранняя форма). Начало цветения смородины красной.

Начало цветения черемухи обыкновенной, лесной земляники. Прилет первых черных стрижей.

Начало цветения смородины черной, черники, ели европейской.

Начало цветения садовой вишни, купальницы европейской.

Последние заморозки в воздухе. Начало цветения садовой яблони, вахты трехлистной.

Начало цветения, каштана конского, ландыша майского.

Последний заморозок на почве. Начало цветения желтой акации, дуба летнего (ранняя форма).

Начало цветения сирени обыкновенной. Начало колошения озимой ржи.

Начало цветения рябины обыкновенной. Первое появление подберезовиков.

Начало цветения брусники. Первое появление белых грибов.

Начало цветения сосны обыкновенной, герани лесной. Начало высадки рассады томатов.

Начало цветения жимолости татарской. Первое появление подосиновиков.

Лето

Начало рассеивания зрелых плодов вяза обыкновенного. Начало цветения лесной малины, поповника (нивяника). Первое появление маслеников зернистых.

Начало цветения шиповника (указать вид), калины обыкновенной.

Начало цветения акации белой, ежи сборной, озимой ржи. Первые зрелые ягоды лесной земляники.

Начало цветения донника лекарственного. Первое появление лисичек. Начало цветения иван-чая.

Начало цветения тимopheевки луговой. Начало сенокоса: на суходольных лугах, на заливных лугах.

Начало цветения липы крупнолистной, таволги вязолистной.

Начало цветения цикория.

Первые зрелые плоды черники. Начало цветения золотой розги.

Начало цветения липы мелколистной. Первые зрелые плоды лесной малины, черной смородины.

Первые зрелые плоды черемухи обыкновенной. Первое появление рыжиков, груздя настоящего.

Начало восковой спелости озимой ржи.

Первые зрелые плоды садовой вишни. Начало рассеивания зрелых семян березы бородавчатой. Начало уборки озимой ржи.

Первые зрелые плоды брусники. Массовое появление подберезовиков, подосиновиков, белых грибов.

Начало рассеивания зрелых семян желтой акации.

Осень

Начало раскраски листьев у липы мелколистной. Начало сева озимой ржи. Массовый отлет черных стрижей.

Начало раскраски листьев у вяза обыкновенного, березы бородавчатой.

Первый заморозок на почве. Начало раскраски листьев у клена остролистного. Начало опадения зрелых плодов у лещины.

Начало раскраски листьев у осины. Начало пролета журавлей.

Начало листопада у осины. Начало уборки картофеля в полях. Массовый отлет деревенских ласточек.

Начало раскраски листьев дуба летнего.

Первый заморозок в воздухе. Начало опадения зрелых желудей у дуба летнего.

Первые зрелые плоды у калины обыкновенной. Начало листопада у луба летнего. Начало пролета гусей (серых).

Начало пожелтения хвои у лиственницы сибирской. Полная раскраска листьев у клена остролистного.

Полная раскраска листьев у липы мелколистной. Первое появление снегирей.

Полная осенняя раскраска листьев у осины, вяза обыкновенного.

Начало опадения зрелых крылаток у клена остролистного.

Полная раскраска листьев у березы бородавчатой. Первое появление свиристелей.

Полная раскраска листьев у дуба летнего. Полное пожелтение хвои у лиственницы сибирской. Конец листопада у липы мелколистной, осины.

Первый снег. Конец листопада у клена остролистного. Массовый отлет грачей.

Конец листопада у вяза обыкновенного, каштана конского, тополя душистого, черного, дуба летнего.

Уход сусликов в спячку.

Конец листопада у ольхи серой и черной, березы бородавчатой.

Конец опадения хвои у лиственницы сибирской. Конец листопада у яблони и вишни садовой.

Конец листопада у сирени обыкновенной. Конец выпаса скота.

Случаи повторного цветения. Уборка ульев на зиму.

Появление льда на стоячих водоемах. Ледостав на реке. Образование устойчивого снежного покрова.

II МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

1. ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА С ПОМОЩЬЮ РАСТЕНИЙ-ИНДИКАТОРОВ

Под влиянием ухудшения качества атмосферного воздуха у отдельных особей или групп некоторых растений отмечаются различные изменения: необычная окраска листвы, опадение листвы, изменение формы роста, плотности популяции, ареала вида и т.д. Наблюдая эти изменения, можно констатировать избыточное присутствие в атмосфере какого-либо газа.

Цель работы: изучить состояние атмосферного воздуха с помощью растений-индикаторов

Ход работы:

Используя данные таблицы (таблица 1), определите состояние атмосферы в районе исследования.

Таблица 1 - Признаки повреждения растений под влиянием химических веществ

Воздействующий газ	Растение	Внешние признаки повреждения растений
	Сосна обыкновенная	Побурение кончиков игл хвоинок
	Ель европейская	Хвоя буреет и опадает

Диоксид серы	Ясень американский	Обширное междужилковое обесцвечивание листьев
	Папоротник (орляк обыкновенный)	Красноватый некроз по краям
	Лишайники	Массовая гибель
Фтористый водород	Пихта европейская	Цвет поврежденных участков хвои меняется от зеленого до красновато-бурого
	Гладиолус	Некротическая ткань появляется на вершине листа, а затем распространяется вниз по всей ширине листа
	Абрикос	Края листьев обесцвечиваются, узкая красно-бурая полоса отделяет отмершую часть листа от живой
Озон	Сосна Веймутова	Концы игл приобретают красновато-коричневый цвет, наблюдается крапчатость хвои
	Редис, томаты,	Погибают при избытке озона
	Табак	Появление белых и беловато-серых точек и пятен на листьях
	Картофель	Серые, металлического оттенка пятна на верхней стороне листа
	Ясень американский	Красновато-пурпурные точки на старых листьях
Аммиак	Липа сердцевидная	На нижней части листьев появляется глянцеватость или серебристость, при значительных концентрациях листья становятся тускло-зелеными, затем бурыми и даже черными
Смог	Бегония, бобы, томаты	Погибают при образовании смога

2. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДРЕВОСТОЯ СМЕШАННОГО ЛЕСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОСТЕЙШЕЙ ШКАЛЫ

Цель работы: Оценить влияние вредных факторов на лес и собрать данные для прогнозирования дальнейших его изменений.

Ход работы:

- 1.Выбирают ключевой участок и закладывают пробную площадку размером в 100 м².
- 2.Определяют все виды деревьев, произрастающих на участке.
- 3.По внешним признакам (с использованием шкалы визуальной оценки состояния деревьев) определяют баллы состояния отдельных деревьев каждого вида (b1, b2 и т.д.).
- 4.Вычисляют средний балл состояния каждого вида деревьев по формуле:

$$K_i = \Sigma b_i / N_i,$$

где :K_i - коэффициент состояния i-го вида деревьев,

b_i - баллы состояния отдельных деревьев,

N_i - общее число учтенных деревьев i-го вида,

Σ - сумма.

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

$$K = \Sigma K_i / R, \text{ где:}$$

K_i - коэффициент состояния i -го вида деревьев,

R - число видов деревьев.

Таблица 2 - Шкала визуальной оценки состояния деревьев по внешним признакам

Балл	Характеристика состояния деревьев
1.	Деревья здоровые, без внешних признаков повреждения, величина прироста соответствует норме
2.	Ослабленные деревья. Крона слабоажурная, отдельные ветви усохли. Листья или хвоя часто с желтым оттенком. У хвойных деревьев на стволе сильное смолотечение и отмирание коры на отдельных участках
3.	Сильно ослабленные деревья. Крона изрежена, со значительным усыханием ветвей. Вершина сухая. Листья светло-зеленые, хвоя с бурым оттенком. Она держится 1-2 года. Листья обычно мелкие. Иногда бывают увеличены. Прирост снижен или отсутствует вовсе. Сильное смолотечение. Значительные участки коры отмерли
4.	Деревья усыхающие. Наблюдается усыхание ветвей по всей кроне. Листья мелкие, недоразвитые, бледно-зеленые с желтым оттенком. Отмечается ранний листопад. Хвоя повреждена на 60% от общего количества. Прирост отсутствует. На стволах отмечаются признаки заселения короедами и другими вредителями)
5.	Сухие деревья. Крона сухая. Листьев нет. Хвоя желтая или бурая, осыпается или уже осыпалась. Кора на стволах отслаивается или отпала. Стволы заселены ксилофагами (потребителями древесины)

6. Состояние леса оценивают по следующим критериям:

$K < 1,5$ – здоровый древостой (I),

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

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

$K = 3,6 - 4,5$ – усыхающий лес (IV),

$K > 4,6$ – погибший лес (V).

3. БИОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ПО СОСТОЯНИЮ ХВОИ СОСНЫ

Индикаторные растения могут использоваться как для выявления отдельных загрязнений воздуха, так и для оценки общего состояния воздушной среды.

Хвойные породы особенно сильно страдают от сернистого газа. Чувствительность к нему убывает в последовательности: ель - пихта - сосна веймутова и обыкновенная - лиственница. Продолжительность жизни хвои сосны в нормальных условиях составляет 3 - 4 года. За это время она накапливает такое количество сернистого газа, которое существенно превышает пороговое значение. Под влиянием токсиканта хвоя сосны в зонах сильного загрязнения становится темно-красной, окраска распространяется от основания иглы к ее острию, и, просуществовав всего один год, хвоя отмирает и опадает. Лиственница, ежегодно сбрасывающая хвою, значительно устойчивее к сернистому газу. Поэтому по продолжительности жизни хвои сосны и характеру некрозов можно определить степень поражения сосновых насаждений сернистым газом.

Принцип предложенного в лабораторной работе метода основан на выявленной зависимости степени повреждения хвои (некрозов и усыхания) от загрязнения воздуха в районе произрастания сосны обыкновенной.

Цель работы: экспресс-оценка качества воздуха по состоянию хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*).

Для выбора подходящих деревьев (тест-объектов для определения степени усыхания и повреждения хвои в полевых условиях потребуются увеличительные стекла (или лупы), карандаш, блокнот, компас.

Ход работы:

1. Для работы подбирают участки сосновых насаждений, располагающиеся как в условиях сильного загрязнения, так и на мало загрязняемой территории (более удаленной от источника выбросов в атмосферу).

2. Выбрать сосенки высотой 1 - 1,5 м на открытой местности с 8 - 15 боковыми побегами. Выборку хвои необходимо делать с нескольких близко растущих деревьев на площади 10 x 10 м². В блокнот вносятся сведения о месте сбора и наличии вблизи возможного интенсивного движения транспорта, указывается также время осмотра хвои.

Очень важен при выборе деревьев показатель вытоптанности участка произрастания сосны. Степень вытоптанности участка оценивается баллами 1 - 4: 1 - вытаптывания нет; 2 - вытоптаны тропы; 3 - нет ни травы, ни кустарников; 4 - осталось немного травы вокруг деревьев. При вытоптанности территории, оцениваемой баллами 3 и 4, экспресс-оценка воздушного загрязнения невозможна.

3. Осмотреть у каждого дерева хвоинки предыдущего года (вторые сверху мутовки). Если деревья очень большие, то обследование проводить на боковом побеге в четвертой сверху мутовке. Всего собирают или осматривают не менее 30 хвоинок. Шипик хвоинки всегда светлее. Он не оценивается. По степени повреждения и усыхания хвои выделяют несколько классов: 1,1) хвоя без пятен (КП1), нет сухих участков (КУ1); 2,1) хвоя с небольшим числом мелких пятен (КП2), нет сухих участков (КУ1); 3,1) хвоя с большим числом желтых и черных пятен (КП3), кончик усох на 2-5 мм (КУ2); 3,2) усохла треть хвоинки (КУ3); д) усохло более половины длины хвоинки (КУ4); 3,3) вся хвоя желтая и сухая (КУ4). КП – класс повреждения (некрозы), КУ – класс усыхания хвои.

4. При проведении работы для получения достоверных результатов обычно отбирают 200 - 300 хвоинок. Разбор их проводится в лаборатории. Все хвоинки делятся на группы в соответствии с выше приведенными классами усыхания и повреждения. После этого данные нынешнего года сравнивают с предыдущими и находят изменения, либо сравнивают полученные результаты из районов загрязнения и контрольного.

Классы повреждения и высыхания хвои

Классы повреждения (некрозы)	1	2	3			
Классы усыхания	i	1	1	2	3	4
						

Рисунок 1 - Виды повреждения и усыхания хвои

- 1,1 - хвоя без пятен (КП1), нет сухих участков (КУ1);
- 2,1 - хвоя с небольшим числом мелких пятен (КП2), нет сухих участков (КУ1);
- 3,1 - хвоя с большим числом черных и желтых пятен (КП3), усох кончик 2 - 5 мм (КУ2);
- 3,2 - усохла треть хвои (КУ3);
- 3,3 - усохло более половины длины хвои (КУ4);
- 3,4 - вся хвоя желтая и сухая (КУ4);
- КП - класс повреждения (некрозы);

КУ - класс усыхания хвои.

5. При проведении данной работы можно также провести оценку продолжительности жизни хвои. Каждая мутовка сверху – год жизни дерева. В исследованиях определяют, сколько лет сохраняется хвоя. Причем, если на самом нижнем из охвоенных участков часть хвои опала, то оценивается примерная доля сохранившейся хвои. Следовательно, полный возраст хвои определяется числом участков ствола с полностью сохраненной хвоей плюс доля сохраненной хвои на следующем за ними участке.

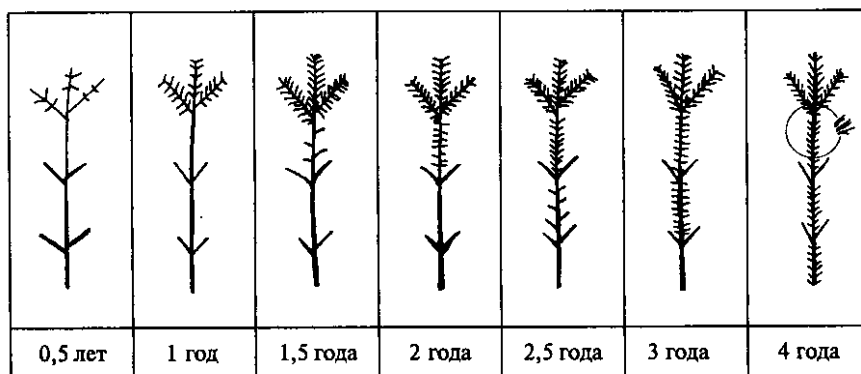


Рисунок 2 – Участок побега, на котором проводят обследование хвои для экспресс-анализа качества воздуха

6. Определив класс повреждения и продолжительность жизни хвои, можно оценить класс загрязненности воздуха по таблице 3.

Таблица 3 - Определение класса загрязненности воздуха по состоянию хвои сосны

Максимальный возраст хвои	Класс повреждения хвои на побегах 2-го года жизни		
	1	2	3
4	I	I-II	III
3	I	II	III--IV
2	II	III	IV
2	-	IV	IV - V
1	-	IV	V - VI
1	-	-	VI

Примечание:

I- идеально чистый воздух,

II- чистый,

III - относительно чистый («норма»),

IV- заметно загрязненный («тревога»),

V - грязный («опасно»),

VI - очень грязный («вредно»),

«--» - невозможное сочетание.

7. Привести в отчете все типы повреждений хвои, указанные в задании, выводы о качестве воздуха (привести расчеты и таблицы). Можно строить трансекты по удаленности от воздействующего фактора.

Дополнительная информация

❖ Факт исключительно высокой радиочувствительности хвойных древесных пород был отмечен во многих исследованиях зарубежных и российских ученых (таблица 4). Так, на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС) сосна погибла на участке с плотностью радиоактивного загрязнения более $6,7 \cdot 10 \text{ Бк1/км}^2$ (поглощенные дозы 30 - 40 Гр2).

¹Беккерель (Бк) - единица активности нуклида в радиоактивном источнике СИ.

²Грей (Гр) - единица поглощенной дозы в СИ. Это количество энергии ионизирующего излучения, поглощенной единицей массы физического тела.

Сосна по радиочувствительности близка к человеку ($LD_{50} = 20$ Гр), поэтому она является одной из основных природных тест-систем в радио- и общеэкологических исследованиях.

Радиационные эффекты оцениваются по следующим критериям: гибель и восстановление деревьев; сроки восстановления; морфологические изменения хвои и побегов; количественные характеристики (радиальный и вертикальный прирост, масса и размер хвои и побегов). Репродуктивная способность оценивается по изменчивости семян.

Большинство выявленных морфологических изменений (морфозов) сосны, которая произрастала в радиоактивно загрязненных районах, связаны с изменениями в меристемных тканях (это группа клеток в стадии активного деления и роста). Такая ткань представляет собой два типа клеток: одна с высокой репродуктивной способностью, другая с различной степенью дифференциации. Известно, что чувствительность клеток прямо пропорциональна степени их дифференциации. Именно поэтому при высоких дозах облучения наблюдаются гибель верхушечных побегов, появление побегов из боковых почек, находящихся на ранних стадиях дифференциации. Более глубокие причины различий радиочувствительности меристемных тканей следует связать с биохимическими нарушениями в метаболизме клеток. При радиоактивном облучении наблюдаются: гибель почек, хвои, побегов, торможение роста побегов и хвои; двойной прирост в течение одного года вегетации; неравномерный рост хвои на побегах; укороченность побегов при интенсивном росте хвои («метлообразные» побеги); многопочечность (появление на побегах верхних мутовок до 30 почек вместо 5 - 6 в норме); нарушение ориентации хвои и побегов в пространстве (появление «мятой» хвои); искривление побегов; изменение формы хвои; появление гигантизма и карликовости побегов и хвои. Известно, что репродуктивные органы сосны обыкновенной более чувствительны к облучению, чем вегетативные. Особенно высокой радиочувствительностью обладают мужские генеративные органы. Подтверждение этому специалисты наблюдали в зоне сильного и среднего радиоактивного загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС: мужские цветки отсутствовали в течение первых двух лет после аварии, женские цветки также были частично или полностью поражены.

Т а б л и ц а 4 - Радиационные эффекты в растительном сообществе
(Д. А. Криволуцкий, 1988)

Характер поражения	Доза облучения, Гр	Хроническое облучение
Гибель голосеменных	10-15	50
Частичное угнетение травянистых растений	25-50	100
Поражение лиственных деревьев	50	100
Гибель лиственных деревьев	125	200
Частичная гибель травянистых растений	200-325	530
Полная гибель растительности (по литературным данным)	3000	6000

❖ По наблюдению ученых толщина воскового слоя на хвое сосны тем больше, чем выше концентрация или продолжительность воздействия на нее сернистого газа. Это послужило основанием для разработки количественного метода индикации данного соединения в атмосфере. Суть метода «помутнения по Гертелю» заключается в том, что степень помутнения экстракта хвои прямо пропорциональна количеству воска, покрывающего хвою. Чем выше мутность, устанавливаемая фотокolorиметрически, тем больше концентрация сернистого газа в воздухе.

Однако современные исследования показали, что помутнение водного экстракта из хвои вызвано не только воском, но и целым рядом других веществ, присутствующих в

растительных тканях. В связи с этим возникли сомнения относительно достоверности результатов теста по Гертелю. Между тем накопление эпикутикулярного воска под влиянием сернистого газа обнаружено и у других растений, например у райграса. По этой причине, возможно, следует определять не интенсивность помутнения экстракта, а непосредственно содержание воска в растительном материале.

Вместе с тем двуокись серы вызывает у сосны обыкновенной характерные изменения в содержании фенольных соединений, которые наблюдаются задолго до появления видимых симптомов повреждения.

4. БИОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОЗДУХА С ПОМОЩЬЮ ЛИШАЙНИКОВ

Лишайники - своеобразные симбиотические организмы, слоевище которых образовано грибом (микобионтом) и водорослью (фикобионтом) с преобладанием в большинстве случаев первого. Поскольку слоевище и плодовые тела лишайников грибные по своей природе, современная систематика рассматривает эту группу в общей системе царства грибов в качестве лишенизированных грибов. Подавляющее большинство лишайниковых грибов относятся к классу *Ascomycetes* - сумчатых грибов, образующих в результате полового процесса споры (аскоспоры), развивающиеся в гимениальном слое плодовых тел. Фотосинтезирующие компоненты лишайников относятся преимущественно к отделам зеленых (*Chlorophyta*) или синезеленых (*Cyanophyta*) водорослей. Водоросль снабжает гриб созданными ею в процессе фотосинтеза органическими веществами, а получает от него воду с растворенными минеральными солями. Кроме того, гриб защищает водоросль от высыхания.

Комплексная природа лишайников позволяет им получать питание не только из почвы, но также из воздуха, атмосферных осадков, влаги росы и туманов, частиц пыли, оседающей на слоевище. Лишайники относительно неприхотливы к субстрату, однако большинство видов обладает избирательной способностью и поселяется на определенном субстрате (на известняках, кварцах, коре деревьев или гниющей древесине, на неподвижно лежащих предметах из стекла, кожи, железа и пр.). Лишайники требовательны к свету, могут переносить засуху, но нуждаются хотя бы в периодическом увлажнении, так как процесс фотосинтеза и дыхания идет лишь во влажных слоевищах.

По типу слоевища лишайники делят на накипные (корковые), листоватые, кустистые. Накипные - имеют слоевище в виде тонкой (гладкой или зернистой, бугорчатой) корочки и очень плотно срастаются с субстратом (корой, камнем, почвой), отделить их без повреждений субстрата нельзя. Листоватые - имеют вид мелких чешуек или пластинок, прикрепляются пучками грибных гиф (ризоидами) и легко отделяются от субстрата. Кустистые имеют вид тонких нитей или более толстых ветвящихся кустика, прикрепляющихся к субстрату своими основаниями.

Наиболее устойчивыми к загрязнителям являются накипные лишайники, среднеустойчивы листоватые, а слабоустойчивы кустистые лишайники.

Эпифитные лишайники предпочитают старые деревья, причем для них имеет значение поверхность коры. На крупнобугристой коре старых деревьев обычно селятся кустистые виды, реже встречаются листоватые и накипные. На слабоморщинистой коре молодых деревьев растут листоватые и накипные виды, а на гладкой коре поселяются в основном накипные лишайники.

В ряде работ показано, что с помощью лишайников можно получать вполне достоверные данные об уровне загрязнения воздуха. При этом можно выделить группу химических соединений и элементов, к действию которых лишайники обладают сверхповышенной чувствительностью: оксиды серы и азота, фторо- и хлороводород, а также тяжелые

металлы. Многие лишайники погибают при малейшем загрязнении атмосферы этими веществами.

Процедура определения качества воздуха с помощью лишайников носит название *лихеноиндикации*.

Цель работы: оценить экологическую обстановку в городе или районе с помощью лишайников.

Ход работы:

Работа может выполняться несколькими методами. Во-первых, оценку загрязнения воздушной среды можно проводить на естественно произрастающих лишайниках, во-вторых, для этого можно привнести лишайники на субстрате, взятом из других районов.

Принцип первого метода основан на использовании соотношения проективного покрытия стола дерева лишайниками, суммарного количества видов лишайников и лишайников доминантного вида. Эти данные приведены в рабочих таблицах 4 и 5.

Принцип второго метода основан на использовании рабочей шкалы, в которой приведена наиболее часто встречаемая последовательность исчезновения индикаторных лишайников по мере увеличения загрязнения (таблица 7).

Для проведения исследования в полевых условиях потребуются увеличительные стекла (или лупы), каталоги-определители лишайников, карандаш, блокнот, компас, коробка с пакетами для сбора лишайников. Для оценки степени покрытия деревьев лишайниками необходимо изготовить специальное приспособление - палетку из толстого полиэтилена или целлофана в виде квадрата размером 20 x 20 см, разделив каждую сторону на 10 частей. В результате получается прозрачная сетка, которой покрывают ствол дерева, и оценивают степень покрытия его поверхности лишайником.

Вариант 1.

1. Выбрать место обследования (парк, освещенный участок леса, двор в городе). Очертить эту область на карте.

2. Выбрать площадку для исследования, включающую 10 деревьев одного вида на расстоянии 5 - 10 м друг от друга. Деревья должны быть примерно одного возраста и размера, не иметь повреждений.

3. Приложить прозрачную сетку плотно к стволу дерева на высоте 0,3 - 1,3 м. Подсчитать количество квадратов с лишайниками.

4. Подсчитать количество всех видов лишайников под прозрачной сеткой.

5. Подсчитать количество лишайников доминирующего вида.

6. Степень покрытия лишайниками стволов деревьев выражается в процентах.

7. С помощью таблицы 5 оценить качество воздуха, используя средние значения (по 10 деревьям) числа видов лишайников, степени покрытия и общего количества лишайников на каждом исследуемом дереве.

8. Переместиться на следующую площадку (100 x 100 м) и по аналогичной схеме исследовать еще 10 деревьев на наличие лишайников и степень покрытия ствола.

9. Пользуясь каталогами-определителями лишайников, дать точное родовое и видовое название каждого лишайника, обозначенного номером в карточке. Пользуясь таблицами 5 и 6, дать характеристику качества атмосферного воздуха.

Таблица 5 - Шкала качества воздуха по проективному покрытию лишайниками стволов деревьев

Степень покрытия	Число видов	Число лишайников доминантного вида	Степень загрязнения
Более 50%	Более 5	Более 5	6-я зона Очень чистый воздух

	3-5	Более 5	5-я зона Чистый воздух
	2-5	Менее 5	4-я зона Относительно чистый воздух
20-50%	Более 5	Более 5	
	Более 2	Менее 5	3-я зона Умеренное загрязнение
<20%	3-5	Менее 5	2-я зона Сильное загрязнение
	0-2	Менее 5	1 -я зона Очень сильное загрязнение

Таблица 6 - Рабочая шкала для определения биотического индекса

Организмы	Видовое разнообразие	Общее число присутствующих лишайников				
		0-1	2-4	5-7	8-10	> 11
Уснея (<i>Usnea</i> sp.), алектория (<i>Alectoria/Bryoria</i> sp.)	> 1 вида 1 вид	0-1	2-4	5-7	8-10	> 11
		-*	7	8	9	10
Эверния (<i>Evernia</i> sp.), анаптихия (<i>Anaptychia ciliaris</i>), рамалина (<i>Ramalina farinacea</i>)	> 1 вида 1 вид	-	6	7	8	9
		-	5	6	7	8
Пармелия (<i>Parmelia</i> sp.), гипогимния (<i>Hypogymnia physodes</i>)	> 1 вида 1 вид	-3	5	6	7	8
			4	5	6	7
Ксантория (<i>Xanthoria parietina</i>), фисция (<i>Physcia pulverulenta</i>)	> 1 вида 1 вид	3	4	5	6	7
		2	3	4	5	6
Леканора (<i>Lecanora</i> sp.), графис (<i>Graphis scripta</i>), другие накипные лишайники	Все виды	1	2	3	-	-

Таблица 7 - Классификация качества воздуха по биотическому индексу

Класс качества	Степень загрязнения	Биотический индекс
6	6-я зона: очень чистый воздух $C_{SO_2} = < 0,005 \text{ мг/м}^3$	10
5	5-я зона: чистый воздух $C_{SO_2} = 0,005—0,009 \text{ мг/м}^3$	7-9
4	4-я зона: относительно чистый воздух $C_{SO_2} = 0,01-0,05 \text{ мг/м}^3$	5-6
3	3-я зона: умеренное загрязнение $C_{SO_2} = 0,05-0,1 \text{ мг/м}^3$	4
2	2-я зона: сильное загрязнение $C_{SO_2} = 0,1-0,3 \text{ мг/м}^3$	2-3
1	1-я зона: очень сильное загрязнение $C_{SO_2} = 0,3-0,5 \text{ мг/м}^3$	0-1

10. В отчете привести родовое и видовое названия лишайников, сделать выводы о качестве воздуха (привести расчеты и таблицы).

Вариант 2

Наиболее простой метод оценки загрязненности воздуха – с использованием индекса палеотолерантности.

1. Для этого на исследуемой территории подбирают пробные площадки. На площадке выбираются 10 деревьев одного вида, одного возраста, диаметра и с одинаковой структу-

рой коры. На каждом дереве закладывают 4 эталонные площадки в двух экспозициях (в направлении источника загрязнения и противоположно) на двух высотах (у основания ствола и на высоте 1,4 - 1,6 м). На каждой площадке описывают виды лишайников и их проективное покрытие. Для оценки последнего используют прозрачную рамку со стороной 10 см, разбитую на 100 квадратиков. (Оценку покрытия можно давать по шкале: 1 – 1 - 3%, 2 – 3 - 5%, 3 – 5 - 10%, 4 – 10 - 20%, 5 – 20 - 30%, 6 – 30 - 40 %, 7 – 40 - 60%, 8 – 60 - 80%, 9 – 80 - 100%).

2. Оценив число видов и их проективное покрытие (для каждого вида!) проводят вычисления индекса палеотолерантности по формуле:

$$IP = \frac{\sum a_i c_i}{C_{in}}$$

где:

n - количество видов на площадке описания,

a_i - класс (степень палеотолерантности - выносливости по отношению к загрязнению атмосферного воздуха),

c_i - покрытие вида,

C_{in} - суммарное покрытие видов.

3. После обследования всех деревьев и описания большого числа площадок можно вычислить средние показатели IP для каждого дерева и каждого местообитания с более-менее гомогенным фоном загрязненности. Показатели IP колеблются от 0 до 10. Чем выше значение индекса, тем более грязен воздух. Рассчитав индексы палеотолерантности для разных районов, можно построить карту загрязненности города.

Таблица 8 - Классы палеотолерантности и типы местообитаний эпифитных лишайников (по Х. Х. Трассу, 1985)

Классы палеотолерантности	Типы местообитаний лишайников и их встречаемость	Виды лишайников
I	Естественные, без ощутимого антропогенного воздействия	<i>Lecanora abietina</i> , <i>Parmeliella</i> , самые чувствительные виды рода <i>Usnea</i>
II	Естественные (часто) и слабо антропогенно измененные (редко)	<i>Evemia divaricata</i> , <i>Lecanora coilocarpa</i> , <i>Parmeliopsis aleurites</i> , <i>Ramalina calicaris</i>
III	Естественные (часто) и слабо антропогенно измененные (часто)	<i>Bryoria fuscescens</i> , <i>Hypogymnia tubulosa</i> , <i>Pertusaria pertusa</i> , <i>Usnea subfloridana</i>
IV	Естественные (часто) и слабо (часто) и умеренно антропогенно измененные (редко)	<i>Cetraria pinastri</i> , <i>Graphis scripta</i> , <i>Parmeliopsis ambigua</i> , <i>Usnea filipendula</i>
V	Естественные и слабо и умеренно антропогенно измененные с равной встречаемостью	<i>Caloplaca pyracea</i> , <i>Lecanora subfuscata</i> , <i>Parmelia olivacea</i> , <i>Physcia aipolia</i>
VI	Естественные (сравнительно редко) и умеренно антропогенно измененные (часто)	<i>Evemia prunastri</i> , <i>Hypogymnia physodes</i> , <i>Lecanora allophana</i> , <i>Usnea nitra</i> , <i>Hypocenomyce scalaris</i> , <i>Pertusaria discoidea</i>
VII	Умеренно (часто) и сильно (редко) антропогенно измененные	<i>Lecanora varia</i> , <i>Parmelia sulcata</i> , <i>Pertusaria amara</i> , <i>Physcia ascendens</i>
VIII	Умеренно и сильно антропогенно измененные (с равной встречаемостью)	<i>Caloplaca cerina</i> , <i>Physconia grisea</i> , <i>Ramalina pollinaria</i>

IX	Сильно антропогенно измененные (часто)	<i>Phacophyscia orbicularis</i> , <i>Xanthoria parietina</i>
X	Очень сильно антропогенно измененные (встречаемость и жизнеспособность видов низкие)	<i>Lecanora conizaeoides</i> , <i>Scoliciosporum chlorococcum</i>

Таблица 9 - Индекс палеотолерантности (ИП) и среднегодовые значения SO₂ (по Х.Х. Трассу, 1985)

ИП	Концентрация SO ₂ в атмосфере, мг/м ³	Зона
1-2	-	Очень чистая
2-5	0,01-0,03	Чистая
5-7	0,03-0,08	Относительно чистая
7-10	0,08-0,10	Умеренно загрязненная
10	0,10-0,30	Сильно загрязненная
0	Более 0,3	Очень сильно загрязненная (лишайниковая пустыня)

В более упрощенном виде исследования можно проводить просто методом оценки видового состава лишайников. На деревьях фиксируют наличие или отсутствие того или иного вида. Полученные цифровые данные о числе видов лишайников в том или ином районе наносят на карту. Самые большие значения видового богатства будут соответствовать наиболее чистым зонам. Снижение числа видов указывает на возрастание степени загрязнения воздуха.

Вариант 3.

В случае невозможности оценки видового состава работу можно провести с помощью этого способа.

1. В районе исследований закладывают площадки. На деревьях проводят оценку проективного покрытия и рассчитывают средний балл встречаемости и покрытия (таблица 10) лишайников следующих групп: накипных (Н), листоватых (Л) и кустистых (К).

2. Зная балл средней встречаемости и покрытия лишайников каждой группы, можно легко рассчитать показатель относительной чистоты атмосферы (ОЧА) по формуле:

$$\text{ОЧА} = \text{Н} + 2\text{Л} + 3\text{К} / 30$$

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

Таблица 10 - Оценка частоты встречаемости лишайников и степени покрытия по пятибалльной шкале

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

Вариант 4.

1. Для оценки чистоты воздуха можно использовать метод пересадки лишайников из чистой зоны в загрязненную. Напочвенные лишайники переносят с почвой, вырезая участки размером 20х20 или 50х50 см. Кустистые можно подвешивать в сетках или разных

сосудах. Эпифитные переносят на коре или ветках, на которых они росли прежде. На исследуемом участке лишайники закрепляют. Например, эпифиты прикрепляют к деревьям тех же пород, на которых они росли. Можно располагать лишайники на столбах или досках.

2. Через 4 - 12 месяцев оценивают изменения пересаженных лишайников по четырех-балльной шкале:

- 1 – повреждений нет,
- 2 - незначительные повреждения,
- 3 - сильное повреждение,
- 4 - слоевище полностью повреждено.

3. Помимо этого анализируют окраску слоевища, появление на нем пятен, уменьшение степени прикрепления лишайников к субстрату и т.д.

Дополнительная информация

❖ Определитель лишайников можно найти в сети «Интернет» по адресу <http://fadr.msu.ru/opred/>.

❖ В городе можно оценивать степень покрытия лишайниками заборов, столбов и т. п. Однако, существуют некоторые ограничения и недостатки этого метода для оценки качества воздуха. Так, предложенная в таблице 4 шкала не пригодна для использования в случае доминирования накипного лишайника, покрывающего ствол дерева на значительной площади. В таком случае удобнее пользоваться методом расчета степени загрязнения воздуха по сумме *индикаторных* видов лишайников, приведенных в справочном материале к лабораторной работе № 9. Для оценки степени загрязнения воздуха данным методом надо выполнить пункты 1, 2, изложенные в варианте 1, и занести в блокнот названия всех обнаруженных индикаторных видов лишайников. Используя рабочую шкалу, приведенную в таблице 5, определить биотический индекс. Затем классифицировать качество воздуха в соответствии с таблицей 6.

❖ Рекомендации по сбору и определению лишайников:

- Собирать лишайники следует в заранее приготовленные конверты. Наиболее удобны для этого конверты из проклеенной бумаги: лист бумаги складывается вдвое так, чтобы нижняя часть была на 1,5 - 2 см длиннее верхней. Свободный конец нижней части листа загибается на верхнюю сторону будущего конверта. После этого боковые стороны загибаются на верхнюю сторону так, чтобы одна из них вошла в другую на 2 - 3 см.

- Перед тем как закладывать образец в конверт, следует написать дату сбора, принадлежность к тому или иному роду или виду, анатомические и физиологические признаки разных видов или их номера в атласе-определителе.

- Лишайники не следует собирать в сухом виде, так как при этом они легко ломаются. Сухие экземпляры нужно немного смочить водой.

- Собирать лишайники лучше всего с субстратом - куском коры, древесины, горной породы и т.п., на котором они растут.

- Нередко в одной дерновинке можно встретить два и более видов (иногда даже одного рода) лишайников, которые при осмотре могут быть неразличимы. Для определения надо брать индикаторный вид.

- Выбранные экземпляры нужно отделить пинцетом или ножом от дерновинки и размочить в воде, так как зачастую только при этом условии лишайник приобретает естественную форму и цвет. Для предотвращения плесневения и порчи в период хранения лишайники предварительно тщательно высушивают. Они быстро и хорошо высыхают непосредственно на воздухе, полностью сохраняя свой естественный облик и окраску. Хранить лишайники лучше в небольших картонных коробочках.

- Качественное изучение собранного материала проводится в лаборатории по соответствующим определителям.

❖ **Перечень некоторых лишайников-индикаторов загрязнения воздуха сернистым газом**

1. Гипогимния (*Hypogymnia* sp.). Гипогимния вздутая (*Hypogymnia physodes*) - один из обыкновеннейших лишайников, которые растут на коре и ветвях лиственных (чаще березе) и хвойных пород (например, ели), ветви которых часто сплошь покрыты этим видом. Слоевище имеет вид округлых (на коре) или сильно вытянутых в одном направлении (на ветвях) листовидных пепельно-серых розеток, местами плотно сросшихся с субстратом. Нижняя сторона голая, морщинистая, черная или коричневатая-черная, к краям светлеющая. Концы лопастей обыкновенно приподнимаются над талломом и слегка заворачиваются на верхнюю сторону.

2. Ксантория (*Xanthoria* sp.). Ксантория настенная (*Xanthoria parietina*) распространена на коре лиственных пород (осин, тополей). Часто встречается на обработанной древесине (заборы, крыши, стены). Слоевища имеют вид почти правильных желто-оранжевых розеток диаметром больше 3 см. Яркость окраски зависит от освещенности. На солнце слоевище оранжевое, при затенении становится серовато-зеленым.

3. Уснея (*Usnea* sp.). Виды уснеи свешиваются с ветвей деревьев как длинные сероватые, серовато-зеленые или коричневатые пряди, состоящие из тонких ветвящихся нитей и напоминающие бороду.

4. Эверния (*Evernia* sp.). Эверния сливовая (*Evernia prunastri*) «дубовый мох». Один из обыкновеннейших и широко распространенных лишайников, растущих на коре и ветвях различных лиственных деревьев. В отличие от уснеи и других кустистых лишайников слоевищные полости эвернии не округлые, а имеют вид дихотомически разветвленных лент, мягких на ощупь. Сверху они беловато- или серовато-зеленые, снизу более светлые, с розоватым оттенком. Края лопастей обычно заворачиваются на нижнюю поверхность.

5. Леканора (*Lecanora* sp.). Слоевище однородное, накипное, гладкое, иногда зернистое или бородавчатое, часто мало заметное, плотно срастается с субстратом (корой дерева, камнями и т. п.). Плодовые тела (апотеции) сидячие, дисковидные. Видовая принадлежность определяется трудно.

6. Пармелия (*Parmelia* sp.). - пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata*), п.оливковая (*P. olivacea*), п.козлиная (*P. caperata*). Слоевища листоватые, разрезанно-лопастные, в виде крупных розеток, прикреплены к субстрату ризоидами, реже свободны. Лопастные разнообразные: узкие или широкие, сильно- или маловетвистые, плоские или выпуклые, тесно сомкнутые или раздельные. Окраска верхней стороны - от беловато-сероватой и желтоватой (*P. caperata*) до коричневатой и черной, матовая или блестящая (*P. olivacea*), с нижней стороны - от белой или светло-коричневой до черной. Обитает на коре деревьев, реже на замшелых почвах и скалах, на обнаженной древесине.

7. Алектория (*Alectoria/Bryoria* sp.). Таллом кустистый, прямостоячий или повисающий, с волосовидными или иногда сплюснутыми главными веточками. Прикрепляется к субстрату центральным гифом, который с возрастом отмирает, и тогда таллом становится свободным. Обитает в основном на стволах деревьев, реже на мшистой почве и замшелых скалах.

8. Рамалина (*Ramalina* sp.). Рамалина мучнистая (*Ramalina farinacea*). Таллом в виде прямостоячих кустиков, серовато- или коричнево-зеленый, 5 -6 см длиной, мягкий. Лопастные плоские, к концам немного утончаются, по краям покрыты крупными головчатыми беловатыми соралиями. Поселяются на коре и обработанной древесине.

9. Калоплака (*Caloplaca* sp.). Таллом накипной, всегда однородный по краю. Окраска оранжевая, желтовато-оранжевая, реже темно-коричневая. Кора таллома развита плохо, края не бывают листоватыми. Слоевище всегда в виде зернисто-бугорчатой корочки. Обитает на древесине, коре, камнях (особенно содержащих известь), реже на почве.

10. Фисция (*Physcia* sp.). Фисция припудренная (*Physcia pulverulenta*) часто встречается на коре осин, имеет вид изящных, округлых, правильной формы розеток оливкового или темно-коричневого цвета диаметром до 15 см. Плотно прилегает к субстрату, состоит из плоских, довольно широких или узких разветвленных лопастей и сверху покрыта

обильным сизоватым налетом, отчего и кажется пепельно-серой. На верхней стороне слоевища образуются довольно крупные плодовые тела с черновато-коричневым диском. Нижняя сторона слоевища темная, почти черная, с густыми темно-серыми или черными ризоидами.

11. Анаптихия (*Anapthychia* sp.). Анаптихия реснитчатая (*Anapthychia ciliaris*) наиболее распространена в парках, в светлых лиственных лесах, на придорожных деревьях. Реже ее можно встретить на скалах и древесине. Пепельно-серое или коричневато-серое слоевище имеет вид лежащих на субстрате или слегка приподнимающихся кустиков.

12. Графис (*Graphis* sp.). Графис письменный (*Graphis scripta*) часто встречается на гладкой коре лиственных пород (ольхи, особенно рябины и черемухи). Слоевище лишайника погружено в субстрат (кору), тонкокорковидное, серовато-беловатое, иногда слабо заметное и так плотно врастающее в субстрат, что о его существовании можно судить только по некоторому изменению окраски субстрата - белесым пятнам на коре, да по плодовым телам - апотециям. Апотеции в виде неправильно ветвящихся извилистых черных штрихов образуют на коре красивый узор, напоминающий восточные письмена.

❖ **Перечень терминов и анатомо-морфологических особенностей лишайников**

Апотеции (ед. ч. апотей) - один из основных типов плодового тела лишайников, характеризующихся открытым расположением гимениального слоя. Часто имеет вид маленького блюдца с диском в центре, окруженным выступающим краем.

Гимениальный слой - слой, в котором образуются сумки со спорами.

Изидии (ед. ч. изидия) - маленькие выросты слоевища.

Пикнидии - органы бесполого размножения лишайников, из которых образуются пикноконидии.

Подетии (ед. ч. подетий) - вертикальные полые выросты слоевища различной формы: кубковидные (сцифы), шиповидные, в виде разветвленных кустиков, пальцевидные.

Резины - нитевидные, корневищные выросты, развивающиеся на нижней стороне слоевища для прикрепления его к субстрату.

Слоевище (= таллом) - вегетативное тело лишайника.

Сорали - компактное скопление соредий.

Соредии - маленькие частички лишайника, с помощью которых он размножается вегетативным путем.

❖ Можно составить вместе со школьниками или студентами задания для лабораторной работы.

Все биоиндикационные методы предполагают выполнение следований непосредственно на природе, поэтому можно лишь смоделировать всевозможные варианты сочетаний индикаторных видов лишайников на макетах. Такие стенды-макеты легко изготовить совместно со студентами или школьниками во время летних практик, походов в лес и т.п. Для данной лабораторной работы необходим один макет «дерева», где собраны до 5 - 6 видов лишайников. На занятии школьник (студент) с помощью палетки оценивает степень проективного покрытия «ствола дерева» лишайниками. Для выполнения работы по другому методу (оценка с помощью биотического индекса) необходимо изготовить карточки-стенды с 10 индикаторными видами лишайников. Ученики с помощью определителей идентифицируют лишайники. По таблицам 5 и 6 находят биотический индекс и класс качества воздуха.

III Методики оценки загрязнения почв

1. БИОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ПО НАЛИЧИЮ ТЕХ ИЛИ ИНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ

Растения могут служить хорошими показателями водного режима, трофности, кислотности почв, а также их загрязнения отдельными элементами. Поэтому даже по присутствию тех или иных видов растений на исследуемой территории можно получить некоторые сведения о состоянии почв.

Издревле растения, биологические потребности которых адаптированы к определенным местообитаниям или свойствам почв привлекали внимание людей. В начале XX в. благодаря трудам выдающихся отечественных ученых - В. И. Вернадского, В. Н. Сукачева, В.В.Докучаева, А.П.Виноградова и других - интерес к растениям-индикаторам вновь усилился. Большое значение для разработки методов фитоиндикации имело учение В. Н. Сукачева о биогеоценозе, о структуре, динамике, связях и классификации фитоценозов. В.В.Докучаев создал учение о всеобщей взаимосвязи явлений и процессов на земной поверхности. Он впервые сформулировал понятие о почве как об особом естественно-историческом теле, которое образуется при взаимодействии факторов почвообразования: материнской породы, климата, растительного и животного мира, рельефа и геологического возраста страны. Все эти ученые сходились во мнении о сложной и динамичной взаимосвязи между объектами живой и неживой природы, что легло в основу фитоиндикации.

Фитоиндикация представляется весьма перспективной и развивается весьма стремительно, находят все новые и новые сферы приложения. При этом она берет на вооружение самые последние достижения науки и техники, в частности современные способы аэрофотосъемки земной поверхности. Однако, к сожалению, некоторые аспекты фитоиндикации остаются неразработанными. Не исследован и не систематизирован опыт использования растений-индикаторов для практических целей. Недостаточно изучены физиолого-биохимические основы фитоиндикации. В результате растения-индикаторы выявляются эмпирически, путем наблюдений, что не исключает элемента случайности. Между тем, разработка физиолого-биохимических основ позволила бы целенаправленно отбирать растения-индикаторы, повысила бы эффективность их использования в практике. До сих пор не вполне выяснены механизмы биологических часов, причины избирательного поглощения определенными растениями химических элементов, роль магнитотропизма в пространственной ориентации растений.

Принцип метода основан на учете видового разнообразия макрофитов и их индикаторной значимости. Фитоиндикаторами называют растения, растительные сообщества или их особенности, указывающие на какие-то конкретные свойства среды. Так, с помощью растений можно выявить отдельные признаки почв: их механический состав, влажность, кислотность, засоленность, обеспеченность питательными веществами.

Различают прямые и косвенные индикаторы. Первые непосредственно связаны с объектом индикации, т.е. с каким-то конкретным условием среды, и зависят от него. Косвенные индикаторы не имеют непосредственной связи с объектом индикации, они показывают предметы или явления, которые, в свою очередь, могут быть связаны с индикатором, интересующим человека. Например, на урановых месторождениях очень часто можно встретить различные виды астрагалов (*Astragalus pattersonii*, *A. bisulcutus*, *A. racemosus* в штате Колорадо, США). Эти растения, накапливая до 1,5% селена, являются прямыми его индикаторами, но, поскольку селен встречается на урановых месторождениях, то по отношению к урану астрагалы будут косвенными индикаторами.

Растения могут быть индикаторами как на всем протяжении своего ареала, так и в какой-то его части. В зависимости от этого выделяют универсальные (панареальные) и локальные индикаторы. Если связь между индикатором и объектом индикации наблюдается по всему ареалу, индикатор называется универсальным. Гораздо чаще приходится иметь дело с локальными индикаторами связанными с объектом индикации только в какой-то части своего ареала.

Для практических целей следует знать, насколько надежен, эффективен тот или иной индикатор, поэтому индикаторы характеризуют по достоверности и значимости. Достоверность – это степень сопряженности индикатора с объектом индикации. Абсолютно достоверным считается индикатор, которому в 100% случаев соответствует объект индикации. Для расчета показателя достоверности берут определенное число эталонных участков или площадок (обычно 100), где обязательно имеется индикатор. Среди них есть и такие, где индикатор встречается вместе с объектом индикации. Процентное соотношение этих участков и участков индикатором, но без объекта индикации служит количественным показателем достоверности индикатора. Эталонные участки обычно выбираются в одном экотопе с помощью квадратной рамы размером 100 x 100 см.

Коэффициенты достоверности и значимости являются важными характеристиками индикаторных свойств растения. Если они достаточно высокие, можно начинать фитоиндикацию. Для это в таблицу вносят названия всех индикаторных видов, обнаруженных на площади 100 м². Растениям, характеризующим свойства почвы, присуждаются номера:

оценка влажности:

- гигрофиты;
- ксерофиты;

механический состав:

- пелитофиты;
- алеврофиты;
- псаммофиты;

оценка кислотности:

- крайние ацидофилы;
- умеренные ацидофилы;
- слабые ацидофилы;
- ацидофилнейтральные;
- околонеитральные;
- нейтрально-азофильные;

достаток питательных веществ в почве:

- эвтрофы;
- мезотрофы;
- олиготрофы.

Частоту встречаемости учитывают по девятибалльной шестиступенчатой шкале со следующими обозначениями: 1 - очень редко, 2 - редко, 3 - нередко, 5 - часто, 7 - очень часто, 9 - масса.

Пример расчета суммарной оценки кислотности почвы

Вид	Кислотность почв (1)	Частота встречаемости (2)	(1)х(2) =(3)
<i>Melampyrum pratense</i>	1	1	1
<i>Trintalis europaea</i>	2	1	2
<i>Pulmonaria obscura</i>	3	3	9
<i>Urtica urens</i>	4	5	v 20
<i>Festuca pratensis</i>	4	9	2B
<i>Filipendula vulgaris</i>	5	3	15
<i>Tussilago farfara</i>	6	2	12
<i>Pyrola chlorantha</i>	6	5	30
<i>Medicago falcata</i>	6	3	18

$\Sigma(2) = 32$

$\Sigma(3) = 135$

По шкале индикаторных видов растений, характеризующих кислотность почв Σ (3): Σ (2) = 4,2, pH почвы исследуемого участка соответствует 6,0.

Вычисляют погрешность. Оценку проводят на 5%-м уровне значимости с точностью до 0,1.

Материалы: гербарий растений, произрастающих в средней полосе России; определители, каталоги растений.

1.1 РАСТЕНИЯ – ИНДИКАТОРЫ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ ПОЧВ

Рассмотрим на примере определения кислотности почв.

Цель работы: по встречаемости определенных видов растений определить степень кислотности почвы.

Ход работы:

1. По наличию определенных видов растений делаем вывод о степени кислотности почвы.

2. Выделяют три основные группы растений по отношению к кислотности почв: ацидофилы – растения кислых почв, нейтрофилы – обитатели нейтральных почв, базифилы – растут на щелочных почвах. Обнаружив на исследуемой территории тот или иной вид растения и зная его принадлежность к одной из выше названных групп, можно примерно оценить кислотность почв.

Таблица 2 - Растения – индикаторы кислотности почв

Вид	Индикаторная значимость
Крайние ацидофилы (pH 3,0 - 4,0)	
Марьянник луговой (<i>Melampyrum pratense</i>)	1
Осока волосистоплодная (<i>Carex lasiocarpa</i>)	1
Плаун булавовидный (<i>Lycopodium clavatum</i>)	1
Росянка круглолистная (<i>Drosera rotundifolia</i>)	1
Черника (<i>Vaccinium myrtillus</i>)	1
Умеренные ацидофилы (pH 4,5 - 6,0)	
Багульник болотный (<i>Ledum palustre</i>)	2
Вейник незамеченный (<i>Calamagrostis neglecta</i>)	2
Грушанка малая (<i>Pyrola minor</i>)	2
Калужница болотная (<i>Caltha palustris</i>)	2
Лютик едкий (<i>Ranunculus acris</i>)	2
Осока двурядная (<i>Carex disticha</i>)	2
Осока ложносытевидная (<i>Carex pseudocyperus</i>)	2
Подмаренниктрехнадрезанный (<i>Galium trifidum</i>)	2
Седмичник европейский (<i>Trintalis europaea</i>)	2
Слабые ацидофилы (pH 5,0 - 6,7)	
Белокрыльник болотный (<i>Calla palustris</i>)	3
Ветреница лютичная (<i>Anemone ranunculoides</i>)	3
Горец змеиный (раковые шейки) (<i>Polygonum bistorta</i>)	3
Звездчатка дубравная (<i>Stellaria nemorum</i>)	3
Кипрей мелкоцветковый (<i>Epilobium parviflorum</i>)	3
Медуница неясная (<i>Pulmonaria obscura</i>)	3
Осока желтая (<i>Carex flavella</i>)	3
Сабельник болотный (<i>Comarum palustre</i>)	3
Ситник скученный (<i>Juncus conglomerate</i>)	3
Скерда болотная (<i>Crepis paludosa</i>)	3
Ацидофилнейтральные (pH 4,5 - 7,0)	
Вейник наземный (<i>Calamagrostis epigeios</i>)	4
Цван-чай узколистый (<i>Chamaenerion angustifolium</i>)	4
Крапива жгучая (<i>Urtica urens</i>)	4
Ландыш майский (<i>Convallaria majalis</i>)	4

Вид	Индикаторная значимость
Марь красная (<i>Chenopodium rubrum</i>)	4
Мятлик расставленный (<i>Poa remota</i>)	4
Овсяница луговая (<i>Festuca pratensis</i>)	4
Хмель вьющийся (<i>Humulus lupulus</i>)	4
Ястребинка луговая (<i>Hieracium pratense</i>)	4
Околонейтральные (pH 6,0 - 7,3)	
Василисник малый (<i>Thalictrum minus</i>)	5
Клевер горный (<i>Trifolium montanum</i>)	5
Мыльнянка лекарственная (<i>Saponaria officinalis</i>)	5
Очиток едкий (<i>Sedum acre</i>)	5
Полынь шелковистая (<i>Artemisia sericea</i>)	5
Полынь широколистная (<i>A. latifolia</i>)	5
Смолевка поникшая (<i>Silene acaulis</i>)	5
Таволга обыкновенная (<i>Filipendula vulgaris</i>)	5
Чертополох поникший (<i>Carduus nutans</i>)	5
Нейтрально-базофильные (pH 6,7 - 7,8)	
Василек русский (<i>Centaurea ruthenica</i>)	6
Грушанка зеленоцветковая (<i>Pyrola chlorantha</i>)	6
Кизильник среднерусский (<i>Cotoneaster aiaunicus</i>)	6
Люцерна серповидная (<i>Medicago falcata</i>)	6
Мать-и-мачеха (<i>Tussilago farfara</i>)	6
Молочай тонкий (<i>Euphorbia subtilis</i>)	6
Фиалка скальная (<i>Viola rupestris</i>)	6
Ястребинка зонтиковидная (<i>Hieracium cymosum</i>)	6
Базофильные (pH 6,7 - 8,5)	
Астра солончаковая (<i>Aster tripolium</i>)	7
Болотница пятицветковая (<i>Eleocharis quinqueflora</i>)	7
Лапчатка белая (<i>Potentilla alba</i>)	7
Лен многолетний (<i>Linum perenne</i>)	7
Меч-трава обыкновенная (<i>Cladium mariscus</i>)	7
Многоножка обыкновенная (<i>Polypodium vulgaris</i>)	7
Плевел трансильванский (<i>Lotium transsilvanica</i>)	7
Пузырник ломкий (<i>Cystopteris fragilis</i>)	7

3. Рассчитать коэффициенты достоверности и значимости растений-индикаторов (см. примеры в тексте).

Таким же образом можно сделать вывод о наличии питательных веществ в почве, о влажности или о механическом составе почвы.

Примеры растений, являющихся индикаторами данных свойств почвы можно увидеть в таблицах 2, 3, 4, 5 и на рисунках 1, 2, 3, 4.

Таблица 3 – Некоторые наиболее часто встречаемые в средней полосе России растения – индикаторы наличия питательных веществ в почве

Вид	Индикаторная значимость
Эвтрофы — индикаторы большого количества питательных веществ	
Герань лесная (<i>Geranium sylvaticum</i>)	1
Горец перечный (водяной перец) (<i>Polygonum hydropiper</i>)	1
Грушанка круглолистная (<i>Pyrola rotundifolia</i>)	1

Вид	Индикаторная значимость
Дурман обыкновенный (<i>Datura stramonium</i>)	1
Звездчатка дубравная (<i>Stellaria nemorum</i>)	1
Иван-чай узколистый (<i>Chamerion angustifolium</i>)	1
Крапива (<i>Urtica sp.</i>)	1
Купена многоцветковая (<i>Polygonatum multiflorum</i>)	1
Ландыш майский (<i>Convallaria majalis</i>)	1
Мятлик обыкновенный (<i>Poa trivialis</i>)	1
Осока лисья (<i>Carex vulpina</i>)	1
Папоротник страусник (<i>Struthiopteris filicastrum</i>)	1
Подбел обыкновенный (<i>Andromeda polifolia</i>)	1
Пролесник многолетний (<i>Mercurialis perennis</i>)	1
Таволга обыкновенная (<i>Filipendula vulgaris</i>)	1
Фиалка удивительная (<i>Viola mirabilis</i>)	1
Мезотрофы — индикаторы среднего достатка питательных веществ	
Бересклет бородавчатый (<i>Euonymus verrucosa</i>)	2
Ветреница лютичная (<i>Anemone ranunculoides</i>)	2
Грушанка круглолистная (<i>Pyrola rotundifolia</i>)	2
Земляника (<i>Fragaria sp.</i>)	2
Калужница болотная (<i>Caltha palustris</i>)	2
Клевер средний (<i>Trifolium medium</i>)	2
Купальница европейская (<i>Trollius europaeus</i>)	2
Лапчатка прямостоячая (калган) (<i>Potentilla erecta</i>)	2
Папоротник щитовник мужской (<i>Dryopteris filix mas</i>)	2
Подмаренник настоящий (<i>Galium mollugo</i>)	2
Смолевка поникшая (<i>Silene acaulis</i>)	2
Сфагнум береговой (<i>Sphagnum</i>)	2
Щавель кислый (<i>Rumex acetosa</i>)	2
Олиготрофы — индикаторы низкого достатка питательных веществ	
Брусника (<i>Vaccinium vitis-idaea</i>)	3
Клевер пашенный (<i>Trifolium arvense</i>)	3
Клюква болотная (<i>Oxycoccus palustris</i>)	3
Лишайник кладония (<i>Cladonia sp.</i>)	3
Осока топяная (<i>Carex limosa</i>)	3
Плаун булавовидный (<i>Lycopodium clavatum</i>)	3
Черника (<i>Vaccinium myrtillus</i>)	3
Щавель малый (<i>Rumex acetosella</i>)	3
Ястребинка волосистая (<i>Hieracium pilosella</i>)	3
Эвритрофы — растения, развивающиеся на почвах различного достатка	
Клевер ползучий (<i>Trifolium repens</i>)	4
Душистый колосок обыкновенный (<i>Anthoxanthum odoratum</i>)	4
Лапчатка серебристая (<i>Potentilla argentea</i>)	4
Лютик едкий (<i>Ranunculus acris</i>)	4
Лютик ползучий (<i>R. repens</i>)	4
Овсяница луговая (<i>Festuca pratensis</i>)	4
Пастушья сумка (<i>Capsella bursa-pastoris</i>)	4
Тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i>)	4

Таблица 4 – Некоторые растения – индикаторы влажности почвы

Вид	Индикаторная значимость
Гигрофиты	
Бодяк болотный (<i>Cirsium palustre</i>)	1
Болотница болотная (<i>Eleocharis palustris</i>)	1
Вахта трехлистная (<i>Menyanthes trifoliata</i>)	1
Вейник незамеченный (<i>Calamagrostis neglecta</i>)	1
Герань болотная (<i>Geranium palustre</i>)	1
Горец земноводный (<i>Polygonum amphibium</i>)	1
Горец змеиный (раковая шейка) (<i>P. bistorta</i>)	1
Горец перечный (водяной перец) (<i>P. hydropiper</i>)	1
Дербенник иволистный (плакун-трава) (<i>Lythrum salicaria</i>)	1
Звездчатка длиннолистная (раскидистая) (<i>Stellaria longifolia</i>)	1
Звездчатка толстолистная (<i>St. crassifolia</i>)	1
Калужница болотная (<i>Caltha palustris</i>)	1
Камыш лесной (<i>Scirpus sylvaticus</i>)	1
Камыш озерный (<i>S. lacustris</i>)	1
Кипрей мелкоцветковый (<i>Epilobium parviflorum</i>)	1
Лисохвост коленчатый (<i>Alopecurus geniculatus</i>)	1
Лютик жгучий (<i>Ranunculus flammula</i>)	1
Лютик ядовитый (<i>R. sceleratus</i>)	1
Мятлик обыкновенный (<i>Poa trivialis</i>)	1
Незабудка болотная (<i>Myosotis palustris</i>)	1
Незабудка дернистая (<i>M. caespitosa</i>)	1
Осока вздутая (<i>Carex rostrata</i>)	1
Осока лисья (<i>C. vulpina</i>)	
Осока пузырчатая (<i>C. vesicaria</i>)	1
Осока топяная (<i>C. limosa</i>)	1
Осока удлиненная (<i>C. elongata</i>)	1
Подмаренник болотный (<i>Galium palustre</i>)	1
Пушица широколистная (<i>Eriophorum latifolium</i>)	1
Рогоз узколистный (<i>Typha angustifolia</i>)	1
Росянка круглолистная (<i>Drosera rotundifolia</i>)	1
Сабельник болотный (<i>Comarum palustre</i>)	1
Ситник жабий (<i>Juncus bufonius</i>)	1
Ситник скученный (<i>Juncus conglomerate</i>)	1
Сусак зонтичный (<i>Butomus umbellatus</i>)	1
Сушеница топяная (<i>Gnaphalium uliginosum</i>)	1
Таволга вязолистная (<i>Filipendula ulmaria</i>)	1
Тростник обыкновенный (<i>Phragmites australis</i>)	1

Вид	Индикаторная значимость
Частуха подорожниковая (<i>Alisma plantago-aquatica</i>)	1
Черда поникшая (<i>Bidens cernua</i>)	1
Ксерофиты	
Молочай тонкий (<i>Euphorbia subtilis</i>)	2
Мятлик луковичный (<i>Poa bulbosa</i>)	2
Мятлик сплюснутый (<i>P. compressa</i>)	2
Очиток едкий (<i>Sedum acre</i>)	2

Таблица 5 - Наиболее часто встречаемые растения - индикаторы механического состава почв

Вид	Индикаторная значимость
Пелитофиты - на тяжелых суглинках и глинах	
Звездчатка средняя (мокрица) (<i>Stellaria media</i>)	1
Копытень европейский (<i>Asarum europaeum</i>)	1
Лебеда серая (<i>Atriplex incana</i>)	1
Осока просяная (<i>Carex panicea</i>)	1
Пузырник ломкий (<i>Cystopteris fragilis</i>)	1
Алевритофиты - на легких почвах	
Астрагал датский (<i>Astragalus danicus</i>)	2
Клевер пашенный (<i>Trifolium arvense</i>)	2
Коровяк обыкновенный (медвежье ухо) (<i>Verbascum thapsus</i>)	2
Купена лекарственная (<i>Polygonatum officinale</i>)	2
Лапчатка серебристая (<i>Potentilla argentea</i>)	2
Льнянка обыкновенная (<i>Linaria vulgaris</i>)	2
Очиток едкий (<i>Sedum acre</i>)	2
Смолевка лежачая (<i>Silene procumbens</i>)	2
Ястребинка зонтиковидная (<i>Hieracium cymosum</i>)	2
Псаммофиты - обитатели песков	
Белокопытник ложный (<i>Petasites spurius</i>)	3
Грушанка зеленоцветковая (<i>Pyrola chlorantha</i>)	3
Житняк сибирский (<i>Agropyron sibiricum</i>)	3
Лапчатка песчаная (<i>Potentilla arenaria</i>)	3
Пырей ситниковидный (<i>Agropyron junceum</i>)	3
Фиалка песчаная (<i>Viola arenaria</i>)	3
Цмин песчаный (бессмертник) (<i>Helichrysum arenarium</i>)	3



Рисунок 1 – Растения песчаных почв: 1 – звездчатка средняя; 2 – коровяк обыкновенный. Растения глинистых, суглинистых и уплотненных почв: 3 – лютик ползучий; 4 – пырей ползучий; 5 – одуванчик лекарственный



Рисунок 2 – Растения сухих почв: 1 – ромашка пахучая; 2 – ромашка лекарственная; 3 – полынь горькая. Растения влажных почв: 4 – щавель конский; 5 – мята полевая; 6 – хвощ полевой



Рисунок 3 – Растения известковых почв: 1 – горчица полевая; 2 – молочай острый; 3 – люцерна серповидная. Растения кислых почв: 4 – молиния голубая; 5 – щавель кислый

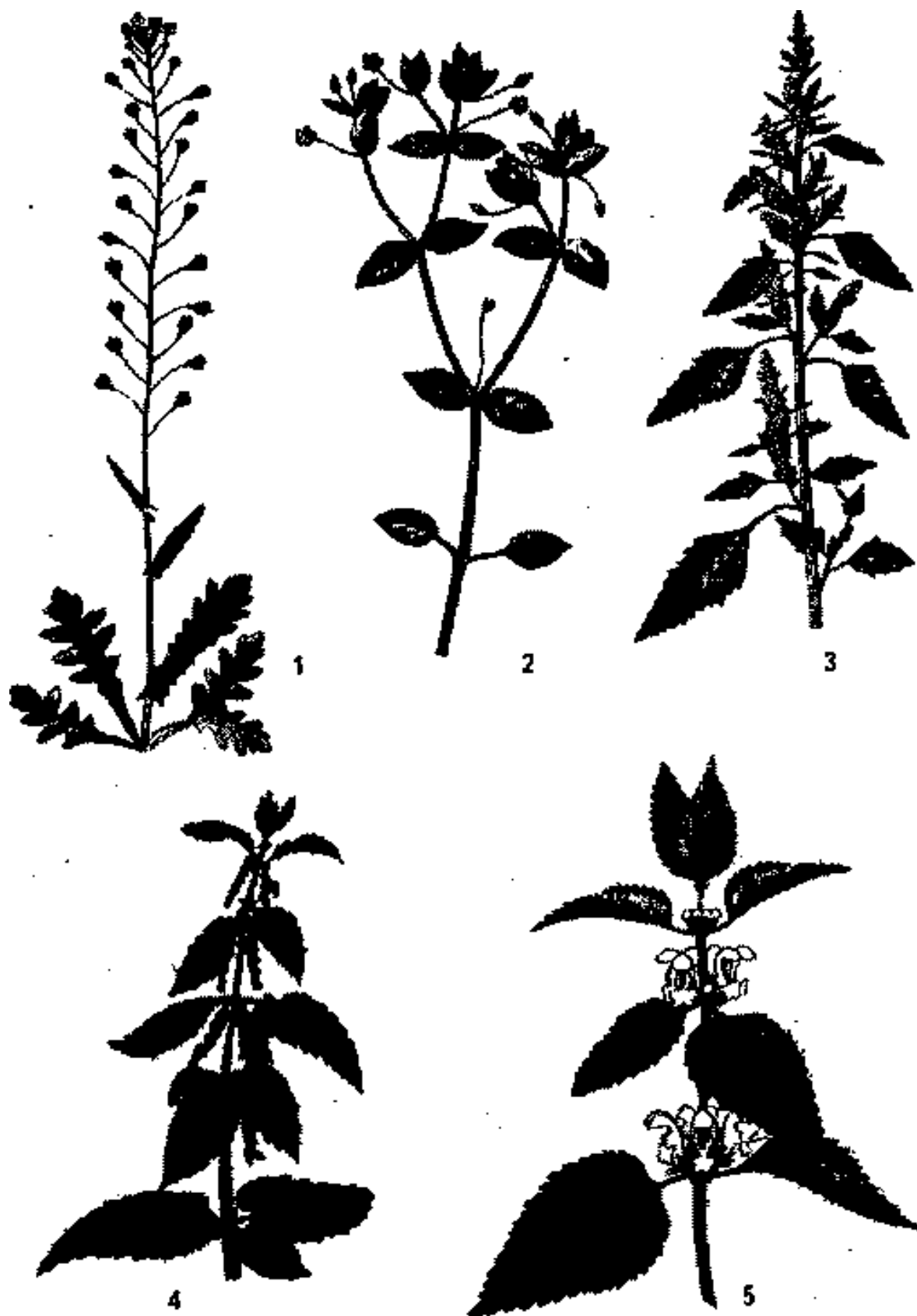


Рисунок 4 – Растения азотистых почв: 1 – пастушья сумка; 2 – звездчатка средняя; 3 – марь белая; 4 – крапива двудомная; 5 – яснотка белая (глухая крапива)

1.2. ФИТОИНДИКАЦИЯ ИЗБЫТОЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ

Цель работы: по реакциям определенных видов растений определить наличие в почве некоторых микроэлементов.

Ход работы:

1. Растения могут чувствительно реагировать на избыточное содержание некоторых элементов (металлов), в почве. При этом может изменяться окраска листовой пластинки, наблюдаются хлорозы и некрозы.

2. Признаки избыточного содержания некоторых микроэлементов в почве приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Признаки избыточного содержания некоторых микроэлементов в почве

Элемент	Реакция растения
Цинк	Обесцвечивание и отмирание тканей листа, пожелтение молодых листьев, отмирание верхушечных почек, окрашивание жилок в красный или черный цвет.
Медь	Хлороз молодых листьев при этом жилки остаются зелеными.
Марганец	Междужилковый хлороз, некроз тканей. Молодые листья искривляются и сморщиваются.
Железо	На молодых листьях хлороз между жилками, которые остаются зелеными. Позднее лист становится беловатым или желтым.
Кобальт	Вдоль основных жилок листа появляются заполненные водой прозрачные участки. Идет некроз ткани. Листья опадают.
Фосфор	Общее пожелтение листьев взрослых растений. Некроз тканей. У старых листьев на конце и по краям появляются некротические пятна.
Магний	Листья слегка темнеют и немного уменьшаются. На поздних стадиях роста их концы втянуты и отмирают.
Калий	На ранних стадиях наблюдается слабый рост растений, удлинение междоузлий, светло-зеленая окраска листьев. На поздних стадиях на листьях появляются сухие пятна, листья вянут и опадают.
Сера	Общее огрубление растений, уменьшение листьев, отвердение стебля. Позднее листья могут скручиваться внутрь, их края становятся коричневыми, а затем бледно-желтыми.
Хлор	Общее огрубление растений, листья мелкие, тускло-зеленые. У некоторых растений на старых листьях появляются пурпурно-коричневые пятна и листья опадают.
Азот	Местное повреждение. На краях листьев развивается хлороз, распространяющийся между жилками. Позднее появляется некроз, листья сворачиваются и опадают.
Кальций	Междужилковый хлороз с беловатыми и некротическими пятнами, которые могут быть окрашены или заполнены водой. Иногда наблюдается рост листовых розеток, отмирание побегов.
Бор	Хлороз концов и краев листьев. Листья становятся бледно-желтыми или беловатыми. На краях листьев наблюдаются ожоги и некроз.

3. Следовательно, оценив состояние растений на той или иной территории, можно сделать некоторые выводы о загрязненности почвы теми или иными микроэлементами.

2. НАСЕКОМЫЕ КАК БИОИНДИКАТОР КАЧЕСТВА СРЕДЫ

Жуки мертвоеды характеризуются индивидуальной изменчивостью, широким распространением, относительно высокой численностью по всему ареалу и легкостью сбора материала. Изучена изменчивость рисунка надкрыльев у двух видов жуков мертвоедов

Necrophorus vespilloides Hbst. и *N. investigator* Zett. На основе 1200 экземпляров были выделены ряды вариантов окраски надкрыльев. Рисунок состоит из группы темных пятен на светлом (оранжевом) фоне. Для удобства он разбит на отдельные элементы, которые зарисовывались и пронумеровывались.

У *N. vespilloides* Hbst рисунок образован двумя темными пятнами на оранжевом фоне.

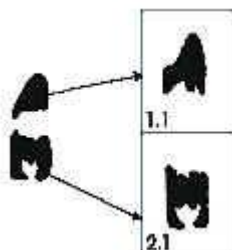


Рисунок 5 - Изменчивость рисунка надкрыльев у *N. vespilloides* Hbst
У *N. investigator* Zett, второе пятно, может распадаться на два 2.a и 2.b.

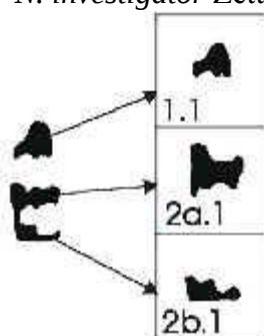
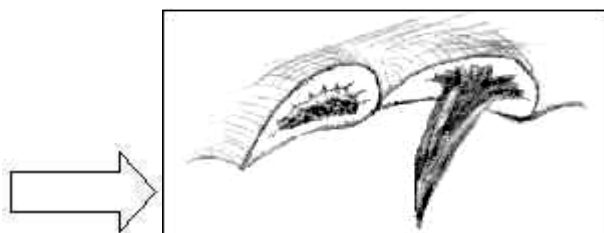


Рисунок 6 - Изменчивость рисунка надкрыльев у *N. investigator* Zett

Сбор жуков производится при помощи ловушек Барбера и падальных ловушек. Так же сейчас апробируется способ биоиндикационной оценки качества среды. По шести меристическим признакам. Признак 1-3 число шипиков на внутренней стороне голени IV-VI пар ног, признак 4-6 - число шипиков на внешней стороне голени I-III пар ног (рисунок 7). Так же измеряется общая длина насекомого, составляется, формула узора надкрыльев, по ранее выделенным, и пронумерованным элементам рисунка, и выделяются новые. В среднем количество насекомых каждого вида должно быть 25-30 особей.



Рисунок 7 - Расположение анализируемых признаков на голени жука-мертвоеда
При подсчете учитываются не только имеющиеся, но и отломанные шипики (рисунок 8)



3. ЛИХЕНОИНДИКАЦИЯ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ПРИГОРОДНЫЕ БИОЦЕНОЗЫ

Помимо индикаторной реакции на загрязнение атмосферного воздуха поллютантами химической природы, лишайники известны как организмы, высокочувствительные к рекреационной нагрузке на почву. Это их свойство используется при оценке качества почвы в местах активного отдыха, сбора ягод, грибов, выпаса скота и т.п. Как правило, некоторые виды эпигейных лишайников, являющиеся индикаторными на рекреационную нагрузку среды их обитания, исчезают из наземного покрова лесных фитоценозов раньше, чем многие мхи и цветковые растения.

Принцип метода лишайноиндикации рекреационной нагрузки на почву основан на том, что лишайниковый ярус наряду с моховым является наиболее чувствительным компонентом лесного фитоценоза к рекреационной нагрузке и подразделяется по индикаторной значимости лишайников на три группы; по наличию их представителей проводят оценку. При вытаптывании лишайники ломаются, крошатся, а затем совсем исчезают. Многие виды лишайников способны возобновляться вегетативно (с помощью слоевища). Однако многократное прохождение людей по одному и тому же месту приводит к разрушению лишайниковых группировок (синузий) и появлению на их месте луговых и сорных растений, несвойственных данному местообитанию.

Лишайноиндикация рекреационной нагрузки наиболее подходит для сосновых и еловых лесов с развитым лишайниковым покровом. Для анализа берутся наземные (эпигейные) виды лишайников. Условно по степени устойчивости к рекреационной нагрузке эти лишайники можно разделить на три группы: слабо-, средне- и сильноустойчивые (таблица 7).

Таблица 7 - Группы устойчивости индикаторных лишайников к рекреационной нагрузке

Группа	Степень устойчивости	Виды лишайников*
1	Слабоустойчивые	<i>Cladina stellaria</i>
		<i>C. arbuscula</i>
		<i>C. rangiferina</i>
		<i>C. sp.</i>
2	Среднеустойчивые	<i>Cladonia unsialis</i>
		<i>C. glasilis</i>
		<i>C. crispate</i>
		<i>C. sp.</i>
3	Сильноустойчивые	<i>Cetraria islandica</i>
		<i>C. sp.</i>
		<i>Peltigera canina</i>
		<i>P. sp.</i>

* В качестве индикаторных видов могут быть представители указанного рода лишайников в каждой группе устойчивости.

Показателями антропогенной рекреационной нагрузки на лишайниковый ярус могут служить: общее проективное покрытие, выраженное в процентах; видовое разнообразие; видовой состав доминантов в синузиях и процент проективного покрытия доминантов; биомасса; высота кустика слоевищ лишайников родов *Cladonia*, *Cladina*, *Cetraria*.

Внимание! При проведении оценки степени рекреационной нагрузки с помощью лишайников следует учитывать особенности лишайникового покрова в разных типах леса. В светлых сосновых лесах проективное покрытие несколько выше, чем в еловых, что связано с естественными особенностями этих биотопов.

Цель работы: с помощью лишеноиндикации определить степень рекреационной нагрузки на территорию.

Ход работы:

1. На исследуемых участках леса, а также на контрольном участке (вдали от возможного вытаптывания) с одинаковым типом растительности (и биотопом) заложить серию пробных площадок размером 1 м²; количество пробных площадок 20 - 50. Пробные площадки должны покрывать равномерной сетью всю площадь, на которой проводится оценка степени антропогенного воздействия. Площадки закладывать как вблизи троп, так и на некотором расстоянии от них.

2. Изготовить рабочую карту или схему обследуемой местности. На схему нанести пробные площадки и дорожную (тропиночную) сеть. Определить площадь дорожно-тропиночной сети в процентах от общей площади обследуемого лесного массива.

3. На пробных площадках с помощью определителя провести учет видов лишайников, рассчитать проективное покрытие, выявить доминантные виды и их долю в проективном покрытии (в %). Для расчета суммарной антропогенной нагрузки по индикаторным видам лишайников оценивают частоту встречаемости каждого вида (в %) на всех исследуемых площадках и условно обозначают цифрами: 1 - очень редко, 2 - редко, 3 - нередко, 5 - часто, 7 - очень часто, 9 - масса.

4. Сравнить видовой состав пробных площадок с помощью коэффициентов сходства и различия. Оценить видовую насыщенность (или богатство), которая определяется как количество видов лишайников на площади 1 м² с учетом среднеквадратичного отклонения.

5. Рассчитать коэффициент общности (сходства) по Жаккару K_j по формуле:

$$K_j = \frac{c}{a + b - c} 100\%,$$

где а - число видов лишайников на первой площадке; b - число видов лишайников на второй площадке; с - число видов лишайников, общих для обеих площадок, или коэффициент общности (сходства) по Сенерсену K_s по формуле:

$$K_s = \frac{2c}{a + b} 100\%,$$

Рассчитать коэффициент дифференциальности (различия) K_d, показывающий степень различия видового состава, по формуле:

$$K_d = \frac{a + b - 2c}{a + b - c} 100\%,$$

где а - число видов, встречающихся только на 1-й площадке; b - число видов, встречающихся только на 2-й площадке; с - чис видов лишайников, общее для двух сравниваемых площадок.

6. На карте условными значками или цветом выделить зоны разной степени рекреационной нагрузки на почву, используя пример.

Пример расчета суммарной антропогенной рекреационной нагрузки на пригородные биоценозы

Место исследования. Дата _____ Сообщество: ельник - лишайник.

Вид-индикатор, обнаруженный на площадке	Степень устойчивости (1)	Частота встречаемости на площадке (2)	(1)х(2) = (3)
<i>Cladina stellaria</i> , <i>C. albuscula</i>	1 1	3 5	3 5

<i>Cladonid. unsialis C. crispata</i>	2	5	10
	2	1	2
<i>Cetraria islandica, Peltigera canina, P. aphtposa</i>	3	1	3
	3	1	3
	3	1	3
	$\Sigma(2) = 18$		$\Sigma(3) = 29$

Суммарная рекреационная нагрузка исследуемой территории $\Sigma(3): \Sigma(2) = 1,6$, что соответствует промежуточной степени рекреационной нагрузки на почву между слабой и средней.

7. Вычисляют погрешность. Интервал точности для статистической надежности 95 %. Обычно общая суммарная степень антропогенной рекреационной нагрузки вычисляется с точностью до 0,1.

8. В отчете привести родовые и видовые названия индикаторов. Определить их индикаторную значимость. Привести оценку сходства и различия пробных площадок по видовому разнообразию присутствующих на них лишайников. Оценить суммарную рекреационную нагрузку на исследуемую территорию.



Рисунок 9 - Некоторые индикаторные виды лишайников:

1 - пелтигера собачья (*Peltigera canina*); 2 - пелтигера горизонтальная (*Peltigera horizontalis*); 3 - кладония пальчатая (*Cladonia digitata*); 4 - кладония бесформенная (*Cladonia deformis*); 5 - цетрария можжевельниковая (*Cetraria juniperina*); 6 - цетрария смешанная (*Cetraria connecta*)

Дополнительная информация

❖ Перечень лишайников-индикаторов рекреационного воздействия на почву

Кладония (*Cladonia* sp.). Лишайники этого рода широко распространены и растут на земле, пнях, у основания стволов, среди мхов, иногда на скалах. Первичное слоевище у большинства в ражено в виде мелких листоватых чешуек или корочек. На первичном слоевище возникает вторичное слоевище в виде вертикально стоящих выростов самой разнообразной формы.

Цетрария (*Cetraria* sp.). *Cetraria islandica* (исландский мох) лишайник с характерным листоватым талломом с глубоко вырезанными лопастями, напоминающими оленье рога. Растет на почве. Отдельные веточки достигают в ширину 1 - 1,5 см; в зависимости от освещенности - зеленоватого или темно-коричневого цвета верхней стороны и с серебристо-белым налетом на нижней. Встречается преимущественно на солнечных сухих участках леса — от равнин до высокогорий.

Пелтигера (*Peltigera* sp.). Среди представителей данного рода наиболее распространены два вида - *Peltigera canina* и *P. aphtros*. Тело листовидное с широкими лопастями. Растут на почве, по обочинам дорог, на стволах деревьев.

4. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВЫ НА СОДЕРЖАНИЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ*

В почве обитает огромное количество организмов, принадлежащих к различным систематическим группам. Почвенные бактерии и грибы служат редуцентами, т. е. переводят жизненно важные элементы из органических соединений в минеральные неорганические, образуя ионы аммония NH_4^+ , нитрат-ионы NO_3^- , нитрит-ионы NO_2^- , гидрофосфат-ионы H_2PO_4^- , сульфат-ионы SO_4^{2-} и др. Этот процесс называется минерализацией.



Рисунок 10 – Членистоногие, участвующие в почвообразовании

1 - слизень; 2 - мокрица; 3 - костянка; 4 - личинка шелкоуна; 5 - ногохвостка; 6 – личинка жужелицы; 7 - геофил; 8 - дождевой червь; 9 - личинка мухи; 10 - кивсяк серый

Беспозвоночные животные-детритофаги (рисунок 10) играют очень важную роль в почвообразовании, разлагая мертвые остатки. Позвоночные животные, например, кроты и мышевидные грызуны, также способствуют созданию почвенного слоя. В почве укореняются все наземные растения, поглощающие всасываемые из почвы элементы минерального питания и воду. Видовое разнообразие почвенных организмов зависит и от химического состава почв.

Цель работы: определить состав почвенной биоты.

Ход работы:

1. Соберите беспозвоночных обитателей почвы. Это можно сделать следующими способами:

- Несколько банок заройте в землю на расстоянии нескольких метров друг от друга так, чтобы края банок находились на уровне земли. Эти банки играют роль ловушек для беспозвоночных.
- Соберите лесную подстилку в парке и переберите ее руками. Найденных беспозвоночных поместите в сосуд.
- Возьмите почвенную пробу. Для этого выкопайте участок почвы площадью 30х30 см с глубины 10-20 см, перенесите ее на клеенку. Осторожно перебирая почву, выберите из нее беспозвоночных.

2. Комок почвы поместите в банку с насыщенным раствором поваренной соли и взболтайте. Мелкие организмы всплывут. Соберите их.

3. Подсчитайте собранных животных и определите их с помощью книг-определителей. Мелких почвенных членистоногих, найденных вами в почве, можно сравнить с изображениями животных на рисунке 10.

4. Сделайте вывод о взаимосвязях между числом представителей почвенной фауны и плодородием почвы.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ В ПОЧВЕ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ МЕТОДОМ БИОИНДИКАЦИИ

Радиоактивные вещества, попадающие в почву, представляют собой большую опасность для всей живой природы. Одной из форм воздействия на очаг загрязнения с целью снижения его радиоактивности является расселение в нем таких почвенных животных, как кивсяки, мокрицы, почвенные моллюски (рисунок 8). Все они накапливают и вводят из круговорота радиоактивный стронций-90 и могут использоваться как биоиндикаторы загрязнения почвы стронцием-90. На участках с повышенным фоном радиации заметное угнетение испытывают дождевые черви. На таких участках не только снижается их численность, но и уменьшаются их размеры, наблюдается задержка в развитии.

Цель работы: определить наличие в почве радиоактивных веществ методом биоиндикации.

Ход работы:

1. Исследуйте состав беспозвоночных на пробных площадках. Встретились ли вам кивсяки, моллюски, мокрицы? Много ли их? Обнаружены ли дождевые черви?

2. В случае, если налицо обилие первых и отсутствие вторых (дождевых червей), можно говорить о возможном повышении радиоактивного фона.

IV МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ВОДЫ

Оценку состояния водной среды можно проводить в учебных лабораториях с использованием физических и химических методов исследования.

ОТБОР ПРОБ ВОДЫ

Для проведения физико-химического анализа воды необходимо правильно провести пробоотбор.

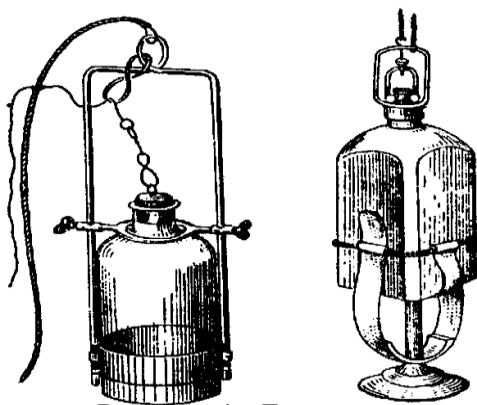


Рисунок 1 - Батометры

В зависимости от цели исследования проба воды для анализа может быть получена несколькими способами:

- Путём однократного отбора всего количества воды, нужного для анализа;
- Смешением проб, отобранных через определённые промежутки времени в одном месте исследуемого водоёма;
- Смешение проб, отобранных одновременно в разных местах исследуемого водоёма.

При отборе проб воды используют посуду из бесцветного стекла или полиэтилена марок, разрешённых для контакта с питьевой водой. Посуда должна быть тщательно вымыта моющими средствами, многократно ополоснута водопроводной и дистиллированной водой, а непосредственно перед забором воды посуду несколько раз ополаскивают исследуемой водой. Пробки желательно использовать стеклянные или полиэтиленовые; корковые или резиновые пробки обёртывают полиэтиленовой плёнкой.

На практике удобно пользоваться банкой или бутылкой. В местах с затруднённым доступом к воде банку или бутылку можно прикрепить к шесту. Для взятия проб с определённой глубины используются батометры (рисунок 1). При отсутствии данного прибора

можно сделать самодельный батометр, состоящий из бутылки (1 л) с прикреплённым к ней тонким прочным шнуром необходимой длины.

Бутылку закрывают пробкой со шнуром и помещают в футляр, имеющий груз и петлю. К петле привязывают верёвку с отметками, указывающими глубину погружения. На нужной глубине выдёргивают пробку из бутылки и после наполнения ёмкости водой поднимают её.

Отбор проб воды на проточных водоёмах производится в 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для питьевого водоснабжения, места купания, организованного отдыха, территория населённого пункта), а на непроточных водоёмах и водохранилищах - в 1 км в обе стороны от пункта водопользования.

Обычно пробы в створе отбирают в трёх точках (у обоих берегов и в фарватере); при ограниченных технических возможностях или на небольших водоёмах допускается отбор проб в одной - двух точках (в местах наиболее сильного течения). Чаще всего пробы отбирают в 5-10 м от берега на глубине 50 см. Объектом особого внимания должны стать загрязнённые струи.

Если на реке имеется сброс сточных вод от промышленных предприятий, стоки животноводческих ферм и т. д., то отбор проб проводят ниже сброса на 500 м, что позволяет контролировать степень загрязнения воды в реке сточными водами (для сравнения следует взять пробу на 500 м выше сброса сточных вод).

Если предполагается, что в результате сброса сточных вод в придонных слоях накапливаются оседающие вредные вещества, которые могут стать источником вторичного загрязнения воды, отбирают придонные пробы на расстоянии 30-50 см от дна.

В водохранилищах, озёрах, прудах, где течение воды резко замедленно, качество воды может быть неоднородным на различных участках (здесь возможно возникновение вторичных источников загрязнения), поэтому в этих водоёмах обычно берут серию проб по глубине.

Сразу же после взятия пробы необходимо сделать запись об условиях сбора, направлении ветра, указать дату и час отбора воды.

ПОДГОТОВКА ВОДЫ К АНАЛИЗУ

Для получения достоверных результатов анализ следует проводить как можно быстрее. В воде происходят процессы окисления - восстановления, физико-химические, биохимические, вызванные деятельностью микроорганизмов, сорбции, десорбции, седиментации и т. д. могут изменяться и органолептические свойства воды - запах, цвет и др. Некоторые вещества способны адсорбироваться на стенках сосудов (железо, алюминий, медь, кадмий, марганец и др.), а из стекла бутылей могут выщелачиваться микроэлементы. При невозможности исследовать воду в установленные для соответствующих показателей сроки (таблица 1) её охлаждают или консервируют.

Биохимические процессы в воде можно замедлить, охладив её до 4С°, в этих условиях медленнее разрушаются и многие органические вещества.

Универсального консервирующего вещества не существует, поэтому пробы для анализа отбирают в несколько бутылей. В каждой из них на месте отбора консервируют, добавляя различные реагенты (таблица 1).

Подготовка воды непосредственно перед анализом заключается в следующем: консервированные пробы при необходимости нейтрализуют, а охлаждённые нагревают до комнатной температуры (не на нагревательном приборе); если определению мешают мутность и цветность, то проводят специальную подготовку: пробы фильтруют, отстаивают или коагулируют.

Таблица 1 - Способы консервации и сроки анализа воды

Показатели качества	Сроки хранения	Способ консерва-
---------------------	----------------	------------------

воды	С консервацией	Без консервации	ции и количество консерванта на 1 л воды
Вкус и привкус		2 ч.	Не консервируют
Запах		2 ч.	Не консервируют
Прозрачность		4 ч.	
Цветность		6 ч.	Не консервируют
рН	1-2 сут.	При отборе	2-4 мл хлороформа, не консервируют
Окисляемость	1 сут.	4 ч.	50 мл $H_2SO_4(1:3)$ (для перманганатной), 10 мл $H_2SO_4(1:3)$ (для дихроматной)
Жёсткость		2 сут.	Не консервируют
Растворённый кислород		3 ч.	Не консервируют
Аммиак и ионы аммония	1-2 сут	4 ч.	1 мл H_2SO_4 (конц.) или 2-4 мл хлороформа
Нитраты	1-2 сут.	4 ч.	То же
Нитриты	1-2 сут.	4 ч.	2-4 мл хлороформа
Сульфаты		7 сут.	Не консервируют
Сероводород и сульфиды		1 сут.	Не консервируют
Фосфаты	1 сут.	8 ч.	2-4 мл хлороформа
Хлориды		7 сут.	Не консервируют
Хлор		На месте отбора	Не консервируют
Фенолы	1-2 сут.	8 ч.	4 г. NaOH
Металлы	До 1 мес.	1 сут.	3 мл HCl или HNO_3 , (до pH 2)

Коагуляция проводится добавлением 5 мл суспензии гидроксида алюминия на 1 л воды, после чего смесь хорошо взбалтывают и дают отстояться.

Находящиеся в природной и питьевой воде загрязняющие вещества имеют, как правило, очень маленькие концентрации. Для того, чтобы определить присутствие этих загрязнителей в условиях школьной лаборатории, следует провести концентрирование этих примесей одним из указанных ниже способов.

Упаривание воды. Отбирают 100-1000 мл исследуемой воды (в зависимости от предполагаемого содержания определяемого компонента, величины ПДК и чувствительности метода) и упаривают на закрытой электрической плитке до объёма около 50 мл.

Вымораживание воды (при этом примеси, растворённые в воде, собираются в средней части). 0,5-1 л исследуемой воды наливают в хорошо промытую высокую консервную банку и ставят в морозильную камеру холодильника. Через несколько часов банку достают и, убедившись, что вся вода замёрзла, вынимают ледяной цилиндр (предварительно нагрев дно и бока банки горячей водой). На анализ берут воду, полученную при размораживании внутренней части ледяного цилиндра. Для увеличения концентрации примесей можно провести несколько последовательных замораживаний проб воды, каждый раз, выбирая среднюю часть ледяного цилиндра из предыдущего замораживания.

Если при анализе проводилось концентрирование пробы, то при последующих расчётах необходимо учитывать объём исходного образца воды.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦВЕТНОСТИ (ФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ)

Цель: определение цветности природных вод.

Цветность природных вод обусловлена, главным образом, присутствием гуминовых веществ и комплексных соединений трёхвалентного железа. Количество этих веществ зависит от геологических условий, водоносных горизонтов, характера почв, наличия болот и торфяников в бассейне реки.

Цветность воды определяют визуально, сравнивая с растворами, имитирующими цветность природных вод.

Необходимо приготовить два раствора.

Раствор №1. Растворяют отдельно в дистиллированной воде 0,0875 г дихромата калия $K_2Cr_2O_7$ и 2 г сульфата кобальта (II) семиводного $CoSO_4 \cdot 7H_2O$, затем их смешивают, прибавляют 1 мл концентрированной серной кислоты (плотностью 1,84 г/мл) и доводят в мерной колбе на 1 л дистиллированной водой до метки. Этот раствор соответствует цветности 500°.

Техника безопасности! Раствор готовят в вытяжном шкафу. После приготовления раствора вымыть руки.

Раствор № 2.

1 мл концентрированной серной кислоты доводят дистиллированной водой до 1 л.

Смешивая растворы 1 и 2 в соотношениях, указанных в таблице 2, готовят шкалу цветности.

Таблица 2 - Шкала цветности дихромата калия и сульфата кобальта

Раствор	Градусы цветности													
	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
№1, мл	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
№2, мл	100	99	98	97	96	95	94	92	90	88	86	84	82	80

При визуальном определении в прозрачный цилиндр из бесцветного стекла с ровным дном наливают 100 мл исследуемой, при необходимости профильтрованной, воды и, просматривая сверху на белом фоне, подбирают раствор шкалы с тождественной окраской.

Если исследуемая вода имеет цветность выше 80°, то её предварительно разбавляют дистиллированной водой. Величину цветности в этом случае умножают на кратность разбавления.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЗРАЧНОСТИ ВОДЫ

Цель: определение прозрачности природных вод.

Прозрачность воды зависит от нескольких факторов: количества взвешенных частиц ила, глины, песка, микроорганизмов, от содержания химических веществ. Прозрачность характеризуется предельной глубиной, на которой ещё виден специально опускаемый белый диск диаметром около 20 см (диск Секки). Самые прозрачные воды в Саргасовом море: диск виден до глубины 66,5 м, в мелких морях – до 5-15 м. Прозрачность воды в реках в среднем 1-1,5 м.

Измеряют прозрачность воды различных водоёмов с помощью диска Секки (можно взять фанерку размером 20х20 см с белой поверхностью, к которой прикреплён груз и верёвка с метками на ней для определения глубины). Опускается диск в воду с теневой стороны лодки и замеряют по меткам на верёвке, на какой глубине диск скрылся из поля зрения. Затем диск поднимают и замечают глубину, на которой он стал виден. Среднее из этих отсчётов и будет показателем прозрачности воды в метрах.

Оборудование:

- Диск для определения прозрачности воды;
- Деревянный шест длиной 2 м;
- Стекланный мерный цилиндр.

Ход работы:

1. Жёстко закрепите диск на шесте с нанесёнными на нём метками через каждые 10 см.
2. Опустите шест с диском в воду и отметьте ту глубину, на которой диск станет неразличим.

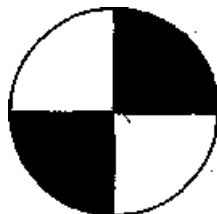


Рисунок 2 – Диск для определения прозрачности воды

Есть другой способ определения прозрачности воды. Он состоит в следующем.

1. Налейте в стекланный мерный цилиндр исследуемую воду.
2. Попробуйте сверху различить газетный текст стандартного шрифта сквозь налитую в цилиндр воду. Цилиндр должен находиться над текстом на высоте 4-5 см.
3. Высота водяного столба в сантиметрах, сквозь который текст можно прочесть, можно считать значением прозрачности воды. Так, прозрачность питьевой воды должны быть не меньше 30 см.
4. Оцените прозрачность исследуемой воды по одной из трех характеристик: прозрачная, малопрозрачная, непрозрачная.

3. ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАХА

Цель: определение запаха природных вод.

Запах воды обусловлен наличием в ней пахнущих веществ, которые попадают в неё естественным путём и со сточными водами. Запах воды водоёмов не должен превышать 2 баллов, обнаруживаемых непосредственно в воде или (для водоёмов хозяйственно - питьевого назначения) после её хлорирования. Определение основано на органолептическом исследовании характера и интенсивности запаха воды при 20 и 60 °С. По предполагаемой методике определяют характер и интенсивность запаха.

Аппаратура, материалы:

- Колбы плоскодонные с притёртыми пробками.
- Стекло часовое.
- Баня водяная.

Ход определения:

100 мл исследуемой воды при комнатной температуре наливают в колбу вместимостью 150 - 200 мл с широким горлом, накрывают часовым стеклом или притертой пробкой, встряхивают вращательными движениями, открывают пробку или сдвигают часовое стекло и быстро определяют характер и интенсивность запаха. Затем колбу нагревают до 60°С на водяной бане и также оценивают запах.

По характеру запаха делятся на две группы:

Запахи естественного происхождения (от живущих в воде и отмерших организмов, от влияния почв и т.п.) находят по классификации, приведённой в таблице 3.

Таблица 3 - Характер и род запаха воды естественного происхождения

Характер запаха	Примерный род запаха
-----------------	----------------------

Ароматический	Огуречный, цветочный
Болотный	Илистый, тенистый
Гнилостный	Фекальный, сточной воды
Древесный	Мокрой щепы, древесной коры
Землистый	Прелый, свежевспаханной земли, глинистый
Плесневый	Затхлый, застойный
Рыбный	Рыбы, рыбьего жира
Сероводородный	Тухлых яиц
Травянистый	Скошенной травы, сена
Неопределённый	Не подходящий под предыдущие определения

Запахи искусственного происхождения (от промышленных выбросов, для питьевой воды - от обработки воды реагентами на водопроводных сооружениях и т. п.) называются по соответствующим веществам: хлорфенольный, камфорный, бензиновый, хлорный и т. п.

Интенсивность запаха также оценивается при 20 и 60°C по 5 - бальной системе согласно таблице 4.

Запах воды следует определять в помещении, где воздух не имеет постоянного запаха. Желательно, чтобы характер и интенсивность запаха отмечали несколько исследователей.

Таблица 4 - Интенсивность запаха воды

Балл	Интенсивность запаха	Качественная характеристика
0	Никакой	Отсутствие ощутимого запаха
1	Очень слабая	Запах, не поддающийся обнаружению потребителем, но обнаруживаемый в лаборатории опытным исследователем
2	Слабая	Запах, не привлекающий внимания потребителя, но обнаруживаемый, если на него обратить внимание
3	Заметная	Запах, легко обнаруживаемый и дающий повод относиться к воде с неодобрением
4	Отчётливая	Запах, обращающий на себя внимание и делающий воду непригодной для питья
5	Очень сильная	Запах настолько сильный, что вода становится непригодной для питья

4. ИССЛЕДОВАНИЕ МУТНОСТИ

Мутность воды - мера содержания в ней взвешенных частиц, различных по происхождению. Это могут быть частицы глины, ила, промышленных и сельскохозяйственных стоков, планктонные организмы. Высокая замутненность может быть следствием почвенной эрозии, большого количества экскрементов крупной популяции рыб, например, карпов.

Взвешенные частицы способствуют нагреву воды, т. к. поглощают тепловое излучение, что, в свою очередь, приводит к падению уровня растворенного в воде кислорода. Уменьшение количества растворенного в воде кислорода происходит также и в связи со снижением продуктивности фотосинтеза: взвешенные частицы частично экранируют необходимую для него область светового спектра. Твердые частицы забивают жабры рыб, ослабляют иммунные свойства организмов, приостанавливают их рост и развитие. От осаждающихся твердых частиц в основном страдают придонные обитатели. Таким образом, можно сделать вывод, что степень мутности воды влияет на флору и фауну водоема не меньше, чем другие факторы.

Оборудование и реактивы: весы техникохимические или аналитические, разновесы; бумажный фильтр; сушильный шкаф.

Ход работы:

1. Взвесьте бумажный фильтр на весах для определения его массы. Если есть возможность, используйте аналитические весы. Если такой возможности нет, определите массу фильтра на теххимических весах.

2. Отфильтруйте 1 л взятой из водоема воды.

3. Высушите использованный фильтр.

4. Взвесьте высушенный фильтр и определите его массу.

5. Вычислите разницу массы фильтра до и после фильтрования. Разница в массе и есть величина мутности в мг/л. Допустимая мутность питьевой воды не должна превышать 2 мг/л.

Если вы применяете для определения массы теххимические весы с точностью до 0,01 г, следует отфильтровать не 1 л исследуемой воды, а большее ее количество, например 5 л, поскольку в противном случае ошибка при измерении массы фильтра будет того же порядка, что и точность весов. Очевидно, что расчет мутности нужно вести с учетом объема исследуемой воды, т. е. разницу в массе фильтра до и после фильтрования нужно разделить на 5 (объем пробы воды в эксперименте).

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРИРОДНЫХ ВОД

Цель работы: дать характеристику качества воды, определить её прозрачность, цвет, запах, вкус, реакция среды, взятой из разных источников.

Материал и оборудование: пробы воды; стеклянные сосуды; предметное или часовое стекло; дистиллированная вода.

Ход работы:

1. Запишите, из какого источника взята проба воды.
2. Налейте в химический стакан эту воду и рассмотрите её на свет. Определите её прозрачность. Вода может быть: прозрачная, слабо мутная, сильно мутная.
3. Определите цвет воды. Для этого опустите в стакан с водой белую пластинку или лист белой бумаги. Цвет воды может быть: бурый; светло – коричневым; жёлтым; светло-жёлтым; зеленоватым; бесцветным.
4. Определите запах воды и его интенсивность. Естественный запах может быть болотным, глинистым, древесным, плесневым, травянистым, сероводородным.
В случае попадания в воду инородных веществ она может пахнуть бензином, мазутом, хлором, навозом и т. п.
По интенсивности запах может быть: слабым (он обнаруживается, если обратить на него внимание); заметный (легко обнаруживается); отчётливый (обращает на себя внимание); сильный (делает воду непригодной для питья).
Питьевая вода не должна иметь запаха.
5. Определите вкус воды. Пробовать загрязнённую природную (если она не родниковая) воду не рекомендуется.
Вода может быть: солёная; горькая; кислая; с хлорным, металлическим или иным привкусом; безвкусная или с приятными для питья вкусом.
Питьевая вода должна быть безвкусной или приятной на вкус.
6. Определите, образуется ли осадок после суточного отстаивания воды в трёхлитровом сосуде.
Если осадок образуется, он может быть: хлопьевидным «слизистым»; хлопьевидным желтовато-коричневым; плотным белым (желтоватым); плотным бурым (коричневым); сероватым; в виде песка, глины или растительных остатков.
7. Определите реакцию водной среды с помощью универсального индикатора.
Капните исследуемой водой на кусочек универсальной индикаторной бумаги. Сравните полученный цвет воды со шкалой pH. Запишите pH исследуемой воды и по значению pH определите реакцию среды.

8. Определите наличие растворённых солей. Для проведения исследования подготовьте два чистых и обезжиренных предметных или часовых стекла. На одно нанесите несколько капель исследуемой воды, на другое –дистиллированной. Дистиллированная вода не содержит растворённых солей. Выпарите воду со стёкол и сравните их. Белый налёт указывает на наличие солей. Чем он больше, тем больше солей было растворено в воде.
9. Исследуйте разные пробы воды, а полученные результаты занесите в таблицу 5.
Таблица 5 – Характеристики воды

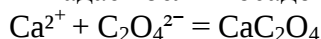
Характеристика воды	Пробы воды		
Из какого источника взята проба	1	2	3
Прозрачность			
Цвет			
Запах и его интенсивность			
Вкус			
Осадок			
Реакция среды (pH)			
Наличие солей			

10.Сделайте вывод.

1. Осадок нерастворим в воде, уксусной кислоте и солях аммония.

Ход определения:

1. К 10 мл пробы воды прибавьте 3 мл уксусной кислоты, затем 8 мл реагента. Если выпадает белый осадок, концентрация ионов кальция 100 мг/л.



белый

2. Если раствор мутный – концентрация ионов кальция более 1 мг/л, при опалесценции – более 0,001 мг/л.

3. Результаты оформите в виде таблицы.

Таблица 14 – Содержание катионов в воде

Наименование вещества	Найденная концентрация, мг/л	ПДК, мг/л
K^+		300
Ca^{2+}		180

4. Сделайте вывод по работе.

6. ОЦЕНКА ТРОФИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДОЕМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ*

Высшие водные растения являются наименее изученным звеном среди организмов-индикаторов, хотя имеют ряд преимуществ. Они представляют собой видимый невооруженным глазом и поэтому весьма удобный для наблюдения объект, а также дают возможность при рекогносцировочном гидробиологическом осмотре водоемов в первом приближении визуальное оценить их экологическое состояние. Макрофиты позволяют определить трофические свойства воды, а иногда и специфику ее химизма, что имеет существенное значение при биоиндикации чистых вод.

Принцип метода основан на учете видового разнообразия представителей водной макрофлоры и их индикаторной значимости. В прибрежно-водной растительности выявляется исключительно легко поддающаяся учету доминантная флора. При этом подтипу водной растительности, представленной гидромезофитными, гидрофитными и гигрофитными видами, отводится принципиальная роль в оценке загрязнения водной среды. Подтипу прибрежной растительности, представленной гигрофитными, мезофитными, ксеро-

мезофитными видами, определяющее значение придается при оценке загрязнения донных отложений малорастворимыми токсическими веществами.

При ботанической индикации стоячих водоемов целесообразно учитывать следующие показатели при визуальном осмотре водного объекта: степень покрытия его макрофитами, флористическое разнообразие растений, отклонения в развитии и росте. При последующих лабораторных исследованиях, в случае необходимости, определяется ряд количественных характеристик: величины фитомассы и продукции, высота и масса стебля, химический состав растений.

Большую роль при индикации вод играет наличие определенных видов-индикаторов. Но выявление таких растений встречает ряд трудностей вследствие того, что многие из них обладают широкими экологическими и географическими ареалами. Более того, в различных физико-географических условиях данные растения-индикаторы могут встречаться в водоемах неодинакового трофического статуса и иметь соответственно различное индикаторное значение. Лимитирующим фактором при выявлении индикаторных видов является также ограниченность сведений об экологии и физиологии большинства видов макрофитов.

По общепринятой классификации стоячие водоемы (озера, естественные пруды и т.п.) делятся на ацидотрофные, дистрофные, олиготрофные, мезотрофные и эвтрофные. Кроме того, имеется ряд переходных стадий (таблица 10).

Таблица 10 – Определение экологического типа водоема

Признаки	Тип водоема				
	олиготрофный	мезотрофный	эвтрофный	дистрофный	ацидотрофный
Котловина	Обширная, глубокая	Сотни, тысячи га	Различных размеров	Десятки, сотни га, глубина до 2 - 4 м	Небольшая, неглубокая
Прибрежные грунты	Песчано-каменистые	Песчано-каменистые	Заиленные пески, ил	Илистые	Торфянистые
Цвет воды	Голубой	Зеленый, желто-зеленый	Зеленовато-желтый, желтый	Буровато-желтый	Бурый
Прозрачность воды	До 10 м и более	До 4 - 6 м	До 2 - 3 м	До 1,5 м	Менее 1,5 м
Содержание кислорода, мг/л	Высокое, больше 8	Среднее, 7 - 8	Пониженное, 5-7	Низкое, меньше 4	Низкое, меньше 4
Кислотность, pH	7	6-7	6-7	5-6	Меньше 5
Минерализация, мг/л	Низкая, меньше 50	Средняя, пониженная, 51-99	Умеренная, 100-99	Пониженная, 51-99	Низкая, меньше 50
Жесткость воды, моль Ca ²⁺ ; Mg ²⁺ /л	Мягкая, меньше 1,5		Умеренно жесткая, 1,5-3,0	Мягкая, меньше 1,5	

Для расчета общей трофности каждому типу водоема присуждается номер: ацидотрофные – 0, дистрофные – 1, олиготрофные – 2, мезотрофные – 3 и эвтрофные – 4. Частоту встречаемости учитывают по девятибалльной шестиступенчатой шкале частот со следующими обозначениями: 1 – очень редко, 2 – редко, 3 – нередко, 5 – часто, 7 – очень часто, 9 – масса (таблица 11).

Таблица 11 – Соотношение значений относительного обилия и частоты встречаемости организмов (h)

Частота встречаемости	Количество экземпляров одного вида, %	h
Очень редко	<1	1
Редко	2 - 10	2

Нередко	10 - 40	3
Часто	40 - 60	5
Очень часто	60 - 80	7
Масса	80 - 100	9

Таблица 12 - Индикаторные виды макрофитов водоемов различной трофности

Тип водоема			
дистрофный	олиготрофный	мезотрофный	эвтрофный
Сфагновые мхи (<i>Sphagnum</i>)	Лобелия Дортмана (<i>Lobelia dortmanna</i>)	Рдест сплюснутый (<i>Potamogeton compressus</i>)	Повойничек (водяной перец) (<i>Elatine hydropiper</i>)
Вахта трехлистная (<i>Menyanthes trifoliata</i>)	Уруть очередноцветковая (<i>Myriophyllum alterniflorum</i>)	Ряска трехдольная (<i>Lemna trisulca</i>)	Шелковник неукореняющийся (<i>Batrachium eradicatum</i>)
Белокрыльник болотный (<i>Calla palustris</i>)	Лютик простертый (<i>Ranunculus reptens</i>)	Уруть мутовчатая (<i>Myriophyllum verticillatum</i>)	Шелковник шенхелевидный (<i>B. foeniculaceum</i>)
Сабельник болотный (<i>Comarum palustre</i>)	Полушник колючеплодный (<i>Isoetes echinospora</i>)	Кувшинка белая (<i>Nymphaea alba</i>)	
Ежеголовник родственный (<i>Sparganium affine</i>)	Полушник озерный (<i>Isoetes lacustris</i>)	Ряска малая (<i>L. minor</i>)	
Кубышка желтая (<i>Nuphar lutea</i>)	Рдест блестящий (<i>Potamogeton lucens</i>)	Стрелолист плавающий (<i>Sagittaria natans</i>)	
		Осока пузырчатая (<i>Cagex vesicaria</i>)	
		Кувшинка четырехгранная (<i>N. tetragona</i>)	
		Частуха подорожниковая (<i>Alisma plantagoaquatica</i>)	
		Рдест маленький (<i>P. candida</i>)	
		Водокрас лягушачий (<i>Hydrocharis morsusrae</i>)	
		Рогоз узколистный (<i>Typha angustifolia</i>)	
		Элодея канадская (<i>Elodea canadensis</i>)	

Оборудование и материалы для лабораторной работы: гербарий растений, произрастающих в водоемах средней полосы России; определители, каталоги высших растений.

Ход работы:

1. Получить у преподавателя задание на карточке.
2. Дать название каждому растению, указанному в задании номером, используя гербарий, а также каталоги-определители.
3. Выделить индикаторные виды водоемов разной трофности. Дать характеристику водоема в шкале трофности по растениям-индикаторам.

4. Привести в отчете названия всех растений, указать индикаторные виды водоемов по шкале трофности, охарактеризовать трофические свойства водоема.

Дополнительная информация

❖ Классификация стоячих водоемов по трофности

Ацидотрофные водоемы довольно своеобразны по своей природе. По классификации Тинеманна - Науманна к ним относятся водоемы с кислой реакцией воды ($\text{pH} < 5,5$). Они могут иметь как бесцветную, так и окрашенную в бурый цвет воду. В первом случае имеет место комбинация ацидотрофии с олиготрофией, во втором - ацидотрофии с дистрофией. Густые заросли тростника и камыша, процветающие в щелочных водах, в более кислых уменьшаются, встречаются более ограниченно, а в очень кислых водах исчезают совсем, на их месте начинают развиваться осока, хвощ и манник.

Ацидотрофно-олиготрофные водоемы можно установить по наличию показателей олиготрофии - лобелии Дортмана (*Lobelia dortmanna*), урути очередноцветковой (*Myriophyllum alterniflorum*), по слабому развитию растительного покрова, значительной разреженности зарослей и угнетенному состоянию растений с низким значением фитомассы.

Ацидотрофно-дистрофные водоемы можно выделить по преобладанию водно-болотных растений - видов рода *Carex*, вахты трехлистной (*Menyanthes trifoliata*), кизляка кистецветного (*Naumburgia thysiflora*), сабельника болотного (*Comarum palustre*). Зарегистрированы в них также водная сосенка (*Hippuris vulgaris*), пузырчатка обыкновенная (*Utricularia vulgaris*). Ограниченно представлены уруть очередноцветковая и лобелия Дортмана. Степень покрытия этих водоемов макрофитами невелика, заросли в значительной мере разрежены, растения угнетены, величины фитомассы низки. Кислая реакция среды и низкая прозрачность воды отрицательно влияют на произрастание растений.

Дистрофные водоемы расположены в основном в заболоченной местности, берега их низкие, болотистые, с редкой растительностью, часто сложены из сфагноума. Реакция среды кислая вода сильно окрашена, прозрачность ее очень низкая. Значительно разреживаются прибрежные заросли тростника и хвоща. Исчезают рдесты и частично заменяются на заросли ежеголовника. Для дистрофных водоемов характерны вдоль уреза воды различные виды осок и водно-болотной растительности, на дне - сфагновый мох. Часто встречаются тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), хвощ топяной (*Equisetum fluviatile*), кубышка желтая (*Nuphar luteal*), ежеголовник родственный (*Sparganium affine*).

Для озер олиготрофного типа характерно присутствие лобелии Дортмана, урути очередноцветковой. Степень их зарастания не значительна, растительные сообщества распространены весьма ограниченно. Фитоценозы в основном разрежены. Развитие растений удовлетворительное, величина фитомассы невелика.

Для водоемов мезотрофного и эвтрофного типов характерна нейтральная или щелочная среда и малая прозрачность. Показательно наличие рогоза узколистного (*Typha angustifolia*), стрелолиста плавающего (*Sagittaria natans*), элодеи канадской (*Elodea canadensis*).

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ПРЕСНОВОДНОМ ВОДОЕМЕ ПО ВИДОВОМУ РАЗНООБРАЗИЮ МАКРОФИТОВ

Токсические вещества (металлы и продукты органического синтеза) накапливаются в донных отложениях и распределяются в различных средах: в толще воды, в органической компоненте - абиотической и биотической.

В таблице 13 отражены свойства различных групп водной растительности и показаны преимущества и недостатки использования их в качестве индикаторов загрязнения непроточных поверхностных вод. Надо отметить, что использование водной растительности ограничено из-за сезонности развития этих организмов.

Высшие цветковые водные растения и некоторые виды водорослей в той или иной мере отвечают требованиям интегральной оценки степени загрязнения водной среды поллютантами.

Разработан специальный ключ к определению степени загрязненности поверхностных вод.

Принцип метода заключается в обнаружении в водной среде индикаторных видов растений, адаптированных к определенной степени загрязнения (от крайне слабого до очень сильного). Частоту их встречаемости учитывают по девятибалльной шестиступенчатой шкале частот со следующими обозначениями: 1 - очень редко, 2 - редко, 3 - нередко, 5 - часто, 7 - очень часто, 9 - масса.

Таблица 13 - Свойства различных групп водной растительности, используемых в качестве биоиндикаторов загрязнения водоемов

Группы организмов	Преимущества	Недостатки
Фитопланктон	Играет важную роль в трофических цепях	Миграция в водоеме, сезонное развитие
Перифитон	Очень высокий фактор накопления загрязняющих веществ; встречаются обычно и повсеместно	Высокочувствителен к токсичности; сложный отбор количественных проб; не минерализуется; сезонное развитие
Макрофиты (<i>Potamogeton</i> , <i>Elodea</i> , <i>Nuphar</i> , <i>Phragmites</i>)	Легко идентифицировать, встречаются в определенных частях водоема в течение ряда лет	Присутствуют в слабо загрязненных средах; большая разница в поглощении загрязняющих веществ у разных видов
Макроскопические водоросли (<i>Cladophora</i> , <i>Lemanea</i> , <i>Enteromorpha</i>)	Легко идентифицировать; встречаются повсеместно и обильно; высокая толерантность к загрязняющим веществам; отражают количественное содержание в воде загрязняющих веществ	Сезонное развитие; очень чувствительны к изменениям гидрологических условий (паводки)

По степени загрязненности водоемы делят на пять классов: крайне слабо, слабо, умеренно, сильно и очень сильно загрязненные, соответственно обозначая классы цифрами от 1 до 5 (таблица 14).

Проба: верхний пруд. Дата _____ Сообщество: растительное

Вид	Степень загрязнения (1)	Частота встречаемости (2)	(1)x(2) =(3)
<i>Utricularia minor</i>	1	1	2
<i>U. australis</i>	2	1	3
<i>Myriophyllum spicatum</i>	2	3	6
<i>M. verticillatum</i>	3	2	6
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	3	2	6
<i>Elodea canadensis</i>	4	7	28
<i>P. crispus</i>	4	7	28
<i>P. pectinatus</i>	4	3	12

<i>Ranunculus circinatus</i>	4	3	12
<i>P. nodosus</i>	5	2	10
		$\Sigma(2) = 31$	$\Sigma(3) = 13$

Таблица 14 - Водные растения-индикаторы биологического состояния поверхностных вод

Степень загрязненности воды	Крайне слабо загрязненная (1)	Слабо загрязненная (2)	Умеренно загрязненная (3)	Сильно загрязненная (4)	Очень сильно загрязненная (5)
Глубина прямой видимости при солнечном свете	Часто более 6 м	4 - 6 м	2 - 4 м	Менее 2 м	Менее 0,5 м
Харовые водоросли	Дно водоема поросло харовыми водорослями (до глубины более 10 м)	Большие заросли, достигают в длину 8-10 м	Растут только в приповерхностном слое	Отсутствуют	
Другие водоросли			Местами нитевые водоросли	Распространены нитевые водоросли	Сильное цветение водорослей
	Хара тернистая (<i>Chara aspera</i>)	Хара ломкая (<i>Chara fragilis</i>)	Нителлопсис двудомный (<i>Nitellopsis obtusa</i>)	Нитчатые водоросли <i>Cladophora. sp.</i>	
Степень загрязненности воды	Крайне слабо загрязненная (1)	Слабо загрязненная (2)	Умеренно загрязненная (3)	Сильно загрязненная (4)	Очень сильно загрязненная (5)
Цветковые растения	Редко		Большое разнообразие видов		Часто заросли одного вида
	Пузырчатка охристая (<i>Utricularia ochroleuca</i>)	Уруть колосовая (<i>Myriophyllum spicatum</i>)	Рдест блестящий (<i>Potamogeton lucens</i>)	Элодея канадская (<i>Elodea canadensis</i>)	Роголистник погруженный (<i>Ceratophyllum demersum</i>)
		Пузырчатка австралийская (<i>Utricularia australis</i>)	Рдест пронзеннолистный (<i>Potamogeton perfoliatus</i>)	Рдест курчавый (<i>Potamogeton crispus</i>)	Стрелолист обыкновенный (<i>Sagittaria sagittifolia</i>)
			Уруть мутовчатая (<i>Myriophyllum verticillatum</i>)	Рдест гребенчатый (<i>Potamogeton pectinatus</i>)	Ряска/Многокоренник (<i>Lemna/Spirodella</i>)

Часто в водоеме присутствует несколько индикаторных видов произрастающих в среде разной степени загрязненности. Следовательно, необходимо определить общую суммарную степень загрязнения. С этой целью подсчитывают сумму всех частот встречаемости растений-индикаторов. Находят произведение степени загрязнения, на которое указывают присутствие растения-индикатора и частоты его встречаемости, и суммируют эти произведения для всех индикаторных видов, обнаруженных в данном водоеме. Полу-

ченную сумму произведений делят на сумму частот: этот коэффициент покажет общую суммарную степень загрязнения.

Пример вычисления общей суммарной степени загрязнения

Общая суммарная степень загрязнения $\Sigma(3): \Sigma(2) = 3,6$, что соответствует промежуточной степени загрязнения водоема между умеренной и сильной. Вычисляют погрешность. Интервал точности для статистической надежности 95 %. Обычно общая суммарная степень загрязнения вычисляется с точностью до 0,1.

Оборудование и материалы: гербарий растений, произрастающих в водоемах средней полосы России; определители, каталоги высших растений.

Таблица 15 - Ключ к определению степени загрязненности поверхностных вод по индикаторным видам растений

Вид	Степень загрязнения (1)	Частота встречаемости (2)	(1)х(2) = (3)
Хара тернистая (<i>Chara aspera</i>)	1		
Пузырчатка малая (<i>Utricularia minor</i>)	1		
Хара ломкая (<i>Chara fragilis</i>)	2		
Уруть колосовая (<i>Myriophyllum spicatum</i>)	2		
Уруть мутовчатая (<i>Myriophyllum verticillatum</i>)	3		
Рдест блестящий (<i>Potamogeton lucens</i>)	3		
Рдест пронзеннолистный (<i>Potamogeton perfoliatus</i>)	3		
Элодея канадская (<i>Elodea Canadensis</i>)	4		
Рдест курчавый (<i>Potamogeton crispus</i>)	4		
Рдест гребенчатый (<i>Potamogeton pectinatus</i>)	4		
Роголистник погруженный (<i>Ceratophyllum demersum</i>)	5		
Ряска малая (<i>Lemna minor</i>)	5		
Стрелолист обыкновенный (<i>Sagittaria sagittifolia</i>)	5		
Многокоренник обыкновенный (<i>Spirodela polyrhiza</i>)	5		
Общая суммарная степень загрязнения: $Z(3): Z(2)$ =		$\Sigma(2) =$	$\Sigma(3) =$

Ход работы:

1. Получить у преподавателя задание на карточке.
2. Дать название каждому растению, указанному в задании номером, используя гербарий, а также каталоги-определители.
3. Выделить растения-индикаторы разной степени загрязненности водоемов по таблице 14.
4. Рассчитать общую суммарную степень загрязнения водоема (см. пример в тексте).
5. Привести в отчете названия всех растений, указать индикаторные виды водоемов разной степени загрязненности, привести расчет общей суммарной степени загрязнения.

8. БИОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМОВ ПО СОСТОЯНИЮ ПОПУЛЯЦИЙ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА РЯСКОВЫХ

Цель работы: оценить загрязнение водоема по состоянию растений семейства рясковые.

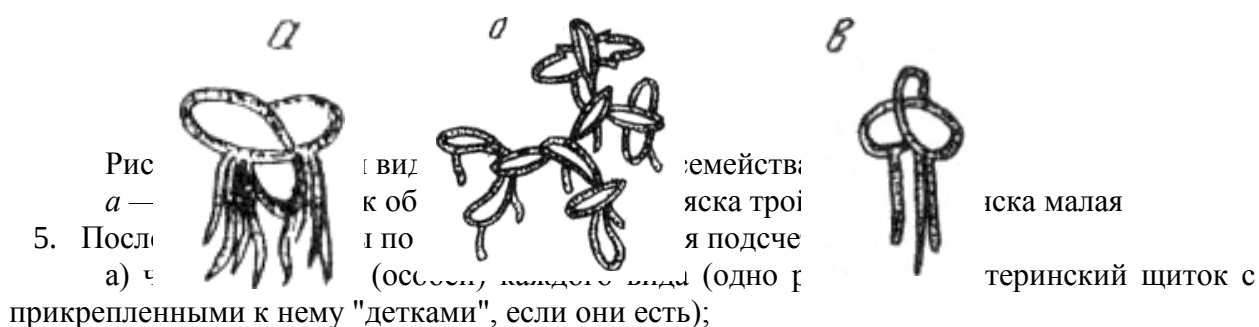
Ход работы:

1. По карте обследуемого района намечают точки сбора материала, причем, чем сильнее загрязнение, тем ближе друг к другу (0,5 - 1,0 км) они должны быть расположены. На мало загрязненных участках точки сбора могут быть удалены на расстояние 2 - 3 км друг от друга.

2. Обследование водоема проводится в течение 2 - 4 дней. Наиболее показательным периодом является первая декада июня, дополнительную работу можно повторить в середине июля или в конце августа - начале сентября.

3. Сбор материала проводится в бухточке или заливе со спокойным, замедленным течением. Ведром с поверхности приблизительно 0,5 м² собирается ряска. Растения (с помощью шумовки) переносятся в сосуд или полиэтиленовый пакет, содержащий необходимое количество воды из водоема.

4. **Проба (или ее часть), содержащая примерно 150 - 200 растений, разделяется по видам (рисунок 1).**



5. После подсчета (общее количество растений, если они есть); б) общего числа щитков (суммарное количество материнских щитков и "деток") каждого вида;

в) числа щитков с повреждениями (черные и бурые пятна - некроз, пожелтение - хлороз, количество и размер пятен не учитываются).

6. При экспресс-оценке используется самый массовый вид растений; (обычно ряска малая). Определение качества воды проводится по таблице 16.

Таблица 16 - Определение класса качества воды

Щитки с повреждениями, %	Отношение щитков к особям				
	0,1	1,3	1,7	2	2
0	1-2	2	3	3	3
10	3	3	3	3	3
20	3	4	3	3	3
30	4	4	3	3	3
40	4	4	4	3	3
50	4	4	4	3	-
50	4	4	4	-	-
50	5	5	-	-	-

Примечание. Первая колонка соответствует тем случаям, когда в целой пробе не удалось набрать 30 экземпляров даже наиболее массового вида.

Условные обозначения: 1 - очень чистая вода;

2 - чистая;

3 - умеренно загрязненная;

4 - загрязненная;

5 - грязная;

"-" - комбинация, встречаемость которой исключается.

Дополнительная информация

❖ Водные растения, относящиеся к семейству рясковых, используются в качестве биоиндикаторов, так как они широко распространены и обладают высокой чувствительностью к загрязнению водной среды. Все рясковые плавают на поверхности или слегка погружены в воду. Отдельные растения представляют собой зеленую округлую пластину (щиток) размером 1 - 10 мм с дочерними щитками ("детками"), прикрепленными по бокам материнского щитка. Вырастая, "детки" отделяются и превращаются во взрослые растения, благодаря чему ряски быстро заполняют поверхность водоема.

Таблица 17 - Реакция ряски малой на соли тяжелых металлов

Металл	Концентрация (мг/мл)	Тестовые реакции			Коэффициент роста (r)
		окраска листецов	рассоединение листецов	реакция листе- цов	
Контроль	0	Интенсивно зеленая	Нет	Нет	3,55
Cd	0,25	Коричневая	Есть	Сильное усы- хание	2,17
Pb	То же	Светло-бурая	Есть	Сильное усы- хание	0,33
Zn	»	Светло-зеленая, коричневая	Есть	Сильное увяда- ние	0
Ti	»	Светло-зеленая	Есть	Сильное усы- хание, корни отпали	2,84
Co	»	Светло-зеленая	Есть	Сильное усы- хание	1,55
Ni	»	Темно-коричневая	Есть	Сильное усы- хание	0,60
Mo	»	Белая	Нет	Сильное усы- хание	5,84
Cu	»	Белая	Есть	Отмирание корней	0,17
Cr	»	Желто-белая	Нет	Корни отпали, усыхание	4,17
Ba	»	Светло-зеленая	Нет	Усыхание	0,17
V	»	Коричневая	Нет	Усыхание	0,83
Mn	»	Светло-зеленая, бурая	Нет	Сильное усы- хание	1,00
Cd	0,1	Коричневая	Есть	Сильное усы- хание	2,17
Pb	То же	Желтовато-зеленая	Есть	Подсыхание зоны роста	0,50
Zn	»	Темно-бурая	Есть	Усыхание	0,17
Ti	»	Зеленая	Есть	Увядание мало- заметное	4,17
Co	»	Светло-зеленая	Есть	Сильное усы- хание	1,55
Ni	»	Темно-коричневая	Есть	Сильное усы- хание	0,60
Mo	»	Белая	Нет	Сильное усы- хание	5,84

Металл	Концентрация (мг/мл)	Тестовые реакции			Коэффициент роста (г)
		окраска листецов	рассоединение листецов	реакция листе- цов	
Cu	»	Белая	Есть	Отмирание корней	0,17
Cr	»	Желто-белая	Нет	Корни отпали, усыхание	4,17
Ba	»	Светло-зеленая	Нет	Усыхание	0,17
V	»	Коричневая	Нет	Усыхание	0,83
Mn	»	Зеленая	Нет	Усыхание краев	1,67
Cd	0,025	Светло-зеленая	Есть	Подсыхание	3,33
Pb	То же	Темно-зеленая	Есть	Подсыхание	1,33
Zn	»	Светло-зеленая, крапчатая	Нет	Усыхание	0,17
Ti	»	Сизо-бурая	Нет	Подсыхание краев	4,00
Co	»	Бурая	Есть	Усыхание	2,34
Ni	»	Ярко-зеленая	Есть	Подвядание	1,17
Mo	»	Сизо-белая	Нет	Усыхание	2,52
Si	»	Белая	Есть	Отмирание корней	0,17
Cr	»	Ярко-зеленая	Нет	Подсыхание корней	6,25
Ba	»	Светло-желтая	Нет	Увядание	0,66
V	»	Коричневая	Нет	Усыхание	0,83
Mn	»	Светло-зеленая	Нет	Увядание	2,00
Cd	0,001	Белая, крапчатая	Есть	Увядание	2,67
Pb	То же	Коричневая	Нет	Увядание	2,83
Zn	»	Светло-коричневая	Нет	Увядание	1,17
Ti	»	Зеленая, светло- коричневые края	Нет	Увядание, кор- ни отпали	3,83
Co	»	Зеленая	Есть	Увядание	1,54
Ni	»	Светло-зеленая	Нет	Подвядание, корни отпали	3,00
Mo	»	Желто-зеленая	Нет	Подсыхание краев	6,03
Cu	»	Белая с сизоватым оттенком	Есть	Сильное усы- хание	0,73
Cr	0,001	Ярко-зеленая	Нет	Подсыхание корней	6,25
Ba	То же	Светло-желтая	Нет	Увядание	0,66
V	»	Зеленовато-бурая	Нет	Увядание	2,00
Mn	»	Желто-зеленая	Нет	Увядание не- значительное	1,87
Cd	0,0001	Бледно-зеленая	Нет	Подсыхание середины	1,5
Pb	То же	Зеленые, крапча-	Нет	Увядание	2,00

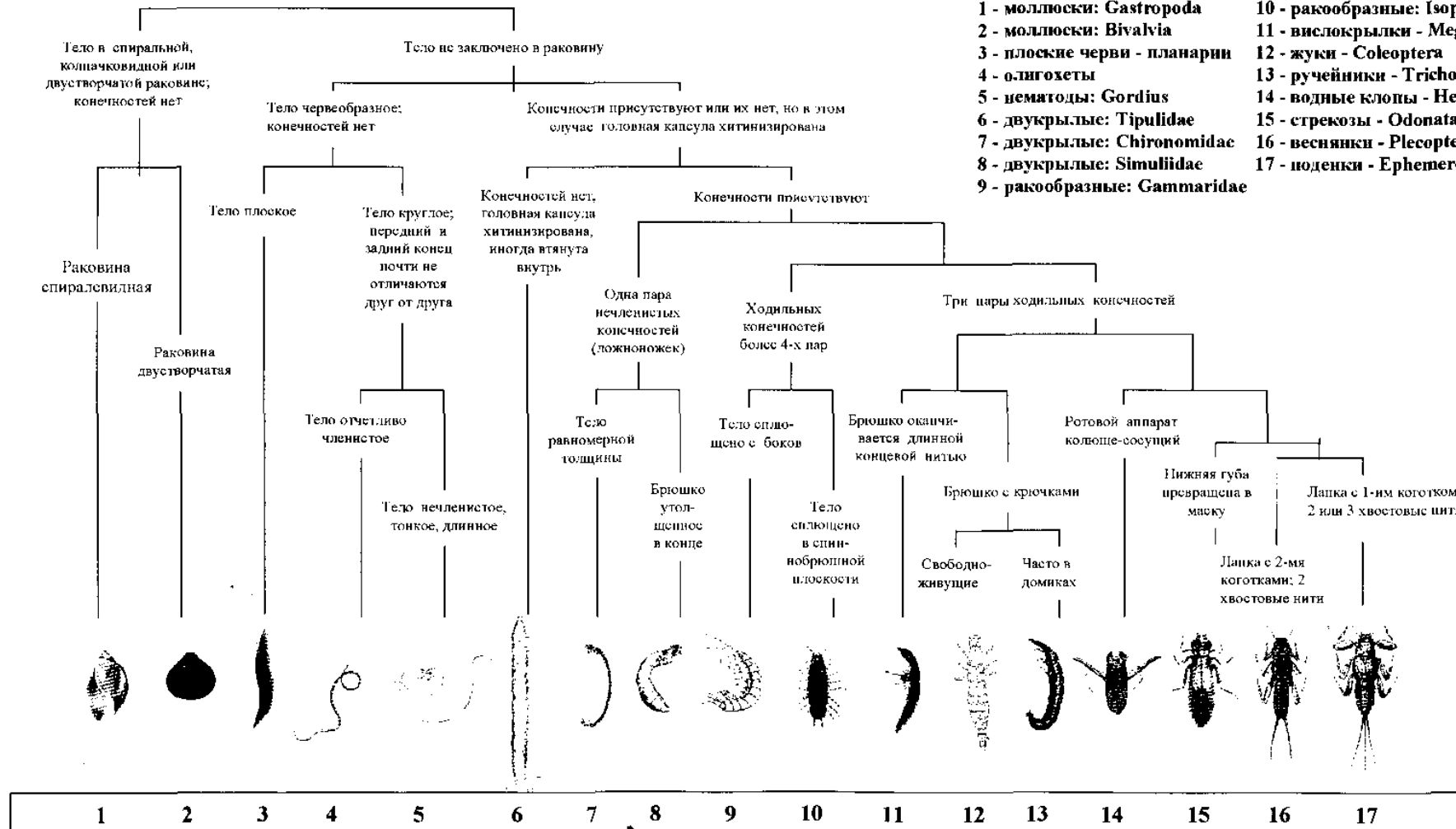
Металл	Концентрация (мг/мл)	Тестовые реакции			Коэффициент роста (г)
		окраска листецов	рассоединение листецов	реакция листе- цов	
		тые			
Zn	»	Коричнево-зеленая	Нет	Листецы смор- щены	1,17
Ti	»	Ярко-зеленые	Нет	Легкое подвя- дание	2,83
Co	»	Светло-зеленая	Нет	Подвядание	2,53
Ni	»	Желто-зеленая	Нет	Усыхание краев	1,67
Mo	»	Зеленая	Есть	Легкое подвя- дание	5,84
Си	»	Белая с сизоватым оттенком	Есть	Сильное усы- хание	0,73
Cr	»	Зеленая	Нет	Увядание	4,83
Ba	»	Зеленая	Нет	Увядание	1,84
V	»	Светло-зеленая	Нет	Увядание	1,33
Mn	»	Желто-зеленая	Нет	Увядание не- значительное	1,87

Предельно допустимые концентрации (ПДК) некоторых радионуклидов в воздухе
и воде

Радионуклид	Предельно допустимая концентрация, Ки/л			
	в воде открытых водоемов и ис- точников водо- снабжения	в воздухе		
		рабочих помещений	санитарно- защитных зон	населенных пунктов
Тритий	$3 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-9}$	$7 \cdot 10^{-11}$
Углерод-14	$8 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-9}$	$3 \cdot 10^{-10}$	$3 \cdot 10^{-11}$
Стронций-89	$3 \cdot 10^{-9}$	$3 \cdot 10^{-11}$	$3 \cdot 10^{-12}$	$3 \cdot 10^{-13}$
Стронций-90	$3 \cdot 10^{-11}$	$3 \cdot 10^{-13}$	$3 \cdot 10^{-14}$	$3 \cdot 10^{-15}$
Цирконий-95	$2 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-11}$	$3 \cdot 10^{-12}$	$3 \cdot 10^{-13}$
Йод-131	$6 \cdot 10^{-10}$	$9 \cdot 10^{-12}$	$9 \cdot 10^{-13}$	$9 \cdot 10^{-14}$
Цезий-137	$1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-11}$	$31 \cdot 10^{-12}$	$1 \cdot 10^{-13}$
Церий-144	$3 \cdot 10^{-9}$	$6 \cdot 10^{-12}$	$6 \cdot 10^{-13}$	$6 \cdot 10^{-14}$
Полоний-210	$2 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-14}$	$1 \cdot 10^{-15}$	$1 \cdot 10^{-16}$
Радон-222	--	$3 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-12}$
Радий-226	$5 \cdot 10^{-11}$	$3 \cdot 10^{-14}$	$3 \cdot 10^{-15}$	$3 \cdot 10^{-16}$
Уран (естеств.)	0,05 мл/г	0,02 мг/м ²	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$
Плутоний-239	$5 \cdot 10^{-11}$	$2 \cdot 10^{-15}$	$2 \cdot 10^{-16}$	$2 \cdot 10^{-17}$

Приложение Б. Пиктографический ключ к определению основных групп водных беспозвоночных

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1 - моллюски: <i>Gastropoda</i> | 10 - ракообразные: <i>Isopoda</i> |
| 2 - моллюски: <i>Bivalvia</i> | 11 - вислокрылки - <i>Megaloptera</i> |
| 3 - плоские черви - планарии | 12 - жуки - <i>Coleoptera</i> |
| 4 - олигохеты | 13 - ручейники - <i>Trichoptera</i> |
| 5 - нематоды: <i>Gordius</i> | 14 - водные клопы - <i>Heteroptera</i> |
| 6 - двукрылые: <i>Tipulidae</i> | 15 - стрекозы - <i>Odonata</i> |
| 7 - двукрылые: <i>Chironomidae</i> | 16 - веснянки - <i>Plecoptera</i> |
| 8 - двукрылые: <i>Simuliidae</i> | 17 - поденки - <i>Ephemeroptera</i> |
| 9 - ракообразные: <i>Gammaridae</i> | |



Приложение В

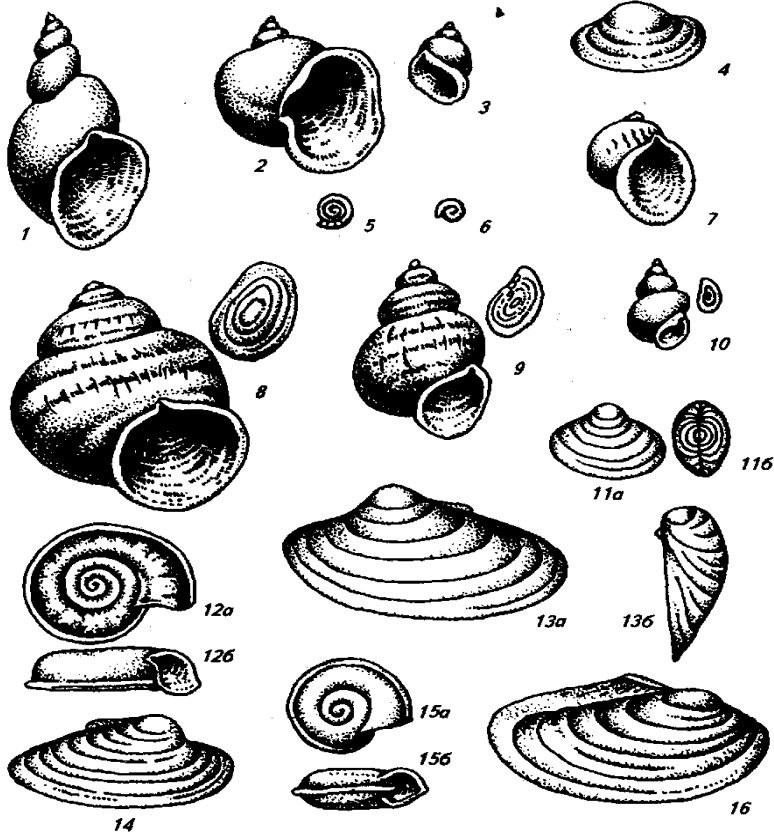


Рисунок 1 - Пресноводные моллюски - биоиндикаторы чистоты водоема:

1 - прудовик обыкновенный; 2 - прудовик ушковый; 3 - физа ключевая; 4 - роговая шаровка; 5 - катушка завитая; 6 - катушка гладкая; 7 - прудовик яйцевидный; 8 - лужанка настоящая; 9 - лужанка полосатая; 10 - битиния щупальцевая; 11а, б - горошина; 12 а, б - катушка обыкновенная; 13 а, б - перловица вздутая; 14 - перловица живописцев; 15 а, б - катушка килевая; 16 - беззубка утиная

Приложение Г

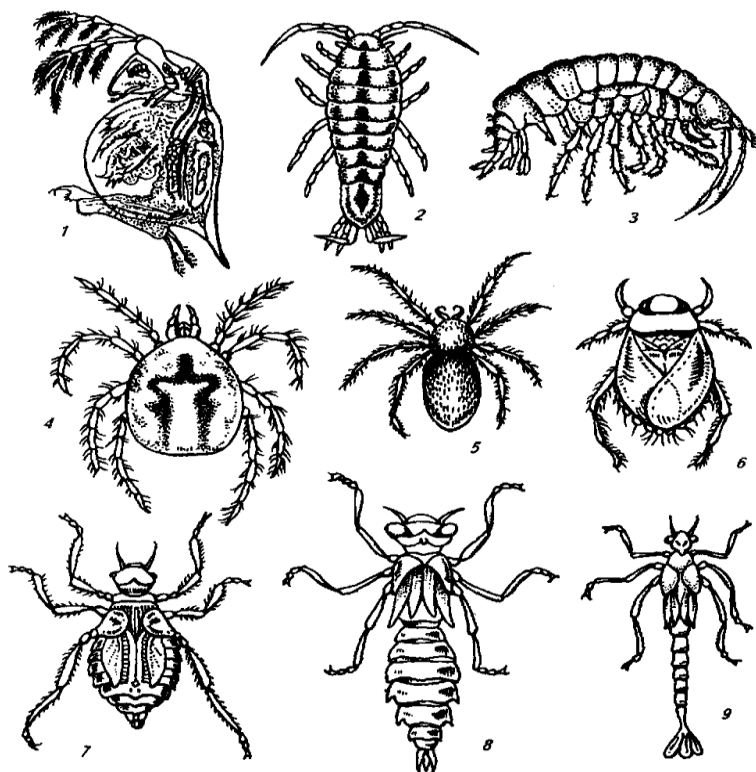


Рисунок 1 - Животное население малых рек и озер:

1 - дафния; 2 - водяной ослик; 3 - бокоплав; 4 - гидракарина ацеркус торрис; 5 - водяной паук (самка); 6 - плавт; 7 - личинка настоящей стрекозы; 8 - личинка стрекозы коромысла; 9 - личинка стрекозы лютки

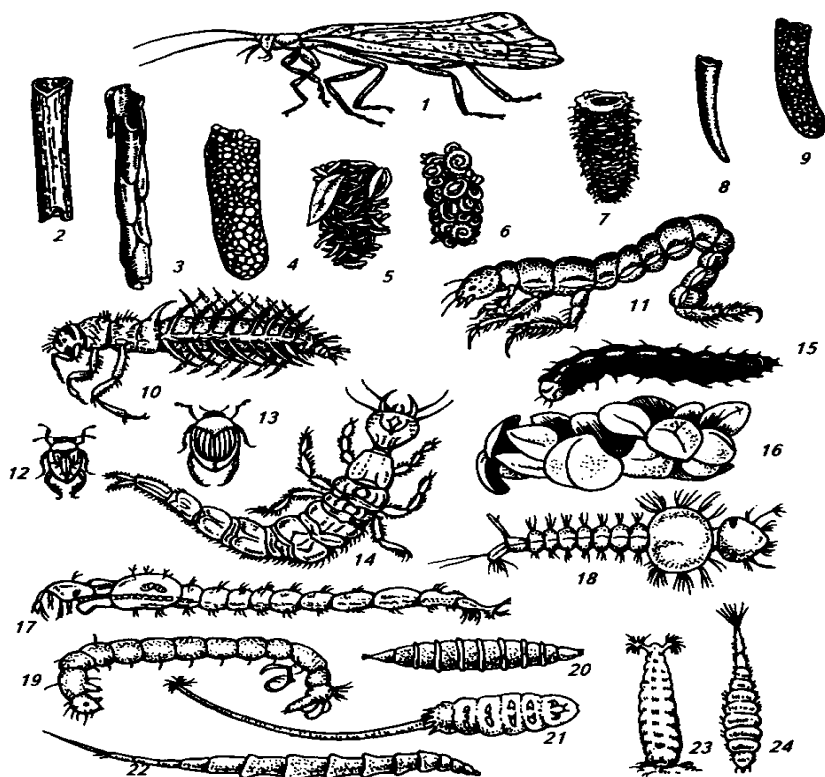


Рисунок 2 - Животное население малых рек и озер:
 1 - ручейник; 2 - чехлик агрипнии; 3 - чехлик ручейника граммаулиуса; 4 - чехлик стенофилакса; 5, 6, 7 - чехлик лимнофилуса; 8 - чехлик колчанки; 9 - чехлик стенофилакса ротундипенниса; 10 - личинка большого ручейника; 11 - личинка ручейника, не строящая чехликов; 12 - пеструшка; 13 - желтушка; 14 - личинка плавунца окаймленного; 15 - личинка бабочки ряской огневки; 16 - чехлик из ряски; 17 - личинка комара коретры; 18 - личинка комара обыкновенного; 19 - личинка комара-дергуна; 20 - личинка слепня; 21 - личинка иловой мухи; 22 - птихоптера; 23 - личинка мокреца; 24 - личинка мухи-львинки

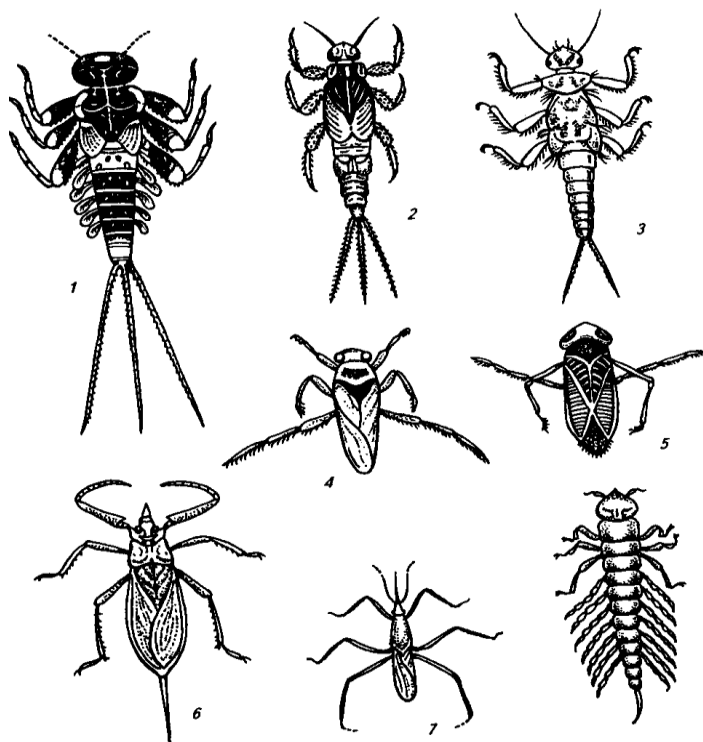


Рисунок 3 - Животное население малых рек и озер:

1 - личинка поденки; 2 - личинка поденки кенис макрура; 3 - личинка веснянки Перла маргината; 4 - гладыш (клоп); 5 - гребляк малый; 6 - водяной скорпион; 7 - водомерка панцирная; 8 - личинка вислокрылки с трахейными жабрами

Литература

1. Абакумов В.А. Методы распознавания образов в гидро-биологическом анализе поверхностных вод / Проблемы экологического мониторинга моделирования экосистем /

В.А.Абакумов [и др.]. - Т. 8. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 450 с.

2. Алексеев С.В. Изучаем экологию – экспериментально. Практикум по экологической оценке состояния окружающей среды / С.В. Алексеев, А.М. Беккер. – Санкт-Петербург, 1993. – 64 с.

3. Алексеев С.В. Экологический практикум школьника: Учебное пособие для учащихся / С.В. Алексеев, Н.В Груздева, Э.В. Гущина. – Самара: Издательство «Учебная литература», 2006. – 304 с.

4. Артамонов В.И. Зеленые оракулы / В.И. Артамонов. - М.: Мысль, 1989. – 320 с.

5. Артамонов В.И. Зеленые оракулы. - М.: Мысль, 1989. – 220 с.

6. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и бьютестирование / О.П. Мелехова, Е.И. Сарапульцева, Т.И. Евсеева и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 288 с.

7. Васильев В.Н. Ботаника: морфология и анатомия растений / В.Н. Васильев.- М.: Просвещение, 1988.- 480 с.

8. Гарибова Л.В. Водоросли, лишайники и мохообразные СССР / Л. В. Гарибова [и др.]. - М.: Мысль, 1978. – 560 с.

9. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. - СанПиН 2.1.5.980-00.

10.Голубовская Э.К. Биологические основы очистки воды / Э.К. Голубовская. - М.: Высшая школа, 1978. – 320 с.

11.Жизнь растений. - Т. 3. Водоросли, лишайники. - М.: Просвещение, 1977. – 860 с.

12.Зайцев О.С. Задачи, упражнения и вопросы по химии / О. С. Зайцев. - М.: Химия, 1996. – 200 с.

13.Зайцев О.С. Исследовательский практикум по общей химии / О. С. Зайцев. - М.: Изд-во МГУ, 1994. – 250 с.

14.Заугольнова Л.Б., Никитина С.В., Денисова Л.В. Типы функционирования популяций редких растений / Л.Б. За-

угольнова, С.В. Никитина, Л.В. Денисова // Бюл. МОИП. - Отд. биол. - 1992. - Т. 97. Вып.3. - С. 80-85.

15.Захаров В.М. Асимметрия животных / В.М. Захаров. - М.: Наука, 1987. – 255 с.

16.Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений / Ю.А. Злобин. - Казань, 1989. - 146 с.

17.Козлов М.А. Школьный атлас-определитель беспозвоночных / М. А. Козлов, И.М. Олигер. - М.: Просвещение, 1991. – 370 с.

18.Константинов А. С. Общая гидробиология / А.С. Константинов. - М.: Высшая школа, 1978. – 267 с.

19.Криволучский Д.А. Экологическое нормирование на примере радиоактивного загрязнения экосистем // Д.А. Криволучский [и др.] // Метод биоиндикации окружающей среды в районах АЭС. - М.: Наука, 1987 – 230 с.

20.Левина Р.Е. Репродуктивная биология семенных растений / Р.Е. Левина. - М.: Наука, 1981. - 50 с.

21.Липин В.Ф. Жизнь водоема / В.Ф. Липин. - М.: Учпедиздат, 1955. – 150 с.

22.Мансурова С.Е. Следим за окружающей средой нашего города. Школьный практикум / С.Е. Мансурова, Г.Н. Кокуева. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. – 112 с.

23.Мансурова С.Е., Кокуева Г.Н. Школьный практикум: Следим за окружающей средой нашего города / С. Е. Мансурова, Г. Н. Кокуева. - М.: Изд-во ВЛАДОС, 2001. – 285 с.

24.Методы биохимического исследования растений. - Л.: «Агропромиздат». Ленинградское отделение, 1987. – 350 с.

25.Методы изучения состояния окружающей среды. - Вологда: Рус, 1996. – 250 с.

26.Методы изучения состояния окружающей среды. - Вологда: Русь, 1996. – 346 с.

27.Мэнниг У.Д. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений / У. Д. Мэнниг, У.А.Федер. - Л.: Гидрометеоиздат, 1985. - 150 с.

28.Научные основы биомониторинга пресноводных экосистем. - Гидрометеоиздат, 1988. - 260 с.

29.Небел Б. Наука об окружающей среде. - Т. 1. - М.: Мир, 1995. - 346 с.

30.Новиков В.С. Школьный атлас-определитель высших растений / В.С. Новиков, И.А.Губанов. - М.: Просвещение, 1991. - 370 с.

31.Новиков Ю. В. Экология, окружающая среда и человек / Ю.В. Новиков. - М.: Агентство ФАИР, 1998. - 280 с.

32.Общая ботаника с основами геоботаники. - М.: Высшая школа, 1994. -570 с.

33.Озера, болота, пруды, лужи и их обитатели: Практическое руководство. - М.: Муравей, 1996. - 90 с.

34.Пасечник В.В. Школьный практикум. Экология / В.В. Пасечник. - М.: «Дрофа», 1998. - 220 с.

35.Плавильщиков Н.Н. Определитель насекомых. - М.: То-пикал, 1994. - 450 с.

36.Последствия Чернобыльской катастрофы: Здоровье среды / под ред. В.М.Захарова, Е.Ю.Крысанова. - М.: ЦЭПР, 1996. - 320 с.

37.Работнов Т. А. Экспериментальное изучение продуктивности и состава травянистых ценозов / Т.А. Работнов // Экспериментальная геоботаника. - Казань, 1965. - 324 с.

38.Растения и животные: Руководство для натуралиста. - М.: Мир, 1991. - 360 с.

39.Рекомендации по проведению гидробиологического контроля на со- оружениях биологической очистки с аэро-тенками. - М.: ЦБНТИ Мин- водхоза СССР, 1987. - 110 с.

40.Римский-Корсаков М.Н. Зоологические экскурсии / М. Н. Римский-Корсаков, Б.Е.Райков. - М.: Топикал, 1994. – 240 с.

41.Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В.А.Абакумова. - М.: Госкомгидромед, 1983. – 250 с.

42.Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В.А.Абакумова - Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 180 с.

43.Рыжов И.Н., Ягодин Г. А. Школьный экологический мониторинг городской среды/И.Н. Рыжов, Г.А. Ягодин. - М.: Галактика, 2000. – 340 с.

44.Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды. Методические указания. - М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2001. – 150 с.

45.Семин В.А., Фрейндлинг А.В. Макрофиты как индикаторы закисления и изменения трофности водоемов // Биол. науки, 1983. - № 7. – С. 56-59.

46.Солдатенкова Ю.П. Малый практикум по ботанике. Лишайники / Ю.П. Солдатенкова. - М.: Изд-во МГУ, 1977. – 200 с.

47.Соловых Г.Н. Биотехнологическое направление в решении экологических проблем / Г.Н.Соловых [и др.]. - Екатеринбург: Ур. отд. РАН, 2003. – 137 с.

48.Стрельцов А.Б. Региональная система биологического мониторинга. - Калуга: Изд-во Калужского ЦНТИ, 2003. – 240 с.

49.Строганов Н.С. Водоросли и макрофиты как объекты для биотестирования / Н.С.Строганов [и др.] // Теоретические вопросы биотестирования. - Волгоград, 1983. – С. 65 – 70.

50.Сынзыныс Б. И. Экологическая диагностика качества атмосферного воздуха с помощью лишайников / Б.И.Сынзыныс, Е.И.Егорова. - М.: Русполиграф, 1997. – 120 с.

- 51.Теппер Е.З. Практикум по микробиологии / Е.З.Теппер [и др.]. - М.: Колос, 1993. – 450 с.
- 52.Тихомиров Ф.А. Действие ионизирующих излучений на экологические системы. - М.: Атомиздат, 1972. – 118 с.
- 53.Трасс Х.Х. Биоиндикация состояния атмосферной среды городов / Х.Х Трасс // Экологические аспекты городских систем. - Мн.: Наука и техника, 1984. - С. 96 - 109.
- 54.Трасс Х.Х. Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг / Х.Х. Трасс // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. - Т.7. – 350 с.
- 55.Унифицированные методы исследования качества вод // Методы биологического анализа вод. - Ч. 1 - М.: СЭВ, 1976. – 115 с.
- 56.Унифицированные методы исследования качества воды. - М.: СЭ, 1975. – 120 с.
- 57.Химия воды и микробиология. - М.: Высшая школа, 1995. – 270 с.
- 58.Ценопопуляции растений. - М., 1988. - 183 с.
- 59.Школьный экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие / под ред. Т.Я. Ашихминой. - М.:АГАР, 1999. - 387 с.
- 60.Шустов С.Б., Шустова Л.В. Химические основы экологии / С.Б. Шустов, Л.В. Шустова. - М.: Просвещение, 1995. – 260 с.
- 61.Экологический практикум: Учебное пособие с комплектом карт-инструкций / Под ред. к.х.нн. А.Г. Муравьева. – СПб.: Крисмас+, 2003. – 176 с.
- 62.Ярошенко П.Д. Геоботаника / П.Д. Ярошенко. - М.: Просвещение, 1969. - 200 с.
- 63.Dobson F.S. Lichens. - Richmond Publishing Co, 1992. – 210 p.

Учебно-методическое издание

Авторы-составители:

**Климентова Елена Георгиевна,
Ермолаева Светлана Вячеславовна
и др.**

Полевая практика по экологии

*Учебно-методическое пособие
для студентов биологических и экологических специальностей*

Подписано в печать -----. Формат -----
Уч.-изд. л. --- Усл.-печ. л. ---
Тираж 100 экз. Заказ №

