

УДК 504(075.8)

ББК 20.1я73

Д 33

Рецензенты:

Н.А.Лемеза, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники Белгосуниверситета; В.Н.Пищалов, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии Могилевского государственного университета им. А.А.Кулешова

Денисова С.И.

Д 33 Полевая практика по экологии: Учеб. пособие. — Мн.: Універсітэцкае, 1999. — 120 с.
ISBN 985-09-0277-9.

Приводятся биологические и физико-химические методы комплексной оценки и контроля состояния наземных и водных экосистем. Дается примерная тематика учебно-исследовательских работ, включающая методы биоиндикации загрязнений наземных и воздушных биоценозов, методы оценки размеров популяций животных, изучение биоэкологии видов животных и растений и т.д.

Предназначено для студентов биологических специальностей вузов. Может быть использовано учителями и учащимися общеобразовательных школ.

УДК 504(075.8)

ББК 20.1я73

Учебное издание

Денисова Светлана Ивановна

ПОЛЕВАЯ ПРАКТИКА ПО ЭКОЛОГИИ

Редакторы С.И.Сакович, А.В.Новикова. Художник С.П.Маковцов. Художественный редактор Д.Е.Дивин. Технический редактор В.П.Безбородова. Корректор Е.З.Липень. Набор и компьютерная верстка Н.В.Шабуня

Подписано в печать 04.11.99. Формат 84x108/32. Бумага газетная. Гарнитура школьная. Офсетная печать. Усл. печ. л. 6,3. Уч.-изд. л. 6,09. Тираж 5000 экз. Заказ 5199. Государственное предприятие издательство "Універсітэцкае" Государственного комитета Республики Беларусь по печати. Лицензия ЛВ №9 от 31.12.97. 220048, Минск, пр. Машерова, 11.

Отпечатано с оригинала-макета издательства "Універсітэцкае" в типографии "Перамога". 222310, Молодечно, ул. В.Тавлая, 11.

ISBN 985-09-0277-9

© С.И.Денисова, 1999

ПРЕДИСЛОВИЕ

В современном обществе все больше укрепляется мнение, что одной из главных причин роста загрязнения окружающей среды на планете является низкий уровень экологического образования людей.

В числе причин медленного прогресса в этой области знаний не последнее место занимает то обстоятельство, что в экологическом образовании все еще преобладают пассивные формы обучения. Между тем именно его активные формы, связанные с непосредственным общением с природой, способны дать студентам и учащимся прочные познания, превратив их в мировоззрение.

В этом отношении полевая практика по экологии обладает несомненными преимуществами перед отрывочными экспериментами и опытами. Она расширяет и углубляет полученные студентами теоретические знания, знакомит с их практическим применением при изучении природных комплексов, демонстрирует значение экологии в решении проблем охраны природы.

Важнейшая задача практики — привить студентам профессиональные навыки анализа и оценки состояния природных экосистем, а также содействовать сбору материала для выполнения курсовых и дипломных работ.

Формы и методы проведения практики должны быть разнообразными: экскурсии, экспериментальная и индивидуальная учебно-исследовательская работа студентов и т.д.

В процессе коллективных исследований природных объектов формируется экологическая культура поведения, воспитывается потребность в природоохранной деятельности. Студенты в процессе практики обучаются:

- рациональной постановке целей и задач исследования;
- работе с научной литературой, составлению картотек и баз данных по определенным темам;

- правильному выбору необходимой методики и четкой работе по ней;
- постановке опытов в лаборатории и проведению полевых исследований в природе;
- оформлению результатов опытов, в том числе в виде таблиц, диаграмм, графиков, рисунков;
- выработке практических рекомендаций по улучшению экологического состояния изучаемого объекта на основе выводов по результатам проделанной работы;
- доходчивому изложению полученных результатов исследований.

В пособии даются методики заданий по сбору и анализу данных о состоянии абиотических и биотических факторов наземных и водных экосистем в зависимости от аспектов хозяйственной деятельности человека, характера рельефа, растительности и т.д. Собранные данные могут послужить основой для организации не только биоэкологического мониторинга естественных экосистем, но и агроценозов, искусственных водоемов, городских парков и т.д.

В течение ряда лет предложенные методики и задания прошли успешную проверку в Витебском государственном университете, где с 1992 г. введена практика по экологии для студентов 4-го курса биологического факультета. На базе данных экологической практики студентами выполняются курсовые и дипломные работы.

Упрощенный вариант полевой экологической практики проводился с учащимися школ на базе Областного экологического центра г. Витебска.

ГЛАВА 1

АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ НАЗЕМНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ, ИХ ОПИСАНИЕ И АНАЛИЗ

Оборудование и снаряжение: рулетка, веревка, блокнот, карандаш, максимальный и минимальный термометры, термометр-пращ, совок, термометр-щуп, гигрограф, или психрометр, компас, анемометр, фотометр, универсальная индикаторная бумага или лакмусовая, почвенный бур, измеритель мощности дозы ДП-5В и др.

Реактивы: 10 %-ная соляная кислота, раствор хлорида бария.

1.1. Описание рельефа местности, выбор маршрута и точек наблюдения

Особое внимание обращается на такие важные элементы рельефа, как равнины, имеющие уклон не выше 0,5°, и холмы, возвышающиеся до 200 м над уровнем моря. Описываются направление и характер окружающих возвышенностей, долин, их ширина, поперечный и продольный профиль. Отмечается наличие крутых поворотов или сужений долины, а также выходы долин второго порядка и балок. Данные заносятся в виде схемы в дневник.

При наличии поблизости озера, реки или другого водоема определяется приблизительное расстояние до них, их размеры. Данные заносятся на схему.

При определении экспозиции и крутизны склона, различают пологие (уклон 2-7°), покатые (уклон 7-15°), крутые (уклон 15-40°), обрывистые (уклон свыше 40°) склоны. При расположении объекта исследования на вершине указывается характер возвышенности (холм, отдельная гора, гребень). Отмечается высота над дном долины или равнины, характер вершины (плоская, круглая, вытянутая). Данные заносятся на план.

Во всех случаях фиксируется характер поверхности и особенности ее строения — промоины от дождя, выбоины и дорожки, другие следы человеческой деятельности; камни и щебень на поверхности; выходы материнских скал, поросших мхом и лишайником. Данные заносятся на схему рельефа в дневник.

Выбор маршрута для изучения наземной экосистемы определяется следующими требованиями.

1. Маршрут должен включать как можно больше разных местообитаний в пределах изучаемого биогеоценоза (поляны, возвышенности, впадины, полог леса, обочина дороги в лесу, в поле и т.д.).

2. Протяженность маршрута может быть разной в зависимости от площади изучаемой экосистемы (в среднем от 100 м до 1,5–2 км).

3. Вдоль маршрута выбираются точки наблюдений в наиболее характерных для данного биогеоценоза местообитаниях и в наиболее отклоняющихся от типичных местообитаний. Количество точек наблюдений: минимальное — 3, максимальное — не ограничено.

4. На каждой точке наблюдения закладывается не менее трех пробных площадок размером от 0,5 до 1 м².

Маршрут наносится на схему местности.

Изучение абиотических и биотических компонентов экосистемы на каждой точке наблюдения производится с помощью трансекты или квадрата, и сбор образцов ограничивается их площадью.

Линейная трансекта. Может быть использована для сбора образцов на однородной площади, но на практике линейная трансекта закладывается тогда, когда в пределах исследуемой площади происходит переход одних местообитаний и популяций в другие. Натянутая над землей между двумя столбами тесьма или веревка показывает положение трансекты. Собираются только те виды живых организмов, которые действительно соприкасаются с линией трансекты.

Ленточная трансекта. Это проходящая через изучаемое местообитание полоса заданной ширины, образованная двумя линейными трансектами, протянутыми на расстоянии 0,5 м или 1 м друг от друга, между которыми производится учет видов. Для получения как качественных, так и количественных данных проще закладывать ленточную, а использовать линейную трансекту и квадратную раму.

Выбор типа трансекты зависит от качественного и количественного характера исследования, требуемой степени точности, особенностей организмов, населяющих данную территорию, размеров площади, которую необходимо исследовать, и наличия времени. На небольших расстояниях можно закладывать линейную трансекту и записывать каждый вид растений, находящийся непосредственно под ней. При изучении участков большей протяженности можно записывать такие виды, например, через каждый метр.

Квадрат. Представляет собой металлическую или деревянную квадратную раму определенной площади, например 0,25 м² или 1 м², разделенную проволокой (рис. 1.1) на небольшие квадраты (каждый по 40 см²). Для облегчения переноса она может быть разборной. Рама устанавливается по одну сторону трансекты и изучается площадь, заключенная внутри. Затем рама переносится вдоль линейной трансекты в другие точки. В зависимости от характера исследования можно регистрировать находящиеся внутри рамы виды, либо оценивать их численность или обилие. В любом случае метод учета видов должен быть последовательным, например, учитываются все виды, частично или полностью находящиеся внутри квадрата.

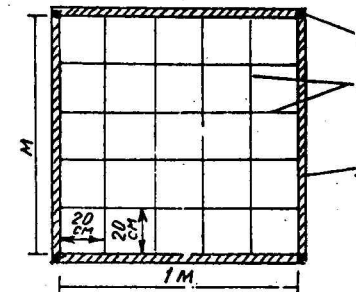


Рис. 1.1. Квадратная рама: 1 — гайка; 2 — проволока; 3 — металлическая или деревянная рама

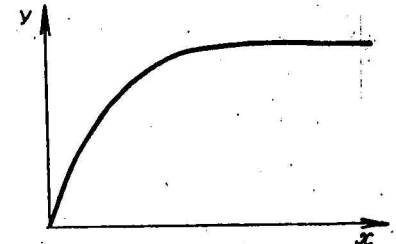


Рис. 1.2. Зависимость числа видов от исследуемой площади: y — число зарегистрированных видов; x — число исследованных квадратов (или исследуемая площадь)

В соответствии с требованиями исследования квадратную раму можно видоизменить. Например, бечевкой или проволокой ее можно разделить на определенные

секции, помогающие при подсчете численности или оценке обилия видов.

Квадрат можно использовать и отдельно от трансекты, если изучаемое местообитание имеет явно однородный характер. В этом случае квадрат размещается произвольным образом.

Один из методов случайного отбора образцов состоит в том, что рама бросается через плечо, и записываются виды, оказавшиеся в месте ее падения. Эта процедура повторяется несколько раз, пока не будет охвачена достаточно большая площадь участка.

Определить место сбора образцов можно также, выбрав на воображаемой сетке, лежащей на участке, произвольные координаты. Для этого используется либо таблица случайных чисел, либо эти числа получают с помощью калькулятора. Стороны сетки можно отметить рулеткой. Результаты исследований показывают, что если местообитание однородно, то закладывать новые квадраты уже нецелесообразно, так как нет увеличения числа зарегистрированных видов (рис. 1.2). Как правило, если в пяти последних квадратах не окажется ни одного нового вида, можно допустить, что больше видов обнаружено не будет. Но, если такое предположение сделано, его необходимо записать, так как это может повлиять на достоверность результатов.

Рама со спицей (точечный метод). Это прямоугольный каркас с несколькими отверстиями, через которые можно пропустить стержень, например спицу для вязания. Рама особенно удобна при изучении вдоль трансекты местообитаний с сильно разросшейся растительностью, где различные виды растений частично перекрывают друг друга. Спица пропускается через каждое отверстие. При этом записываются все виды, соприкасающиеся со спицей по мере того, как она опускается к земле (рис. 1.3).

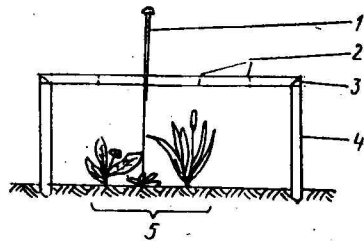


Рис. 1.3. Рама со спицей:

1 — спица (стержень); 2 — отверстия для спицы; 3 — гайка; 4 — деревянная рама; 5 — три вида растений, которых касается спица

Постоянный квадрат. При длительных экологических исследованиях, включающих изучение смен сообществ (сукцессий) или сезонных изменений, используется постоянный квадрат или трансекта. Натянутой на колышки веревкой отмечается участок, на котором периодически изучаются абиотические и биотические факторы. Полученные результаты должны быть представлены таким образом, чтобы они могли продемонстрировать не только направления изменений, но и сами изменения, а также возможные факторы, объясняющие эти изменения или связанные с ними.

1.2. Маршрутные климатические наблюдения

Такие наблюдения проводятся в следующем порядке. С учетом конкретных условий каждая бригада получает маршрут и точки наблюдений на нем. Эта информация заносится на схему. В дневнике дается подробное описание точек наблюдений. Протяженность маршрута должна быть небольшой — в пределах 300 м. Количество точек не менее трех.

В каждой точке необходимо определить температуру и влажность воздуха на высоте 20 и 150 см, направление и скорость ветра, температуру почвы на глубине 5 и 15 см, облачность, интенсивность света радиационного фона.

Определение температуры и влажности воздуха. Минимальный и максимальный термометры устанавливаются горизонтально на месте, защищенном от прямого действия солнца, на опоре высотой 20 см. В момент наблюдения производится встряхивание максимального термометра, а затем он закрепляется на опоре не менее чем на 20 мин.

Минимальный термометр устанавливается резервуаром кверху, штифтик приводится в соприкосновение с поверхностью спирта в трубке, и в таком положении термометр закрепляется на опоре на то же время, что и максимальный.

В каждом периоде наблюдения по максимальному термометру отмечаются и записываются не только наибольшая температура, но и показания после встряхивания, которые близки к показанию сухого термометра-психрометра и фиксируют температуру воздуха на высоте 20 см.

Для определения температуры воздуха на высоте 150 см удобнее пользоваться термометром-працем, который берется за привязанный к нему шнурок и быстро вращается над головой в течение одной минуты, после чего снимаются показания. При этом мениск столбика ртути в термометре должен находиться на уровне глаз.

Влажность воздуха определяется с помощью гигрометра, или психрометра Августа, с использованием соответствующей таблицы.

Определение температуры почвы. Для этого термометр-щуп опускается на глубину 5, а затем 15 см. Фиксирование показаний производится не менее чем через 6 мин после каждого погружения.

Обычный ртутный термометр кладется на поверхность почвы так, чтобы резервуар с ртутью был наполовину погружен в землю. Таким образом измеряется температура поверхности почвы.

Определение направления и скорости ветра. В полевых условиях средняя скорость ветра измеряется ручным чашечным анемометром Фусса. Прибор имеет 3 шкалы. Перед его включением снимаются показания вначале со шкалы, показывающей тысячи оборотов, затем — сотни, затем показания большой стрелки (десятки, единицы). Во всех случаях берется меньшая из двух цифр, между которыми стоит стрелка. Прибор закрепляется на шесте или поднимается на вытянутой руке, при этом предварительно записываются показания стрелок. Через 5—10 мин прибор включается и снова снимаются показания. Разница между ними указывает число оборотов за данный промежуток времени. Минуты переводятся в секунды и таким образом вычисляется число оборотов в секунду.

Для определения скорости ветра можно также пользоваться шкалой Бофорта (табл. 1.1).

Направление ветра определяется с помощью вымпела, или флажка, и компаса. Название ветра дается по названию той стороны горизонта, откуда он дует, и замеряется в румбах. Румб — одна из шестнадцати равных частей, на которые делится окружность горизонта. Установив по компасу сторону света, нетрудно определить и румбы направления ветра, которые записываются согласно принятым обозначениям: северный (С); южный (Ю); восточный (В); западный (З); северо-восточный (С-В); северо-западный (С-З); юго-восточный (Ю-В); юго-западный (Ю-З).

Таблица 1.1. Шкала Бофорта

Баллы	Сила ветра	Признаки для оценки силы ветра	Скорость ветра, м/с
0	Штиль	Листья на деревьях не колеблются, дым из труб поднимается вертикально, огонь от спички не отклоняется	0
1	Тихий	Дым несколько отклоняется, но ветер не ощущается	1-2
2	Легкий	Листья на деревьях колеблются, чувствуется ветер	2-3
3	Слабый	Качаются мелкие ветки, заметное ощущение ветра	3-5
4	Умеренный	Качаются ветки средней величины, поднимается пыль	5-7
5	Свежий	Качаются тонкие стволы деревьев и толстые ветки, образуется рябь на воде	8-10
6	Сильный	Качаются толстые стволы деревьев	10-12
7	Крепкий	Качаются большие деревья, идти против ветра трудно	12-15
8	Очень крепкий	Ветер ломает ветки и сучья	15-18
9	Шторм	Ветер ломает легкие постройки, валит заборы	18-22
10	Сильный шторм	Деревья вырывает с корнем, сносит более прочные постройки	22-25
11	Жестокий шторм	Ветер производит большие разрушения, валит телеграфные столбы, вагоны и т.п.	25-29
12	Ураган	Разрушает дома, каменные стены	Более 30

Определение облачности. Производится визуально по 10-балльной системе. Если небо безоблачное или на нем имеется одно или несколько небольших облаков, занимающих менее одной десятой части всего небосвода, то облачность считается равной 0 баллов. При облачности, равной 10 баллам, все небо закрыто облаками.

Если облаками покрыто 1/10, 2/10, 3/10 частей небосвода, то облачность считается равной соответственно 1, 2, 3 баллам.

Определение интенсивности света, радиационного фона. Для измерения освещенности применяются фотометры. По отклонению стрелки гальванометра определяется освещенность в люксах. Можно пользоваться фотоэкспонометрами.

Для измерения уровня радиационного фона и радиоактивной загрязненности используются дозиметры-радиометры ("Белла", "ЭКО", ИРД-02Б1 и др.). Обычно указанные приборы имеют два режима работы:

1) оценка радиационного фона по величине мощности эквивалентной дозы гамма-излучения (мкЗв/ч), а также загрязненности по гамма-излучению проб воды, почвы, пищи, продуктов растениеводства, животноводства и т.д.;

2) оценка степени загрязненности бета-, гамма-излучающими радионуклидами поверхностей и проб почвы, пищи и др. (частиц/мин·см² или кБк/кг).

Предельно допустимая доза облучения составляет 5 мЗв/год.

Единицы измерения радиоактивности. Активность радионуклида (А) — уменьшение числа ядер радионуклида за определенный интервал времени:

$$[A] = 1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ расп./с} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк.}$$

Поглощенная доза излучения (Д) составляет энергию ионизирующего излучения, переданную определенной массе облучаемого вещества:

$$[D] = 1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ рад.}$$

Эквивалентная доза облучения (Н) равна произведению поглощенной дозы на средний коэффициент качества ионизирующего излучения (К), учитывающий биологическое действие различных излучений на биологическую ткань:

$$[H] = 1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр.}$$

Мерой ионизирующего действия излучения является экспозиционная доза (Х), единицей которой является 1 Ки/кг или 1 Р:

$$1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Ки/кг} = 0,88 \text{ рад.}$$

Мощность дозы (экспозиционной, поглощенной или эквивалентной) — это отношение приращения дозы за определенный интервал времени к величине этого временного интервала:

$$1 \text{ Зв/с} = 100 \text{ Р/с} = 100 \text{ бэр/с.}$$

Определение уровня радиационной безопасности. Проводится на примере использования дозиметра-радиометра бытового (ИРД-02Б1).

1. Установить переключатель режима работы в положение "мкЗв/ч".

2. Включить прибор, для чего установить переключатель "выкл — вкл" в положение "вкл". Примерно через 60 с после включения прибор готов к работе.

3. Поместить прибор в то место, где определяется мощность эквивалентной дозы гамма-излучения.

Через 25–30 с на цифровом табло высветится значение, которое соответствует мощности дозы гамма-излучения в данном месте, выраженной в микрозивертах в час (мкЗв/ч).

4. Для более точной оценки необходимо брать среднее из 3–5 последовательных показаний.

Показание на цифровом табло прибора 0,14 означает, что мощность дозы составляет 0,14 мкЗв/ч или 14 мкР/ч (1 Зв = 100 Р).

Через 25–30 с после начала работы прибора необходимо снять три последовательных показания и найти среднее значение. Результаты оформить в виде табл. 1.2.

Таблица 1.2. Определение уровня радиации

№ опыта	Показания прибора	Мощность дозы		Среднее значение	
		мкЗв/ч	мкР/ч	мкЗв/ч	мкР/ч
1					
2					
3					

Задание. Сделайте вывод об уровне радиационной безопасности на основании полученных экспериментальных данных.

Определение уровня загрязненности проб воды, почвы, продуктов питания по гамма-излучению (ИРД-02Б1). 1. Подготовить пробу (в стандартных стеклянных банках вместимостью от 0,5 до 3 л); залить жидкий раствор (вода, молоко и др.) или засыпать предварительно мелко измельченный продукт (грибы, ягоды, крупа и др.) в банку, чтобы верхняя граница не доходила до края горлышка на 3–5 мм.

2. Не снимая экран с детектора, перевести переключатель в положение "мкЗв/ч", включить прибор и через

60 с установить его чувствительной поверхностью вплотную к горлышку стеклянной банки. Через 25–30 с зафиксировать среднее из 3–5 последовательных показаний.

3. Убрать пробу и, установив прибор на то же место, определить фоновое показание прибора, которое необходимо вычесть из предыдущего.

Некоторые приборы, например дозиметр-радиометр “ЭКО”, предполагают автоматическое вычитание фонового значения.

Полученную разность показаний следует умножить на 800 для банки вместимостью 3 л, на 1000 для банки 2 л, на 1200 для банки 1 л и на 1500 для банки вместимостью 0,5 л. Найденное значение будет соответствовать величине объемной активности пробы, выраженной в беккерелях на литр (Бк/л).

Результаты наблюдений оформить в виде табл. 1.3.

Таблица 1.3. Оценка уровня радиоактивного загрязнения

№ опыта	Показания прибора	Среднее значение	Фоновое значение	Объемная активность пробы

Задание. Сделайте вывод об уровне загрязненности проб на основании полученных экспериментальных данных.

Определение уровня загрязненности проб воды, почвы, продуктов питания по бета-излучению (ИРД-02Б1). 1. Подготовку пробы проводить так же, как и в предыдущем эксперименте.

2. Снять экран с прибора, переключатель перевести в положение “частиц/мин · см²”, включить прибор и установить его чувствительной поверхностью вплотную к горлышку стеклянной банки.

3. Через 25 с зафиксировать показания прибора.

4. Не изменяя положения переключателя, закрыть детектор экраном и определить фоновое показание, которое необходимо вычесть из предыдущего. Полученное показание будет соответствовать числу бета-частиц в минуту с квадратного сантиметра (частиц/мин · см²).

5. Найденное значение следует умножить на 300, что будет соответствовать объемной активности пробы в беккерелях на литр.

Измерение массовой активности (например, буханки хлеба) проводится аналогично. Полученное значение будет соответствовать величине массовой активности пробы в беккерелях на килограмм.

Задание. Сделайте вывод о загрязненности проб на основании полученных экспериментальных данных.

Оформление результатов наблюдений. Данные всех микроклиматических наблюдений фиксируются в рабочем дневнике, а затем обрабатываются и оформляются в виде табл. 1.4.

Таблица 1.4. Результаты обработки микроклиматических наблюдений

№ точки	Дата и время наблюдения	Температура воздуха на высоте, °С		Температура воздуха, °С		Влажность воздуха на высоте, %	
		20 см	150 см	максимальная	минимальная	20 см	150 см

Продолжение табл. 1.4.

Направление ветра	Скорость ветра, м/с	Температура почвы на глубине, °С		Температура поверхности почвы, °С	Облачность, баллы	Освещенность, лк/м
		5 см	15 см			

1.3. Изучение состава и свойств почвы

При изучении экологии животных, их вертикального и горизонтального распределения в биогеоценозе, а также приуроченности к различным биотопам необходимо различать физические и химические свойства почвы, а также ее механический состав.

Но прежде следует уяснить, свойства каких горизонтов почвы экосистемы имеют первостепенное значение для живых организмов. Ответить на этот вопрос помогут данные табл. 1.5.

Основная масса корней растений и животные почвы сосредоточены на глубине залегания подгоризонтов А и Еа, или слоя выщелачивания.

Таблица 1.5. Профиль подзола

Горизонт	Подгоризонт	Внешний вид
A	L	Подстилка (1–5 см), рыхлая, пористая
	F	Темно-коричневый слой, активные редуценты
	H	Черный гумусовый слой
	A	Темный серо-коричневый слой
B	Ea	Пепельно-серый слой
	Bh	Слой с большим содержанием гумуса, рыхлый
	Btr	Железистый слой, твердый, темного оранжево-коричневого цвета
	Bs	Слой плотного песка оранжевого цвета с большим содержанием железа и биогенных элементов
C		Материнская порода Глубина залегания горизонта C различна, обычно 80–120 см

Во время проведения исследований измеряется толщина слоя каждого горизонта и изучаются их физико-химические свойства.

Физические свойства почвы

Влажность почвы обуславливает наличие дождевых червей, глубину залегания личинок насекомых, их окукливания. Определяется в полевой обстановке прямыми наблюдениями по шкале Раменского.

Балл 1: почва сухая, не холодит руки, почти не светлеет. Песок сыпучий, глина сбита в крепкие комки.

Балл 2: почва свежая, слегка холодит руки, очень слабо светлеет при высыхании. Прижатая к почве фильтровальная бумага увлажняется.

Балл 3: почва влажная, заметно холодит руки, высыхая значительно светлеет и увлажняет придавленную к ней фильтровальную бумагу. Песок легко формируется, глина и суглинок скатываются, при высыхании трескаются.

Балл 4: почва сырая, при высыхании сильно светлеет. На ощупь холодная. Приложенная обыкновенная бумага промокает.

Балл 5: почва мокрая, блестит, лоснится от покрывающей ее пленки воды, обнаруживается текучесть, не скатывается.

Плотность (твердость) почвы имеет большое значение для продвижения в ней организмов. Определяется по следующим признакам:

1) очень твердая почва представляет собой компактную массу, почти не поддающуюся копанью лопатой;

2) почва средней твердости (лопата входит в нее с некоторым усилием, в несколько приемов, но все же значительно легче, чем в первом случае, из ямы почва достается целыми пластами);

3) рыхлая почва (лопата входит сразу на весь штык, и при выбрасывании из ямы почва легко рассыпается).

Пластичность (скатываемость) почвы имеет значение для живых организмов при прокладывании и заделке нор. Она определяется на ощупь следующим образом: кусочек почвы сильно увлажняют (почти до состояния текучести, размазываемости), затем между ладонями раскатывают в наиболее тонкую “колбаску”. Легкие почвы скатываются только в виде шарика. Чем тяжелее почва, тем легче она скатывается.

Механический состав почвы

Механический состав почвы определяет ее термический режим. Глинистые и суглинистые почвы характеризуются большой теплоемкостью, что влияет, в свою очередь, на влажность.

При полевых исследованиях выделяют следующие механические различия почв:

1) **глинистые:** почвенная масса с большим трудом растирается на ладони, в сухом состоянии твердая, во влажном – вязкая, пластичная и при скатывании образует тонкую длинную “колбаску”, которая при сгибании в кольцо не разрывается; след от ножа дает узкую, мелкую и блестящую черту;

2) **суглинистые:** почва растирается без труда, хорошо видны песчинки, в сухом виде довольно плотная, во влажном – пластична, но “колбаска” при сгибании в кольцо разваливается; бороздка от ножа получается матовая и широкая;

3) **супесчаные:** почва растирается без труда, преобладают песчаные частицы, высыхает в непрочные комки, по ходу движения ножа ощущается характерный хруст, края бороздки крошатся, в “колбаски” не скатывается;

4) *песчаные*: почва состоит исключительно из песчинок, в сухом состоянии сыпуча, во влажном — текучая масса.

Химические свойства почвы

От химических свойств часто зависит распределение почвенной фауны и характер растительности. При полевых исследованиях определяются:

1) *реакция почвы* (лакмусовая или универсальная индикаторная бумажка зажимается комками свежескопанной почвы, подстилки. По изменению цвета определяется рН почвы);

2) *наличие карбонатов* (определяется 5 или 10 %-ным раствором соляной кислоты, который капают на почву или подстилку. Следует отметить глубину, с которой почва начинает вскипать и интенсивность реакции — бурное вскипание, вскипание, вспучивание);

3) *наличие сульфатов* (сульфаты извлекаются из испытываемой почвы разведенной соляной кислотой, а на полученную вытяжку воздействуют несколькими каплями раствора хлорида бария. Наличие сульфатов подтверждается выпадением осадка белого цвета).

Оформление результатов наблюдений. Данные о составе и свойствах почвы суммируются в виде табл. 1.6.

Задание. Сделайте краткий анализ полученных данных, с помощью которого должен быть выявлен характер взаимосвязи свойств почвы с микроклиматом, рельефом, растительностью и факторами антропогенного влияния.

Таблица 1.6. Характеристика эдафических факторов наземной экосистемы

№ п/п	Дата и время наблюдения	Свойства почвы	Горизонты почвы				
			L	F	H	A	Еа
		Влажность					
		Плотность					
		Пластичность					
		Механический состав					
		рН					
		Наличие карбонатов					
		Наличие сульфатов					

ГЛАВА 2

АНАЛИЗ БИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НАЗЕМНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

Оборудование и снаряжение: рулетка, линейка, мерная рейка, квадрат, аптекарские весы, совок, большой лист белой бумаги, морилка, энтомологический сачок, луна, топорик, бинокль, блокнот, карандаш, патронташ с пробирками, стеклянные банки вместимостью 0,5 л — 4 шт., энтомологическое сито, биоценометр.

2.1. Определение численности и биомассы растений

Описание травянистого покрова, мхов и лишайников. Вдоль маршрута с помощью квадрата (представляет собой деревянную раму размером 50x50 см, площадью 0,25 м²) изучается численность и биомасса травянистых растений, мхов и лишайников леса, луга в разных местообитаниях, т.е. в тех точках, где проводились микроклиматические и эдафические наблюдения.

Учитывается численность особей всех видов, которые находятся внутри квадрата. Если местообитание однородно, то квадрат можно использовать 2—3 раза, если неоднородно — то до тех пор, пока не прекратится появление новых видов в пределах квадрата. После определения численности особей обнаруженных видов внутри квадрата необходимо взвесить на аптекарских весах по 2—3 особи каждого вида и рассчитать среднеарифметическое значение массы особи. Затем следует рассчитать численность особей каждого вида на 1 м², или плотность популяции вида, а также биомассу популяций каждого вида путем умножения средней массы одного растения на число особей данного растения на 1 м² земной поверхности. Далее следует суммировать число особей всех видов травянистых растений на 1 м² и биомассу их особей. Таким образом будут получены значения численности и биомассы растений травянистого покрова разных участков леса, луга, на основании которых можно сравнить видовой состав, численность и биомассу изучаемых участков с объяснением причин возможных различий.

Полученные данные оформляются в виде табл. 2.1.

Таблица 2.1. Мхи, лишайники и травянистый покров наземной экосистемы

Точка наблюдения	Число видов	Число особей каждого вида, экз./м ²	Биомасса, кг/м ²	Высота, см	Фенофаза

Задание. Определите с помощью линейки высоту мхов, лишайников и травянистых растений. Выделите доминирующие виды растений в данном ярусе растительного сообщества леса.

Описание подлеска и древостоя. На 2–3 пробных площадках размером 20х20 м вдоль маршрута в точках наблюдения подсчитывается число особей деревьев каждого вида подлеска и древостоя. В понятие подлеска входят кустарники и подрост.

Высота деревьев и кустарников определяется так: берут мерную рейку, отходят от дерева на такое расстояние, чтобы рейка, поставленная у ног (если смотреть на нее в положении лежа, ногами к дереву), своей вершиной проецировалась на верхушку дерева. Воспользовавшись формулой

$$X = Av/Y,$$

где X – высота дерева; A – расстояние от глаз до основания ствола; v – длина рейки; Y – рост человека, рассчитывают высоту дерева. Можно пользоваться оптическим высотомером и высотомером Макарова.

Диаметр ствола определяется при помощи сантиметровой линейки, которую надо приложить к стволу на уровне 130 см от земли.

Все эти данные необходимы для вычисления биомассы деревьев разных ярусов леса, которая определяется по формуле

$$\frac{1}{3} pr^2hd,$$

где $p = 3,14$; r – диаметр ствола дерева; h – высота дерева; d – плотность древесины.

Значения плотности различных древесных пород даны в табл. 2.2.

Таблица 2.2. Плотность древесины различных видов растений древостоя и подлеска

Порода	Плотность, т/м ³	Порода	Плотность, т/м ³
Береза	0,7	Ольха	0,53
Дуб	0,76	Рябина	0,55
Ель	0,46	Сосна	0,5
Ива	0,66	Тополь	0,46
Клен	0,7		
Лещина	0,35		
Липа	0,51		

Примечание. Значения плотности даны при постоянной влажности древесины, равной 15 %.

Для вычисления биомассы кроны и корней нужно использовать коэффициенты, приведенные в табл. 2.3.

Таблица 2.3. Поправочные коэффициенты для расчета фитомассы древесно-подлесочного яруса

Порода	Коэффициент № 1 для определения наземной фитомассы	Коэффициент № 2 для определения общей фитомассы
Береза	1,2	1,12
Ель	1,34	1,2
Ольха	1,1	1,2
Сосна	1,4	1,12

Для вычисления биомассы надземной части дерева следует полученные значения биомассы ствола умножить на коэффициент № 1 соответствующей породы дерева. Надземная часть дерева включает в себя биомассу ствола, ветвей, коры, хвои или листьев (если листьев нет, то их биомассу косвенным методом рассчитать нельзя и поэтому следует удовлетвориться приблизительными значениями, которые дают расчеты с использованием поправочных коэффициентов).

Для вычисления общей фитомассы дерева необходимо значение надземной фитомассы умножить на коэффициент № 2 табл. 2.3.

Таким образом можно определить биомассу каждого дерева на пробной площадке (20х20 м), затем путем сложения полученных значений вычисляется биомасса древостоя и подлеска на каждой учетной площадке. Данные по количеству видов и плотности популяций каждого вида

древостоя и подлеска, а также их биомассы пересчитываются на 1 м² каждой пробной площадки в каждой точке наблюдения вдоль маршрута. Полученные данные записываются в табл. 2.4.

Таблица 2.4. Характеристика древостоя и подлеска

Точка наблюдения	Число видов	Численность каждого вида, экз./м ²	Биомасса, кг/м ²	Высота, м	Фенофаза
<i>Подлесок</i>					
<i>Древостой</i>					

Задание. Подсчитайте общую численность особей растений травянистого покрова, древостоя и подлеска, мхов и лишайников, их общую биомассу. Эти цифры пригодятся для выполнения следующих заданий по экологической практике.

Оформление результатов наблюдений. Определите виды-доминанты по численности и биомассе в древесных ярусах леса, луга. Сделайте заключение о наличии среди растительности изучаемого вами леса, луга видов-эпифитов. Заполните табл. 2.5.

Таблица 2.5. Численность и биомасса растений наземной экосистемы

Число видов	Плотность, экз./м ²	Биомасса, кг/м ²

2.2. Определение численности и биомассы животных почвы

Учет животных подстилки. Для этого берутся пробы следующим образом: отмеряется 1 м² подстилки, отделяется граница и снимается весь покров, который разбирается на белом фоне (полотно, бумага). Ведется учет числа видов, численности особей каждого вида. Биомасса определяется путем взвешивания на аптекарских весах. Данные заносятся в табл. 2.6.

Таблица 2.6. Животное население подстилки леса

Точка наблюдения	Название отряда животных	Число видов	Плотность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Масса подстилки, г

Изучение животного населения верхних горизонтов почвы. Для изучения животного населения верхних горизонтов почвы закладываются пробные площадки размером 10x10 см. После снятия подстилки выкапывается яма на глубину горизонта А. Поднятый грунт тщательно просеивается через энтомологическое сито. Найденные животные распределяются по группам с учетом численности и биомассы особей каждой группы в зависимости от глубины. Данные заносятся в табл. 2.7.

Таблица 2.7. Животное население верхних горизонтов почвы

Точка наблюдения	Название отряда животных	Число видов	Горизонты почвы				
			гумусовый слой		слой выщелачивания		
			численность, экз./м ²	биомасса, г/м ²	численность, экз./м ²	биомасса, г/м ²	

Задание. Подсчитайте численность и биомассу животных почвы. Сделайте вывод о том, как изменяется их

видовой состав и численность: 1) с глубиной залегания почвенного горизонта; 2) в зависимости от свойств почвы, характера растительности и следов человеческой деятельности в лесу, на лугу.

Учет мезофауны почвы и подстилки. Метод флотации. Берутся пробы подстилки и почвы с разных горизонтов массой не более 10 г. В лаборатории в ванночке почва разбавляется насыщенным раствором поваренной соли. Вода с всплывающими организмами сливается в воронку с фильтром. Осевший осадок в ванночке снова заливается водой и фильтруется несколько раз. Затем следует развернуть фильтр и поместить его в чашку Петри с эфиром. Приблизительно через 10 мин, когда все организмы погибнут, их можно исследовать под биноклем или при малом увеличении светового микроскопа.

Метод сухой экстракции. Животных, населяющих почву и подстилку, перемещают на влажные участки, избегая высыхания земли. Берут образец почвы или подстилки, кладут на сито и устанавливают под металлическим рефлектором с лампой мощностью 100 Вт. Расстояние между лампой и образцом должно быть примерно 25 см. Каждые 2 ч лампу продвигают к образцу на 5 см, пока расстояние между ними не станет 5 см. В таком положении рефлектор оставляют на 24 ч. При этом мелкие членистоногие перемещаются вниз и сквозь металлическую сетку падают в поддон с 50 %-ным раствором спирта (рис. 2.1).

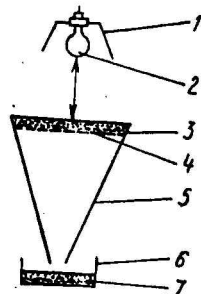


Рис. 2.1. Эклектор Тульгрена:
1 — металлический рефлектор; 2 — лампа (100 Вт); 3 — образец почвы; 4 — металлическая сетка; 5 — гладкая сторона воронки; 6 — поддон; 7 — спирт

Животных выбирают иглой, систематизируют и подсчитывают. Результаты заносятся в табл. 2.6 и 2.7 с записью “метод флотации”, “метод сухой экстракции”.

Определение численности и биомассы хищных членистоногих и грызунов. В первый день практики в лесу в определенных местах закапываются стеклянные банки так, чтобы их верхняя открытая часть находилась на уровне поверхности почвы. В ловушку следует положить кусочек несвежего (с запахом) мяса и закрыть сверху куском картона, установленного на камнях, что предотвратит попадание в банку атмосферных осадков, листьев и т.п. Во второй день практики ловушки проверяют, выясняя численность и биомассу хищных беспозвоночных, обитающих на поверхности почвы.

Определение численности грызунов — обитателей почвы леса, луга, рекомендуется проводить путем расстановки мышеловок-давилок на определенной площади с последующим пересчетом результатов на 1 м².

Данные заносятся в табл. 2.8.

Таблица 2.8. Макрофауна почвы

Точка наблюдения	Название групп животных	Число видов	Численность каждой группы, экз./м ²	Биомасса, г/м ²

Оформление результатов наблюдений. Для обобщения результатов сводные данные заносятся в табл. 2.9.

Таблица 2.9. Численность и биомасса животных почвы

Число видов	Плотность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²

2.3. Изучение численности и биомассы животных наземных ярусов

Учет беспозвоночных животных травянистого яруса. Применяется метод кошения энтомологическим сачком. Для этого необходимо стать лицом к солнцу и

произвести 50 двойных взмахов сачком в ту и другую сторону, но всегда по новому месту, ближе к почве. Сбор 50 ударами сачка при кошении соответствует числу животных на пробной площадке в 1 м². Собранные беспозвоночные вместе с этикеткой помещаются в морилку. В лаборатории их необходимо рассортировать по систематическим группам, подсчитать количество особей в каждой группе и определить биомассу путем взвешивания. Данные заносятся в табл. 2.10.

Таблица 2.10. Животные травянистой растительности

Точка наблюдения	Отряд животных	Число видов	Плотность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Фаза развития

Задание. По итогам исследований сделайте вывод о различиях видового состава, плотности популяций и биомассы беспозвоночных травянистой растительности разных участков леса в зависимости от видового состава растений, микроклимата и антропогенного влияния.

Учет позвоночных животных травянистого яруса. К позвоночным нижнего яруса растительности лесных экосистем Беларуси относятся бесхвостые амфибии, змеи и ящерицы. Так как этих животных трудно обнаружить без специальных поисков и наблюдений, то в пособии приводятся усредненные данные по их плотности и биомассе.

Задание. Используя данные, приведенные в табл. 2.11, рассчитайте плотность и биомассу популяций амфибий и пресмыкающихся на 1 м² площади леса. Такие расчеты проводятся в том случае, если фактически не обнаружены ни амфибии, ни рептилии.

Таблица 2.11. Структура населения амфибий и рептилий в основных типах лесных биогеоценозов

Тип формации	Амфибии			Рептилии		
	число видов	плотность, экз./га	биомасса, г/га	число видов	плотность, экз./га	биомасса, г/га
Березняки	2	20,0	247,6	6	160,9	3341,6
Дубравы	2	87,5	710,5	4	71,4	2599,2
Ельняки	2	217,0	767,5	4	37,7	679,3
Ольшаники	2	3745,5	5299,6	5	69,7	3760,3
Сосняки	2	13,0	78,1	6	98,7	1420,7

Если по ходу маршрута (не удаляясь от транsekты более чем на 1,5 м в ту или другую сторону) обнаруживаются какие-либо виды рептилий и амфибий, то определить плотность и биомассу популяции данного вида на пробной площадке в 1 м² можно по данным табл. 2.11; 2.12; 2.13.

Таблица 2.12. Плотность населения фоновых видов амфибий лесов Беларуси

Тип формации	Плотность, экз./га	
	остромордая лягушка	травяная лягушка
Березняки	399,4	0,9
Дубравы	113,2	432,2
Ельняки	52,5	42,7
Ольшаники	741,8	403,5
Сосняки	3,1	1,8

Таблица 2.13. Плотность населения фоновых видов рептилий лесов Беларуси

Тип формации	Плотность, экз./га			
	Прыткая ящерица	Живородящая ящерица	Уж обыкновенный	Гадюка обыкновенная
Березняки	48,2	81,5	19,5	9,2
Дубравы	46,7	—	17,0	7,7
Ельняки	19,0	12,2	2,6	3,9
Ольшаники	0,4	28,9	31,3	8,7
Сосняки	77,6	15,4	3,9	1,7

Беспозвоночные животные кроны деревьев. Методика учета населения деревьев разработана недостаточно. На практике приходится иметь дело с частичным учетом. Численность беспозвоночных кроны деревьев учитывается по двум методикам:

1) кошение сачком по веткам модельных деревьев на пробных площадках в каждой точке наблюдения вдоль маршрута;

2) встряхивание деревьев.

Для сбора материала под деревом расстилается белое полотно или большой лист белой бумаги. Упавших насекомых необходимо собрать в морилки, снабдив этикетками, рассортировать в лаборатории по систематическим

группам. Затем определить их численность и биомассу. Данные заносятся в табл. 2.14.

Таблица 2.14. Видовой состав, численность и биомасса беспозвоночных животных кроны деревьев

Точка наблюдения	Номер пробной площадки	Число видов	Число особей каждого вида, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Фаза развития

Число видов беспозвоночных животных кроны можно косвенно определить по повреждениям (скелетирование, вырезы, мины, галлы) листьев, цветков, ветвей, плодов, а также следам жизнедеятельности (экскременты, паутина). Эти данные пополняют представление о видовом разнообразии сообщества леса и численности его популяций.

Путем подсчета числа паутин и повреждений листьев и других органов растений можно косвенно определить численность каждой из выделенных систематических групп животных. Полученные данные оформляются в виде табл. 2.15.

Таблица 2.15. Определение видов беспозвоночных животных кроны по следам их жизнедеятельности

Точка наблюдений	Характер повреждений	Систематические группы животных	Численность, экз./м ²	Следы жизнедеятельности
<i>Подлесок</i>				
<i>Древостой</i>				

Позвоночные животные кроны деревьев. Это, прежде всего, птицы отрядов воробьинообразные, соколообраз-

ные, курообразные, голубеобразные, а из млекопитающих – белка обыкновенная. Обнаружение других позвоночных, ведущих древесный образ жизни, сопряжено с большими трудностями.

Определение численности птиц производится маршрутным методом учета. Маршрут по учету птиц должен совпадать по направлению с маршрутом микроклиматических наблюдений, или с трансектой. Ширина полосы учета птиц в лесу должна быть не менее 50 м, т.е. по 25 м в одну и другую стороны от линии маршрута.

Достоверность одноразового учета птиц в среднем равна 70 %. А это значит, что на учетной полосе выявляется приблизительно 3/4 обитающих здесь птиц.

Следует отметить, что поющий самец принимается за пару/птиц. Осенью птицы не поют, и поэтому, двигаясь по учетной полосе, следует фиксировать всех птиц, которые отмечены визуально или с помощью бинокля. Весной к этим методам учета добавляется учет по голосам.

Задание. Обнаруженных птиц распределите по экологическим группам в зависимости от их размера, с учетом данных, приведенных в табл. 2.16.

Таблица 2.16. Классификация птиц наземных сообществ в зависимости от их размера

Величина тела	Масса тела, кг	Характер питания
С ястреба	1,0–1,5	Плотоядные
С голубя	0,7–1,0	Зерноядные, насекомоядные
С ворона	0,5–1,0	Всеядные
С дрозда	0,2–0,3	Насекомоядные
С сорокопута	0,1	Насекомоядные
С воробья	0,05	Зерноядные, насекомоядные
Меньше воробья	0,02	Насекомоядные

Для подведения итогов маршрутного учета применяется формула

$$X = Q/(3Д),$$

где X – число поющих птиц или пар на 1 км²; Q – число птиц, отмеченных на всем протяжении маршрута; 3 – весь пройденный путь, км; Д – ширина учетной полосы, км.

Данные по учету птиц обобщаются в виде табл. 2.17.

Таблица 2.17. Население птиц леса, луга

Экологическая группа по размерам	Число видов	Число особей каждого вида, экз./м ²	Биомасса, г/м ²
С ястреба			
С голубя			
С ворону			
С дрозда			
С сорокопута			
С воробья			
Меньше воробья			

Животные коры и древесины. Для их определения берутся пробные площадки размером 10x10 см. Кора срезается с дерева (древесина разрубается топориком). Полученный материал тщательно разбирается на листах белой бумаги с использованием лупы. Найденные животные классифицируются, пересчитываются, взвешиваются, устанавливается число видов, особей каждого вида и их биомасса. Сведения заносятся в дневник. На основании полученных данных делается перерасчет на 1 м², а результаты заносятся в табл. 2.18.

Таблица 2.18. Характеристика животных коры и древесины

Точка наблюдения	Систематические группы животных	Число видов	Число особей, экз./м ²	Биомасса, г/м ²

Оформление результатов наблюдений. Проанализируйте данные, полученные на разных точках наблюдения, о видовом составе, плотности популяций и биомассе животных. Попытайтесь объяснить полученные различия влиянием климата, особенностями растительности, характером человеческой деятельности.

Задание. Рассчитайте биомассу и численность всех животных на 1 м² в разных точках наблюдения изучаемой экосистемы. Для этого необходимо заполнить табл. 2.19.

Таблица 2.19. Численность и биомасса животных наземной экосистемы

Число видов	Плотность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²

2.4. Изучение численности и биомассы грибов-сапротрофов

Для учета грибов в лесах, на лугах, болотах и т.д. необходимо обследовать участок площадью 20x20 м. Во время поиска грибов следует обратить внимание на плесень, корочки, пленки, копытообразные наросты, чашечки диаметром от 0,5 до 10 см (сидячие желтого, оранжевого, красного или коричневого цвета, снаружи голые или мучнистые), плодовые тела из шляпки и ножки, располагающиеся в подстилке, на пнях, коре поваленных деревьев, сухостое, опавших листьях и т.д.

Задание. Для подсчета числа особей каждого вида на 1 м², сделайте соответствующий расчет. Возьмите 2-3 образца каждого вида для их определения, взвешивания и расчета биомассы в лаборатории [9; 13; 26]. Полученные данные занесите в табл. 2.20.

Таблица 2.20. Численность и биомасса основных групп грибов-сапротрофов наземной экосистемы

Отдел	Класс	Порядок	Число видов	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²
Настоящие грибы	1. Зигомицеты	1. Мукоровые			
	2. Аскомицеты	1. Эврициевые 2. Пецициевые			
	3. Базидиомицеты	1. Афилофоровые 2. Агариковые			

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМ
(Камеральная обработка собранного материала)

5.1. Оценка физико-химических свойств экосистем

Сравнительная характеристика климата, почвы, наземных экосистем. Выберите из таблиц значения температуры приземного слоя воздуха по точкам и рассчитайте среднее значение температуры воздуха в изучаемом биоценозе на данный момент. Точно также рассчитывается среднее значение температуры почвы, относительной влажности воздуха, скорости ветра, освещенности, физических и химических свойств почвы.

Получив средние значения основных характеристик микроклимата по каждой наземной экосистеме, сравните их между собой и сделайте вывод о выявленном сходстве и различии. Проведите аналогичный анализ по данным о составе почвы.

Сравнительная характеристика абиотических факторов водных экосистем. По данным табл. 3.7 кратко охарактеризуйте состояние вод исследуемых водоемов. Сравните значения концентрации растворенных в воде веществ с ПДК, указанными в прил. 3. Сделайте вывод о степени загрязненности водоема. Укажите черты сходства и различия абиотических факторов изучаемых экосистем.

5.2. Оценка состояния видовой структуры сообществ

При изучении видовой структуры экосистем рассчитываются следующие показатели.

1. Видовое богатство S (число видов).
2. Индекс разнообразия Симпсона D (чем больше D приближается к S , тем разнообразнее сообщество):

$$D = 1 / \sum p_i^2,$$

где p_i – доля i вида в суммарной численности особей всех видов (S – знак суммы).

3. Индекс выровненности Симпсона – E (чем больше этот индекс приближается к 1, тем равномернее представлены все виды в сообществе):

$$E = D / S.$$

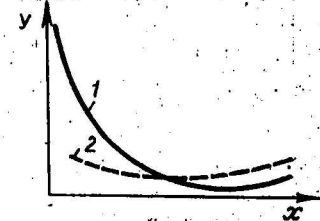
4. Выделение видов доминантов по численности и биомассе (рассчитать долю вида в процентах по числу особей или биомассе).

5. Выделение видов-эдификаторов сообщества.

6. Выделение редких и малочисленных видов сообщества.

7. Графическое определение зависимости числа видов в биоценозе от числа особей, приходящихся на один вид (рис. 5.1), для выявления степени нарушенности биоценоза.

Рис. 5.1. Зависимость числа видов сообщества от числа особей, приходящихся на один вид: x – число особей, приходящихся на один вид; y – число видов в биоценозе; 1 – устойчивый биоценоз; 2 – нарушенный биоценоз



Задание. Сравните видовую структуру разных экосистем по вышеуказанным показателям, сделайте вывод о видовом разнообразии изучаемых сообществ.

Пример расчета индексов разнообразия и выровненности Симпсона. На 1 м² луга обнаружены следующие животные: стрекоза-коромысло – 1, кузнечик зеленый – 25, улитка-янтарка – 6, травяной клоп – 18, тля гороховая – 112, клеверный долгоносик – 42, дождевой червь – 58.

Для расчета индекса разнообразия сообщества животных составляется табл. 5.1. Вначале определяется p_i каждого вида. Например, для получения p_i стрекозы-коромысла число особей данного вида (1) разделить на суммарную численность особей всех видов (262). Полученное значение 0,004 является числом p_i стрекозы-коромысла.

Затем на основании данных табл. 5.1 рассчитываются индексы D и E .

Таблица 5.1. Таблица расчета индекса разнообразия сообщества животных

И/п	Вид	p_i	p_i^2	Число особей	Число видов
1	Стрекоза-коромысло	0,004	0,000016	1	1
2	Кузнечик зеленый	0,09	0,0081	25	1
3	Улитка-янтарка	0,02	0,000529	6	1
4	Клоп травяной	0,07	0,00532	18	
5	Тля гороховая	0,48	0,2304	112	
6	Долгоносик клеверный	0,16	0,0256	42	
7	Червь дождевой	0,22	0,0484		
			$S = 0,318365$		

УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

6.1. Оформление результатов исследований

Независимо от качества проведенных опытов и полученных данных, результаты исследований будут практически недоступны до тех пор, пока они не будут представлены в соответствующим образом оформленном виде. Ниже приводится примерный план, следуя которому составляется подробный отчет о проделанной работе.

1. *Введение.* Отражает основную идею, проблемы, гипотезы и цели.

2. *Метод исследований.* Определяет стратегию программы, где и как были проведены исследования, включая все существенные особенности работы приборов и методов, применявшихся в полевых условиях и в лаборатории.

3. *Результаты наблюдений.* Прежде всего это полученные в результате исследований данные, сведенные в таблицы, графики, гистограммы, диаграммы присутствия-отсутствия, а также иные сведения, представленные любыми другими наглядными и информативными способами.

4. *Обсуждение результатов.* Включает в себя анализ результатов (желательно количественных), по возможности — пробные выводы, сделанные на основе представленных данных и ссылок на опубликованные материалы.

5. *Выводы.* Представляются в виде обобщения результатов работы, критической оценки применяемых методов, разбора источников ошибок и предложений для дальнейших исследований.

6. Список используемой литературы.

6.2. Биоиндикация загрязнений наземных и водных экосистем

1. *Лихеноиндикация загрязнения воздуха и картирование лишайников*

Лишайники — это группа живых организмов, слоевище которых образовано грибом (микобионт) и цианобактерией (протист) или водорослью (фикобионт), находящимся в симбиозе. Лишайники приспособлены к крайне неблагоприятным условиям внешней среды и растут практически в любых климатических условиях — от Арктики до влажных тропических лесов.

Различают лишайники:

— накипные (корковые), имеющие слоевище в виде тонкой (гладкой или зернистой, бугорчатой) корочки, очень плотно срастающейся с субстратом (корой, камнем, почвой), так что отделить лишайник, не повредив субстрата, невозможно;

— листоватые (листовидные), имеющие вид мелких чешуек или пластинок и прикрепленные пучками грибовых гиф к субстрату, от которого они легко отделяются;

— кустистые, имеющие вид тонких нитей или ветвящихся кустиков, прикрепленные к субстрату своим основанием.

Лишайники высокочувствительны к загрязнению среды обитания. На них избирательно действуют прежде всего вещества, увеличивающие кислотность среды (O_3 , O_2 , H , HCl , NO_2). Для лишайников сравнительно безвредны тяжелые металлы (Pb , Zn , Cu), накапливающиеся в слоевище в значительных количествах, а также естественные и искусственные радиоактивные изотопы. Лишайники используются для биоиндикации изменения антропогенного загрязнения среды в пространстве и биомониторинга изменений антропогенного загрязнения среды во времени. С помощью лишайников можно оценить комплексное действие промышленных выбросов в обследуемом районе. Для этого территория разбивается на квадраты определенного размера (размер квадрата зависит от изучаемой площади).

Картирование лишайников по мелким квадратам дает возможность оценить состояние воздуха и указать местоположение источников выбросов. При этом могут использоваться количественные показатели (процент покрытия слоевищами каждого вида или избранных видов поверхности ствола, размеры слоевищ, доля поврежденных слоевищ и т.п.) и качественные критерии (наличие или отсутствие определенных видов лишайников, изменение их состава, группировок и т.п.). Для оценки степени покрытия выбираются не накрещенные отдельно стоящие деревья, у которых на высоте 30–150 см проводится учет лишайников по наиболее заросшей ими части коры. Сравнимые

результаты могут быть получены, если при выборе деревьев ориентируются на разные виды, а затем рассчитывается средняя степень покрытия для каждого квадрата съемки.

Иногда картирование распределения лишайников проводится методом активного мониторинга. Суть его заключается в том, что действие загрязнителей определяется по характеру реакции трансплантированных из "чистых" местообитаний слоевищ лишайников. Для этой цели лучше всего использовать деревянные дощечки с круглыми углублениями, в которых стальные стержнем закрепляются лишайники. После этого готовая конструкция выставляется в исследуемой местности с соблюдением как можно больше одинаковых условий (экспозиция, высота и т.п.). При необходимости фрагменты лишайника могут оцениваться как по внешним повреждениям (изменение окраски, обесцвечивание лопастей и др.), так и по физиолого-биохимическим показателям.

Лишеноиндикация не дает точных количественных сведений об уровне загрязнения воздуха. Следует учитывать, что ряд видов гибнет уже при малых концентрациях загрязнителя, часто не достигающих установленных санитарных норм. Исчезновение лишайников — это сигнал о надвигающейся опасности для окружающей среды.

Лишеноиндикация загрязнения воздуха (качественная оценка). На основании эмпирически установленных качественных критериев, основанных на фактах наличия — отсутствия определенных типов лишайников, выделяют зоны с разной степенью загрязнения (табл. 6.1).

Таблица 6.1. Лишеноиндикация степени загрязнения воздуха

Зона	Загрязнение	Наличие (+) или отсутствие (-) лишайников		
		кустистые	листоватые	накипные
1	Нет	+	+	+
2	Слабое	-	+	-
3	Среднее	-	-	+
4	Сильное (лишайниковая пустыня)	-	-	-

В обследуемом районе изучается обрастание лишайниками стволов и ветвей деревьев, камней, стен домов и т.п., и по табл. 6.1 определяется степень загрязнения воздуха.

Картирование лишайников (по видовому многообразию). Для этого составляется карта обследуемой территории, с обозначением на ней строений, автомобильных и железнодорожных коммуникаций, зеленых насаждений и т.п. Исследование территории проводится по квадратам выбранного размера, нанесенным на карту, причем мелкая разбивка дает более точные результаты. Критерием служит видовое многообразие лишайников (N), определяемое фактом наличия — отсутствия видов. Полученные цифровые данные наносятся поквратно на карту. Самые большие значения N (видовое разнообразие лишайников) соответствуют наиболее чистым зонам территории; уменьшение N свидетельствует о присутствии загрязнения; N = 0 (лишайниковая пустыня) — показатель сильного загрязнения.

Картирование можно осуществить, используя и другие критерии, например по форме слоевища, степени его разрушения и т.п.

2. Биоиндикация газодымовых загрязнений по состоянию хвои сосны

При обследовании повреждений хвои основными параметрами являются прирост побегов, темные верхушечные некрозы хвои, продолжительность жизни хвои сосны. Обследования можно проводить круглогодично.

По карте района (области) намечаются точки обследования, при этом чем выше антропогенная нагрузка, тем ближе друг к другу они должны быть расположены (1,5–3 км). В малозагрязненной местности точки обследования могут быть удалены друг от друга на расстояние до 10–15 км. Работа планируется так, чтобы все изучение намеченной территории провести в течение 2–4 дней.

В точке обследования находят молодые сосны, произрастающие на открытом месте (поляне, опушке леса, просеке, вырубке). Из них выбираются 5 молодых деревьев высотой 1–1,5 м, стоящих друг от друга на расстоянии 10–20 м. Если все деревья очень высокие, то обследование проводится с использованием одного из боковых побегов четвертой сверху мутовки.

Определение класса повреждения и усыхания хвои. Некрозы обычно появляются весной, сразу после образования хвои, а затем увеличиваются незначительно. Не-

кротические реакции у деревьев, находящихся на продуваемых местах, выражены сильнее, чем в случае густого насаждения.

Объектом обследования является верхушечная часть ствола. Внимательно осматривается хвоя (рис. 6.1) участка центрального побега (второго сверху) предыдущего года и по шкале определяется класс повреждения и усыхания (табл. 6.2) (следует иметь в виду, что шипик на конце хвои всегда более светлый, поэтому его окраска не должна влиять на оценку степени повреждений).

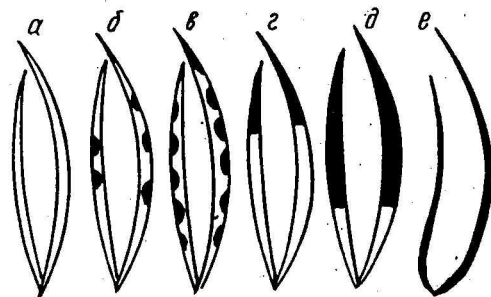


Рис. 6.1. Виды повреждения и усыхания хвои:

а — хвоя без пятен (КП1), нет сухих участков (КУ1); б — хвоя с небольшим числом мелких пятен (КП2), нет сухих участков (КУ1); в — хвоя с большим числом черных и желтых пятен (КП3), усохло кончик 2–5 мм (КУ2); г — усохла треть хвои (КУ3); д — усохло более половины длины хвои (КУ4); е — вся хвоя желтая и сухая (КУ4); КП — класс повреждения (некрозы); КУ — класс усыхания хвои

Таблица 6.2. Определение класса повреждения и усыхания хвои

Класс	Вид повреждения и усыхания хвои					
	а	б	в	г	д	е
Повреждения хвои (некрозы)	1	2	3	—	—	—
Усыхание хвои	1	1	2	3	4	4

Определение продолжительности жизни хвои. Продолжительность жизни хвои оценивается при обследовании верхушечной части ствола за последние годы: каждая мутовка, считая сверху, — это год жизни. Определяется сколько лет сохраняется хвоя (максимальный возраст хвои), причем если на самом нижнем из охвоенных

участков часть хвои опала, то оценивается примерная доля сохранившейся. Таким образом, полный возраст хвои определяется числом участков ствола с полностью сохранившейся хвоей плюс доля сохранившейся хвои на следующем за ним участке. Например, если верхушечная часть и два участка между мутовками полностью сохранили хвою, а на следующем участке сохранилась ее половина, то показатель продолжительности жизни хвои $3 + 1/2 = 3\ 1/2$.

Экспресс-оценка загрязнения воздуха. Определив класс повреждения и продолжительности жизни хвои, можно оценить класс загрязненности воздуха по табл. 6.3.

Таблица 6.3. Определение класса загрязненности воздуха

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.

3. Биоиндикация загрязнения водоемов по состоянию популяций водных растений семейства рясковых

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.

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 расположе-

ны. На мало загрязненных участках точки сбора могут быть удалены на расстояние 2–3 км друг от друга.

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.

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.

Разбор пробы. Проба (или ее часть), содержащая примерно 150–200 растений, разделяется по видам (рис. 6.2).



Рис. 6.2. Общий вид водных растений семейства рясковых:
а – многокоренник обыкновенный; б – ряска тройчатая; в – ряска горбатая

После разбора пробы по видам производится подсчет:
а) числа растений (особей) каждого вида (одно растение – материнский щиток с прикрепленными к нему “детками”, 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).

Экспресс-оценка качества воды. При экспресс-оценке используется самый массовый вид растений (обычно ряска малая). Определение качества воды проводится по табл. 6.4.

Таблица 6.4. 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.

4. Беспозвоночные животные – биоиндикаторы загрязнения малых рек

Проблема загрязнения малых рек – одна из наиболее острых в кризисной экологической ситуации большинства густонаселенных регионов Беларуси. Вода малых рек все чаще оказывается непригодной не только для питья, но и для хозяйственных нужд. Неочищенные сбросы промышленных предприятий, отходы животноводческих ферм, коммунально-бытовые стоки городов и поселков – далеко не полный перечень источников загрязнения вод малых рек.

Качество вод в естественных водоемах Беларуси оценивается в настоящее время по результатам химического, бактериологического и биологического анализов. Для их выполнения требуется сложное оборудование, длительное время и высокая квалификация сотрудников.

В последние десятилетия осуществляется большой объем исследований влияния стрессоров на жизненные функции и выживаемость водных организмов. Предложен целый ряд методических разработок по использованию живых индикаторов для контроля качества воды.

Среди них для биоиндикации были выбраны наиболее характерные таксоны, т.е. конкретные представители систематических групп беспозвоночных, наличие которых в донных отложениях отчетливо характеризует

уровень загрязнения воды. В качестве индикаторных групп выступают как отдельные виды, так и таксоны более высокого ранга: роды, семейства, отряды, классы, типы, а также экологические группы (разные таксоны, объединяемые в одну группу по сходству экологии и биологии входящих в нее видов).

Многие индикаторные организмы представлены насекомыми, находящимися в личиночной стадии. Поэтому для обследования рек следует выбирать периоды либо до вылета насекомых, либо после вылета, т.е. весну или начало осени.

Отбор и обработка проб для биологического анализа. Количество участков реки, выбираемых для исследования, определяется целями работы. Для проведения анализа качества воды на всем протяжении водотока, места отбора проб выбираются через равные интервалы от истока до устья. Если исследуется влияние конкретного источника загрязнения, то качество воды может определяться на небольшом числе участков ниже и выше по течению от него.

При выборе участков отбора проб следует учитывать ряд условий. На них не должно быть мелководий с густой водной растительностью, а также затонов с застойной водой. И в том, и в другом случае донное население может значительно отличаться от такового на участках реки с нормальной скоростью течения воды.

Пробы грунта с обитающими в нем донными организмами отбирают с помощью специальных ловушек: закидной драги и сачкового скребка (см. рис. 4.1, г)

После каждого наполнения ловушек донным материалом пробы промываются непосредственно в этих же ловушках и помещаются в эмалированные емкости с крышками.

Отбор организмов из промытого грунта обычно ведется на месте отбора проб. При этом небольшая порция грунта переносится в кювету с водой и с помощью пипета животные перекадываются в баночки с 40 %-ным раствором формалина. На баночки наклеиваются этикетки. Допускается разбор проб и в лаборатории.

Определение класса качества речной воды. Определение уровня загрязнения воды по методу С.Г. Николаева производится с помощью шкалы (табл. 6.5), которая устанавливает 6 классов качества. Для каждого из них в ходе многолетних наблюдений были найдены свои индикаторные таксоны, которые в водах других классов встречаются

Таблица 6.5. Шкала качества воды

Индикаторные таксоны	Условная значимость каждого таксона в классе, единицы	Класс качества воды
Личинки веснянок Личинки ручейника рода риакофила	50,0	1-й, очень чистая
Губки Плоские личинки поденок Личинки ручейника рода нейреклевиса Личинки вилхвосток	25,0	2-й, чистая
Роющие личинки поденок Личинки ручейников при отсутствии риакофил и нейреклевисов Личинки стрекоз красотки и плосконожки Личинки мошек Водяной клоп Крупные двусторчатые моллюски Моллюски-затворки	14,2	3-й, удовлетворительно чистая
Личинки стрекоз при отсутствии красотки и плосконожки Личинки вислоккрылок Водяной ослик Плоские пиявки Мелкие двусторчатые моллюски	20,0	4-й, загрязненная
Мотыль (в массе) Крыски (личинки мух-пчеловидок) Трубочник (в массе) Червеобразные пиявки при отсутствии плоских	25,0	5-й, грязная
Макробеспозвоночные отсутствуют	—	6-й, очень грязная

лишь изредка. Так, личинки веснянок, характерные для вод 1-го класса, в более загрязненных водах 2-го класса встречаются редко, а в водах 3-го класса — практически никогда. Признаком же принадлежности воды к 6-му классу служит полное отсутствие крупных беспозвоночных. В табл. 6.5 кроме списка таксонов, соответствующих опреде-

Таблица 6.6. Рабочая таблица определения качества воды в реке _____ на участке _____

Класс качества воды	Обнаруженные индикаторные организмы	Условная значимость таксонов в пределах класса, единицы	Количество обнаруженных таксонов	Суммарная значимость обнаруженных таксонов, единицы
1-й				
2-й				
3-й				
4-й				
5-й				

ленному классу вод, приводится условная значимость каждого из них. Эта величина нужна для последующей количественной оценки уровня загрязнения.

Для определения класса качества воды обследованного участка реки среди пойманных организмов отбираются представители индикаторных таксонов и их названия записываются в рабочую табл. 6.6 в строгом соответствии с их положением в классах шкалы качества воды. Организмы, не относящиеся к индикаторным таксонам, не учитываются.

После внесения в табл. 6.6 всех обнаруженных в пробах индикаторных таксонов в каждом разделе (классе) второй графы подсчитывается число таксонов и умножается на величину условной значимости данной группы таксонов (графа 2 табл. 6.5). Найденная суммарная значимость таксонов заносится в графу 5 (табл. 6.6) в раздел соответствующего класса.

Класс качества воды на обследованном участке определяется по максимальной классовой значимости одной из групп таксонов. Несколько возможных вариантов определения класса качества воды приводятся в табл. 6.7.

Таблица 6.7. Определение класса качества воды

Класс качества воды	Условная значимость каждого таксона в классе	Вариант													
		1		2		3		4		5		6			
		а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б		
1-й	50	1	50	2	100	-	-	-	-	-	-	-	-	1	50
2-й	25	2	50	-	-	-	-	2	50	-	-	-	-	4	100
3-й	14,2	7	99,4	1	14,2	-	-	28,4	-	-	5	71	-	-	-
4-й	20	3	60	2	40	-	-	3	60	-	-	3	60	-	-
5-й	25	-	-	-	-	4	100	1	25	-	-	-	-	-	-
6-й	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание. а - число обнаруженных таксонов; б - суммарная классовая значимость.

В первом варианте в пробах были обнаружены таксоны, характерные для первых четырех классов качества воды. Однако наибольшая суммарная классовая значимость приходится на таксоны 3-го класса. Следовательно, вода этого участка реки относится к 3-му классу качества с некоторым смещением к 4-му классу. Во втором

варианте она будет относиться к 1-му классу, а в третьем — к 5-му. В четвертом варианте получаются неоднозначные результаты: суммарные значимости таксонов 2-го и 4-го классов различаются незначительно. Значит, этот участок нуждается в повторном обследовании.

В пятом и шестом вариантах результаты несомненны: качество воды на этих участках характеризуется 6-м и 2-м классами соответственно. Помимо рассмотренной выше, существуют и другие методики оценки степени загрязнения водоема (биоиндикация) по составу водных беспозвоночных. Одна из таких методик предусматривает классификацию биологического анализа качества воды в естественном водоеме по трем группам таксонов крупных беспозвоночных (табл. 6.8).

Таблица 6.8. Классификация таксонов крупных организмов по отношению к чистоте воды

Таксоны 1-й группы	Таксоны 2-й группы	Таксоны 3-й группы
Личинки поденок	Личинки комара-долгоножки	Личинки комара-звонца (мотыль)
Личинки (нимфы) веснянок	Личинки стрекоз	Моллюски-прудовики
Личинки вислокрылок	Речные раки	Пиявки
Личинки ручейников	Бокоплавы	Водяные ослики
Двустворчатые моллюски	Моллюски (катушки и лужанки)	Личинки мошки
		Олигохеты

Группа 1. Эти организмы погибают в грязной воде. Преобладание их — признак очень чистой воды.

Группа 2. Эти организмы могут существовать в воде различной степени загрязненности.

Группа 3. Эти организмы выживают даже в очень грязной воде. Преобладание их — признак повышенного загрязнения воды (рис. 6.3).

По количеству индикаторных таксонов и численности особей каждого из них в пробах можно определить, относится ли вода обследованного участка к загрязненной, малозагрязненной или чистой.

Пробы для трехуровневой индикации отбираются так же, как и при использовании метода С.Г. Николаева. Однако теперь помимо распределения организмов по индикаторным таксонам надо будет подсчитать число особей,

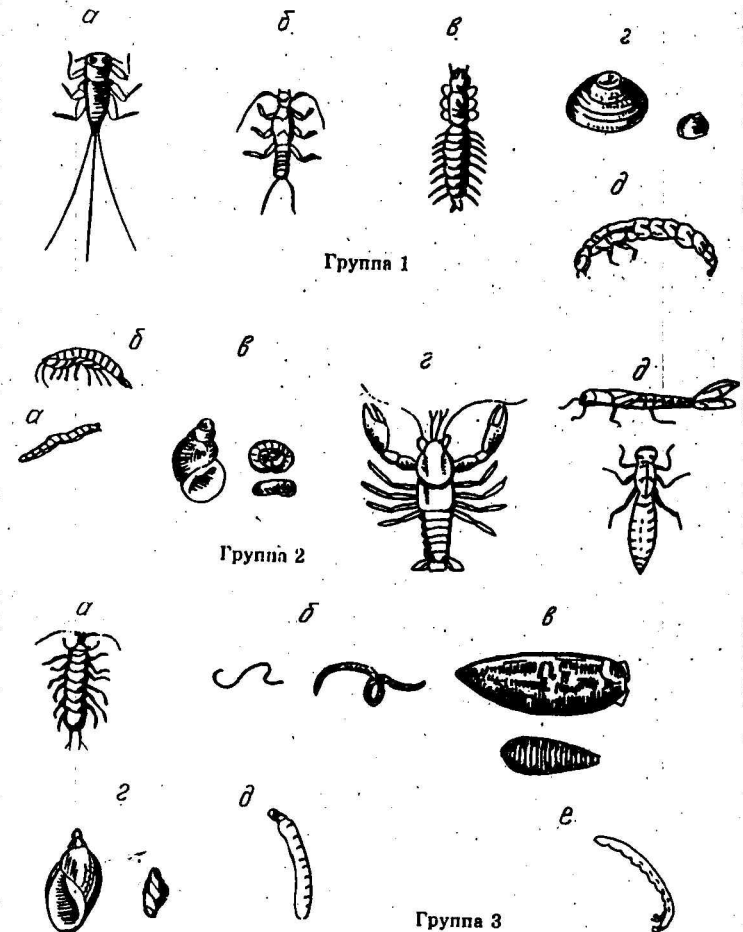


Рис. 6.3. Таксономические группы беспозвоночных, помогающие определять степень загрязнения воды:

Группа 1: а — личинки поденок; б — нимфы веснянок; в — личинки вислокрылок; г — личинки ручейников.

Группа 2: а — личинки комара-долгоножки; б — бокоплавы; в — моллюски (катушки и лужанки); г — личинки стрекоз.

Группа 3: а — водяные ослики; б — олигохеты; в — пиявки; г — моллюски-прудовики; д — личинки мошки; е — личинки комара-звонца

относящихся к каждому из них. Оценка качества воды делается следующим образом.

Загрязненная вода — 90 % организмов и более относятся к 3-й группе индикаторов.

Малозагрязненная вода (удовлетворительного качества) — от 11 до 30 % организмов в пробе относятся к индикаторным таксонам 1-й и 2-й групп.

Чистая вода — 30 % и более организмов в пробе относятся к индикаторным таксонам 1-й группы.

Результаты биологического анализа по трем вышеуказанным группам таксонов можно затем индексировать по значимости таксонов, подобно тому, как это делается в методе С.Г. Николаева. Такой прием позволяет оценивать качество воды уже по четырем уровням загрязнения.

Таксонам групп 1, 2 и 3 присваивается значимость 3, 2 и 1 соответственно. По числу индикаторных таксонов в группе определяется индекс для каждой из групп.

Индекс 1 — число индикаторных таксонов в группе 1, умноженное на 3.

Индекс 2 — число индикаторных таксонов в группе 2, умноженное на 2.

Индекс 3 — число индикаторных таксонов в группе 3, умноженное на 1.

Суммарный индекс для обследованного участка водоема определяется как сумма всех трех индексов. Качество воды оценивается с помощью шкалы (табл. 6.9).

Таблица 6.9. Четырехуровневая оценка качества воды

Вода	Суммарный индекс
Очень чистая	Более 22
Чистая	От 17 до 22
Малозагрязненная	От 11 до 16
Загрязненная	Менее 11

Завершая раздел о биоиндикации загрязнений малых рек по составу крупных беспозвоночных, следует отметить, что рассмотренные методики, разработанные для областей Центральной России, будут пригодны и для других областей этой же климатической зоны, в том числе для Беларуси.

5. Определение интенсивности выделения углекислого газа почвой как биотест на плотность ее заселения живыми организмами

Экологически чистая почва густо населена живыми организмами. Все они дышат, поглощая кислород и выделяя углекислый газ. На 1 га поверхности почвы в Цен-

тральной Европе приходится от 12 млн до 2 млрд различных беспозвоночных животных, а в 1 г почвы находится до 10 млрд микроорганизмов.

Поэтому в почвенном воздухе кислорода содержится обычно меньше, чем в атмосферном, а углекислого газа — больше (табл. 6.10).

Таблица 6.10. Состав атмосферного и почвенного воздуха

Воздух	Содержание O ₂ , %	Содержание CO ₂ , %
Атмосферный	21	0,034
Почвенный	11–21	0,034–8,0

Чем гуще заселена почва, тем больше происходит выделения углекислого газа. Таким образом почвенные организмы в данном случае выступают в роли биоиндикаторов почвенной среды. Количественным показателем биоиндикации служит скорость выделения организмами углекислого газа, определяемая по его массе с 1 га в 1 ч. Чем больше эта скорость, тем биологически активной почва, тем благополучней она экологически.

В условиях хорошей воздухопроницаемости выделение углекислого газа в летний период может достигать 7,5 кг/га в 1 ч, в донных отложениях чистого водоема — 2,02 кг/га в 1 ч, а в очень загрязненных промышленных отходами — всего 0,0096 кг/га в 1 ч.

Чтобы оценить уровень биологической активности почвы, нужно непосредственно измерить количество углекислого газа, которое выделяет почва или какой-либо другой субстрат, например донные отложения.

Принцип такого измерения состоит в том, что небольшой участок поверхности почвы изолируется от окружающего воздуха сосудом, внутрь которого помещается чашка с раствором щелочи, поглощающей углекислый газ. Через определенный промежуток времени сосуд-изолятор снимается и щелочь из чашки оттитровывается кислотой.

В исследованиях, где требуется высокая точность, учитывается исходное количество углекислого газа, находящееся в атмосферном воздухе под колпаком-изолятором. Следует отметить, что количество углекислого газа невелико и полученной поправкой можно пренебречь.

Для определения скорости выделения углекислого газа из почвы в полевых условиях выполняются следующие операции.

1. Участок поверхности почвы перед установкой на него сосуда-изолятора освобождается от надземных частей растений. Это необходимо сделать, чтобы исключить потери углекислого газа на фотосинтез или его выделение растениями, если изолятор непроницаем для света.

2. На поверхность почвы на подставке (рис. 6.4, а) устанавливается чашка с 10 мл 0,2н раствора щелочи (КОН или NaOH). Чашка накрывается сосудом-изолятором, края которого заглубляются в почву на 1,5–2 см. Для предохранения от нагревания сосуд прикрывается снаружи белой бумагой. В случае необходимости установка маскируется валежником или травой.

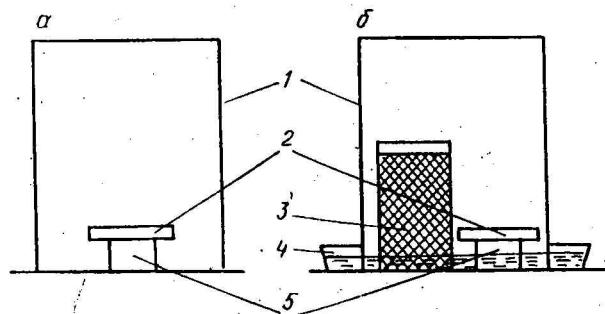


Рис. 6.4. Определение "дыхания" почвы (ила) по методу Штатнова: а — установка на почве в полевых условиях; б — установка в лаборатории: 1 — сосуд-изолятор; 2 — чашка со щелочью; 3 — химический стакан с почвой (иллом); 4 — поддон с водой; 5 — подставка для чашки

3. Время экспозиции для первого определения составляет 4–6 ч. Если интенсивность выделения мала и несколько параллельных титрований дают большой (10 % и более) разброс данных, время экспозиции увеличивается.

4. Исходный раствор щелочи титруется в лаборатории 0,05н раствором соляной кислоты в присутствии фенолфталеина. Раствор из чашки оттитровывается тем же раствором HCl в полевых условиях или в лаборатории.

5. Скорость выделения углекислого газа из почвы определяется по формуле

$$V = 1,1 (a - e) / 100 St,$$

где V — количество углекислого газа, выделившееся из почвы, кг/га в 1 ч; 1,1 — масса углекислого газа, эквивалентная массе HCl, содержащейся в 1 мл 0,05н раствора HCl, мг/мл; a — количество 0,05н HCl, использованное для титрования исходного раствора щелочи, мл; e — количество 0,05н HCl, использованное для титрования щелочи из чашки после экспонирования на почве, мл; S — площадь почвы под сосудом-изолятором, м²; t — экспозиция, ч.

При проведении опытов в полевых условиях следует иметь в виду, что интенсивность выделения углекислого газа из почвы меняется в течение суток и в течение года в зависимости от влажности почвы и ее температуры. Поэтому для получения надежных результатов определение скорости выделения углекислого газа на одном и том же участке повторяется многократно, с отметкой условия проведения опыта (время, дата, температура воздуха, влажность почвы, продолжительность экспозиции).

Если выделение углекислого газа изучается на двух и более участках, результаты опытов можно сравнивать между собой только при их одновременной постановке.

При изучении выделения углекислого газа из почвы или других субстратов в лабораторных условиях, в конструкцию установки вносятся некоторые изменения (рис. 6.4, б). Основанием установки служит широкий поддон с небольшим (2–3 см) слоем воды. В него на подставке помещается чашка со щелочью, а также химический стакан с исследуемым субстратом (почва, ил водоема и др). Затем устанавливается сосуд-изолятор так, чтобы его нижняя кромка была погружена в воду на поддоне.

6. Определение уровня восстановленности среды в почвах и донных отложениях водоемов с помощью автографии на фотобумаге

Окислительно-восстановительные условия в почве и иле оказывают заметное влияние на развитие растительного и животного населения этих субстратов. В окислительной (аэробной) среде, достаточно увлажненной и содержащей свободный кислород, процессы минерализации

органических остатков протекают быстро. При этом образуются полностью окисленные соединения, служащие пищей для растений, например нитраты, фосфаты, анионы многих других микроэлементов.

При малом содержании кислорода в субстрате развиваются восстановительные (анаэробные) процессы. В этих условиях разложение остатков замедляется, в среде накапливаются восстановители, отрицательно влияющие на развитие растений. Однако временное состояние восстановленности в почвах имеет и полезную сторону. Становятся подвижными такие элементы, как железо, марганец и др. Происходит накопление аммонийных солей в почве, повышается активность многих почвенных ферментов (дегидрогеназ, пероксидаз и др.).

Таким образом, чередование аэро- и анаэробных условий в почве необходимо для нормального существования организмов.

Разложение органических остатков в почве и иле происходит в основном благодаря деятельности микроорганизмов, групповой состав которых зависит от уровня окисленности среды. В связи с этим микроорганизмы могут служить биоиндикаторами окислительно-восстановительных условий в указанных субстратах. В окисленных средах преобладают аэробы, для развития которых необходим кислород. В средах, где кислорода мало и содержатся восстановители (молекулярный водород, сероводород, закисные формы металлов), преимущественно развиваются анаэробы, для которых присутствие кислорода вредно. Анаэробы активны по отношению к среде, потому что продукты их жизнедеятельности содержат восстановители, накопление которых делает среду все более восстановленной. Уровень восстановленности почвы, донных отложений и других субстратов можно ориентировочно определять с помощью *аппликационного метода — автографии на фотобумаге*.

Метод основан на восстановлении бромистого серебра, находящегося в эмульсии засвеченной фотобумаги, восстановленными веществами изучаемого субстрата. При этом в эмульсионном слое фотобумаги образуется множество частиц металлического серебра в виде черных и бурых пятен. Интенсивность окраски пятен тем больше, чем выше восстановительность среды в местах соприкосновения эмульсии с почвой. Поскольку восстановленные условия в придонных субстратах создаются во многом

благодаря деятельности анаэробов, фотобумага, тем самым, регистрирует уровень активности этих микроорганизмов в грунте. Аэробы не изменяют цвета фотобумаги. Таким образом, одновременно определяется и уровень восстановленности среды и уровень активности анаэробных микроорганизмов в исследуемом субстрате. Восстановленные и окисленные участки на фотобумаге четко различаются. Темный цвет пятен свидетельствует о высокой концентрации восстановленных веществ — продуктов жизнедеятельности анаэробов. Слабо окрашенная поверхность на фотобумаге соответствует тем местам субстрата, где преобладают окислительные условия.

Черные, восстановленные участки фотобумаги, как правило, соответствуют скоплениям продуктов жизнедеятельности микроорганизмов вокруг мертвых органических остатков, где условия для развития анаэробов оказались благоприятными.

Аппликационный метод дает хорошие результаты при экологической диагностике почв техногенных территорий и при изучении состояния водоемов по донным отложениям. При обследовании водоема такой метод позволяет выявить наиболее загрязненные участки и выяснить их причины.

Перед отбором проб определяются и отмечаются на карте-схеме объекта наиболее загрязненные (выходы стоков заводов и ферм, отстойники и т.п.), а также относительно чистые и практически чистые участки водоема (реки). Изучается водная и прибрежная растительность. Отмечая на карте-схеме участки отбора проб, надо помнить, что от частоты точек отбора зависит точность исследования. Из одной намеченной точки рекомендуется брать не менее 2–3 образцов на расстоянии 20–30 см друг от друга, после чего они смешиваются для получения усредненного образца.

Средний образец ила помещается в полиэтиленовый пакет, в который заливается около 100 мл воды из исследуемого водоема. К пакету прикрепляется этикетка, на которой указываются дата, место отбора пробы и примерная глубина взятия образца. Пробы ила берутся черпаком из поверхностного слоя непосредственно с берега или с лодки.

Техника определения уровня восстановленности субстрата с помощью автографии на фотобумаге состоит в следующем.

1. В лаборатории образцы ила или почвы, взятые не более чем за сутки до начала опыта, помещаются в литровые или 0,5-литровые химические стаканы (банки). Образцы почвы заливаются дистиллированной водой, а ил — водой из исследуемого водоема до их полного насыщения. Для заполнения водой всех пор субстрата образцам дают выдержку около 1 ч. Донные отложения должны быть покрыты сантиметровым слоем воды.

2. Фотобумага (гляnceвая тонкая нормальная) нарезается в виде полос размером 4x9 см и после нумерации в соответствии с номерами образцов помещается вертикально во влажные образцы. Для этого линейкой или ножом делается в образце щель и опускается в нее полоска фотобумаги, после чего ножом вплотную к ней прижимается субстрат. Не рекомендуется держать фотобумагу на свету более 15–20 мин.

3. После 72-часовой экспозиции фотобумага извлекается из субстрата, быстро промывается в обычной, а затем в дистиллированной воде и закрепляется в течение 5 мин в 25 %-ном растворе гипосульфита. После закрепления повторно промывается.

4. Полоски высушиваются на фильтровальной бумаге так, чтобы эмульсионный слой был сверху.

7. Изучение активности протеолитических ферментов в почвах и донных отложениях водоемов по аппликациям на рентгеновской пленке

В условиях усиливающегося техногенного и бытового загрязнения окружающей среды большое значение приобретает проблема естественного обезвреживания отходов, содержащих белковые вещества. Их медленное гниение всегда сопряжено с угрозой отравления людей или возникновения опасных заболеваний. Белки разлагаются многими бактериями, грибами и актиномицетами с помощью протеолитических ферментов (протеаз). Почва или донные отложения водоема, имеющие высокую активность протеолитических ферментов, экологически более устойчивы к органическому загрязнению.

Под влиянием протеаз сложные молекулы белка распадаются на ряд простых соединений, главным образом, аминокислот, которые усваиваются микроорганизмами. Взаимосвязь между способностью почвы и других субстратов самоочищаться от белкового загрязнения и чис-

ленностью микроорганизмов, вырабатывающих протеазы, — еще один пример биоиндикации. Биоиндикаторами здесь выступают микроорганизмы, а параметром биоиндикации — протеолитическая активность субстрата. Загрязнение почвы или ила тяжелыми металлами приводит к сильному сокращению численности микроорганизмов. Поэтому по протеазной активности можно судить не только о способности почвы или других субстратов противостоять белковому загрязнению, но и об уровне их загрязнения тяжелыми металлами.

В качестве индикатора протеазной активности в этом методе используется рентгеновская пленка, эмульсия которой разрушается микроорганизмами. Основу эмульсии составляет желатин — денатурированный коллаген. Желатин — отличный продукт питания для микроорганизмов, разрушающих белки с помощью протеазы.

Определение активности протеаз в субстратах. 1. Отбор проб проводится по методике, описанной выше (см. метод автографии на фотобумаге).

2. Рентгеновская пленка нарезается на полоски размером 2x3 см. Полоски накаляются тонкой иглой так, чтобы по положению отверстий в будущем можно было бы точно идентифицировать каждую из них. Затем с помощью металлической линейки или ножа полоски полностью погружаются в образец узкой стороной вниз по 2 штуки в каждый стакан.

3. Экспозиция 72 ч является оптимальной. Все опытные образцы должны находиться в одном помещении при одной и той же температуре (20–23 °C).

4. По окончании экспонирования пленку осторожно вынимают пинцетом и прополаскивают в чашках с холодной водой, стараясь не повредить слой желатина. Для высушивания пленка кладется на фильтровальную бумагу желатиновым слоем вверх.

5. О протеазной активности в образце судят визуально по степени разрушения желатинового слоя пленки, извлеченной из субстрата. При рассмотрении пленки на свет полностью разрушенные участки слоя прозрачны, частично разрушенные имеют матовый оттенок, который тем светлее, чем больше степень разрушенного слоя. При малой протеазной активности пораженные участки видны в виде точек и разрозненных матовых пятен небольшого диаметра.

Картина разрушения желатинового слоя микроорганизмами становится четче, если полоски рентгеновской пленки сфотографировать контактным способом. Для этого на фотобумагу при красном свете укладываются экспонированные в субстрате полоски рентгеновской пленки, придавленные сверху стеклом. После короткого засвечивания фотобумага проявляется и закрепляется.

На фотографиях рентгеновских пленок участки с разрушенным желатиновым слоем выглядят темными пятнами, а частично поврежденные — пятнами более светлых тонов. Неповрежденные участки желатинового слоя на фотографиях имеют белый цвет. Черные точки на фотографиях — следы маркировки образцов. Преобладание светлых участков свидетельствует о крайне низкой активности микроорганизмов. Такие субстраты экологически неблагоприятны, они имеют высокий уровень загрязнения и не способны к самоочищению — это зоны высокого техногенного загрязнения. И наоборот, чем темнее цвет фотографий рентгеновских пленок, тем благополучнее состояние субстрата и соответствующего участка водоема относительно загрязнения, токсичного для микроорганизмов.

Эксперимент можно усложнить, внося в него элементы количественных исследований. Для этого каждую полоску рентгеновской пленки до опыта и после его завершения, включая высушивание, взвешивают на аналитических весах, определяя потери желатина во время экспозиции.

Затем в теплой воде с каждой полоски пленки смывается тампоном слой желатина, а сами пленки высушиваются и снова взвешиваются. По массе полоски с желатином (до начала опыта) и без него узнается исходная масса первоначального слоя. По разнице расхода желатина в ходе эксперимента и исходной массе вычисляется процент потери. Результаты заносятся в табл. 6.11.

Таблица 6.11. Определение активности протеаз с помощью рентгеновской пленки

Масса пленки с желатиновым слоем до экспозиции, г	Масса пленки после экспозиции, г	Потери желатина, г	Масса чистой пленки без желатинового слоя, г	Масса желатинового слоя, г	Потери желатина, %

6.3. Изучение степени запыленности воздуха и его загрязнения микроорганизмами

Запыленность воздуха. Для выполнения задания по изучению запыленности воздуха в исследуемой местности необходим контрольный пункт. Им может служить город, конкретно листва деревьев вдоль главной улицы, или листва деревьев вдоль дороги, проходящей через лес, который выбирается в качестве объекта исследования. Для сравнения берется листва деревьев на определенном расстоянии от дороги, таких точек должно быть не менее трех. Маршрут наносится на план-схему местности.

Задание. В выбранных местах соберите листья растений и приложите к ним прозрачную клеящуюся пленку. Затем пленку снимите и той стороной, где отпечатался контур листа вместе со слоем пыли прикрепите к белой бумаге. Сравните степень запыленности листьев деревьев из разных мест. Сделайте вывод о причинах наблюдаемого явления.

Определение загрязнения воздуха микроорганизмами. Для определения загрязнения воздуха микроорганизмами выполняются следующие задания.

1. Перед экскурсией в лес выявите состав микроорганизмов в воздухе помещения. Для этого открытые чашки Петри с питательной средой оставьте в комнате на 20–30 мин. Затем их закройте и поместите в специально отведенное место при комнатной температуре. Пометьте их буквой К (контроль).

В этот же день возьмите в чашки Петри пробы воздуха в нетронутой части леса и там, где ярко выражены следы деятельности человека. После экскурсии чашки Петри поставьте рядом с предыдущими, не забудьте пометить их буквой О (опыт).

Через 2–3 дня в чашках появятся колонии. Определите их и зарисуйте в дневнике согласно приведенному ниже пояснению к заданиям.

2. Определите степень загрязнения воздуха леса, луга микроорганизмами. Для этого подсчитайте в чашках Петри количество колоний разных микроорганизмов, стараясь учесть даже мелкие колонии. Полученное число колоний разделите на время выдержки в минутах и умножьте на 7644 (коэффициент пересчета площади чашки Петри на 1 м²).

Результаты выполнения заданий записываются в табл. 6.12

Таблица 6.12. Определение загрязнения воздуха микроорганизмами

Место взятия пробы	Количество спор за 1 ч на 1 м ²		
	бактерии	плесневые грибы	актиномицеты
Контроль			
Опыт			

3. Сделайте вывод о степени загрязнения воздуха в помещении, в лесу. Укажите возможные причины загрязнения. Дайте аргументированный ответ на вопрос о влиянии деятельности человека на содержание пыли и микроорганизмов в воздухе леса.

Пояснения к заданиям. В качестве питательной среды используется мясо-пептонный агар (МПА). Если нет готового препарата, то свежее мясо нарезается мелкими кусочками, заливается водой (в соотношении 1:2) и отстаивается 18–24 ч при температуре 4–6 °С. После этого необходимо мясо отжать, а полученный настой прокипятить 1 ч и отфильтровать. Затем следует добавить дистиллированную воду до прежнего объема, разлить по колбам и путем трехразового кипячения по 30 мин с суточным интервалом простерилизовать.

К полученному раствору добавляется 1 % пептона или желатина и 0,5 % чистой поваренной соли, новый раствор кипятится 10 мин. При добавлении необходимого количества кислоты или щелочи, рН доведите до 7,2–7,4, и раствор снова кипятится 10 мин. Разливается по колбам.

Не забудьте про стерилизацию. Полученный мясо-пептонный раствор остудите, залейте им нарезанный агар-агар (на 1 л – 2–3 % агар-агара) и варите в эмалированной кастрюле в течение 30 мин, после чего отфильтруйте и доведите рН до 7,2–7,4.

Отличительные признаки микроорганизмов. Бактерии – колонии гладкие или морщинистые; блестящие или матовые; круглые либо неправильной формы, а также выпуклые, вогнутые или плоские; белые, серые, часто желтые, красные, розовые; никогда не бывают пушистыми. Плесневые грибы – колонии разной окраски; большие, иногда распространяются по всей поверхности питатель-

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

6.4. Оценка размеров популяций

Метод изъятия. Этот метод очень удобен для оценки численности мелких организмов на определенном участке луга или в определенном объеме воды. Специальной сеткой животных отлавливают, записывают число пойманных и не выпускают до конца исследования. Затем еще трижды повторяют отлов в этом же месте, причем с каждым разом число пойманных животных будет уменьшаться. Полученные данные заносятся в табл. 6.13.

Таблица 6.13. Таблица оценки размера популяции методом изъятия

Образец	Число животных	Совокупный размер образца
1	120	0
2	93	120
3	60	213
4	35	273

При построении графика по оси *y* отмечают число пойманных при каждом отлове животных (рис. 6.5), по оси *x* (совокупный размер образца, или общее число пойманных ранее животных). Продолжив линию графика к точке, в которой вновь пойманных животных не окажется (т.е. их число в последнем отлове равно нулю), можно оценить общий размер популяции.

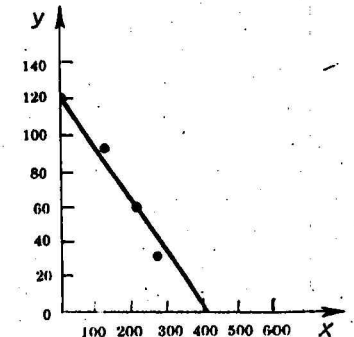


Рис. 6.5. Отношение числа животных в образце к совокупному размеру образца:

y – число животных в образце (пойманные при каждом отлове животных); *x* – совокупный размер образца (общее число пойманных ранее животных)

Метод мечения и повторного отлова. Метод включает отлов животного и его мечение таким образом, чтобы не причинить животному вреда. Например, на жаберной крышке выловленной сетями рыбы прикрепляют алюминиевые пластинки или на ноги пойманных птиц надевают кольца. Мелких млекопитающих и членистоногих можно метить краской. Пойманных животных подсчитывают, метят репрезентативную выборку из них, после чего выпускают в том же самом месте. Через некоторое время животных снова отлавливают и подсчитывают в выборке число животных с меткой. Размер популяции оценивают, используя следующее выражение:

$$\text{Общий размер популяции} = \frac{\text{Число животных в первом улове} \times \text{Число животных во втором улове}}{\text{Число животных с меткой во втором улове}}$$

Эта оценка размеров популяции называется *индексом Линкольна*. Индекс выводится, исходя из ряда приведенных ниже допусков.

1. Внутри популяции организмы обычно размещены случайным образом.
2. Между первым и вторым отловом должно пройти достаточное количество времени.
3. Индекс применим только к популяциям, перемещение которых ограничено географическим барьером.
4. Организмы равномерно размещены в пределах географического ареала.
5. Изменение размеров популяции, вызываемое иммиграцией, переселением, рождением и смертью особей, незначительно.
6. Метки не должны мешать передвижению животных и делать их заметными для хищников.

6.5. Изучение влияния дорог на окружающую среду

Задание. 1. Обследуйте дороги (грунтовые, асфальтированные), условно ограничив территорию какими-либо рамками. Подсчитайте, какой процент площади занимают местные дороги. Подсчитайте, какой объем плодородного почвенного слоя изъят из биотического круговорота веществ, не улавливает солнечной энергии и не производит органического вещества.

2. Определите поток транспорта на самой напряженной и самой спокойной магистралях (количество машин за 1 ч и за 1 сут. в целом). Сделайте отчет о выполнении задания, включающий составленный план местности, а также загруженность дорог в виде табл. 6.14, дайте характеристику растительных сообществ вблизи дорог и на расстоянии от них, а также процент площади, занятой дорогами, и объем почвы, изъятый из биотического круговорота веществ.

3. Сделайте вывод о степени влияния различных типов дорог на окружающую среду.

Таблица 6.14. Загруженность дороги в течение 1 ч

Тип дороги	Виды транспорта					Пешеходы	
	грузовые машины	легковые машины	микро-автобусы	мотоциклы	велосипеды		автобусы
Шоссе							
Грунтовая дорога							
Тропа							

6.6. Роль дождевых червей в формировании почвы

В почву лесов ежегодно может поступать до 70 кг/га азота только за счет естественной гибели дождевых червей и около 30 кг/га азота за счет их прижизненных выделений. Количество экскрементов дождевых червей за вегетационный период — 2,5–3,0 т/га. Верхний горизонт дерново-подзолистой почвы целины (после раскорчевки леса) может состоять сплошь из выбросов дождевых червей, а пахотный слой полей — иногда на 90 %.

Задание. Выберите 3 пробных участка в разных типах леса. На каждом из них рано утром заложите по 3 площадки размером 1x1 м, перекопайте почву глубиной на штык лопаты. Соберите всех дождевых червей, которые обитают на этой площади. Подсчитайте их количество и определите их общую массу на 1 м². После чего животных отпустите.

Можно использовать второй способ — экстрагирование. Для этого 5 см³ 4%-ного формальдегида добавляют к 50 см³ воды и этим раствором поливают 1 м² почвы.

После того как черви выползут, их собирают и сразу же обмывают водой, чтобы смыть формальдегид. Рассчитайте, какое количество дождевых червей приходится на 1 га каждого типа леса, луга и др.

Данные оформите в виде табл. 6.15. Сравните эти данные и установите причины различий. Обратите внимание на состав почв (комковатость, пористость), в которых обитает разное количество дождевых червей. Сделайте вывод о причине различий в составе почв. На основе таблицы составляется диаграмма биомассы червей на различных участках.

Таблица 6.15. Численность и биомасса дождевых червей

Под кострищем		Тропа на лугу		Лесная тропа		Почва осинника	
количество, экз./м ²	масса, г	количество, экз./м ²	масса, г	количество, экз./м ²	масса, г	количество, экз./м ²	масса, г

6.7. Оценка видового разнообразия по коэффициенту видовой фаунистической общности (коэффициент Жаккара)

Видовое разнообразие характеризуется видовым составом и соотношением числа видов. Мониторинг окружающей среды с учетом этих двух компонентов позволяет на конкретных примерах определить степень влияния антропогенных факторов на природные сообщества и основные тенденции развития биоценозов. Поскольку антропогенные факторы практически всегда приводят к уменьшению видового разнообразия, для его количественной оценки можно использовать коэффициент Жаккара, который вычисляется по формуле

$$C = \frac{q}{(a + b) - q},$$

где q — число общих видов на сравниваемых участках; a — число видов на участке A ; b — число видов на участке B .

Пример: обследуется территория городского парка. В смешанном лесу (контроль — ненарушенное сообщество) встречаются: крапивник, зарянка, пищуха, пеноч-

ка-теньковка, мухоловка, королек, славка-черноголовка, иволга, зяблик, черный дрозд, дрозд-рябинник, певчий дрозд, дятел, рябчик. Всего 14 видов. На территории парка были отмечены: славка садовая, зяблик, дрозд-рябинник, певчий дрозд, дятел, овсянка обыкновенная, скворец, большая синица. Всего 8 видов. Число общих для обоих участков видов — 4 (зяблик, дрозд-рябинник, певчий дрозд, дятел). Отсюда коэффициент Жаккара

$$C = 4 / (14 + 8) - 4 = 4/18 \approx 0,22.$$

Полученные данные сравниваются с табл. 6.16.

Таблица 6.16. Определение степени общности видового разнообразия

Степень общности	Коэффициент Жаккара
Нет соответствия	< 0,2
Малое соответствие	0,2–0,65
Большое соответствие	0,65
Полное соответствие	1

Очевидно, что соответствие очень незначительно, следовательно, урбанизация территории привела к значительному уменьшению видового разнообразия. Причины: выбросы в атмосферу газо-дымовых загрязнений промышленными предприятиями, исчезновение мест для гнездований, нарушение кормовых участков, шумовое загрязнение, частое посещение территории людьми и т. д.

Оборудование: бинокль, определитель птиц.

Ход работы. 1. Выберите участок леса (парка) вблизи населенного пункта. Определите, какому типичному биоценозу он наиболее соответствует. Запишите число видов, обитающих в нем (контроль).

2. Составьте перечень видов птиц на другом участке (опыт).

3. Рассчитайте коэффициент Жаккара, используя данные табл. 6.16, установите степень видовой общности сообществ. Сделайте возможные выводы о причинах изменения видового разнообразия.

4. Сравните полученные данные видового разнообразия птиц с контрольными (табл. 6.17).

Таблица 6.17. Примерный видовой состав лесных птиц

Местообитание	Примерное количество видов в ненарушенном сообществе
Старый смешанный лес	14-18
Еловый лес	10-12
Лиственный лес	20-25
Опушка, вырубка, кустарник	13-15
Сосновый лес	12-13

Дополнительная информация:

1) старый смешанный лес (ель, береза, осина): крапивник, зарянка, пищуха, мухоловка малая, пеночка-теньковка, сойка, ворон, ястреб-тетеревятник, рябчик, дятел малый пестрый, дятел большой пестрый, желна, королек, славка-черноголовка, иволга, зяблик, черный дрозд, дрозд-рябинник;

2) еловый лес: ворон, сойка, клест, чиж, пищуха, королек, пеночка-теньковка, рябчик, сова-сплюшка, ястреб-тетеревятник, ястреб-перепелятник;

3) лиственный лес: иволга, зяблик, поползень, большая синица, славка садовая, славка-черноголовка, пеночка-трещотка, пеночка-весничка, пеночка-пересмешка, дрозд черный, горихвостка, мухоловка-пеструшка, мухоловка серая, мухоловка малая, зарянка, дрозд певчий, соловей, дятлы (2-3 вида), иволга, скворец, щегол, коноплянка, горихвостка;

4) сосновый лес: зяблик, лесной конек, синица хохлатая, гаичка-пухляк, горихвостка, мухоловка-пеструшка, мухоловка серая, дрозд-дезяба, дрозд певчий, козодой, дятлы (2 вида), сойка;

5) опушка, вырубка, кустарник: овсянка, конек лесной, крапивник, славка садовая, славка серая, славка-мельничек, чечевица, пеночка-весничка, горихвостка, сорокопуд-жулан, соловей.

6.8. Определение заселенности леса рыжими муравьями

Средним по размеру считается муравейник высотой 0,5-0,75 м. В любое время года в гнезде муравейника находится несколько десятков маток и несколько десятков тысяч рабочих муравьев. Жизнь муравьев

связана с деревьями, на которых они находят насекомых для питания и тлей, сахаристые выделения которых также используются ими для питания. От каждого гнезда к деревьям идут муравьиные тропы, длина которых 10-20 м.

Средняя по своим размерам семья муравьев истребляет в сутки более 10 тыс. насекомых. Кроме того, муравьи поедают трупы животных. Для смешанных лесов за норму принято наличие 160 муравьиных семей на 1 км² (1,6 муравейника на 1 га).

Оборудование: Две рейки длиной 0,5 м с делениями через 5 см, компас, рулетка.

Ход работы. 1. Определите размер муравейника по высоте и диаметру его купола. Рассмотрите и опишите строительный материал гнезда.

2. Опишите местоположение муравейника: укажите характер леса (хвойный, лиственный и т.д.); назовите основные виды деревьев, кустарников, трав, встречающихся у муравьиных троп.

3. Найдите муравьиные тропы и обозначьте их на плане местности, там же отметьте деревья, к которым они идут. Направление троп определите по компасу; длину троп измерьте рулеткой.

4. На каждой тропе (на расстоянии 1,5 м от гнезда) в течение 15 мин отлавливайте всех возвращающихся муравьев и приблизительно определите видовой состав добычи. Наблюдения проводите утром, днем и вечером. Данные занесите в табл. 6.18.

Таблица 6.18. Примерный видовой состав добычи муравьев

№ тропы	Длина тропы, м	Направление	Основной вид добычи	Растение, к которому ведет тропа

5. Сделайте расчет количества животных, истребляемых муравьиной семьей в течение суток, месяца, сезона.

6. Сделайте учет количества муравьиных гнезд на обследуемой территории. Достаточно ли муравьиного населения? Каково действие антропогенного фактора на численность муравьев?

6.9. Изучение всходов и подроста ели и березы в смешанном лесу

Всходы ели появляются в большом количестве под кронами взрослых деревьев. Толстый слой мха препятствует появлению массовых всходов. Под кронами елей всходы быстро погибают из-за недостатка света. Под пологом лиственного леса молодые елочки защищены от прямых солнечных лучей и заморозков. На открытом пространстве прирост ели угнетается травами. Поэтому на вырубках, лугах сначала вырастает березовый лес, который создает благоприятные условия для подроста ели. Ель во взрослом состоянии угнетает березу и вызывает ее гибель.

Оборудование: мерный шнур.

Ход работы. 1. Выберите несколько (3–5) опытных площадок размером 10x10 см.

Площадка № 1 – под пологом ели с хорошо выраженным моховым покрытием без зеленых травянистых растений. На выбранной площадке должно быть большое количество всходов ели и лиственных пород.

Площадка № 2 – между деревьями на толстом моховом покрове.

Площадка № 3 – на поляне или опушке.

Площадка № 4 – на обочине дороги.

Результаты наблюдений оформляются в виде табл. 6.19.

Таблица 6.19. Изучение всходов и подроста лиственных пород деревьев и ели

Условия произрастания	Всходы (подрост) ели			Всходы (подрост) лиственных пород		
	100 см ²	1 м ²	10 м ²	100 см ²	1 м ²	10 м ²
Под кронами деревьев						
На слое мха						
На поляне						
На обочине						

Задание. Сделайте вывод о влиянии условий на прорастание семян и развитие подроста ели и лиственных пород.

6.10. Биоэкология видов

Выберите на обследуемой территории два природных объекта (животное и растение). Составьте их подробную экологическую характеристику, выполнив следующие задания.

1. Укажите систематическое положение. Составьте словесный портрет (размер, окраска, общий вид, характер поведения, питание, следы, половой диморфизм и т.д.).

2. Опишите местообитание (гнездо, нора – место расположения, материал, из которого сделано гнездо, растительность, почва, следы человеческой деятельности, рельеф местности и др.).

3. Охарактеризуйте приспособленность к среде обитания:

- а) к передвижению;
- б) к питанию;
- в) к защите;
- г) к размножению.

4. Опишите ареал, составьте его картографическую схему. Оцените плотность популяций исследуемых видов на ближайшей территории.

5. Составьте схему связей с абиотическими и биотическими факторами среды.

6. Составьте всевозможные цепи питания с участием изучаемых объектов.

7. Оцените роль изучаемых объектов в природном сообществе.

6.11. Влияние антропогенных факторов на видовой состав луговой растительности

При использовании лугов для сенокосов и пастбищ происходит изменение их флористического состава. Вместо лесных, луговых видов растений появляются синантропные. К ним относятся: горец птичий, ромашка непахучая, пастушья сумка, одуванчик лекарственный, кульбаба осенняя, подорожник большой, подорожник средний, мятлик однолетний, гусиная лапка. Влияние антропогенных факторов сказывается на составе и плотности почвы. На уплотненной почве выживают растения с розеточным расположением листьев. На таких лугах полностью отсутствует ярус мхов. Различают 4 уровня изме-

нений видového состава растительности луга, вызванных антропогенными факторами.

1. Луга, сравнительно недавно сформировавшиеся на месте лесов: травостой образован многолетними (92–97%), разнотравье представлено 49–53 видами, бобовые и злаковые – 6–10 видами, присутствуют также лесные виды, лугово-лесные, болотно-луговые. Синантропных видов – 6–7.

2. Луга после длительного сенокосного использования: увеличивается плотность почвы и количество злаков. Нет таких лесных видов, как купырь лесной, медуница. Присутствуют лесные и лугово-лесные растения (живичка, буквица, сныть, подмаренник), появляются синантропные виды (кульбаба осенняя, гусятая лапка, манжетка).

3. Пастбище на месте сенокосного луга: уменьшается доля лесных видов, остаются более устойчивые: фиалка собачья, горошек заборный, вероника дубравная. Господствующее положение занимают растения с укореняющимися надземными побегами: клевер ползучий, лапчатка гусятая. Флористический состав упрощается до 24–38 видов.

4. Пастбище после длительного использования для выпаса скота: в травостое выделяются 2 группы – луговые растения (44%) и сорные (55%). Все виды синантропные (спорыш, ромашка непахучая, пастушья сумка, одуванчик, кульбаба осенняя, лапчатка гусятая, подорожник).

Каждое луговое сообщество может быть названо по доминирующим видам. Луга 1-го уровня могут быть купальниково-манжетковыми, купальниково-бодяковыми, гераниево-снытиевыми. Моховой покров занимает 30–40%. Соотношение общего количества видов к количеству синантропных составляет 8–11%. Общее количество видов – около 70%.

Луга 2-го уровня могут быть лугово-овсяниково-манжетковыми или манжетко-лугово-овсяниковыми. Соотношение общего числа видов к количеству синантропных составляет 15–20%. Моховой покров занимает 10–20% почвы.

На 3-м уровне могут быть сообщества манжетково-тминные или лугово-мятликово-ползучеклеверовые. Количество видов сокращается до 25–35. Моховой покров полностью отсутствует.

Сообщества 4-го уровня имеют сильно уплотненные почвы без мохового покрова. Число видов незначительно. Луга 2-го уровня можно использовать в качестве эталонных участков.

Оборудование: шнур мерный, определитель растений.

Ход работы. 1. Выпишите названия растений, которые преобладают в данном луговом сообществе.

2. Исследуйте изучаемое сообщество и дайте ему название.

3. Заложите 5 пробных площадок размером 10x10 м и составьте их описание путем заполнения табл. 6.20; 6.21.

Таблица 6.20. Виды растений в сообществе

Разнотравье	Злаки	Бобовые	Мхи	Синантропные виды
Средние данные				

Таблица 6.21. Синантропные виды луга

Всего в сообществе	Синантропные виды	Процент синантропных видов
Средние данные		

6.12. Изучение диатомовых водорослей как индикаторов кислотности пресных вод

Отдел диатомовые водоросли объединяет микроскопические одноклеточные и одиночные колониальные формы, имеющие покров в виде кремнеземного панциря. В створках панциря некоторых диатомей отмечены одна-две слизевые поры, через которые выделяется слизь,

служащая для прикрепления водорослей к субстрату и образованию колоний в виде цепочек, лент, звездочек, кустиков и др. Кроме того, в створках имеются мелкие (ареолы) и крупные (камеры) отверстия, через которые клетка общается с внешней средой. У большинства диатомовых водорослей на внешней и внутренней поверхностях створок отмечены различные выросты, выпуклости, шипы, бороздки, ребра, щетинки и др.

Мертвые клетки диатомей обесцвечиваются или становятся зелеными, поскольку бурые пигменты быстро растворяются в воде, а зеленые сохраняются дольше.

В основу систематики диатомовых положены морфология панциря и, прежде всего, характер расположения структурных элементов (ареолы, альвеолы) на створках.

Класс **Центрические** (*Centrophyceae*) диатомей объединяет одноклеточные или колониальные формы, у которых клетки имеют радиальную симметрию, содержат многочисленные хроматофоры в виде дисков, зерен или мелких пластинок. Характерной особенностью является отсутствие активной подвижности (панцирь без шва).

В классе 5 порядков, различающихся главным образом формой панциря и очертаниями створок.

Порядок Косцинодисковые (*Coscinodiscales*). У представителей порядка клетки одиночные или соединены в нитевидные колонии. Панцирь линзовидный, эллипсоидный, шаровидный или цилиндрический. Створки круглые, иногда со вставочными ободками. Структура стенки створок представлена ареолами и ребрами, а также различного рода выростами. Порядок включает 4 семейства и много родов.

У рода *мелозира* (*Melosira*) клетки соединены створками с помощью слизи или шипами в плотные нитевидные колонии (рис. 6.6). Панцирь цилиндрический, бочонковидный, реже эллипсоидный или почти шаровидный. Диск створки плоский или выпуклый, иногда по краю с тонкой кольцевой пластинкой (киль). Многие виды на загибе створки имеют кольцевую бороздку. Хроматофоры многочисленные, пластинчатые.

Известно около 100 видов, распространенных в планктоне и бентосе пресных, солоноватых и морских водоемов. В Беларуси их 16. Чаще других встречаются зернистая (*M. granulata*), изменчивая (*M. varians*), исландская (*M. islandica*), итальянская (*M. italica*) и др.

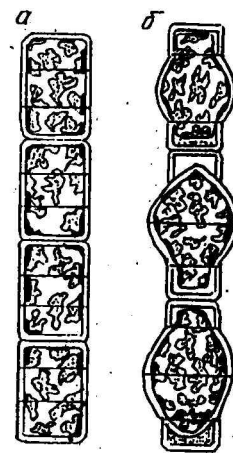


Рис. 6.6. Род мелозира:
а — нить с пояска; б — с ауко-спорами

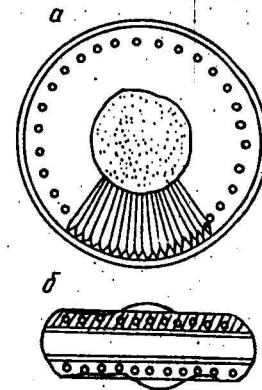


Рис 6.7. Род циклотелла:
а — вид со створки; б — с пояска

У рода *циклотелла* (*Cyclotella*) клетки одиночные, реже соединенные в нитевидные колонии. Панцирь дисковидный. Створки круглые, тангентально-, радиально- или концентрически-волнистые. Краевая зона имеет радиально-простые или сложные штрихи, которые разделены ребрами. Хроматофоры многочисленные, пластинчатые, примыкают к створкам (рис. 6.7).

Известно около 40 видов, распространенных преимущественно в планктоне пресных, реже солоноватых водоемов, очень редко в морях. Наиболее часто встречаются циклотелла Кютцинга (*C. kuetzingiana*), глазковая (*C. ocellata*), украшенная (*C. comta*), Менегини (*C. meneghiniana*), баденская (*C. bodanica*) и др.

Класс **Перистые, или Пеннатные** (*Pennatophyceae*), диатомей включает одноклеточные и колониальные формы. Клетки линейные или ланцетовидные, реже эллипсоидные или округлые, с двусторонней симметрией (через их створки можно провести одну-две плоскости симметрии), часто со вставочными ободками и септами. Встречаются и асимметричные панцири. Створки обычно имеют штриховатую, ребристую или другую структуру. У большинства видов вдоль середины осевого поля расположен щелевидный шов. Отсутствие или наличие швов

является критерием для выделения порядков – бес-, одно-, двух- и каналшовные.

Порядок Бесшовные (Araphales). Он объединяет одиночные и колониальные водоросли, в створках панциря которых отсутствует щелевидный шов. В порядке 2 семейства (фрагиляриевые и табелляриевые) и около 30 родов.

Род фрагилярия (Fragilaria) одноименного семейства объединяет виды, образующие длинные лентовидные колонии, соединяясь слизью или шипиками, расположенными по краю створки. Панцирь с пояска удлиненно-четырехугольный или линейный. Створки могут быть от узколинейных до ланцетных, часто расширенных посередине, с поперечными штрихами, иногда волнистые (рис. 6.8, а).

Известно около 100 видов. В Беларуси их 23. Наиболее часто встречаются фрагилярия кротонская (*F. crotonensis*), короткоштриховая (*F. brevistriata*), капушонозная (*F. capucina*), вздутая (*F. inflata*), средняя (*F. intermedia*) и др.

Род астерионелла (Asterionella) включает виды, образующие колонии в виде изящной звездочки. Каждая клетка представляет собой тонкую палочку со слегка расширенными концами (рис. 6.8, б).

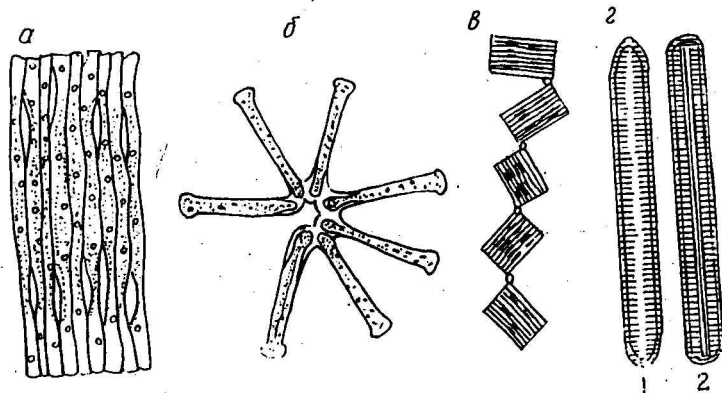


Рис. 6.8. Общий вид колоний диатомовых водорослей:
а – фрагилярия; б – астерионелла; в – табеллярия; г – синедра; 1 – панцирь со створки; 2 – панцирь с пояска

Встречается преимущественно в планктоне морей. В пресноводных водоемах известны астерионелла складная (*A. formosa*) и грациозная (*A. gracillima*), распространенные в Беларуси и других странах Европы и Северной Америки.

У рода табеллярия (*Tabellaria*) одноименного семейства клетки соединены в ленто- или зигзаговидные цепочки (рис. 6.8, в). Панцирь со стороны пояска прямоугольный, со вставочными ободками и септами.

Известен 21 вид табеллярий, распространенных в основном в пресных, реже солоноватых водах. Наиболее часто встречается табеллярия продырявленная (*T. fenestrata*).

Род синедра (Synedra) содержит виды, клетки которых живут одиночно или соединены в пучковидные колонии (рис. 6.8, г). Панцирь с пояска прямой, палочковидный, со створки – от линейного до ланцетного, на концах часто суженный, с поперечными штрихами.

Известно более 100 видов, около 10 в Беларуси. Наиболее распространены синедра игольчатая (*S. acus*), головчатая (*S. capitata*), локтевая (*S. ulna*). Названные виды встречаются в пресных водоемах.

Порядок Одношовные (Monographales). Он включает виды, у которых на нижней стороне створки имеется шов, расположенный по ее продольной оси, а верхняя створка без шва, но с продольным гладким осевым полем. Обе створки с поперечными ребрами, чередующимися с поперечными рядами ареол.

Клетки обычно одиночные, прикрепляющиеся к субстрату нижней створкой или студенистыми ножками, реже они собраны в лентовидные колонии. Порядок содержит одно семейство ахнантовых и 5 родов, как ископаемых, так и современных.

Род кокконеис (Cocconeis) объединяет виды, клетки которых имеют эллипсоидную форму и прикрепляются к субстрату всей плоскостью нижней створки, снабжены швом (рис. 6.9). Створки с поперечными штрихами.

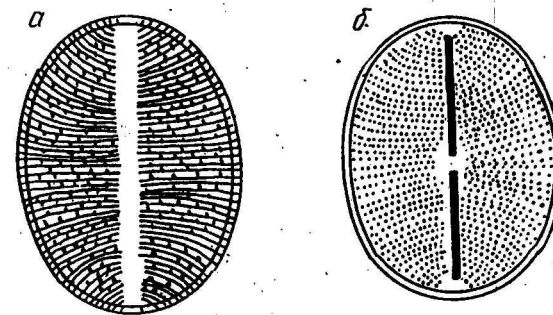


Рис. 6.9. Род кокконеис:
а – верхняя створка; б – нижняя створка

Известно около 100 видов, распространенных в пресных, морских и солоноватых водоемах, часть из них — ископаемые. Преимущественно эпифиты в обрастаниях на водорослях и высших водных растениях. В Беларуси 5 видов и 7 разновидностей. Встречаются кокконеис блиновидный (*C. placentula*), дисковатый (*C. disculus*), тюменский (*C. thumensis*), Скворцова (*C. skvortzowii*).

Порядок Двухшовные (*Diraphales*). Он объединяет водоросли, у которых панцирь имеет простой или сложный шов на обеих створках. Створки в очертаниях линейные, эллипсоидные, изредка изогнутые S-образно. Структура стенки обеих створок одинаковая, представлена штрихами и ребрами или ареолами, расположенными поперечными рядами. Представители порядка живут большей частью одиночно, реже колониями в виде ленты или кустиков.

Этот обширный порядок разделен на 3 семейства, центральным из которых является семейство навикуловых.

Род пиннулярия (*Pinnularia*) включает одноклеточные подвижные виды. Клетки симметричные, одиночные, реже соединены в ленты, прямоугольные с пояска и линейно-эллипсоидные и ланцетные со створки. Концы створок тупые, округлые, вытянутые, клювовидные или головчатые.

У мелких форм ребра очень тонкие, гладкие, похожи на штрихи. Шов простой, нитевидный или двухконтурный, цельный, прямой или изогнутый с хорошо развитыми центральным и концевыми узлами в виде светлых кружков. Два пластинчатых хроматофора расположены вдоль поясковых сторон клетки (рис. 6.10).

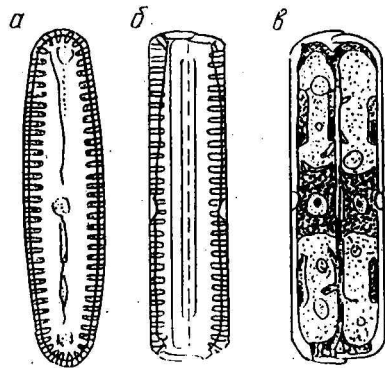


Рис. 6.10. Род пиннулярия: а — панцирь со створки; б — с пояска; в — деление пиннулярии;

Известно около 200 видов (часть видов ископаемые), распространенных преимущественно в прибрежной зоне и на дне пресных, реже солоноватых и морских водоемов. В Беларуси 31 вид с разновидностями и формами. Широко распространены пиннулярия большая (*P. major*), зеленая (*P. viridis*), горбатая (*P. gibba*), перетянутая (*P. mesolepta*) и др.

У рода навикула (*Navicula*) (рис. 6.11) клетки одиночные, реже собраны в лентовидные или кустистые колонии; прямоугольные с пояска и лодочковидные, эллипсоидные, ланцетовидные или линейные со створки, с острыми, суженными, закругленными концами.

Известно около 1000 видов, в Беларуси их 84. Наиболее распространенными в водоемах разного типа являются навикула брюшная (*N. gastrum*), венгерская (*N. hungarica*), грациозная (*N. gracilis*), ланцетная (*N. lanceolata*), продолговатая (*N. oblonga*), светло-зеленая (*N. viridula*) и др.

Порядок Каналовшовные (*Aulonographales*). Он объединяет виды, у которых панцирь в киле- или крыловидном выросте створки имеет каналовидный шов. Это в основном одиночные, подвижные, реже сидячие, неподвижные клетки, очень редко соединенные в лентовидные колонии. Структура обеих створок одинаковая, представлена ареолами, штрихами, ребрами и другими элементами, расположенными поперечными рядами.

Порядок включает 3 семейства, 14 родов и несколько сотен повсеместно распространенных видов.

У рода нитцшия (*Nitzschia*) клетки одиночные, изредка соединенные в нитчатые или разветвленные колонии. Створки линейные, реже ланцетные или эллипсоидные. Киль по краю или ближе к оси створки. Килевые точки хорошо заметны. Поперечные штрихи гладкие или пунктирные, изредка в виде ребер (рис. 6.12).

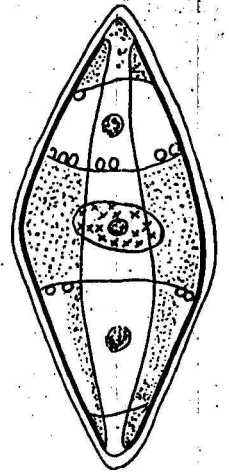


Рис. 6.11. Род навикула. Вид со створки



Рис. 6.12. Род нитцшия: клетка со створки

Известно около 600 видов. Встречаются преимущественно в бентосе литоральной части водоемов, реже в планктоне или почве. В Беларуси 39 видов с разновидностями. Повсеместно распространены нитцшия маленькая (*N. parvula*), тупая (*N. obtusa*), игловидная (*N. acicularis*), кластериевидная (*N. closterium*) и др.

Род бациллярия (*Bacillaria*) (рис. 6.13) объединяет виды со своеобразным движением клеток. У этих водорослей палочко- или веретеновидные клетки соединены створками в лентовидные колонии, в которых они движутся относительно друг друга, изменяя форму колонии. Киль центральный. Штрихи на створке пунктирные.

Известны 4 вида. Широко распространена в пресных водоемах бациллярия странная (*B. paradoxa*).

Задание. 1. Рассмотрите в пробе воды при малом увеличении микроскопа клетки диатомовых водорослей. Пользуясь данными по их систематике, определите наличие или отсутствие видов следующих родов: циклотелла (1), нитцшия (2), навикула (3), фрагиллярия (4), табеллярия (5) [26].

2. Согласно сведениям об устойчивости различных диатомовых водорослей по отношению к рН воды, а именно диатомовые водоросли родов 1, 2, 4 могут существовать при значениях рН 5,5–6,5; родов 3, 5 – при значениях рН 4,0–5,0, определите значение рН воды в исследуемых водоемах по наличию тех или иных родов диатомовых водорослей [2].

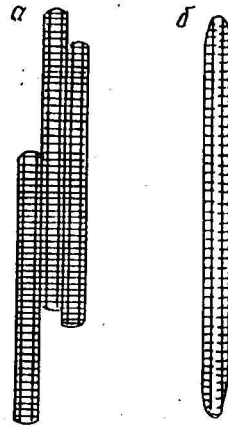


Рис. 6.13. Род бациллярия: а – колония; б – створка

3. Выявите видовое разнообразие и плотность популяций установленных видов (экз./л), пользуясь счетной камерой.

4. Определите доминирующие по численности виды в водоемах с различной кислотностью.

5. Сделайте вывод о влиянии концентрации ионов H^+ или OH^- в воде на видовое разнообразие и обилие диатомовых водорослей, если известно, что с повышением кислотности воды видовое разнообразие обычно снижается. Пределы устойчивости по отношению к рН у разных растений различны, но лишь немногие из них способны расти и размножаться при рН ниже 4,5.

6.13. Примерный перечень тем для курсовых и дипломных работ по экологии

1. Биоэкология широкопалого рака.
2. Лихеноиндикация загрязнения воздуха некоторых районов Беларуси.
3. Редкие и исчезающие чешуекрылые Белорусского Поозерья.
4. Биоиндикация загрязнения вод Западной Двины в окрестностях Витебска.
5. Членистоногие-деструкторы.
6. Экология нетопыря-карлика.
7. Трофические связи белки обыкновенной.
8. Характеристика местообитаний жесткокрылых.
9. Биоэкология росянки круглолистной на верховых болотах.
10. Трофические связи канюка обыкновенного.
11. Трофическая специализация насекомых наземных биоценозов.
12. Оценка размеров популяций насекомых луговых биоценозов.
13. Почвенные беспозвоночные лесных экосистем.
14. Трофическая специализация некоторых чешуекрылых.
15. Экология рыжей полевки.
16. Следы кормовой деятельности птиц.
17. Типы повреждений растений насекомыми.
18. Оценка видового разнообразия птиц лесных биоценозов.
19. Биоэкология сосны обыкновенной.
20. Трофические связи большого пестрого дятла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время акценты в экологической работе переместились с аутоэкологических исследований на изучение экосистем и даже экосферы, так как охрана отдельных редких, исчезающих или хозяйственно-ценных видов невозможна без сохранения биоценозов, составной частью которых они являются. Возрастает авторитет экологии и в проблемах, связанных с воздействием человека на природные комплексы, потому что только знания о строении и функционировании экосистем позволяют внести коррективы в ожидаемое воздействие того или иного проекта на окружающую среду.

Поэтому так важно овладеть методами экосистемного подхода к изучению сообществ. Экосистемный подход вскрывает функциональные связи живых организмов как между собой, так и с окружающей средой, выдвигая на первый план общность организации всех сообществ, независимо от местообитания и систематического положения входящих в них организмов. В этом методе находит отражение концепция саморегуляции, из которой становится понятным, что нарушение регуляторных механизмов, например в результате загрязнения среды, может привести к биологическому дисбалансу. Для понимания процессов саморегуляции и выявления признаков дисбаланса необходимо изучение количественных показателей потока энергии и круговорота вещества экосистемы.

Вот почему мы считаем применение экосистемного подхода к изучению сообществ на полевой практике по экологии актуальным и практически ценным.

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Предельно допустимые концентрации (ПДК) некоторых радионуклидов в воздухе и воде [40]

Радионуклид	Предельно допустимая концентрация, Ки/л			
	в воде открытых водоемов и источников водоснабжения	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	$1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-11}$	$31 \cdot 10^{-13}$	$1 \cdot 10^{-13}$
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 мг/л	0,02 мг/м ³	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$
Плутоний-239	$5 \cdot 10^{-11}$	$2 \cdot 10^{-15}$	$2 \cdot 10^{-16}$	$2 \cdot 10^{-17}$

2. ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест [1]

№ п/п	Вещество	ПДК, мг/м ³		
		максимальная разовая	среднесуточная	класс опасности
1	Оксид азота (IV)	0,085	0,085	2
2	Аммиак	0,2	0,2	4
3	Оксид серы (IV)	0,5	0,05	3
4	Оксид фосфора (V)	0,15	0,05	2
5	Анилин	0,05	0,03	2

Продолжение прил. 2

№ п/п	Вещество	ПДК, мг/м³		
		максимальная разовая	среднесуточная	класс опасности
6	Ацетон	0,35	0,35	4
7	Бензопирен	—	0,1 мкг 100 м³	1
8	Бензин (нефтяной)	5	1,5	4
9	Бензол	1,5	0,8	2
10	Взвешенные частицы	0,5	0,05	3
11	Хлороводород	0,2	0,2	2
12	Циановодород	—	0,01	2
13	“Карбофос”	0,015	—	2
14	“Хлорофос”	0,04	0,02	2
15	“Фреон-22”	100	10	4
16	Дихлорэтан	3	1	1
17	Азотная кислота	0,4	0,4	2
18	Серная кислота	0,3	0,1	2
19	Уксусная кислота	0,2	0,06	3
20	Кобальт (мет.)	—	0,001	1
21	Марганец и его соединения (в пересчете на MnO₂)	—	0,01	2
22	Мышьяк и его соединения (в пересчете на As)	—	0,003	2
23	Нафталин	0,003	0,003	4
24	Озон	0,16	0,03	1
25	Цемент-20	0,3	0,1	3
26	Ртуть (мет.)	—	0,0003	1
27	Сажа	0,15	0,05	3
28	Свинец и его соединения (в пересчете на Pb)	—	0,0003	1
29	Сероводород	0,008	0,008	2
30	Этанол	5	5	4
31	Стирол	0,003	0,003	3
32	Толуол	0,6	0,6	3
33	Оксид углерода (II)	3	1	4
34	Углерод четыреххлористый	4	2	2
35	Фенол	0,01	0,01	4
36	Хлор	0,1	0,03	2
37	Хром шестивалентный (в пересчете на CrO₃)	0,0015	0,0015	1
38	Этилен	3	3	3

3. ПДК и нормативы на загрязняющие вещества в воде [1]

№ п/п	Показатель	Норматив	
		вода водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения	питьевая вода (ГОСТ 2874-82)
1	pH (водородный показатель)	6,5–8,5	6,0–9,0
2	Окраска (цвет)	X/П не обнаруживается на столбике 20 см К/Б не обнаруживается на столбике 10 см	—
3	Мутность	—	1,5 по стандартной шкале, мг/л
4	Запах	Менее 2 баллов	2 балла (при 20 и 60 °С)
5	С/О (сухой остаток)	Менее 1000 мг/л	1000 мг/л
6	Окисляемость	X/П – 15 мгО/л К/В – 30 мгО/л	Не нормирована
7	Растворенный кислород	Воле 4 мг/л	—
8	Общая жесткость	До 7 мг-экв/л	7 мг-экв/л
9	Аммиак и ионы аммония	2 мг/л (по N) или 2,6 мг (по NH₄⁺)	2 мг/л (по N)
10	Нитриты	3,3 мг/л (по NO₂⁻) или 1 мг/л (по N)	—
11	Нитраты	45 мг/л (по NO₃⁻) или 10 мг/л (по N)	45,0
12	Хлориды	До 350 мг/л	350 мг/л
13	Сульфаты	До 500 мг/л	500 мг/л
14	Сероводород, сульфиды	Отсутствует	—
15	Мышьяк	0,05 мг/л	0,05 мг/л
16	Алюминий (остаточный)	0,5 мг/л	0,5 мг/л
17	Бериллий	0,0002 мг/л	0,0002 мг/л
18	Железо	0,3 мг/л	0,3 мг/л
19	Кадмий	0,001 мг/л	0,001 мг/л
20	Марганец	0,1 мг/л	0,1 мг/л
21	Медь	1 мг/л	1 мг/л
22	Никель	0,1 мг/л	0,1 мг/л
23	Свинец	0,03 мг/л	0,03 мг/л
24	Стронций (стабильный)	7 мг/л	7 мг/л
25	Хром (VI)	0,05 мг/л	0,05 мг/л
26	Хром (III)	0,5 мг/л	0,5 мг/л
27	Цинк	1 мг/л	5 мг/л
28	Бензопирен	0,000 005 мг/л	—
29	Метанол	3 мг/л	—

№ п/п	Показатель	Норматив	
		вода водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения	питьевая вода (ГОСТ 2874-82)
30	Нефтепродукты:		
31	а) многосернистая нефть	0,1 мг/л	—
32	б) для прочих видов нефти	0,3 мг/л	—
33	в) для бензина	0,1 мг/л	—
34	г) для керосина окисленного, технического	0,01 мг/л	—
35	Большинство ПАВ	0,5 мг/л	—
37	Фенолы	X/П — 0,001 мг/л	—
	Полиакриламид (остаточный)	—	2,0 мг/л
	Полифосфаты (PO ₄ ³⁻)	—	3,5 мг/л
	Остаточный хлор:		
	свободный	—	0,3–0,5 мг/л
	связанный	—	0,8–1,2 мг/л
	Молибден	—	0,25 мг/л
	Фтор	—	0,7–1,2–1,5 мг/л (для IV–III–I, II климатических районов)

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев С.В., Беккер А.М. Изучаем экологию экспериментально. СПб., 1993.
2. Бигон М. и др. Экология. Особи, популяции, сообщество. М., 1989.
3. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем/ Под ред. Р.Шуберта. М., 1998.
4. Биопродуктивность озер Белоруссии: Сб. статей. Мн., 1971.
5. Бойко А.В. и др. Эколого-фитоценологические исследования лесной растительности Налибокской пущи. Мн., 1983.
6. Бухвалов В.А. и др. Методы экологических исследований. М., 1995.
7. Воронин Ф.И. Фауна Белоруссии и охрана природы. Мн., 1967.
8. География и экология наземных позвоночных: Сб. статей. Владимир, 1972. Вып. 1.
9. Горяченко М.В. и др. Грибы СССР. М., 1980.
10. Грин Н. и др. Биология: В 3 т. М., 1990. Т. 1, 2.
11. Гурский Б.Н. и др. Полевые практики по географическим дисциплинам и геологии. Мн., 1989.
12. Денисова С.И. Руководство к летней полевой практике по экологии. Витебск, 1994.
13. Дорогань Л.В., Филиппов В.П. Экологический практикум. Воронеж, 1994.
14. Дудка И.А., Вассер С.П. Грибы. Киев, 1987.
15. Жадин В.И. Методы гидробиологического исследования. М., 1960.
16. Жадин В.И. Реки, озера и водохранилища СССР, их фауна и флора. М., 1961.
17. Жизнь пресных вод СССР/ Под ред. Е.М.Павловского, В.И.Жадина. М.-Л., 1959. Т. 4. Ч. 2.
18. Захлебный А.М. На экологической тропе. М., 1986.
19. Захлебный А.М., Суравегина И.Т. Экологическое образование школьников во внеклассной работе. М., 1984.

20. Камелев А.Г. Биологические ресурсы рек Мокши и Суры. Саратов, 1987.
21. Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоемов. М., 1969.
22. Кокин К.А. Экология высших водных растений. М., 1982.
23. Константинов А.С. Общая гидробиология. М., 1986.
24. Конюшко В.С., Кузьменко В.Я., Лешко А.А. Самостоятельная работа по общей биологии. Мн., 1991. Ч. 3, 4.
25. Конюшко В.С., Кузьменко В.Я. Самостоятельная работа по общей биологии. Мн., 1989. Ч.2.
26. Лемеза Н.А., Шуканов А.С. Малый практикум по низшим растениям. Мн., 1994.
27. Методика изучения биоценозов внутренних водоемов: Сб. статей. М., 1975.
28. Морской и пресноводный планктон // Труды зоолог. ин-та. Л., 1987. Т. 172.
29. Николаев С.Г. и др. Метод биологического анализа уровня загрязнения малых рек Тульской области. М., 1992.
30. Одум Ю. Основы экологии. М., 1975.
31. Определение пола и возраста воробьиных птиц фауны СССР: Справ. / Н.В.Виноградова, В.П.Дольник, В.Д.Ефремов, В.А.Павский. М., 1976.
32. Пикулик М.М. Земноводные Белоруссии. Мн., 1985.
33. Пикулик М.М. и др. Пресмыкающиеся Белоруссии. Мн., 1988.
34. Продукционно-биологические исследования экосистем пресных вод: Сб. статей. Мн., 1973.
35. Радкевич В.А. Экология. Мн., 1987.
36. Распопов И.М. Высшая водная растительность больших озер Северо-Запада СССР. Л., 1985.
37. Ратобильский Н.С., Ляровский П.А. Землеведение и краеведение. Мн., 1987.
38. Риклефс Р. Основы общей экологии. М., 1979.
39. Сытник К.М. и др. Биосфера. Экология, охрана природы. Киев, 1987.
40. Тарарина Л.Ф. Экологический практикум для студентов и школьников. М., 1997.
41. Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. М., 1961.
42. Фауна и биология пресноводных организмов: Сб. статей. Л., 1987.
43. Чернова Н.М. Лабораторный практикум по экологии. М., 1986.
44. Шалапенко Е.С., Запольская Т.И. Руководство к летней учебной практике по зоологии беспозвоночных. Мн., 1988.
45. Якушко О.Ф. и др. Озера Белоруссии. Мн., 1988.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Абиотические факторы наземной экосистемы, их описание и анализ	5
1.1. Описание рельефа местности, выбор маршрута и точек наблюдения	5
1.2. Маршрутные климатические наблюдения	9
1.3. Изучение состава и свойств почвы	15
Глава 2. Анализ биотических факторов наземной экосистемы ..	19
2.1. Определение численности и биомассы растений	19
2.2. Определение численности и биомассы животных почвы	23
2.3. Изучение численности и биомассы животных наземных ярусов	25
2.4. Изучение численности и биомассы грибов-сапротрофов	31
Глава 3. Анализ абиотических факторов водной экосистемы	32
3.1. Отбор и консервация проб воды	32
3.2. Определение показателей качества воды	33
3.3. Кислотность воды	35
3.4. Определение кислорода, растворенного в воде, по методу Винклера	37
3.5. Определение нитритов, хлоридов, сульфатов	38
3.6. Сероводород и сульфиды	40
3.7. Калий, натрий, кальций и барий	41
3.8. Свинец, цинк	42
3.9. Нефтепродукты, масла и жиры	44
3.10. Соленость воды	45
Глава 4. Организмы водной экосистемы, их сбор и изучение ..	47
4.1. Изучение планктонных организмов	47
4.2. Нектон	53
4.3. Перифитон	58
4.4. Учет бентоса	54

Глава 5. Экологическая оценка структуры и функционирования экосистем (Камеральная обработка собранного материала)	80
5.1. Оценка физико-химических свойств экосистем	80
5.2. Оценка состояния видовой структуры сообществ	80
5.3. Трофическая структура экосистем	80
5.4. Пространственная структура экосистем	80
5.5. Итоговый отчет	80
Глава 6. Учебно-исследовательская работа студентов экологической практике	80
6.1. Оформление результатов исследований	80
6.2. Биоиндикация загрязнений наземных и водных экосистем	80
6.3. Изучение степени запыленности воздуха и его загрязнения микроорганизмами	80
6.4. Оценка размеров популяций	80
6.5. Изучение влияния дорог на окружающую среду	80
6.6. Роль дождевых червей в формировании почвы	80
6.7. Оценка видового разнообразия по коэффициенту видовой фаунистической общности (коэффициент Жаккара)	80
6.8. Определение заселенности леса рыжими муравьями	80
6.9. Изучение всходов и подроста ели и березы в смешанном лесу	80
6.10. Биоэкология видов	80
6.11. Влияние антропогенных факторов на видовой состав луговой растительности	80
6.12. Изучение диатомовых водорослей как индикаторов кислотности пресных вод	80
6.13. Примерный перечень тем для курсовых и дипломных работ по экологии	80
Заключение	80
Приложения	80
1. Предельно допустимые концентрации (ПДК) некоторых радионуклидов в воздухе и воде	80
2. ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест	80
3. ПДК и нормативы на загрязняющие вещества в воде	80
Литература	80