

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Методы биоиндикации

*/Учебно-методическое пособие
по курсу «Методы биоиндикации» /*

Казань – 2011

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Методы биоиндикации

*/Учебно-методическое пособие
по курсу «Методы биоиндикации» /*

Казань – 2011

УДК 57.017

*Печатается по решению Редакционно-издательского совета
ФГАОУВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»*

*учебно-методической комиссии института экологии и географии
Протокол № 8 от 6 июня 2011 г.*

*заседания кафедры прикладной экологии
Протокол № 13 от 5 мая 2011 г.*

Авторы-составители

доктор биол. наук, проф. М.Н. Мукминов
канд. вет. наук, с.н.с. Э.А. Шуралев

Рецензент

доктор биол. наук, доц. КФУ Н.Ю. Степанова

Методы биоиндикации: учебно-методическое пособие / М.Н. Мукминов, Э.А. Шуралев. – Казань: Казанский университет, 2011. – 48с.

Учебно-методическое пособие предназначено для организации и проведения лабораторных работ по курсу «Методы биоиндикации» для студентов, обучающихся по специальности экология и по направлению «Экология и природопользование». Пособие составлено с учетом современных требований к лабораторным работам высших учебных заведений.

© Казанский университет, 2011

© Мукминов М.Н., Шуралев Э.А., 2011

Содержание

Введение	4
Лабораторная работа №1. Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха с помощью лишайников	6
Лабораторная работа №2. Сосна в качестве тест-объекта в радио- и обще-экологических исследованиях	9
Лабораторная работа №3. Флуктуирующая асимметрия древесных и травянистых форм растений как тест-система оценки качества среды	13
Лабораторная работа №4. Использование флуктуирующей асимметрии животных для оценки качества среды	17
Лабораторная работа №5. Определение общего микробного числа в водоеме	20
Лабораторная работа №6. Биологический контроль водоема методами сапробности	22
Лабораторная работа №7. Биологический анализ активного ила	27
Лабораторная работа №8. Оценка трофических свойств водоема с использованием высших растений	30
Лабораторная работа №9. Определение качества воды в пресноводном водоеме по видовому разнообразию макрофитов	33
Лабораторная работа №10. Определение качества воды в пресноводном водоеме по видовому разнообразию зообентоса	36
Лабораторная работа №11. Характеристика качества почвы с помощью растений-индикаторов	40
Лабораторная работа №12. Лихеноиндикация рекреационной нагрузки на пригородные биоценозы	43
Список литературы	47

ВВЕДЕНИЕ

Данные учебно-методическое пособие, предназначенное для студентов ВУЗов, обучающихся по специальностям Экология и Природопользование, содержат описание 12 лабораторных работ по методам биоиндикации окружающей среды, которые приведены в форме, доступной для воспроизведения их студентами на практических занятиях. Лабораторные работы сопровождаются рисунками, справочным материалом и рабочими таблицами. В конце прилагается список литературы по методам биологического контроля окружающей среды, рекомендуемый при проведении лабораторных работ.

Часто задают вопрос: «Почему для оценки качества среды приходится использовать живые объекты, когда это проще делать физико-химическими методами?». Существуют, по крайней мере, три случая, когда биоиндикация становится незаменимой.

1. *Фактор не может быть измерен.* Это особенно характерно для попыток реконструкции климата прошлых эпох. Так, анализ пыльцы растений в Северной Америке за длительный период показал смену теплого влажного климата сухим прохладным и далее замену лесных сообществ на травяные. В другом случае остатки диатомовых водорослей (соотношение ацидофильных и базофильных видов) позволили утверждать, что в прошлом вода в озерах Швеции имела кислую реакцию по вполне естественным причинам.

2. *Фактор трудно измерить.* Некоторые пестициды так быстро разлагаются, что не позволяют выявить их исходную концентрацию в почве. Например, инсектицид дельтаметрин активен лишь несколько часов после его распыления, в то время как его действие на фауну (жуков и пауков) прослеживается в течение нескольких недель.

3. *Фактор легко измерить, но трудно интерпретировать.* Данные о концентрации в окружающей среде различных поллютантов (если их концентрация не предельно высока) не содержат ответа на вопрос, насколько ситуация опасна для живой природы. Показатели предельно допустимой концентрации (ПДК) различных веществ разработаны лишь для человека. Однако, очевидно, эти показатели не могут быть распространены на другие живые существа. Есть более чувствительные виды, и они могут оказаться ключевыми для поддержания экосистем. С точки зрения охраны природы, важнее получить ответ на вопрос, к каким последствиям приведет та или иная концентрация загрязнителя в среде. Эту задачу и решает биоиндикация, позволяя оценить биологические последствия антропогенного изменения среды. Физические и химические методы дают качественные и количественные характе-

ристики фактора, но лишь косвенно судят о его биологическом действии. Биоиндикация, наоборот, позволяет получить информацию о биологических последствиях изменения среды и сделать лишь косвенные выводы об особенностях самого фактора. Таким образом, при оценке состояния среды желательно сочетать физико-химические методы с биологическими.

Актуальность биоиндикации обусловлена также простотой, скоростью и дешевизной определения качества среды. Например, при засолении почвы в городе листья липы по краям желтеют еще до наступления осени. Выявить такие участки можно, просто осматривая деревья. В таких случаях биоиндикация позволяет быстро обнаружить наиболее загрязненные местообитания.

Применение в эпидемиологии и санитарии. Оценка угрозы инфекционных заболеваний достигается при мониторинге загрязнения водоемов сточными водами. Именно канализационные стоки могут содержать патогенные микроорганизмы – основной источник инфекций, передаваемых через воду. Поскольку патогенных микроорганизмов много, каждый выявлять трудоемко и нецелесообразно, разработан тест на кишечную палочку (*Escherichia coli*). Эта бактерия обитает в огромных количествах в толстой кишке человека и отсутствует во внешней среде. *E.coli* не патогенна и даже необходима человеку, но ее присутствие во внешней среде – индикатор неочищенных канализационных стоков, в которой могут быть и патогенные микробы.

Применение в экологии. Биоиндикация – оценка качества среды обитания и её отдельных характеристик по состоянию биоты в природных условиях. Для учёта изменения среды под действием антропогенного фактора составляются списки индикаторных организмов – биоиндикаторов. Биоиндикаторы – виды, группы видов или сообщества, по наличию, степени развития, изменению морфологических, структурно-функциональных, генетических характеристик которых судят о качестве воды и состоянии экосистем. В качестве биоиндикаторов часто выступают лишайники, в водных объектах – сообщества бактерио-, фито-, зоопланктона, зообентоса, перифитона.

Применение в геологических исследованиях. Ряд растений-индикаторов определённым видимым образом реагирует на повышенные или пониженные концентрации микро- и макроэлементов в почве. Это явление используется для предварительной оценки почв, определения возможных мест поиска полезных ископаемых.

Лабораторная работа №1
Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха
с помощью лишайников

Цель работы: Целью данного исследования является методом лишеноиндикации оценить экологическое состояние атмосферной среды в определенном участке города.

Задачи:

1. Оценить качество воздуха по проективному покрытию ствола дерева.
2. Научиться пользоваться каталогами-определителями лишайников.
3. Освоить классификацию качества воздуха по биотическому индексу.
4. Изучить классы полеотолерантности и типы местообитаний эпифитных лишайников.
5. Ознакомиться с индексом полеотолерантности вида и его применения в биоиндикации.

Материалы и оборудование: атлас-определитель лишайников, лупа, стенды.

Теоретические вопросы для обсуждения.

1. Лишайники – определение. Биология лишайников.
2. Деление лишайников по типу слоевища.
3. Устойчивость лишайников к загрязнителям.
4. Биотический индекс.
5. Классы полеотолерантности и типы местообитаний эпифитных лишайников.
6. Индекс полеотолерантности.

Практическая работа.

Задания.

1. Выбрать место обследования (парк, освещенный участок леса, двор в городе).

2. Выбрать площадку для исследования, включающую 10 деревьев одного вида примерно одного возраста и размера.

3. Изготовить прозрачную сетку из толстого полиэтилена в виде квадрата 20х20 см, разделенную на 10 частей с каждой стороны (100 квадратов).

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

5. Подсчитать количество всех видов лишайников под прозрачной сеткой.

6. Подсчитать количество лишайников доминирующего вида.
7. Заполнить таблицу 1.
8. С помощью таблицы 2 оценить качество воздуха, используя средние значения (по 10 деревьям) числа видов лишайников, степени покрытия и общего количества лишайников на каждом исследуемом дереве.

Таблица 1.1.

**Журнал оценки качества воздуха
по проективному покрытию ствола дерева**

Порядковый номер дерева на схеме	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Степень покрытия лишайниками, %										
Количество видов лишайников										
Количество лишайников доминирующего вида										

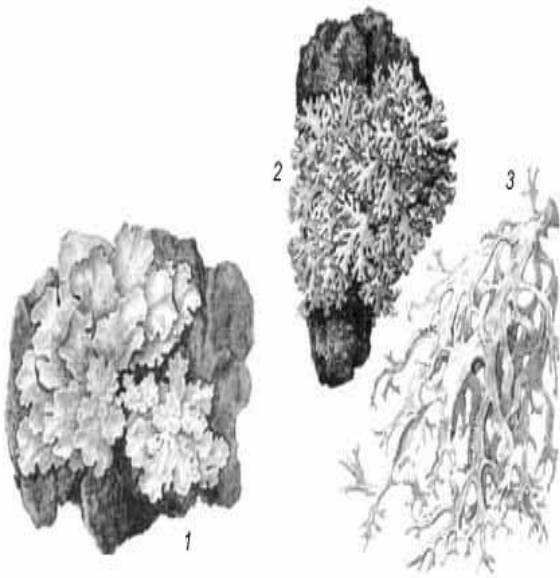
Таблица 1.2.

**Шкала качества воздуха
по проективному покрытию лишайниками стволов деревьев**

<i>Степень покрытия</i>	<i>Число видов</i>	<i>Число лишайников доминантного вида</i>	<i>Степень загрязнения</i>
Более 50%	Более 5	Более 5	6-я зона Очень чистый воздух
	3 – 5	Более 5	5-я зона Чистый воздух
	2 – 5	Менее 5	4-я зона Относительно чистый воздух
20 – 50%	Более 5	Более 5	3-я зона Умеренное загрязнение
	Более 2	Менее 5	2-я зона Сильное загрязнение
Менее 20%	3 – 5	Менее 5	1-я зона Очень сильное загрязнение
	0 – 2	Менее 5	

Рис. 1.1.

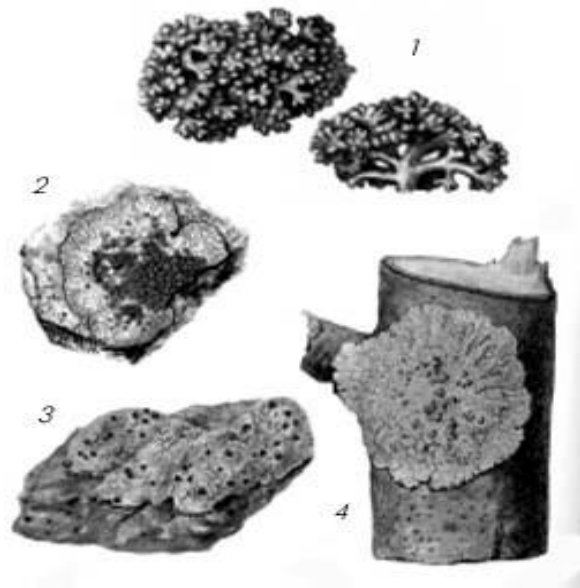
Некоторые виды лишайников, используемые в лихеноиндикации.



1 – пармелия; 2 – гипогимния; 3 – эверния

Рис. 1.2.

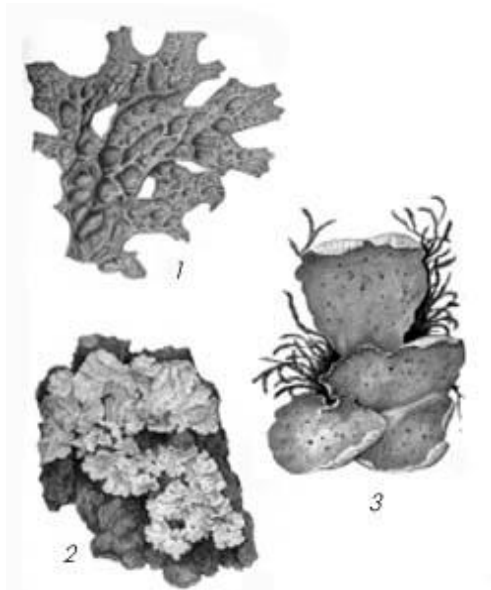
Накипные лишайники



1 – астицилия, 2 – калоплака, 3 – лецидея, 4 – ксантория

Рис. 1.3.

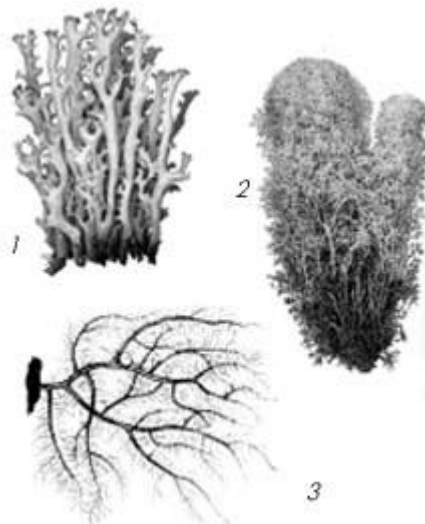
Листоватые лишайники.



1 – лобария, 2 – пармелия, 3 – пелтигера

Рис. 1.4.

Кустистые лишайники.



1 – цитрария, 2 – кладония, 3 – уснея

Лабораторная работа №2

Сосна в качестве тест-объекта в радио- и общеэкологических исследованиях

Цель работы: Экспресс-оценка качества воздуха по состоянию хвои *Pinus sylvestris*.

Задачи:

1. Ознакомиться с радиационными эффектами в растительном сообществе.
2. Освоить основные закономерности чувствительности хвойных пород к сернистому газу и применение их в биоиндикации.
3. Научиться определять продолжительность жизни хвои.
4. Освоить принцип метода, основанного на выявленной зависимости степени повреждения хвои от загрязнения воздуха.

Материалы и оборудование: лупа, стенды с хвоей разной степени поврежденности.

Теоретические вопросы для обсуждения.

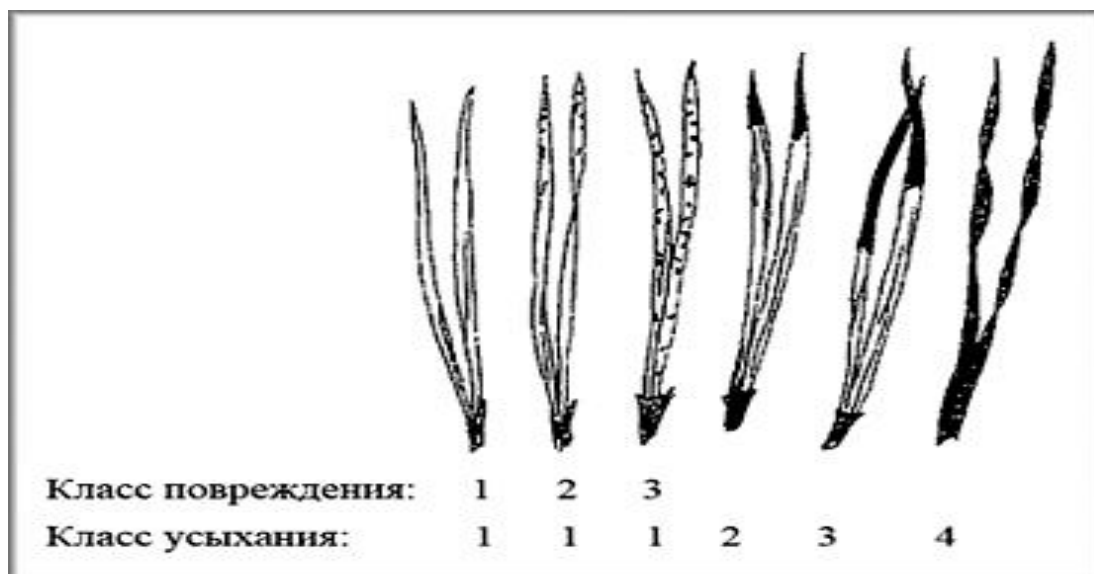
1. Радиочувствительность хвойных древесных пород.
2. Критерии оценки радиационных эффектов.
3. Меристемная ткань, ее реакция на радиацию.
4. Чувствительность хвойных пород к сернистому газу.
5. Суть метода «помутнения по Гертелю».

Практическая работа.

Задания.

1. Выбрать сосенки высотой 1 – 1,5 м на открытой местности с 8 – 15 боковыми побегами.
2. Осмотреть у каждого дерева хвоинки предыдущего года (вторые сверху мутовки).
3. Выявить степень повреждения хвои. Степень повреждения хвои определяют по наличию хлоротичных пятен, некротических точек, некрозов и т.д. (рис. 2.1).
4. Определить продолжительность жизни хвои (рис. 2.2).
5. Результаты учетов занести в таблицу (см. табл. 2.2).
6. Провести экспресс-оценку загрязнения воздуха по классу повреждения хвои на побегах второго года жизни с помощью таблицы 2.1.
7. Привести в отчете выводы о качестве воздуха (привести расчеты и таблицы).

Классы повреждения и усыхания хвои



Повреждения: 1 – хвоинки без пятен; 2 – с небольшим числом мелких пятнышек; 3 – с большим числом черных и желтых пятен, некоторые из них крупные, во всю ширину хвоинки;

Усыхание: 1 – нет сухих участков; 2 – усох кончик на 2–5 мм; 3 – усохла треть хвоинки; 4 – вся хвоинка желтая или более половины ее длины сухая.

Продолжительность жизни хвои в годах

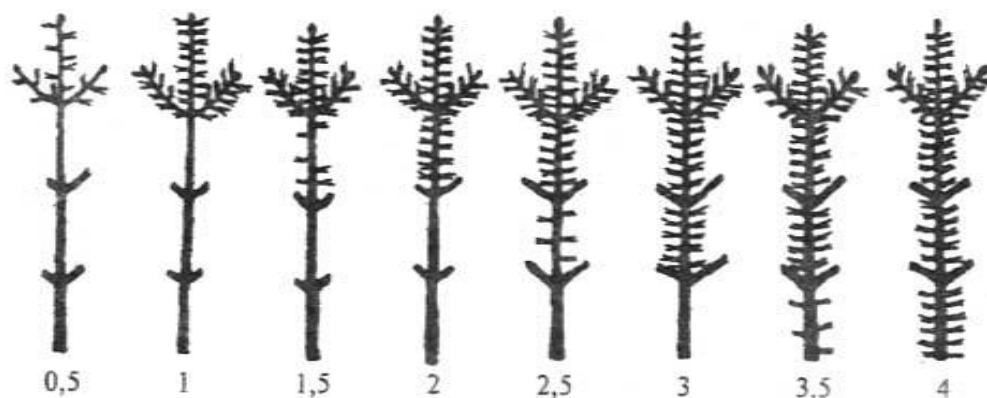


Таблица 2.1.

**Экспресс-оценка загрязнения воздуха (I – VI)
с использованием сосны обыкновенной**

Максимальный возраст хвои	Класс повреждения хвои на побегах второго года жизни		
4	I	I – II	III
3	I	II	III – IV
2	II	III	IV
2	<i>НС</i>	IV	IV – V
1	<i>НС</i>	IV	V – VI
1	<i>НС</i>	<i>НС</i>	VI

I – воздух идеально чистый; II – чистый; III – относительно чистый («норма»); IV – загрязненный («тревога»); V – грязный («опасно»); VI – очень грязный («вредно»); НС – невозможные сочетания.

Таблица 2.2.

Изучение состояния хвои сосны

Состояние хвои	Количество хвоинок	Доля хвоинок от общего количества обследованных, %
Обследовано		100
Повреждение хвои: 1-й класс 2-й класс 3-й класс		
Усыхание хвои: 1-й класс 2-й класс 3-й класс 4-й класс		

Рис. 2.3.

Устойчивость организмов к действию радиации тем меньше, чем выше уровень их эволюционного развития

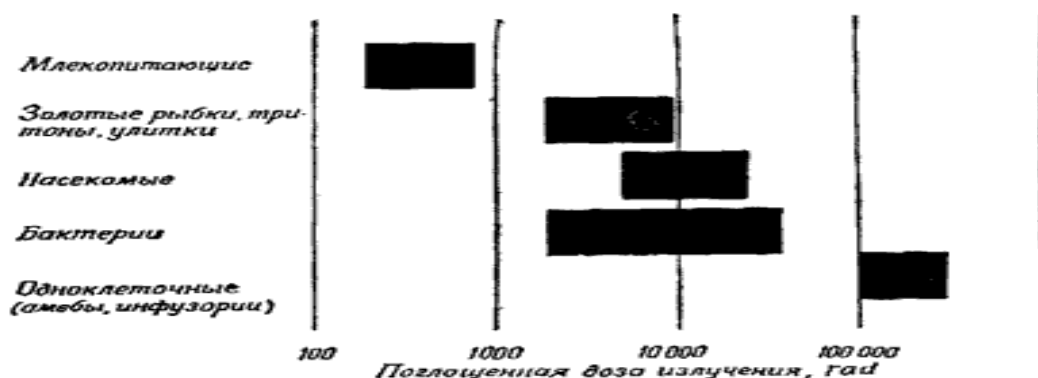


Рис. 2.4.

Распространение радиоактивных веществ в окружающей среде



Лабораторная работа №3

Флуктуирующая асимметрия древесных и травянистых форм растений как тест-система оценки качества среды

Цель работы: Интегральная экспресс-оценка качества среды обитания живых организмов по флуктуирующей асимметрии листовой пластины березы повислой (*Betula pendula*).

Задачи:

1. Освоить основные принципы применения метода флуктуирующей асимметрии растений в биоиндикации.
2. Ознакомиться с основными биоиндикаторами метода.
3. Освоить принципы сбора и обработки материала для метода флуктуирующей асимметрии.
4. Изучить бальную систему качества среды обитания живых организмов по показателям флуктуирующей асимметрии высших растений.

Материалы и оборудование: курвиметр (линейка); циркуль-измеритель; транспортир; гербарий листьев березы повислой.

Теоретические вопросы для обсуждения.

1. Растения-биоиндикаторы для оценки качества водной среды.
2. Растения-биоиндикаторы для оценки качества воздушной среды.
3. Растения-биоиндикаторы для оценки состояния агроценозов.
4. Главные требования метода флуктуирующей асимметрии.
5. Основные принципы сбора материала для метода флуктуирующей асимметрии.
6. Основные принципы обработки материала метода флуктуирующей асимметрии.
7. Параметры промеров листьев для детального расчета.
8. Бальная система качества среды обитания живых организмов по показателям флуктуирующей асимметрии высших растений.

Практическая работа.

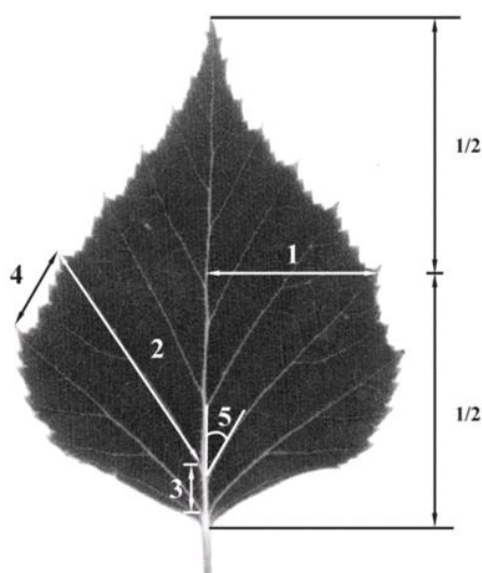
Задания.

1. Используя рисунок 3.1 проведите следующие измерения.
2. Промеры 1 – 4 снимаются циркулем-измерителем, угол между жилками (признак 5) измеряется транспортиром. Для этого центр основания окошка транспортира совмещают с точкой ответвления второй жилки второго порядка от центральной жилки. Эта точка соответствует вершине угла. Кромку основания транспортира надо совместить с лучом, идущим из вершины угла и проходящим через точку ответвления третьей жилки второго порядка.

Второй луч, образующий измеряемый угол, получают, используя линейку. Этот луч идет из вершины угла и проходит по касательной к внутренней стороне второй жилки второго порядка. Результаты исследований заносятся в таблицу 3.1.

Рис. 3.1.

Схема промеров, используемых для оценки стабильности развития березы повислой (*Betula pendula*)



1- ширина левой и правой половинок листа. Для измерения лист складывают пополам, совмещая верхушку с основанием листовой пластинки. Затем измеряется расстояние от границы центральной жилки до края листа. 2 – расстояние от основания до конца жилки второго порядка, второй от основания листа. 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка. 4 – расстояние между концами первой и второй жилок второго порядка. 5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

3. Для мерных признаков величина асимметрии у растений рассчитывается как различие в промерах слева и справа, отнесенное к сумме промеров на двух сторонах. Интегральным показателем стабильности развития для комплекса мерных признаков является средняя величина относительного различия между сторонами на признак. Этот показатель рассчитывается как среднее арифметическое суммы относительной величины асимметрии по всем признакам у каждой особи, отнесенное к числу используемых признаков. В таблицах 3.1 и 3.2 приводится пример расчета средней относительной величины асимметрии на признак для 5 промеров листа у 10 растений.

4. Сначала вычисляется относительная величина асимметрии для каждого признака. Для этого модуль разности между промерами слева (Л) и справа (П) делят на сумму этих же промеров:

$$|Л-П| / |Л+П|,$$

Например: Лист №1 (таблица 3.1),

$$\text{признак 1 } |Л-П|/|Л+П| = |18-20|/|18+20| = 2/38 = 0,052$$

Полученные величины заносятся во вспомогательную таблицу 3.2.

5. Затем вычисляют показатель асимметрии для каждого листа. Для этого суммируют значения относительных величин асимметрии по всем при-

знакам и делят на число признаков.

Например, для листа 1 (см. табл. 3.2): $(0,052+0,015+0+0+0,042)/5 = 0,022$

Результаты вычислений заносят во вспомогательную таблицу.

Таблица 3.1.

Образец таблицы для обработки данных по оценке стабильности развития с использованием мерных признаков

Номер признака										
Номер образца	1		2		3		4		5	
	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П
1	18	20	32	33	4	4	12	12	46	50
2	20	19	33	33	3	3	14	13	50	49
3	18	18	31	31	2	3	12	11	50	46
4	18	19	30	32	2	3	10	11	49	49
5	20	20	30	33	6	3	13	14	46	53
...
10	14	14	25	25	4	4	9	8	32	32

Таблица 3.2.

Вспомогательная таблица для расчета показателя стабильности развития

Номер образца	Номер признака					Величина асимметрии листа
	1	2	3	4	5	
1	0,052	0,015	0	0	0,042	0,022
2	0,026	0	0	0,037	0,010	0,015
3	0	0	0,2	0,044	0,042	0,057
4	0,027	0,032	0,2	0,048	0	0,061
5	0	0,048	0,33	0,037	0,071	0,098
6	0,077	0	0	0,1	0	0,035
7	0,077	0,019	0	0	0,081	0,036
8	0,037	0,042	0	0,111	0,037	0,045
9	0,077	0,020	0	0	0,111	0,042
10	0	0	0	0,059	0	0,012
Величина асимметрии в выборке:						X=0,042

6. На последнем этапе вычисляется интегральный показатель стабильности развития – величина среднего относительного различия между сторонами на признак. Для этого вычисляют среднюю арифметическую величину асимметрии для выборки листьев. Это значение округляется до третьего знака после запятой. В нашем случае искомая величина равна:

$$(0,022+0,015+0,057+0,061+0,098+0,035+0,036+0,045+0,042+0,012)/10 = 0,042$$

7. Статистическая значимость различий между выборками по величине интегрального показателя стабильности развития (величина среднего относительного различия между сторонами на признак) определяется по t-критерию Стьюдента.

Таблица 3.3.

Пятибалльная шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для березы повислой (*Betula pendula*)

Балл	Величина показателя стабильности развития
I	<0,040
II	0,040 - 0,044
III	0,045 - 0,049
IV	0,050 - 0,054
V	>0,054

I – чисто; *II* – относительно чисто («норма»); *III* – загрязнено («тревога»); *IV* – грязно («опасно»); *V* – очень грязно («вредно»)

Рис. 3.2.

Береза повислая (*Betula pendula*)



Лабораторная работа №4

Использование флуктуирующей асимметрии животных для оценки качества среды

Цель работы: Интегральная экспресс-оценка качества среды обитания живых организмов по флуктуирующей асимметрии некоторых признаков позвоночных и беспозвоночных.

Задачи:

1. Освоить методику оценки стабильности развития рыб по флуктуирующей асимметрии.
2. Освоить методику оценки стабильности развития земноводных по флуктуирующей асимметрии.
3. Освоить методику оценки стабильности развития млекопитающих по флуктуирующей асимметрии.
4. Ознакомиться с походами сбора материала.
5. Научиться регистрировать фенотипические признаки.
6. Иметь представление об оценке качества окружающей среды в баллах по интегральному показателю стабильности развития животных.

Материалы и оборудование: бинокляр; чашки Петри; энтомологические булавки; резиновые перчатки; фиксированный материал рыб и лягушек, выдержанный предварительно в воде; черепа рыжей полевки.

Теоретические вопросы для обсуждения.

1. Морфогенетические показатели, используемые для оценки стабильности развития животных.
2. Основные принципы сбора материала для метода флуктуирующей асимметрии животных.
3. Оценка величины флуктуирующей асимметрии.
4. Анализ асимметрии качественных признаков.
5. Бальная оценка качества среды обитания по интегральному показателю стабильности развития животных.

Практическая работа.

Задания.

1. С каждого препарата рыб снять 5 морфогенетических признаков.
2. С каждого препарата лягушек снять до 11 морфогенетических параметров.
3. С каждого черепа рыжей полевки снять до 10 морфогенетических признаков.
4. Данные измерений занести в таблицу 4.1.

5. Провести оценку величины флуктуирующей асимметрии по дисперсии относительного различия между сторонами, основанной на оценке величины дисперсии различий между сторонами не от нуля (строгой симметрии), а от некоторого среднего различия между ними, имеющего место в рассматриваемой выборке особей.

6. Для анализа асимметрии качественных признаков рассчитать среднее число асимметричных признаков (ЧАП) на особь:

$$\text{ЧАП} = \frac{\sum_{i=1}^k A_i}{nk},$$

где A_i – число асимметричных проявлений признака i (число особей, асимметричных по признаку i); n – численность выборки; k – число признаков.

7. Провести балльную оценку качества среды обитания в соответствии с таблицей 4.2, в которой приведены коэффициенты асимметрии.

Таблица 4.1.

Феногенетические признаки исследуемых животных

Дата		Исполнитель								Вид				
Место сбора														
№ препарата	№ признака													
	1		2		3		4		5		...		k	
	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр
1														
2														
...														
20														

Примечание: л – левая сторона; пр – правая сторона.

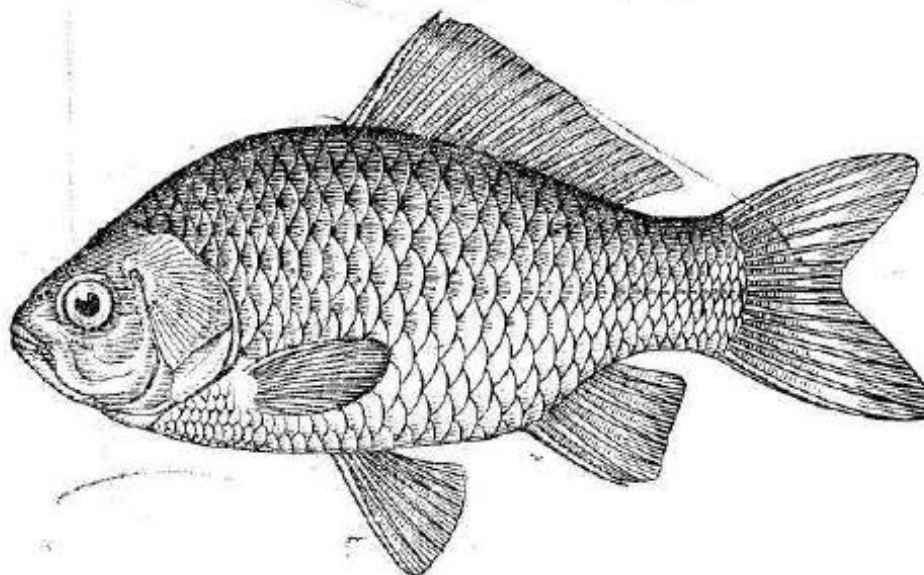
Таблица 4.2.

Оценка качества окружающей среды в баллах по интегральному показателю стабильности развития животных

Класс	Коэффициент асимметрии согласно бальной оценке				
	1 (чисто)	2 (относительно чисто)	3 (загрязнено)	4 (грязно)	5 (очень грязно)
Рыбы	< 0,35	0,35 – 0,40	0,40 – 0,45	0,45 – 0,50	> 0,50
Земноводные	< 0,50	0,50 – 0,55	0,55 – 0,60	0,60 – 0,65	> 0,65
Млекопитающие	< 0,35	0,35 – 0,40	0,40 – 0,45	0,45 – 0,50	> 0,50

Рис. 4.1.

Серебряный карась



Лабораторная работа №5

Определение общего микробного числа в водоеме

Цель работы: определение общего микробного числа в водоеме, расположенном в рекреационной зоне города.

Задачи:

1. Ознакомиться с основными методами микробиологических исследований.
2. Освоить метод взятия проб воды.
3. Научиться методам посева на питательные среды.
4. Освоить метод подсчета общего числа колонии-образующих бактерий.
5. Научиться определять класс воды по бактериальным показателям.
6. Ознакомиться с основными принципами стерилизации.

Материалы и оборудование: стерильные чашки Петри; стерильные мембранные фильтры ($d=0,45\text{мкм}$); фильтровальный прибор Зейтца; водоструйный насос; мясопептонный агар (МПА); стерильный пинцет; 70%-ный спирт; спиртовка; термостат; стерильные колбы.

Теоретические вопросы для обсуждения.

1. Понятие общего микробного числа. CFU.
2. Гетеротрофы и сапрфиты.
3. Методы отбора проб воды.
4. Микробиологические питательные среды.
5. Метод фильтрации через мембрану и глубинный посев.
6. Принципы стерилизации, способы стерилизации.

Практическая работа.

Задания.

1. Сделать серию последовательных разведений ($10^2 - 10^6$) воды из водоема. По 10 мл воды из каждого разведения пропустить через мембранные фильтры, наложенные на предварительно профламбированную поверхность фильтровального прибора, используя водоструйный насос. Каждую пробу анализировать в 3 – 5-кратной повторности.

2. Разлить по 20 мл МПА в чашки Петри и остудить.

3. Мембранные фильтры стерильным пинцетом поместить фильтратом на поверхность питательной среды в чашки Петри на 24 ч. Чашки перевернуть и инкубировать при температуре $30 - 37\text{ }^\circ\text{C}$ в термостате.

4. По истечении времени инкубации подсчитать количество колоний микроорганизмов на поверхности питательного агара. Подсчет следует провести на всех параллельных чашках и найти среднее значение.

5. Численность клеток гетеротрофных микроорганизмов в 1 мл воды рассчитать по формуле:

$$A = NR/10,$$

где N – число колоний на чашке, кл; R – разведение, из которого произведен посев; 10 – пересчет на 1 мл.

6. По таблице 5.1 определить, к какому классу качества относится вода из тестируемого водоема.

Таблица 5.1.

**Классы качества воды природных водоемов
по бактериальным показателям**

Показатель	Классы качества воды				
	предельно чистая	чистая	удовлетворительно чистая	загрязненная	грязная
Численность бактерий планктона, млн кл/мл	< 0,3	0,3 – 1,5	1,6 – 5,0	5,1 – 11,0	> 11,0
Численность гетеротрофных бактерий, тыс. кл/мл	< 0,1	0,1 – 1,0	1,1 – 5,0	5,1 – 10,0	> 10,0
Численность бактерий группы кишечной палочки, тыс. кл/мл	< 0,003	0,003 – 2,0	2,1 – 10,0	11,0 – 100,0	> 100,0

Рис. 5.1.

Рост гетеротрофных микроорганизмов на чашках Петри

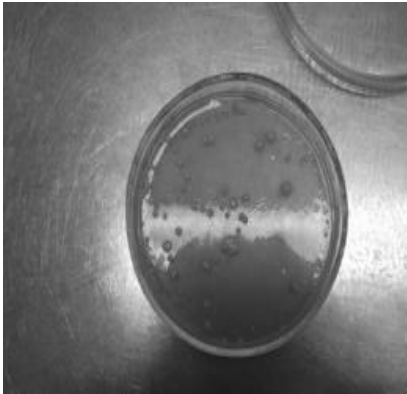
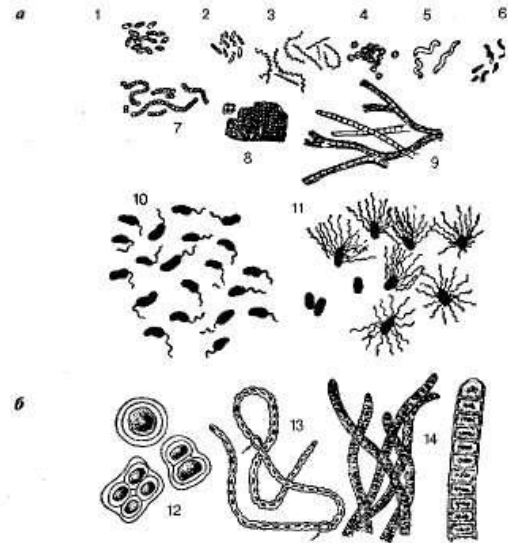


Рис. 5.2.

Бактерии (а) и цианобактерии (б)



1,2 — бациллы; 3 — спирохеты; 4 — кокки; 5 — спириллы; 6 — вибрионы; 7 — стрептококки и диплококки; 8 — сарцины; 9 — нитевидные формы; 10 — жгутиковые формы; 11 — реснитчатые формы; 12 — хроококк; 13 — нить ностока с гетероцистами (указаны стрелками); 14 — осциллятория (справа в увеличенном виде)

Лабораторная работа №6

Биологический контроль водоема методами сапробности

Цель работы: Определение сапробности водоема.

Задачи:

1. Ознакомиться с понятиями сапробность, сапробные индикаторы, планктон, бентос, перифитон.
2. Ознакомиться с методами оценки сапробности в полевых условиях.
3. Изучить основные характеристики зон сапробности.
4. Ознакомиться с методами оценки качества воды по системе сапробности.
5. Изучить и применить на практике метод Пантле и Бука.

Материалы и оборудование: микроскоп, аквариумы, предметные и покровные стекла, пинцет.

Теоретические вопросы для обсуждения.

1. Понятие сапробности. Сапробионты.
2. Сапробные индикаторы. Их применение в биоиндикации.
3. Организмы водоема.
4. Характеристики зон сапробности.
5. Количественный учет организмов пробы водоема. Учет частоты встречаемости.
6. Оценка качества воды по системе сапробности.
7. Метод Пантле и Бука.

Практическая работа.

Задания.

1. Получить у преподавателя «стекла орастания» с разным временем экспозиции в аквариуме.
2. Рассмотреть под микроскопом препараты с объективом Х40.
3. Используя ключ для определения главных групп водных беспозвоночных животных и определители водорослей, составить таблицу видового многообразия и оценить сапробность обнаруженных организмов.
4. Произвести учет организмов по частоте встречаемости по таблице 6.1.
5. Определить сапробность водоема по методу Пантле и Бука (см. пример табл. 6.2). Определить класс качества воды с помощью таблицы 6.3.
6. В отчете привести сведения из п.п. 3 – 5, в том числе рисунки обнаруженных видов.

Рис. 6.1.

Euglena viridis

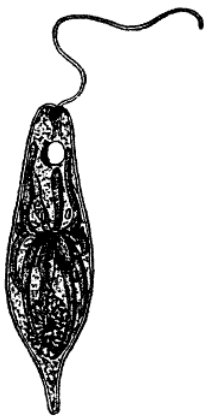


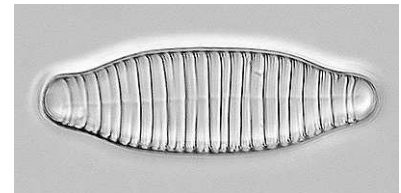
Рис. 6.2.

Closterium moniliferum



Рис. 6.3.

Diatoma vulgare



**Шкала для пересчета организмов-сапробионтов в 100 полях зрения
микроскопа на частоту встречаемости**

Частота встречаемости в баллах	Сапробионты
1-я категория крупности (организмы размером до 50 мкм)	
1 (очень редко)	Не более 1 в каждом 2-м поле зрения
2 (редко)	Не более 2 в поле зрения
3 (нередко)	Не более 10 в поле зрения
5 (часто)	Не более 30 в поле зрения
7 (очень часто)	Не более 60 в поле зрения
9 (масса)	Более 60 в поле зрения
2-я категория крупности (организмы размером 50 – 200 мкм)	
1 (очень редко)	Не более 1 в каждом 20-м поле зрения
2 (редко)	Не более 1 в каждом 5-м поле зрения
3 (нередко)	Не более 1 в поле зрения
5 (часто)	Не более 3 в поле зрения
7 (очень часто)	Не более 6 в поле зрения
9 (масса)	Более 6 в поле зрения
3-я категория крупности (организмы размером 200 – 1000 мкм)	
1 (очень редко)	1 в 100 полях зрения
2 (редко)	1 в 50 полях зрения
3 (нередко)	Не более 1 в 10 полях зрения
5 (часто)	Не более 1 в 4 полях зрения
7 (очень часто)	Не более 1 в 2 полях зрения
9 (масса)	Приблизительно 1 в поле зрения

Пример вычисления сапробности

Проба: река, забор воды ниже города.		Дата _____	
Сообщество: перифитон			
Организмы	S	h	Sh
<i>Euglena viridis</i>	4	3	12
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	2	1	2
<i>Spirogyra sygmoidae</i>	2	3	6
<i>Closterium acerosum</i>	3	2	6
<i>Closterium moniliferum</i>	2	1	2
<i>Cyclotella menengiana</i>	3	3	9
<i>Cymbella vesiculosa</i>	2	2	4
<i>Diatoma vulgare</i>	2	3	6
<i>Melosira varians</i>	2	5	10
<i>Navicula viridula</i>	3	2	6
<i>Navicula cryptocephala</i>	3	2	6
<i>Nitzschia acicularis</i>	2	3	6
<i>Nitzshia palea</i>	2	2	6
<i>Surirella ovata</i>	2	2	4
<i>Chilidonella cuculata</i>	3	2	6
<i>Colpoda cuculus</i>	3	2	6

S – цифровое значение зон сапробности (0 – 4 – в порядке возрастания загрязненности); h – частота встречаемости организмов в сообществе.

Индекс сапробности определяется по формуле: $\text{Ind } S = \frac{\sum(\text{Sh})}{\sum h}$

$$\sum h = 41; \sum(\text{Sh}) = 103$$

$$\sum h_p = 3; \sum h_\alpha = 15; \sum h_\beta = 23.$$

$$\text{Ind } S = \frac{\sum(\text{Sh})}{\sum h} = 103/41 = 2,51.$$

Рис. 6.4.

Navicula viridula

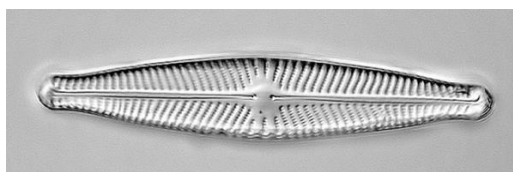


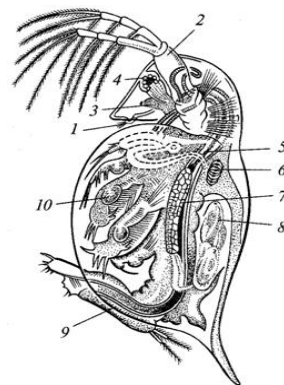
Рис. 6.5.

Nitzschia acicularis



Рис. 6.6.

Строение *Daphnia magna straus*



1 — передняя антенна; 2 — задняя антенна; 3 — науплиальный глазок; 4 — фасеточный глаз; 5 — кишечник; 6 — сердце; 7 — яичник; 8 — эмбрионы в выводковой сумке; 9 — брюшко; 10 — грудная ножка

Таблица 6.3.

Шкала оценки качества воды по системе сапробности

Класс качества водоема	Характеристика воды	Индекс сапробности по Пантле и Буку
1	Очень чистая	< 1,00
2	Чистая	1,00 – 1,50
3	Умеренно (слабо) загрязненная	1,51 – 2,50
4	Загрязненная	2,51 – 3,50
5	Грязная	3,51 – 4,00
6	Очень грязная	> 4,00

Лабораторная работа №7

Биологический анализ активного ила

Цель работы: Ознакомление с биологическим методом анализа активного ила.

Задачи:

1. Ознакомиться с основными направлениями использования индикаторных организмов активного ила.
2. Ознакомиться с перечнем индикаторных организмов активного ила.
3. Освоить метод микроскопирования в живом состоянии.
4. Изучить критерии нормы и патологии индикаторных видов активного ила.
5. Научиться характеризовать ил по индикаторным видам.

Материалы и оборудование: микроскоп; предметные и покровные стекла; пипетка на 1 мл; активный ил; формалин 40%-ный; вата; спирт.

Теоретические вопросы для обсуждения.

1. Активный ил. Его применение для оперативного контроля состояния процесса биологической очистки сточных вод.
2. Причины отклонений от оптимального режима биоочистки.
3. Взятие проб для анализа.
4. Методы анализа активного ила.
5. Критерии нормы и патологии индикаторных видов активного ила.
6. Основные характеристики индикаторных организмов активного ила.
7. Характеристика ила по индикаторным видам.

Практическая работа

Задания.

1. Использовать микроскоп с малым увеличением. На предметное стекло нанести пипеткой каплю предварительно хорошо перемешанной иловой смеси и накрыть покровным стеклом. Немедленно приступить к микроскопированию. Зарисовать обнаруженные во всех полях зрения виды в рабочую тетрадь.

2. На следующем этапе на предметное стекло нанести произвольное количество осевшего ила и зажать между двумя предметными стеклами. Здесь следует сосредоточить внимание на состоянии организмов, величине, форме и плотности хлопьев ила, наличии посторонних примесей.

3. Дать возможную характеристику активного ила по наличию индикаторных видов.

Таблица 7.1.

Критерии нормы и патологии индикаторных видов активного ила

Биоиндикаторы	m	δ	$m + 3\delta$	$m + 7\delta$
<i>Zooglea ramigera</i>	428	349	1475	2871
Нитевидные бактерии	561	2000	6561	14561
Грибы	351	375	1476	2976
Водоросли	76	89	343	699
Мелкие <i>Flagellata</i>	504	431	1797	3521
<i>Amoebina</i>	1598	1063	4787	9039
<i>Iromia neglecta</i>	431	550	2087	4281
Цисты	1312	1000	4312	8312
<i>Actinopoda</i>	52	59	229	465
Сумма:				
бентосных раковинных амёб	505	1000	4505	7505
свободноплавающих инфузорий	861	–	–	–
прикрепленных инфузорий	1087	–	–	–
коловраток	139	–	–	–

4. При статистической обработке полученные данные необходимо сравнить с отклонением от принятых норм, приведенных в таблице 7.1. Согласно приведенной в таблице классификации, средние значения даны для выборки по пробам с хорошим качеством очищенной воды, для которых прозрачность превышает 30 см. Если полученная характеристика не превышает

$m + 3\delta$, то возникшие патологические изменения в процессах биологической очистки нормализуются без дополнительного вмешательства оператора за счет самопроизвольного возвращения к режиму биологической очистки. Если характеристика превышает $m + 7\delta$, то для восстановления нормальной работы необходимо вмешательство оператора.

5. В отчете представить рисунки имеющихся групп организмов-индикаторов, сведения об их количественном учете, оценку степени очистки ила.

Рис. 7.1.

Видовой состав активного ила – вид под микроскопом

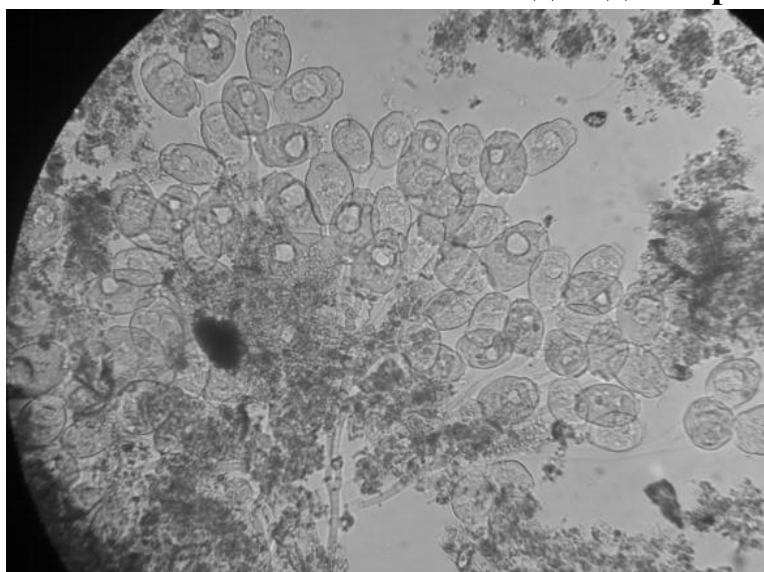


Рис. 7.2.

Амеба протей
(*Amoeba proteus*)

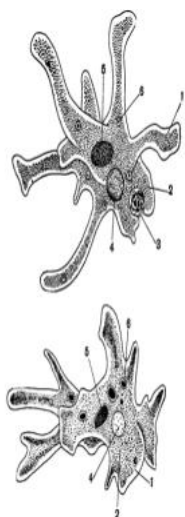


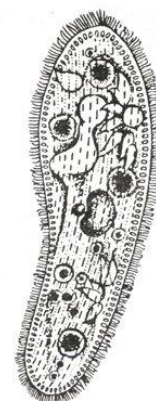
Рис. 7.3.

Actinopoda

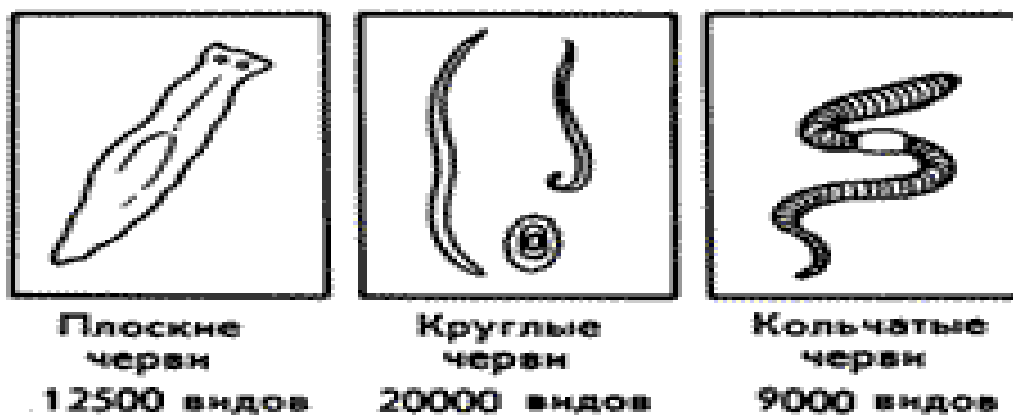


Рис. 7.4.

Инфузория



Типы Плоские, Круглые и Кольчатые черви



Лабораторная работа №8 Оценка трофических свойств водоема с использованием высших растений

Цель работы: Дать оценку трофических свойств водоема.

Задачи:

1. Освоить принцип метода оценки трофических свойств водоема с использованием высших растений.
2. Научиться распознавать экологические типы водоема.
3. Научиться рассчитывать суммарную трофность водоема.
4. Ознакомиться с основными индикаторными видами макрофитов водоемов различной трофности.
5. Изучить основные характеристики различных типов стоячих водоемов по трофности.

Материалы и оборудование: гербарий растений; определители-каталоги высших растений.

Теоретические вопросы для обсуждения.

1. Макрофиты. Их использование в биотестировании.
2. Показатели, используемые при ботанической индикации стоячих водоемов.
3. Лимитирующие факторы использования высших растений в биоиндикации.

4. Экологическая классификация стоячих водоемов.
5. Основные характеристики типов водоемов.
6. Оценка частоты встречаемости и относительного обилия растений.
7. Индикаторные виды макрофитов водоемов различной трофности.

Практическая работа.

Задания.

1. Получить у преподавателя задание на карточке и гербарий.
2. Дать название каждому растению, указанному в задании номером, используя гербарий и каталоги-определители.
3. Выделить индикаторные виды водоемов разной трофности. Дать характеристику водоема в шкале трофности по растениям-индикаторам (см. пример – таблица 8.2).
4. Привести в отчете названия всех растений, указать индикаторные виды водоемов по шкале трофности, охарактеризовать трофические свойства водоема.

Для расчета общей трофности каждому типу водоема присуждается номер: ацидотрофные – 0, дистрофные – 1, олиготрофные – 2, мезотрофные – 3, эвтрофные – 4. Частоту встречаемости учитывают по девятибалльной шести-ступенчатой шкале частот (таблица 8.1).

Таблица 8.1.

Соотношение значений относительного обилия и частоты встречаемости организмов (h)

Частота встречаемости	Количество экземпляров одного вида, %	h
Очень редко	< 1	1
Редко	2 – 10	2
Нередко	10 – 40	3
Часто	40 – 60	5
Очень часто	60 – 80	7
Масса	80 – 100	9

Пример расчета суммарной трофности водоема

Место отбора проб:			
Дата _____		Водоем – естественный пруд	
Вид	Тип водоема (1)	Частота встре- чаемости (2)	(1)х(2)=(3)
<i>Nuphar lutea</i>	1	1	1
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	2	2	4
<i>Potamogeton lucens</i>	2	5	10
<i>P. compressus</i>	3	5	15
<i>Lemna trisulca</i>	3	7	21
<i>Elodea canadensis</i>	3	9	27
<i>Carex vesicaria</i>	3	3	9
		$\Sigma(2) = 31$	$\Sigma(3) = 87$

Общая суммарная трофность водоема $\Sigma(3) : \Sigma(2) = 2,8$, что соответствует переходному типу водоема между олиго- и мезотрофным.

Рис. 8.1.

Лобелия Дотмана



Рис. 8.2.

Кувшинка белая

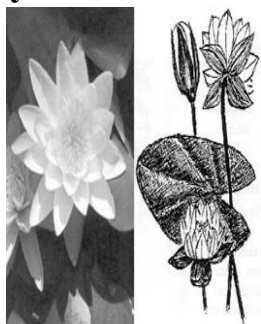
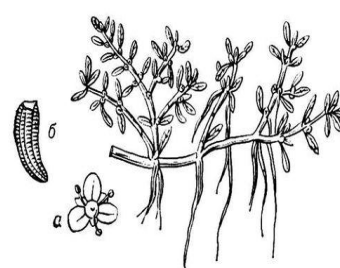
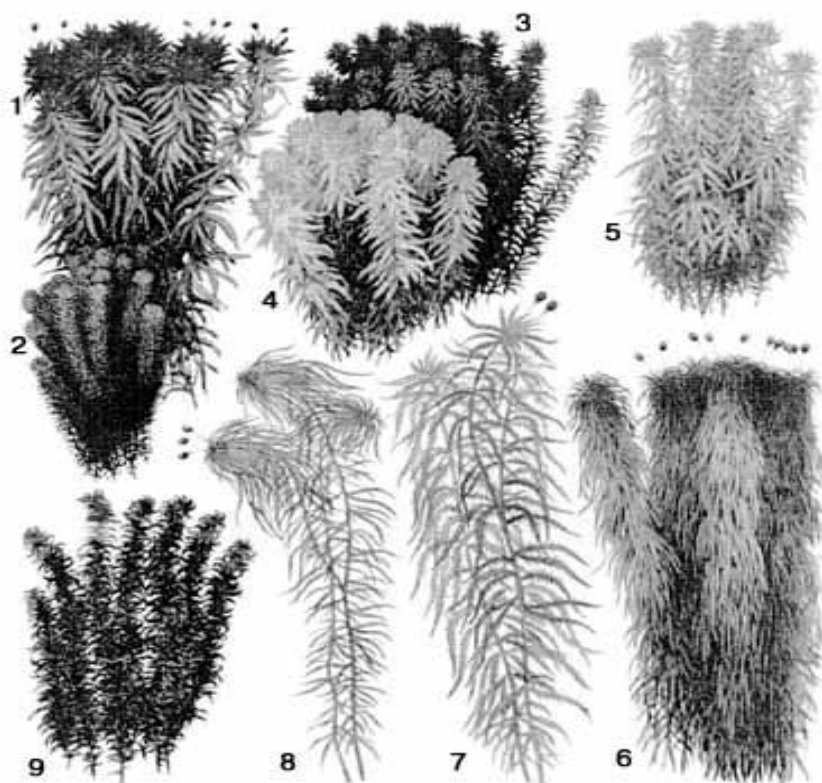


Рис. 8.3.

Повойничек





Сфагновые мхи
1 - сфагнум магелланский (*Sphagnum magellanicum*),
2 - сфагнум бурый (*S. fuscum*); 3 - сфагнум ленский (*S. lenense*); 4 - сфагнум Онгстрёма (*S. aongstroemii*); 5 - сфагнум балтийский (*S. balticum*); 6 - сфагнум дубравный (*S. nemoreum*); 7 - сфагнум оттопыренный (*S. squarrosum*); 8 - сфагнум береговой (*S. riparium*); 9 - сфагнум прорезной (*S. perfoliatum*)

Лабораторная работа №9

Определение качества воды в пресноводном водоеме по видовому разнообразию макрофитов

Цель работы: Определить степень загрязнения водоема по видовому разнообразию макрофитов.

Задачи:

1. Изучить преимущества и недостатки различных групп водной растительности, используемых в качестве биоиндикаторов загрязнения водоемов
2. Ознакомиться с классификацией водоемов по степени загрязненности и применяемыми для этого водными растениями-биоиндикаторами.
3. Ознакомиться с ключом к определению степени загрязненности поверхностных вод по индикаторным видам растений.
4. Освоить способ расчета общей суммарной степени загрязнения водоема

Материалы и оборудование: гербарий растений; каталоги-определители высших растений.

Теоретические вопросы для обсуждения.

1. Токсические вещества, их накопление и распределение в различных средах.

2. Группы организмов водной растительности, используемые в качестве биоиндикаторов загрязнения водоемов. Их преимущества и недостатки.
3. Характеристики состояния поверхностных вод по их загрязненности.
4. Что такое ключ к определению степени загрязнения поверхностных вод по индикаторным видам растений? Его применение.

Практическая работа.

Задания.

1. Получить у преподавателя задание на карточке.
2. Дать название каждому растению, указанному в задании номером, используя каталоги-определители.
3. Выделить растения-индикаторы разной степени загрязнения водоемов.
4. Рассчитать общую суммарную степень загрязнения водоема (см. пример – таблица 9.1).
5. Привести в отчете названия всех растений, указать индикаторные виды водоемов разной степени загрязненности, привести расчет общей суммарной степени загрязнения.

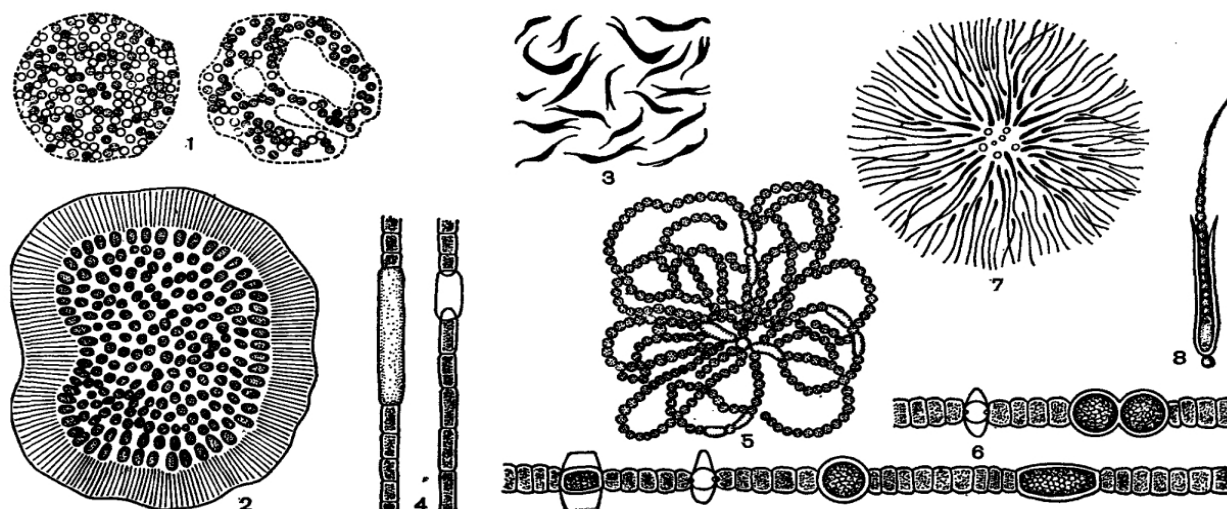
Таблица 9.1.

Пример вычисления общей суммарной степени загрязнения

Проба: верхний пруд. Дата _____ Сообщество: растительное			
Вид	Степень загрязнения (1)	Частота встречаемости (2)	(1)х(2)=(3)
<i>Utricularia minor</i>	1	1	1
<i>U. australis</i>	2	1	2
<i>Myriophyllum spicatum</i>	2	3	6
<i>M. verticillatum</i>	3	2	6
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	3	2	6
<i>Elodea canadensis</i>	4	7	28
<i>P. crispus</i>	4	7	28
<i>P. pectinatus</i>	4	3	12
<i>Ranunculus circinatus</i>	4	3	12
<i>P. nodosus</i>	5	2	10
		$\Sigma(2) = 31$	$\Sigma(3) = 111$

Общая суммарная степень загрязнения $\Sigma(3) : \Sigma(2) = 3,6$, что соответствует промежуточной степени загрязнения водоема между умеренной и сильной.

**Планктонные сине-зеленые водоросли с газовыми вакуолями
в клетках, вызывающие цветение воды.**



1 – две колонии микроцистиса (*Microcystis aeruginosa*), образованные бесструктурной слизью; 2 – колония воронихинии (*Woronichinia naegeliana*) с итриховатой наружной слизью; 3, 4 – афанизоменон (*Aphanizomenon flos-aquae*) (3 – чешуйки из нитей в натуральную величину, 4 – участки нитей при большом увеличении); 5 – собранные в клубочек нити анабены (*Anabaena lemmermannii*); 6 – плавающие отдельные нити анабены (*Anabaena scheremetievii*); 7, 8 – колония и отдельная нить глеотрихии (*Gloeotrichia echinulata*) при разных увеличениях. Газовые вакуоли под микроскопом кажутся черными.

Рис. 9.2.

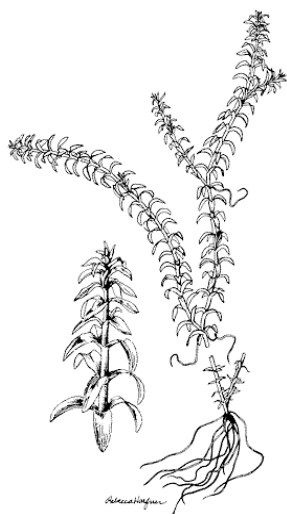
Elodea

Рис. 9.3.

Cladophora

Рис. 9.4.

Potamogeton crispus

Лабораторная работа №10
Определение качества воды в пресноводном водоеме
по видовому разнообразию зообентоса

Цель работы: Определить степень загрязнения водоема по видовому разнообразию зообентоса.

Задачи:

1. Освоить метод Ф.Вудивиса.
2. Ознакомиться с методом отбора проб для анализа.
3. Ознакомиться со списком выделяемых в зообентосе «групп» для расчета индекса Вудивиса.
4. Освоить шкалу для определения биотического индекса.
5. Изучить классификацию качества воды по биологическим показателям.

Материалы и оборудование: музейные экспонаты зообентоса; определители-каталоги макрозообентоса.

Теоретические вопросы для обсуждения.

1. Метод Вудивиса, основные принципы.
2. Отбор проб для анализа по методу Вудивиса.
3. «Группы» зообентоса для расчета индекса Вудивиса.
4. Определение биотического индекса.
5. Классификация качества воды по биологическим показателям.

Практическая работа.

Задания.

1. Получить у преподавателя задание на карточках.
2. Определить представителей зообентоса, указанных цифрами, по «музейным» экспонатам до класса, семейства или вида.
3. Определить общее число присутствующих групп и биотический индекс водоема (таблица 10.1).
4. Сделать вывод о качестве воды в водоеме по таблице 10.2.

Таблица 10.1.

Рабочая шкала для определения биотического индекса

Организмы	Видовое разнообразие	Общее количество присутствующих групп бентосных организмов					
		0 – 1	2 – 5	6 – 10	11 – 15	16 – 20	> 20
Личинки веснянок (<i>Plecoptera</i>)	Более 1 1 вид	–	7	8	9	10	11
		–	6	7	8	9	10
Личинки поденок (<i>Ephemeroptera</i>)	Более 1 1 вид	–	6	7	8	9	10
		–	5	6	7	8	9
Личинки ручейников (<i>Trichoptera</i>)	Более 1 1 вид	–	5	6	7	8	9
		4	4	5	6	7	8
Бокоплавы (<i>Gammarus</i>)		3	4	5	6	7	8
Водяной ослик (<i>Asellus aquaticus</i>)		2	3	4	5	6	7
Олигохеты (<i>Tubificidae</i>) или личинки звонцов (<i>Chironomidae</i>)		1	2	3	4	5	6
Отсутствуют все приведенные выше группы		0	1	2	–	–	–

Таблица 10.2.

Классификация качества воды по биологическим показателям

Класс качества воды	Степень загрязнения	Биотический индекс
1	Очень чистая	10
2	Чистая	8 – 9
3	Умеренно грязная	6 – 7
4	Загрязненная	5
5	Грязная	3 – 4
6	Очень грязная	0 – 2

Рис. 10.2.

Паук-серебрянка



Рис. 10.3.

Insecta (личинка жука-плавунца)

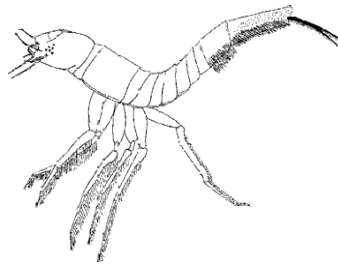


Рис. 10.4.

Отр. Coleoptera (жуки)

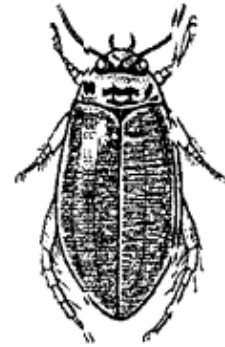


Рис. 10.5.

Отр. Hemiptera (клопы)



Рис. 10.6.

Сем. Gyrinidae (вертячки)



Рис. 10.7.

Сем. Dytiscidae (плавунцы)

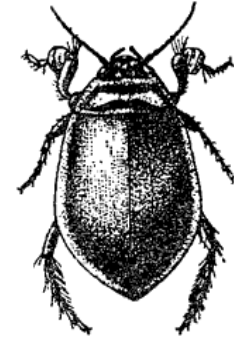


Рис. 10.8.

Личинка поденки (отр. Ephemeroptera)



Рис. 10.9.

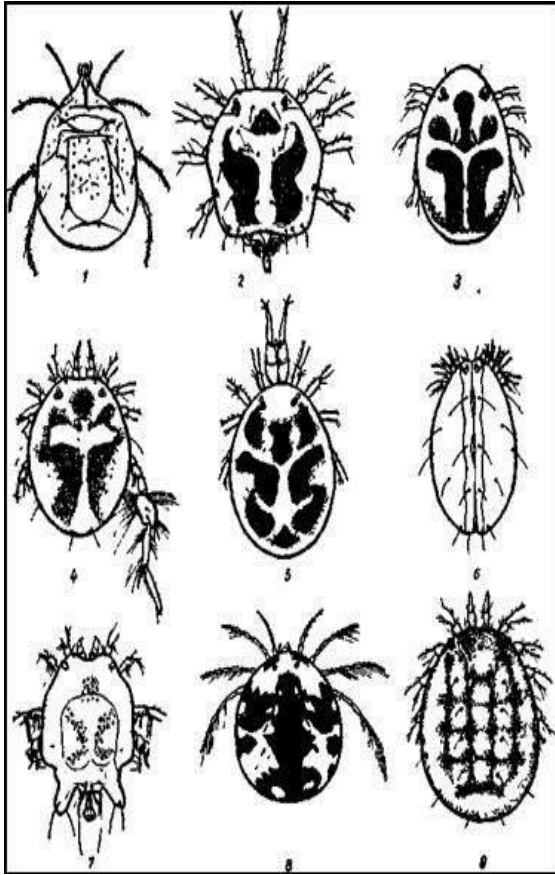
Личинка стрекозы (отр. Odonata)



Рис. 10.10.

Личинка комара сем. Chaoboridae (р. Chaoborus)





Водные клещи, гидракарини

1 — *Limnochares aquatica* ярко красного цвета, ведет придонный образ жизни, ползая по водным растениям, плавать не может; 2 — *Hydrochoreutes unguulatus* самец — желтоватого цвета с просвечивающей темной печенью, имеет очень длинные плавательные ноги, на рисунке не показанные, обитатель больших водоемов — озер, прудов; 3 — *Piona nodata* — красно-коричневой окраски, встречается в больших водоемах; 4 — *Aceriscus torris* самец — желто-коричневого цвета, на ногах у самцов особые утолщения, играющие роль при копуляции, встречается в мелких лужах; 5 — *Limnesia undulata* самка — желтого, изредка красного цвета с просвечивающей черной печенью, обитатель мелких вод; 6 — *Frontipoda musculus* самка — зеленого, реже желтого или красноватого цвета, с короткими плавательными ногами, сидящими пучком около рта, обитает в сильно заросших водоемах; 7 — *Arrhenurus neitani* — красного, редко зеленого цвета с характерным для самцов этого рода задним придатком тела; 8 — *Hydrarachna geographica* — ярко красного цвета с черными пятнами, имеет короткие плавательные ножки, встречается в прудах и лужах, особенно весной (длина 8 мм — «королева» гидракарин); 9 — *Hydryphantes ruber* самка — ярко красного цвета, встречается в мелких водоемах, канавах, лужах, преимущественно весной.

Лабораторная работа №11

Характеристика качества почвы с помощью растений-индикаторов

Цель работы: Охарактеризовать качество почвы с помощью растений-индикаторов.

Задачи:

1. Освоить метод фитоиндикации для исследования качества почвы.
2. Изучить прямые и косвенные индикаторы метода.
3. Ознакомиться с понятиями достоверности и значимости в биоиндикации.
4. Изучить характеризующие свойства растений при биоиндикации почв.

Материалы и оборудование: гербарий растений; каталоги-определители растений.

Теоретические вопросы для обсуждения.

1. Почва, факторы почвообразования.
2. Фитоиндикация, сложности метода.
3. Фитоиндикаторы, их значимость.
4. Прямые и косвенные индикаторы.
5. Универсальные (панареальные) и локальные индикаторы.
6. Характеристики индикаторов по достоверности и значимости.
7. Растения – индикаторы оценки влажности почв.
8. Растения – индикаторы механического состава почв.
9. Растения – индикаторы оценки кислотности почв.
10. Растения – индикаторы достатка питательных веществ в почве.

Практическая работа.

Задания.

1. Получить у преподавателя задание на карточке.
2. С помощью определителей и каталогов дать названия растениям по номерам.
3. Выяснить, индикатором каких свойств почв являются данные растения.
4. Рассчитать коэффициенты достоверности и значимости растений-индикаторов (см. пример – таблица 11.1).
5. Дать характеристику свойств почв, на которые указывают найденные вами растения-индикаторы.
6. В отчете привести все названия растений, среди них указать растения-индикаторы и характеризующие ими свойства почв; привести расчеты коэффициентов достоверности и значимости индикаторов.

Пример расчета суммарной оценки кислотности почвы

Вид	Кислотность почв (1)	Частота встречаемости (2)	(1)х(2) = (3)
<i>Melampyrum pratense</i>	1	1	1
<i>Trintalis europaea</i>	2	1	2
<i>Pulmonaria obscura</i>	3	3	9
<i>Urtica urens</i>	4	5	20
<i>Festuca pratensis</i>	4	9	28
<i>Filipendula vulgaris</i>	5	3	15
<i>Tussilago farfara</i>	6	2	12
<i>Pyrola chlorantha</i>	6	5	30
<i>Medicago falcata</i>	6	3	18
		$\Sigma(2) = 32$	$\Sigma(3) = 135$

По шкале индикаторных видов растений, характеризующих кислотность почв

$\Sigma(3) : \Sigma(2) = 4,2$, pH почвы исследуемого участка соответствует 6,0.

Рис. 11.1.

*Melampyrum
pratense*



Рис. 11.2.

Urtica urens



Рис. 11.3.

Filipendula vulgaris



Схема фитомониторинга загрязнения окружающей среды и состояния древесных растений



Рис. 11.5.

Пузырник ломкий
(*Cystopteris fragilis*).



Рис. 11.6.

Клевер пашенный
(*Trifolium arvense*).



Рис. 11.7.

Лапчатка песчаная
(*Potentilla arenaria*).



Лабораторная работа №12

Лихеноиндикация рекреационной нагрузки на пригородные биоценозы

Цель работы: провести сравнительный анализ двух площадок методом лишеноиндикации рекреационной нагрузки.

Задачи:

1. Ознакомиться с принципами определения рекреационной нагрузки на почву с помощью лишайников в природных условиях.
2. Научиться оценивать видовую насыщенность определенной территории.
3. Составить отчет с оценкой сходства и различия пробных площадок по видовому разнообразию и реакционной нагрузки на исследуемую территорию.

Материалы и оборудование: определители-каталоги лишайников.

Теоретические вопросы для обсуждения.

1. На чем основан принцип метода лишеноиндикации рекреационной нагрузки на почву?
2. Группы устойчивости индикаторных лишайников к рекреационной нагрузке.
3. Показатели антропогенной реакционной нагрузки на лишайниковый ярус.
4. Оценка видовой насыщенности.
5. Коэффициент общности по Жаккару и по Сенерсену.
6. Коэффициент дифференциальности.
7. Суммарная рекреационная нагрузка территории.

Практическая работа.

Задания.

1. Получить у преподавателя задание на карточке.
2. Дать родовое и видовое название лишайников, указанных в карточке.
3. Используя таблицу 12.1 выявить индикаторные виды, характеризующие разную степень рекреационной нагрузки.
4. Сравнить видовой состав двух пробных площадок, указанных на карточке, с помощью коэффициентов сходства и различия.
5. Рассчитать суммарную степень реакционной нагрузки на почву площадок.
6. Составить отчет с указанием родовых и видовых названий индикаторов, указанных в карточке. Определить их индикаторную значимость. Привести оценку сходства и различия пробных площадок по видовому разнообра-

зию присутствующих на них лишайников. Оценить суммарную рекреационную нагрузку на исследуемую территорию.

Таблица 12.1.

**Группы устойчивости индикаторных лишайников
к рекреационной нагрузке**

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

Формулы:

Коэффициент общности (сходства) по Жаккару K_j

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

Коэффициент общности (сходства) по Сенерсену K_s

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

где a – число видов лишайников на первой площадке; b – число видов лишайников на второй площадке; c – число видов лишайников, общих для обеих площадок.

Коэффициент дифференциальности (различия) K_d

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

где a – число видов лишайников, встречающихся только на первой площадке;
 b – число видов лишайников, встречающихся только на второй площадке; c –
число видов лишайников, общих для обеих площадок.



ЛИТЕРАТУРА

1. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О.П.Мелехова, Е.И.Егорова, Т.И.Евсеева и др.; под ред. О.П.Мелеховой и Е.И.Егоровой. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 288с.
2. Загрязнение воздуха и жизнь растений. Под ред. М. Трешоу.- Л.: Гидрометеиздат, 1988.- 536 с.
3. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / ред. Р. Шуберт. -М.: «Мир», 1988. -348с.
4. Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М.: «Научный мир», 2002. - 336с.
5. Кулаков В.Г. Кустистые и листоватые лишайники Нижнего Поволжья. Волгоград, 2002. - 125с.
6. Неверова О.А., Колмогорова Е.Ю. Древесные растения и урбанизированная среда. Экологические и биотехнологические аспекты. – Новосибирск: Наука, 2003. 220с.
7. Солдатенкова Ю.П. Малый практикум по ботанике. Лишайники (кустистые и листоватые). М.: Изд-во Московского университета, 1977. -124с.
8. Соловых Г.Н. Биотехническое направление в решении экологических проблем / Г.Н. Соловых и др. – Екатеринбург: Ур. отд. РАН, 2003. – 178 с.
9. Захаров В.М. Асимметрия животных. М.: Наука, 1987. – 214с.
10. Теппер Е. З. и др. Практикум по микробиологии / Е. З. Теппер, В. К. Шильникова, Г. И. Переверзева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1993. – 175с.
11. Семенченко В.П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. Минск: Изд-во «Орех», 2004. – 124с.
12. Семин В,А. "Основы рационального водопользования и охраны водной среды".-Учеб. пособие для студ вузов.-М.:Высш.шк.,2001.-320 с.:ил.
13. Ихер Т.П., Шиширина Н.Е., Курчакова О.А. Бентосные беспочвононые малых водотоков: Пособие по биоиндикации качества речных вод. – М., НП СХЭ, 2003.
14. Алимов, А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем / А.Ф. Алимов. СПб.: Наука, 2000. - 147 с.
15. Безматерных, Д.М. Зообентос равнинных притоков Верхней Оби : монография / Д.М. Безматерных ; отв. ред. В.В. Кириллов. Барнаул : Изд-во

Алт. ун-та, 2008.- 186 с.

16. Жильцова, Л.А. Веснянки (Plecoptera). Группа Euholognata / Л.А. Жильцова. — СПб.: Наука, 2003. — 538 с.
17. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос) / Под. ред. Л.А. Кутиковой, Я.И. Старобогатова. Л.: Гидрометеиздат — 1977. — 512 с.
18. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Низшие беспозвоночные / Под ред. С.Я. Цалолихина. СПб. -1994.-Т. 1.-400 с.
19. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Ракообразные / Под ред. С.Я. Цалолихина. СПб. - 1995. - Т. 2. — 630 с.
20. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Паукообразные. Низшие насекомые / Под ред. С.Я. Цалолихина. — СПб-1997.-Т. 3.-442 с.
21. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Высшие насекомые. Двукрылые / Под ред. С.Я. Цалолихина. — СПб. -1999.-Т. 4.-998 с.
22. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Высшие насекомые / Под ред. С.Я. Цалолихина. СПб., 2001. - Т. 5. - 836 с.
23. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Моллюски, Полихеты, Немертины. — СПб.: Наука, 2004. — Т. 6. — 528 с.
24. Папченков, В.Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья / В.Г. Папченков. Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. - 200 с.
25. Попов, П.А. Оценка экологического состояния водоемов методами ихтиоиндикации / П.А. Попов. Новосибирск: НГУ, 2002. — 270 с.
26. Скальская, И.А. Зооперифитон водоемов бассейна Верхней Волги / И.А. Скальская. Рыбинск: ИБВВ РАН, 2002. - 256 с.
27. Список ручейников России. Версия 2.0. / Сост. В.Д. Иванов. СПб: Фонды Каф. энтомол. СПбГУ. - 2007. - 22 с.