



Д.В. Зацаринная
Е.М. Волкова

БИОМОНИТОРИНГ

методические указания
к практическим занятиям



Д.В. Зацаринная, Е.М. Волкова

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

по дисциплине

БИОМОНИТОРИНГ

Тула, 2021

Зацаринная Д.В., Волкова Е.М.

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Биомониторинг»: Учебное пособие. – Тула: Издательство ТулГУ, 2021. – 64с.

Учебное пособие для практических занятий по дисциплине «Биомониторинг» предназначено для студентов биологических специальностей университетов. Пособие содержит теоретический материал, задания, иллюстративный материал и вопросы для контроля.

Печатается по решению библиотечно-издательского совета
Тулского государственного университета

© Д.В. Зацаринная, Е.М. Волкова

© Издательство ТулГУ, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Практическая работа № 1. Концептуальные основы экологического нормирования...	4
Практическая работа № 2. Производственно-хозяйственные нормативы.....	6
Практическая работа № 3 Экосистемное нормирование.....	10
Практическая работа №4. Постановка мониторинговых исследований разных сред...	12
Практическая работа № 5. Биоиндикационные индексы и коэффициенты.....	16
Практическая работа № 6. Биологическая индикация и биологическое тестирование. Экспресс-методы оценки токсичности водной среды с помощью биотестов.....	20
Практическая работа № 7. Биоиндикация уровня загрязнения природных вод. Оценка трофических свойств водоема с использованием высших растений.....	25
Практическая работа № 8. Определение качества воды в пресноводном водоеме по видовому разнообразию макрофитов и зообентоса.....	28
Практическая работа № 9. Биоиндикация уровня загрязнения атмосферного воздуха. Лихеноиндикация.....	33
Практическая работа № 10. Биоиндикация уровня загрязненности почвы. Характеристика качества почвы с помощью растений-индикаторов.....	37
Практическая работа № 11. Биотестирование загрязнений почвы при выращивании кресс-салата.....	39
Практическая работа № 12. Применение экологических шкал для индикации условий биотопов разных экосистем (шкалы Д.Н. Цыганова, Элленберга, Ландольта, Раменского).....	41
Практическая работа № 13. Флуктуирующая асимметрия древесных и травянистых форм растений как тест-система оценки качества среды.....	49
Практическая работа № 14. Использование флуктуирующей асимметрии животных для оценки качества среды	53
Практическая работа № 15. Биомониторинг окружающей среды посредством оценки стабильности развития популяции древесных растений	55
Практическая работа № 16. Медико-экологический мониторинг состояния здоровья населения	62

Практическая работа № 1

Концептуальные основы экологического нормирования

Цель: изучить историю развития экологического нормирования, основные понятия и его структуру, ознакомиться с нормативно-правовым обеспечением экологического нормирования.

Задания

Задание 1. Используя материалы теоретические сведения:

- а) проанализируйте информацию по подходам экологического нормирования, укажите их сходство и различие;
- б) охарактеризуйте основные этапы развития экологического нормирования и оформите результаты в виде таблицы 1.

Табл. 1. Этапы развития экологического нормирования

Название этапа	Характеристика	Основные работы ученых данного периода

Задание 2. На основании Федерального закона от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «Об охране окружающей среды», раскройте содержание следующих понятий:

- качество окружающей среды;
- нормативы качества окружающей среды (далее – ОС);
- нормативы допустимого воздействия на ОС;
- нормативы допустимой антропогенной нагрузки на ОС;
- нормативы допустимых выбросов и сбросов;
- технологический норматив;
- нормативы предельно допустимой концентрации (ПДК);
- нормативы допустимых физических воздействий.

Ответьте на предложенные вопросы.

1. В каких целях осуществляется нормирование в области охраны ОС?
2. В чем заключается сущность установления нормативов качества окружающей среды?
3. В каких целях и для чего устанавливаются перечисленные ниже нормативы: допустимый выброс (ДВ) и допустимый сброс (ДС) веществ и микроорганизмов, отходов производства и потребления, допустимых физических воздействий, допустимого изъятия компонентов природной среды, допустимой антропогенной нагрузки?

4. Что именно устанавливается государственными стандартами в области охраны ОС? В чем заключается сущность экологической сертификации в механизме охраны ОС?

Задание 3. Используя Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «Об охране окружающей среды», опишите порядок разработки нормативов и перечислите нормативы допустимого воздействия на ОС.

Практическая работа №2

Производственно-хозяйственные нормативы

Цель: научиться осуществлять расчет платежей за нормативный и сверхнормативный выброс загрязняющих веществ.

Теоретические основы

Плата за негативное воздействие на окружающую среду выбросами от энергетических установок подразделяется на:

- плату за допустимые выбросы;
- плату за выбросы, превышающие допустимые;

Плата за выбросы загрязняющих веществ в размерах, не превышающих установленные природопользователю предельно допустимые нормативы выбросов (ПДВ), исчисляется по формуле:

$$П_{Н}^{атм} = \sum_{i=1}^n C_{Hi}^{атм} * M_i^{атм} \quad 0 < M_i^{атм} \leq M_{Hi}^{атм}$$

$M_i^{атм}$ – фактический выброс i -го загрязняющего вещества, т;

$M_{Hi}^{атм}$ – предельно допустимый выброс i -го загрязняющего вещества, т;

$C_{Hi}^{атм}$ – ставка платы за выброс 1 тонны i -го загрязняющего вещества в пределах допустимого выброса (ПДВ), руб., соответствующая –

$N_{BHi}^{атм}$ (таблица 1) базовому нормативу платы за выброс 1 тонны i -го загрязняющего вещества в размерах, не превышающих ПДВ.

Табл. 1. Нормативы платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

Наименование загрязняющих веществ	Норматив платы за выброс 1 тонны вещества, руб.	
	в пределах ПДВ, Нбн _г	в пределах установленных лимитов, Нбл _г
Аммиак NH ₃	52	260
Бенз(а)пирен	2049801	10249005
Бензин (нефтяной, малосернистый в пересчете на углерод)	1,2	6,0
Бензол	21	105
Диоксид азота NO ₂	52	260
Диоксид серы* SO ₂	21	105
Летучая зола* -углей Подмосковского, Кузнецкого и Экибастузского бассейнов -прочих углей	7 103	35 515
Мазутная зола в пересчете на ванадий M _V ≈ 0,5·M _{ДЗ} *	1025	5125
Оксид углерода (СО)	0,6	3
Сажа без примесей	41	205
Сероводород (H ₂ S)	257	1285
Фенол	683	3415
Фтороводород (HF)	410	2050

Плата за выбросы загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов (ВСВ):

$$P_{Л}^{атм} = \sum_{i=1}^n C_{Лi}^{атм} * (M_i^{атм} - M_{Нi}^{атм}) \quad \text{при } M_{Нi}^{атм} \leq M_i^{атм} \leq M_{Лi}^{атм}$$

$M_i^{атм}$ – фактический выброс i -того загрязняющего вещества, т;

$M_{Нi}^{атм}$ – предельно допустимый выброс i -того загрязняющего вещества, т;

$M_{Лi}^{атм}$ – выброс загрязняющих веществ в пределах установленного лимита, т;

$C_{Лi}^{атм}$ – ставка платы за выбросы 1 тонны i -того загрязняющего вещества в пределах установленных лимитов, в рублях, причем

$$C_{Лi}^{атм} = 5 * N_{БНi}^{атм}$$

Плата за сверхлимитный выброс загрязняющих веществ в атмосферу:

$$P_{СЛ}^{атм} = \sum_{i=1}^n C_{СЛi}^{атм} * (M_i^{атм} - M_{Лi}^{атм}) \quad \text{при } M_i^{атм} > M_{Лi}^{атм}$$

$C_{СЛi}^{атм}$ – ставка платы за выбросы 1 тонны i -того загрязняющего вещества сверх установленных лимитов, в рублях, при соотношении

$$C_{СЛi}^{атм} = 5 * 5 * N_{БНi}^{атм}$$

Плата за загрязнение атмосферного воздуха отдельно взятым веществом может быть представлена в следующем виде:

$$P_{атм.} = (C_{Н}^{атм.} \cdot M_{Н}^{атм.} + C_{Л}^{атм.} \cdot (M_{Л}^{атм.} - M_{Н}^{атм.})) \cdot K_{Э}^{атм.} \cdot K_{И}.$$

Общая плата за загрязнение атмосферного воздуха определяется по формуле:

$$P_{общ.}^{атм.} = (P_{Н}^{атм.} + P_{Л}^{атм.} + P_{СЛ}^{атм.}) \cdot K_{Э}^{атм.} \cdot K_{И},$$

где

$K_{Э}^{атм.}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы в рассматриваемом регионе (таблица 5.2);

$K_{И}$ – коэффициент индексации платы (коэффициент индексации платы в 2010 году составляет 1,79 к уровню 2003 г. и 1,46 – к уровню 2005 г.; для диоксида серы установлен понижающий коэффициент – 1,21).

Помимо основных коэффициентов при учете платежей вводится дополнительный коэффициент 1,2 при выбросе загрязняющих веществ в атмосферный воздух городов и дополнительный коэффициент 2 для особо охраняемых природных территорий, в том числе лечебно-оздоровительных местностей и курортов, а также для районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей, Байкальской природной территории и зон экологического бедствия.

Табл. 2. Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха и почвы по территориям экономических районов РФ

Экономические районы РФ	Коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы	
	атмосферный воздух*	почвы**
Северный	1,4	1,4
Северо-Западный	1,5	1,3
Центральный	1,9	1,6
Волго-Вятский	1,1	1,5
Центрально-Черноземный	1,5	2,0
Поволжский	1,9	1,9
Северо-Кавказский	1,6	1,9
Уральский	2,0	1,7
Западно-Сибирский	1,2	1,2
Восточно-Сибирский	1,4	1,1
Дальневосточный	1,0	1,1
Калининградская область	1,5	1,3

*Применяется с дополнительным коэффициентом 1,2 при выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух городов.

** Применяется при взимании платы за размещение отходов.

Пример решения. Воспользуемся формулой:

$$P^{atm} = (C_H^{atm} \cdot M_H^{atm} + C_L^{atm} \cdot (M_L^{atm} - M_H^{atm})) \cdot K_3^{atm} \cdot K_H$$

$$P(SO_2) = (21 \cdot 10 + 5 \cdot 105) \cdot 1,9 \cdot 1,21 = 1689,77 \text{ руб.}$$

$$P(NO_2) = (52 \cdot 5 + 3 \cdot 260) \cdot 1,9 \cdot 1,79 = 3537,04 \text{ руб.}$$

$$P(\text{л.з.}) = 36 \cdot 103 \cdot 1,9 \cdot 1,46 = 10285,99 \text{ руб.}$$

$$P \text{ б(а)п} = (2049801 \cdot 0,001 + 10249005 \cdot 0,005) \cdot 1,9 \cdot 1,46 = 147839,85 \text{ руб.}$$

$$P \text{ общ.} = 1689,77 + 3537,04 + 10285,99 + 147839,85 = 163352,65 \text{ руб.}$$

Задания

Задание 1. Выбросы предприятия оборонного промышленного комплекса (ОПК), расположенного в Московской области, фактически составили: по диоксиду серы – 15 т/год; по диоксиду азота – 8 т/год; по летучей золе – 36 т/год; по бенз(а)пирену – 1,5 кг/год. Предприятию установлены ПДВ по диоксиду серы – 10 т/год; по диоксиду азота – 5 т/год; по летучей золе – 45 т/год; по бенз(а)пирену – 1 кг/год. Превышение предельно допустимых величин является временно согласованным нормативом для указанного предприятия. Определить платежи по каждому загрязнителю отдельно и общую плату за негативное воздействие на окружающую природную среду.

Задание 2. Выбросы Новочеркасской ГРЭС (НчГРЭС) по оксиду серы SO_2 в среднем составляют 70 000 т/год. Определите плату за выброс из предположения, что выбросы не превышают размеров ПДВ.

Задание 3. Выбросы предприятия фактически составили: по диоксиду серы – 35 т/год; по диоксиду азота – 38 т/год; по летучей золе – 106 т/год; по аммиаку – 0,8 кг/год. Предприятию установлены ПДВ по диоксиду серы – 15 т/год; по диоксиду азота – 25 т/год; по летучей золе – 59 т/год; по аммиаку – 0,1 кг/год. Определить платежи по каждому загрязнителю отдельно и общую плату за негативное воздействие на ОПС.

Задание 4. Выбросы предприятия фактически составили: по диоксиду серы – 23 т/год; по диоксиду азота – 7 т/год; по летучей золе – 69 т/год; по оксиду углерода – 89 т/год. Предприятию установлены ПДВ по диоксиду серы – 8 т/год; по диоксиду азота – 4 т/год; по летучей золе – 45 т/год; по оксиду углерода – 18 т/год. Определить платежи по каждому загрязнителю отдельно и общую плату за негативное воздействие на ОПС.

Практическая работа №3

Экосистемное нормирование

Цель: выявить основные проблемы устойчивости в экосистемном нормировании, научиться определять рекреационную нагрузку на экосистему, рассмотреть подходы к установлению предельно допустимых антропогенных нагрузок.

Теоретические основы

Экологическое нормирование - представляет собой процесс определения видов, размеров, содержания вредных воздействий на окружающую среду в целом или на отдельные средообразующие элементы, что позволяет гарантировать не причинение вреда жизни и здоровью человека, иным охраняемым правом объектам.

Допустимая рекреационная нагрузка на лес, определяется с помощью:

$$i_r = P_r \times T,$$

где i_r – суммарная годовая рекреационная нагрузка, чел./га;

P_r – среднегодовая единовременная рекреационная нагрузка, чел./га;

T – продолжительность учетного периода при определении рекреационной нагрузки (8760 ч).

$$P_{сд} = 8760 \times P_{гд} / T_c,$$

где $P_{сд}$ – допустимая среднесезонная единовременная рекреационная нагрузка, чел./га;

$P_{гд}$ – среднегодовая допустимая единовременная рекреационная нагрузка, чел./га;

T_c – продолжительность сезона отдыха, ч.

$$P_{гд} = \sum_i^T P_n f_n / 365$$

где $P_{гд}$ – среднегодовая единовременная рекреационная нагрузка, чел./га;

P_n – средние за учетный период единовременные нагрузки в разные сезоны года в рабочие и нерабочие дни с комфортной и дискомфортной погодой в различные сезоны года, чел./га;

f_n – среднее многолетнее количество нерабочих и рабочих дней с комфортной и дискомфортной погодой в разные сезоны года, дни.

$$i_{гд} = T_m \times Пд \times 365,$$

где $i_{гд}$ – суммарная годовая допустимая рекреационная нагрузка, чел./га в год;

T_m – время, затраченное на моделирование рекреационной нагрузки, вызвавшей появление пороговых значений коэффициента поверхностного стока, ч/м²;

Пд – площадь насаждения, выделяемого для рекреационного пользования, м².

Задания

Задание 1. Сосняки–брусничники, черничники и сложные. Коэффициенты соотношения среднегодовой единовременной рекреационной нагрузки для этих типов леса равны соответственно 2,2, 1,0 и 1,2. Продолжительность учетного периода 1 год. Определите суммарную годовую рекреационную нагрузку.

Задание 2. Среднее многолетнее количество нерабочих и рабочих дней с комфортной и дискомфортной погодой соответственно 52, 53, 129, 131, среднее за учетный период единовременное количество отдыхающих в эти дни соответственно 4,68, 1,1,7, 1,04 и 0,26 чел./га. Продолжительность сезона отдыха 900 дней. Определите допустимую среднесезонную единовременную рекреационную нагрузку.

Задание 3. Горные леса Кавказа. Тип леса – свежая бучина, свежая дубово-грабовая суббучина и влажная буково-пихтовая рамень. Моделирование нагрузки осуществлялось на площади в 1 м². Время, затраченное на моделирование, в упомянутых типах леса соответственно 8, 160 и 80 с. Площадь, выделяемая для рекреационного пользования, определяется делением 1000 на продолжительность цикла получения жизнеспособного подроста (соответственно 12, 5 и 13 лет). Определите суммарную годовую допустимую единовременную рекреационную нагрузку при проведении экскурсий и единовременное количество отдыхающих на 1 га в среднем за учетный период (8760 ч).

Практическая работа №4

Постановка мониторинговых исследований разных сред

Цель: выявить основные подходы к организации мониторинговых исследований в разных природных средах.

Теоретические основы

Природная среда - совокупность абиотических и биотических факторов, естественных и измененных в результате деятельности человеческого общества, оказывающих влияние на человека или любой другой организм, особь, популяцию или вид, часть природы, окружающая живые организмы и оказывающая на них прямое или косвенное воздействие.

Природная среда - часть окружающей среды; природная составляющая среды обитания и производственной деятельности человечества. На Земле существуют четыре основные среды обитания, каждая из которых имеет свои специфические условия жизни: водная среда, наземно-воздушная среда, почвенная среда, среда, образуемая самими живыми организмами.

Мониторинг среды обитания - это слежение за состоянием окружающей среды или её отдельных компонентов (воды, воздуха, почв, флоры, фауны и т. п.) и предупреждение о возникающих критических ситуациях, например, о резком превышении концентрации загрязняющих веществ в атмосфере, вредных или опасных для здоровья людей или других живых организмов.

Понятие мониторинга охватывает не только наблюдения за последствиями хозяйственного воздействия человека на природу, но и наблюдения за естественными природными явлениями неблагоприятного характера (наводнения, лесные и степные пожары, засухи, тайфуны, цунами, сели и пр.). Но, независимо от особенностей объекта наблюдения, процесс мониторинга всегда включает в себя четыре основных этапа:

- 1) наблюдение за объектом мониторинга;
- 2) оценка фактического состояния объекта мониторинга;
- 3) прогноз возможных изменений состояния объекта мониторинга;
- 4) оценка прогнозного состояния объекта.

К настоящему времени сформировался целый ряд «разновидностей» мониторинга в зависимости от объекта наблюдения - так называемые объектные виды мониторинга. Вот примеры объектных видов, наиболее востребованных на сегодняшний день:

а) Мониторинг атмосферного воздуха - включает в себя наблюдения за приземным слоем атмосферы, верхними слоями атмосферы и за атмосферными осадками.

б) Мониторинг гидросферы - это наблюдения за поверхностными водами суши (реками, озерами, водохранилищами и пр.), водами морей и океанов и подземными водами.

в) Почвенный мониторинг - наблюдения за агрохимическими характеристиками почвы, за загрязнением почвы различными химическими соединениями.

г) Геологический мониторинг - наблюдения за процессами, протекающими в литосфере, в зоне вечной мерзлоты и в верхней части земной мантии.

д) Геофизический мониторинг охватывает наблюдения за абиотической составляющей биосферы (погодой, климатом, изменениями рельефа и т. п.).

е) Сейсмический мониторинг - наблюдения за распространением сейсмических волн в геологической среде и регистрация землетрясений различной силы.

ж) Гравиметрический мониторинг - наблюдения за изменениями силы тяжести на Земле (в пространстве и во времени).

з) Биологический мониторинг - наблюдения за популяциями живых организмов (численностью популяции, особенностями расселения и т. д.).

и) Экологический мониторинг - комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

На практике любой из объектных видов мониторинга подразделяется на подвиды. Например, биологический мониторинг включает в себя следующие подвиды:

- зоологический мониторинг - наблюдения за различными видами животных и фазами их жизненного цикла;

- ботанический мониторинг - наблюдения за состоянием растительного покрова и изменениями, происходящими в нём под воздействием человека;

- антропологический мониторинг - наблюдения за различными показателями состояния и развития человека и общества. Возможно и еще более частное деление в пределах многих объектных подвидов мониторинга. Например, внутри антропологического мониторинга выделяют медико-биологический мониторинг, который ведёт наблюдения за показателями здоровья и физического развития населения, и социальный мониторинг, который оценивает изменения в этнографическом, поло-возрастном, социальном составе населения. В любом случае объектные виды мониторинга могут проводиться как по отдельности, так и во взаимосвязи друг с другом.

Задания

Задание 1. Дайте характеристику основных природных сред и заполните таблицу 1:

Табл. 1. Основные черты природных сред

Среда	Физико-химические показатели (освещенность, плотность, др.)	Представители живых организмов
Воздушная		
Водная		
Почвенная		
Наземно-воздушная		

Задание 2. Охарактеризуйте приспособления разных групп живых организмов к обитанию в разных средах. Заполните таблицу 2:

Табл. 2. Приспособления живых организмов к обитанию в разных средах

Группы живых организмов / Среды обитания			
Бактерии	Грибы	Растения	Животные
Наземно-воздушная			
Воздушная			
Водная			
Почвенная			

Задание 3. Изучите общую схему системы мониторинга и основные этапы этого процесса:



Проектирование системы мониторинга включает в себя следующие основные процедуры:

- 1) Выделение объекта наблюдения.
- 2) Обследование объекта наблюдения.
- 3) Составление информационной модели объекта наблюдения, выбор параметров и характеристик, которые будут мониторироваться.
- 4) Планирование наблюдений (выбор способов и периодичности проведения наблюдений).
- 5) Проведение наблюдений (отбор и анализ проб, фиксация объекта наблюдения на аэро- или космических снимках, статистическая обработка собранных данных и т. д.).
- 6) Оценка состояния объекта наблюдения.
- 7) Прогнозирование изменений состояния объекта наблюдения.
- 8) Представление полученной информации в удобной для использования форме (таблицы, графики, карты и пр.), и доведение её до потребителя.

Задание 4. Разработайте программу мониторинговых исследований наземно-воздушной / воздушной / водной / почвенной среды. Укажите объекты мониторинга и обоснуйте выбор, опишите показатели мониторинга, методы, подходы и применяемое оборудование, периодичность проведения измерений, подходы к обработке и представлению результатов.

Задание 5. Основываясь на данных сайта <https://tularegion.ru/obshchestvo/ekologiya/>, проведите анализ экологической ситуации в Тульской области за последние 5 лет. Проанализируйте динамику состояния атмосферного воздуха / поверхностных и подземных водных объектов / почвы и земельных ресурсов / радиационной ситуации / полезных ископаемых и состояния недр / состояния растительного и животного мира.

Практическая работа №5

Биоиндикационные индексы и коэффициенты

Цель: познакомиться с основными биоиндикационными индексами и коэффициентами, научиться их применять.

Теоретические основы

Достоверность – это степень сопряженности индикатора с объектом индикации (индикатором).

Например, хвощ речной – индикатор мест с высоким залеганием грунтовых вод. В данном случае хвощ является биоиндикатором, а уровень грунтовых вод – объектом индикации.

Для оценки достоверности индикаторов существует много различных шкал. Одна из наиболее простых и распространенных шкал приводится в табл.1. Оценки достоверности даются в ней на основе процентного соотношения случаев, в которых исследуемый индикатор и индикат встречены совместно, и тех, когда индикатор встречен без индиката; общее число исследованных пробных площадок принимается за 100%

Достоверность не определяет полностью практическую ценность индикатора. Важным является и то, насколько часто встречается индикатор в пределах площади, на которой присутствует индикат. Эта характеристика называется значимостью индикатора. Индикаторы, обладающие высокой достоверностью, могут иметь очень малую значимость, если они встречаются редко. Для ориентировочной оценки значимости применима следующая шкала.

Табл. 1. Шкалы ориентировочной оценки достоверности и значимости индикатора

Число случаев (% от общего числа исследованных ПТК)		Степень достоверности
Когда индикатор и индикат встречены совместно	Когда индикатор встречен без индиката	
100	0	Наивысшая (абсолютный индикатор)
более 90	Менее 10	Высокая (верный индикатор)
75 – 90	10 – 25	Достаточная (удовлетворительный индикатор)
60 – 75	25 – 40	Низкая (сомнительный индикатор)
Менее 60	Более 40	Ничтожная (индикация невозможна)

Частота встреч индикатора в пределах площади, занятой индикатом (% от исследованных участков индиката)	Значимость
90–100	Отличная
75–90	Хорошая
50–75	Нормальная
10–50	Низкая
Менее 10	Ничтожная

Достоверность и значимость — понятия не тождественные. При оценке достоверности (см. табл. 1) исходят из суммы участков, на которых зафиксирован индикатор, и определяют процент участков, на которых он сопряжен с индикатором. При определении же значимости за целое прини-

мается сумма изученных участков индикатора и определяется частота встреч индикатора в их пределах. Для практического применения индикаторов надо знать и достоверность и значимость их.

Табл. 2. Основные индексы и коэффициенты, используемые при биоиндикации

Коэффициент Жаккара	
$K_j = \frac{c}{a+b-c} 100\%,$	где a — количество видов на первой пробной площадке, b — количество видов на второй пробной площадке, c — количество видов, общих для 1-й и 2-й площадок.
Индекс биотической дисперсии Коха	
$I_K = \frac{(n-1)S}{(\tau-S)} 100\%,$	n — количество списков видов, включает соответственно S_1, S_2, \dots, S_n видов, S — общее число отличных видов, $t = S_1 + S_2 + \dots + S_n$
Коэффициент Серенсена	
$K_s = \frac{2c}{a+b} 100\%.$	равен числу видов общих для двух участков (c), выраженный в процентах от среднего числа видов a участках (a и b)
Индекс процентного сходства (ПС)	
$ПС = \frac{2\sum \min(x_i \cdot y_i)}{\sum (x_i + y_i)} 100\%,$	$\min(x_i + y_i)$ наименьшая степень покрытия видом, общего для описаний x и y .
Индекс полеотолерантности вида	
$ИП = \sum_{i=1}^n \frac{a_i c_i}{c_n},$	где n - количество видов на описанной пробной площадке, a_i - класс полеотолерантности i -того вида, определяемый по справочной таблице в соответствии с видом лишайника, c_i - проективное покрытие i -того вида в баллах, c_n - сумма значений покрытия всех видов
Индекс чистоты атмосферы (ИЧА)	
$ИЧА = \sum_{i=1}^n Q_i f_i,$	Q_i - коэффициент токсикотолерантности вида, равный среднему числу видов, сопровождающих данный вид i по всем пунктам, f_i - степень проективного покрытия вида.
Индекс Шеннона – Винера (H)	
$H = \sum_{i=1}^S h_i,$	где $h_i = p_i \ln \frac{1}{p_i}$. S — число видов, n_i — количество особей i -го вида, N — общее количество видов, p_i — относительная частота встречаемости i -го вида, h_i — структура доминирования i -го вида
Индекс видового разнообразия Маргалефа	
$\bar{d} = (S-1) \ln N,$	S — число видов, $\ln N$ — натуральный логарифм количества особей

Индекс сапробности Пантле и Букка	
$S = \sum (sh) / \sum (h)$	S – индекс значимости вида, h – частота встречаемости организма
Индекс неоднородности Симпсона	
$D = \sum \frac{n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)}$	n_i – количество особей i-го вида, N – общее количество особей

Задания

Задание 1. Ознакомьтесь со списками птиц, встреченных в лесу и в парке. Используя индекс Маргалефа оцените видовое богатство биоценозов. Определите коэффициенты Сьеренса и Жаккара.

а) Птицы парка: зяблик – 60, поползень – 10, большая синица 30, дроздинник – 28, большой пестрый дятел – 5, пеночка-весничка – 18, пеночка-трещотка – 30, пеночка-теньковка – 3, щегол – 5, мухоловка-пеструшка – 30, лазоревка – 10, зарянка – 5, горихвостка – 2, черноголовая славка – 15, зеленая пеночка – 10, чечевица – 1, соловей – 5, иволга – 3, ушастая сова – 2, певчий дрозд – 1, черный дрозд – 1, малый пестрый дятел – 3, сорока – 5.

б) Птицы леса: зяблик – 40, поползень – 5, большая синица 20, дроздинник – 5, большой пестрый дятел – 3, пеночка-весничка – 6, пеночка-трещотка – 20, пеночка-теньковка – 1, щегол – 2, мухоловка-пеструшка – 10, лазоревка – 12, зарянка – 15, горихвостка – 2, черноголовая славка – 15, зеленая пеночка – 3, чечевица – 6, соловей – 6, иволга – 8, ушастая сова – 2, певчий дрозд – 10, черный дрозд – 15, малый пестрый дятел – 1, сорока – 1, серая ворона – 1, серая неясыть – 1, крапивник – 3, малая мухоловка – 2, зеленый дятел – 1, ястреб-тетеревятник – 1, лесной конек – 6, обыкновенная овсянка – 3, речной сверчок – 2, белоспинный дятел – 1, средний дятел – 1, рябчик – 1, удод – 2, козодой – 1.

Задание 2. Определите индекс сапробности Пантле и Букка

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 загрязнения); *h* – частота встречаемости организмов в сообществе.

Практическая работа №6

Биологическая индикация и биологическое тестирование. Экспресс-методы оценки токсичности водной среды с помощью биотестов

Цель: познакомиться с биоиндикаторами состояния поверхностных вод, выполнить экологическую оценку качества воды водоемов методом биотестирования с использованием в качестве тест-объекта дафнии.

Оборудование и материалы: тест-объекты (дафнии), чашки Петри, микродозатор, мерные цилиндры (10 мл и более), контейнеры с притертой пробкой для хранения раствора, пинцеты, ножницы, весы аналитические.

Теоретические основы

Биоиндикация – это определение биологически значимых нагрузок на основе реакций на них живых организмов и их сообществ. В полной мере это относится ко всем видам антропогенных загрязнений. Биотестирование – процедура установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций тест – объектов. Биотестирование – использование в контролируемых условиях биологических объектов (тест-объектов) для выявления и оценки действия факторов (в том числе и токсических) окружающей среды на организм, его отдельную функцию или систему организмов.

Токсичность среды определяется наличием токсических веществ, способных оказывать повреждающее или летальное воздействие на организмы: соединения ТМ, особенно ртути, свинца, кадмия; пестициды, особенно хлор- и фосфорорганические; нефть и продукты её переработки; кислоты, фенолы, ПАВ и некоторые другие соединения. Для быстрого интегрального определения токсичности воды используют методы биотестирования.

Водоросли, особенно синезелёные (цианобактерии), – хорошие индикаторы эвтрофикации водоёма, его органического и нитратного загрязнения. Хорошим индикатором избытка азота, может служить нитчатая зелёная водоросль спирогира – при эвтрофикации она образует массовые скопления, плавающие на поверхности воды и напоминающие внешним видом жёлто-зелёные мочалки. Наоборот, в самых чистых олиготрофных водоёмах преобладают представители отдела золотистых водорослей, в мезотрофных водах – отдела зелёных водорослей: хлорелла, хлорококк и др.

Показателями чистой воды являются харовые водоросли, а также макрофиты: рдесты блестящий и сплюснутый; кувшинка белая и кубышка жёлтая, водокрас, телорез; из прибрежных растений – ольха чёрная, ива. Рдесты курчавый, пронзеннолистный и особенно гребенчатый могут существовать и при сильном загрязнении. Тростник южный, камыш озёрный

и некоторые другие виды высших водных растений – космополиты, устойчивые к избытку в среде обитания химических элементов; на усиленное поступление биогенов они реагируют увеличением продуктивности и гигантизмом. Элодея, телорез, рдесты – концентраторы биогенных элементов – сначала они активно увеличивают фитомассу, затем при достижении барьера терпимости угнетаются и совсем исчезают из водоема.

Зоопланктон может служить индикатором патогенного загрязнения водоёма. Простейшие (инфузории, амёбы, сувойки и др.) - высокочувствительные индикаторы сапробности водоемов. Зообентос (обитатели дна и придонных слоёв воды, в частности, легочные моллюски, особенно катушки и речные чашечки) – индикаторы донных отложений. Амёбы и некоторые устрицы, являясь фильтраторами и очистителями воды, способны адсорбировать кишечные и другие вирусы, патогенные для человека. Наиболее чувствительны к чистоте воды свободноживущие личинки насекомых – ручейников, подёнок, веснянок, которые и используются в большинстве методов оценки воды, как индикаторные виды, а также крупные двусторчатые моллюски: перловица, беззубка, вилхвостки, водяной клоп. Наоборот, шаровки, дрейсена, плоские и особенно червеобразные пиявки, красные крупные дафнии, масса трубочника и мотыля – индикаторы неблагополучия вплоть до грязной воды. Ихтиофауна особенно важна для оценки состояния водного объекта в целом и при определении допустимых уровней загрязнения водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. Перифитон (организмы-обрастатели) – дают картину общего состояния воды за достаточно долгий промежуток времени, предшествующий исследованию, особенно для рек и ручьёв. При водной биоиндикации важно время года – в холодное время года методы гидробиологии неприменимы. Важное значение при выборе метода биоиндикации имеют также такие характеристики водоема, как стоячесть или проточность, скорость течения. При разовых и местных загрязнениях необходимо исследовать обитателей дна в местах со слабым течением (заводи, бочаги и т.п.), для представления об общем состоянии реки выбирать лучше места с быстрым течением (перекаты, плотины и т.д.). Необходимо также учитывать места стоков и их качество. Чем крупнее водоём, тем больше разнообразных мест отбора проб требуется.

Табл. 1. Шкала загрязнений по индикаторным таксонам

Индикаторные таксоны	Эколого-биологическая полноценность, класс качества воды, использование
Личинки веснянок, плоские личинки поденок, ручейник-риакофилла	Очень чистая. Полноценная. Питьевое, рекреационное, рыбохозяйственное.
Крупные двусторчатые моллюски (перловица), плавающие и ползающие – ручейник-	Чистая. Полноценная. Питьевое, рекреационное, рыбохозяйственное, орошение, техническое.

нейреклизис, вилохвостки, водяной клоп.	
Моллюски-затворки, горошинки, роющие личинки поденок, ручейники, личинки стрекоз, плосконожки и красотки, мошки	Удовлетворительно чистая. Полноценная. Питьевое с очисткой, рекреационное, рыбохозяйственное, орошение, техническое.
Шаровки, дрейсена, плоские пиявки, личинки стрекоз при отсутствии плосконожки и красотки, водяной ослик	Загрязненные. Неблагополучные. Ограниченное рыбоводство, ограниченное орошение.
Масса трубочника, мотыля, червеобразные пиявки при отсутствии плоских, крыски, масса мокрецов	Грязные. Неблагополучные. Техническое.
Макробеспозвоночных нет	Очень грязные. Неблагополучные. Техническое с очисткой.

Большинство работ по оценке токсичности проведено с использованием тест-объекта *Daphnia magna*. Этот метод является достаточно чувствительным и наиболее разработанным. Методы биотестирования с использованием дафний, в основном, основаны на регистрации их смертности от действия на них определенных токсических веществ. Вид дафний *Daphnia magna* признан самым универсальным тест-объектом по чувствительности и адекватности реагирования на различные загрязняющие вещества. Планктонные ракообразные, относящиеся к роду дафний, активные фильтраторы. Пропуская через свой организм большие объёмы воды, они способны накапливать значительные количества токсических веществ, способствуя тем самым естественному самоочищению воды. Скорость аккумуляции загрязняющих веществ у этой группы организмов очень велика. Дафнии чувствительны даже к небольшим концентрациям некоторых солей, например, добавление солей меди в концентрации 0,01 мг/л вызывает замедление движений рачков, они либо опускаются на дно, либо замирают у поверхностной пленки воды.

Дафнии – мелкие рачки (размеры тела взрослых особей от 0,6 до 6 мм). Они населяют все типы стоячих континентальных водоемов, встречаются также во многих реках с медленным течением. В лужах, прудах и озерах часто имеют высокую численность и биомассу. Их значение в жизни наших водоемов очень велико. Бесчисленное множество микроскопических ракообразных служит пищей для многих видов рыб, их личинок и мальков. При этом сами они в свою очередь также поедают множество различных микроорганизмов. Многие мелкие ракообразные питаются фильтрационным способом, процеживают пищевую взвесь. Благодаря их пищевой деятельности осветляется природная вода и улучшается ее качество. Размеры дафний magna составляют: самка – до 6 мм, самец – до 2 мм, новорожденные – 0,7 мм. Созревают в течение 10–14 суток. Пометы через 12–14 суток. В

кладке до 80 яиц (обычно 20–30). Продолжительность жизни – до 3-х месяцев.

Задания

Задание 1. Проведите биоиндикацию токсичности природных вод с помощью дафний.

1. Пробу исследуемой воды отбирают объемом до 1 л. Для целей биотестирования возможно хранение ее не более 6 часов при температуре 4°C. Пробу воды фильтруют через фильтровальную бумагу и заливают в емкости для тестирования.

2. Берут 3 сосуда для исследуемой воды и 3 сосуда для контрольной пробы, не содержащей токсичных веществ. Наливают в них по 100 мл исследуемой воды и по 100 мл чистой воды для контроля. Исследуемую воду можно разбавить водой, не содержащей токсических веществ. В качестве контрольной воды используют водопроводную воду с отстаиванием в течение 7 суток.

3. В каждый сосуд поместили по 10 особей дафний (односуточных). Их переносят стеклянной трубкой диаметром 7 мм сначала в сачок, затем в воду. Повторность трехкратная. Дафний вовремя эксперимента не кормят. Учет выживших дафний проводят через 1, 6, 24, 48, 72 и 96 часов.

4. На основе полученных данных в трех повторностях рассчитывают среднее арифметическое количество выживших дафний в контроле и опыте. Оценивают достоверность полученных различий. Для расчета процента гибели дафний в опыте по отношению к контролю использовали формулу: $\frac{X_k - X_o}{X_k}$, (13) 89 где X_k – среднее арифметическое число выживших дафний в контроле; X_o – среднее арифметическое число выживших дафний в опыте.

5. Проба воды оценивается как обладающая острой токсичностью, если за 24 часа биотестирования в ней гибнет 50% и более дафний по сравнению с контрольным вариантом. Может получиться так, что в контрольном опыте гибель дафний составила 10% и более. В этом случае опыт необходимо повторить, обратив особое внимание на чистоту воды, используемой для контроля. Поведение дафний при определении зоны загрязнения водоема учитывать по таблице.

Зона загрязнения	Индикационные изменения у дафний
1-я – сильное загрязнение (приближенная к источнику загрязнения)	Частичная гибель особей, особи держатся в природном слое, часть теряет активность, наблюдаются случаи «вертячки». Отмечается осадок на антеннах, забиты фильтрационные аппараты. Гибнущие особи имеют розовую диффузную окраску
2-я – среднее загрязнение	Повышение активности сменяется угнетением, дафнии периодически залегают на дно, особи имеют пустой кишечник, мутно-желтую окраску, сердцебиение ослаблено, отсутствуют жировые капли
3-я – слабое загрязнение (удаленная от источника)	Наличие повышенной активности у отдельных особей, у остальных – периоды активности сменяются нормальным состоянием; кишечник слабо наполнен

Задание 2. Изучите индикаторные таксоны экологического состояния водного объекта. Используя информацию теоретической части, проанализируйте списки организмов и определите класс качества воды.

1.
ручейник-риакофилла,
водяной клоп,
золотистые водоросли
перловица
личинки поденок, стрекоз
беззубка

2.
дрейсена
водяной ослик
крыски
спирогира
хлорелла
шаровки

Практическая работа №7

Биоиндикация уровня загрязнения природных вод. Оценка трофических свойств водоема с использованием высших растений

Цель: познакомиться с подходами биоиндикации природных вод с использованием высших растений.

Теоретические основы

Проблемы чистой воды и охраны водных экосистем становятся все более острыми по мере исторического развития общества, стремительно увеличивается влияние на природу, вызываемого научно-техническим прогрессом. Вода, самое распространенное соединение в природе, не бывает абсолютно чистой. Природная вода одержит многочисленные растворенные вещества — соли, кислоты, щелочи, газы (углекислый газ, азот, кислород, сероводород), продукты отходов промышленных предприятий и нерастворимые частицы минерального и органического происхождения.

Свойства и качество воды зависят от состава и концентрации содержащихся в ней веществ. Наиболее чистая природная вода — дождевая, но и она содержит примеси и растворенные вещества (до 50 мг/л). Содержание растворенных веществ в морской воде составляет от 10000 до 20000 мг/л, а в воде океанов — около 35000 мг/л. Вода соленых озер — 200000 мг/л и более. Воду, содержащую до 0,1% растворенных веществ, принято называть пресной, от 0,1% до 5% — минерализованной, свыше 5% — соленой. Наиболее важным неорганическим соединением, входящим в состав живых систем, является вода. Ее содержится от 60% до 95% от общей массы живых организмов и 3/4 поверхности Земли. Вода важна для живых организмов вдвойне, ибо она не только необходимый структурный компонент, но и для многих — среда обитания.

Показателем качества воды в озерах и прудах является ее трофность, понимаемая как количество органических веществ, накопленных в процессе фотосинтеза в условиях наличия биогенных элементов (азот, фосфор, калий). Органическое вещество обеспечивает существование животного населения и его видовое разнообразие, численность популяций зависит от количества пищи. После смерти животных возникают проблемы с разложением их трупов и изменением газового состава воды. Процесс повышения трофности водоема называется эвтрофикацией. К наиболее заметным проявлениям эвтрофикации относятся летнее «цветение» водоемов, зимние заморы, быстрое обмеление и зарастание водоемов. Эвтрофикацию можно выявить в процессе исследования с применением биоиндикаторов. 24 Роль биоиндикаторов в этом случае могут играть личинки комаров-дергунов или хирономусов и малощетинковые кольцецы, обитающие в донных илах, богатых органикой. Личинки хирономусов, называемые в народе «мотылем», и кольцецы живут в иле, питаются органическими остатками и приспособлены к недостатку кислорода благодаря содержанию в крови

гемоглобина. Если в составе донного ила присутствуют названные организмы — это верный признак эвтрофикации. Для выяснения этого факта необходимо с помощью водного сачка или черпака добыть ил со дна водоема, затем тщательно отмыть на сите или металлической сетке с мелкими ячейками обитающие организмы. По количеству кольцецов и хирономид определяют степень эвтрофикации. Принято выделять три степени эвтрофикации: 1) слабая; 2) средняя; 3) сильная. При сильной эвтрофикации в иле встречаются многочисленные трубочники, они часто покрывают дно сплошным слоем, в летнее время вода становится зеленой от массового размножения водорослей, а в зимнее время наблюдаются заморы рыб и водоемы нуждаются в аэрации. Воды таких водоемов мало пригодны для бытового использования. При средней эвтрофикации наблюдается увеличение численности «мотыля», трубочники единичны. При слабой эвтрофикации эти признаки отсутствуют. Для оздоровления водоемов с сильной эвтрофикацией можно рекомендовать скашивание и уборку водных растений, удаление со дна ила, называемого сапропелем. Сапропель в свежем виде можно вносить в почву в качестве ценного органического удобрения.

Задания

Задание 1. Освоить принцип метода оценки трофических свойств водоема с использованием высших растений. Научиться рассчитывать суммарную трофность водоема. Дать характеристику водоема в шкале трофности по растениям-индикаторам (см. пример – таблица).

Табл. 1.

Место отбора проб:			
Дата _____		Водоем – естественный пруд	
Вид	Тип водоема (1)	Частота встречаемости (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
		$\sum(2) = 31$	$\sum(3) = 87$

Для расчета общей трофности каждому типу водоема присуждается номер: ацидотрофные – 0, дистрофные – 1, олиготрофные – 2, мезотрофные – 3, эвтрофные – 4.

Табл. 2.

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

Задание 2. Используя результаты геоботанических описаний (полевые дневники), определите трофность водоема у д. Кинеево.

Практическая работа №8

Определение качества воды в пресноводном водоеме по видовому разнообразию макрофитов и зообентоса

Цель: познакомиться с подходами биоиндикации природных вод с использованием зообентоса.

Теоретические основы

Количество участков реки, выбираемых для обследования, определяется целями работы. При исследовании качества воды на всем протяжении водотока места отбора проб выбирают через равные интервалы от истока до устья. Если исследуется влияние конкретного источника загрязнения, 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 мелководной и густой водной растительности, 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. Очень важно, чтобы в пробах на каждом из обследованных участков были представлены донные организмы различных биотопов: илистых, песчаных и каменистых грунтов; скоплений растительности, а также ее остатков; погруженных в воду стволов, веток и иных предметов и т. п. Чем разнообразнее участок по числу местообитаний, тем число проб должно быть больше. Но и на участках с однообразным дном число проб не должно быть менее трех. Пробы грунта с обитающими в нем донными организмами отбирают с помощью специальных ловушек: закидной драги и сачкового скребка. Закидная драга представляет собой треугольную пирамиду, основанием которой служит треугольник из стальных полос, а ребрами — стальные прутья, жестко скрепленные друг с другом (в вершине пирамиды), а также с углами основания. Длина стороны основания — 25 см, высота пирамиды от 50 до 75 см. Боковые стороны пирамиды обшиваются прочным сетчатым материалом (например, мельничным газом). Драга применяется для облова удаленных от берега участков дна. Для этого ее закидывают с берега или с лодки и волокут по дну с помощью веревки или тросика. Скребок представляет собой сачок, имеющий в нижней части дугообразного обода заточенную металлическую пластинку длиной 25 см. Сачок, как и драгу, обшивают прочной сетчатой тканью. Во время отбора проб движение сачка и драги следует направлять против течения, чтобы отловленные организмы не вымывались из них водой. После каждого наполнения ловушек донным материалом пробы промывают непосредственно в этих же ловушках и помещают в эмалированные емкости с крышками. Отбор организмов из промытого грунта обычно ведут на месте отбора проб. При этом небольшую порцию грунта переносят в кювету с водой и с помощью пинцета

перекладывают животных в баночки с 4 %-ным раствором формалина. На баночки наклеиваются этикетки, на которых указываются название реки, а также дата и место отбора пробы. Допускается разбор проб и в лаборатории. Промытые пробы могут храниться в холодильнике в течение 1 — 2 суток.

О чистоте воды природного водоема можно судить по видовому разнообразию и обилию животного населения. Чистые водоемы заселяют личинки веснянок, поденок, вислокрылок и ручейников. Они не выносят загрязнения и быстро исчезают из водоема, как только в него попадают сточные воды. Умеренно загрязненные водоемы заселяют водяные ослики, бокоплавы, личинки мошек (мокрецов), двустворчатые моллюски-шаровки, битинии, лужанки, личинки стрекоз и пиявки (большая ложноконская, малая ложноконская, клепсина). Чрезмерно загрязненные водоемы заселяют малощетинковые кольцецы (трубочники), личинки комара-звонца (мотыли) и ильной мухи (крыска). Показателем качества воды может служить биотический индекс, который определяется по количеству ключевых и сопутствующих видов беспозвоночных животных, обитающих в исследуемом водоеме. Самый высокий биотический индекс определяется числом 10, он отражает качество воды экологически чистых водоемов, вода которых содержит оптимальное количество биогенных элементов и кислорода, 22 в ней отсутствуют вредные газы и химические соединения, способные ограничить обитание беспозвоночных животных. Для определения биотического индекса необходимо взять пробу воды из водоема с помощью водного сачка. Проба включает небольшое количество воды с илом и беспозвоночных животных, обнаруженных в сачке. Взятая проба может быть разобрана сразу на берегу водоема, если позволяет погода, или перенесена в лабораторию (классную комнату) и рассмотрена там. Перед разбором проба промывается на сите, все обнаруженные беспозвоночные переносятся в чистую воду, налитую в чашки Петри или эмалированные ванночки. Содержимое чашек Петри тщательно разбирается и определяется по видам и группам видов беспозвоночных животных. В исследуемой пробе определяют ключевые виды и группы сопутствующих видов. Под группой сопутствующих видов в одних случаях понимают род или семейство, или класс беспозвоночных, в других — каждый вид. Например, под группой подразумевают весь класс малощетинковых кольцецов (кроме рода трубочников), семейство ручейников, семейство хирономид, каждый вид плоских червей, пиявок, моллюсков, ракообразных, стрекоз, мух, жуков, водных клещей.

Задания

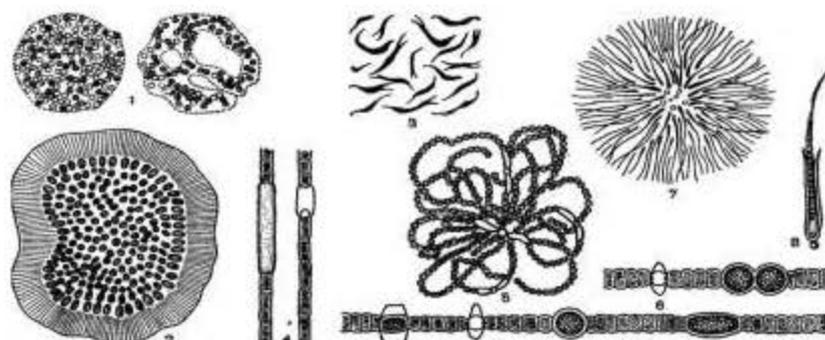
Задание 1. Определить степень загрязненности поверхностных вод по индикаторным видам растений и рассчитайте общую суммарную степень загрязнения водоема. Рассчитайте общую суммарную степень загрязнения водоема (см. пример – таблица 1).

Табл. 1. Пример вычисления общей суммарной степени загрязнения

Проба: верхний пруд. Дата _____		Сообщество:	
Вид	Степень загрязнения(1)	Частота встречаемости(2)	(1)x(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.

Задание 2. Охарактеризуйте состояние водоема, если в нем обнаружены:

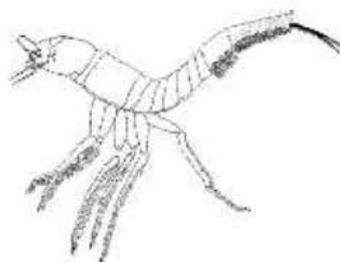


Планктонные сине-зеленые водоросли с газовыми вакуолями в клетках, вызывающие цветение воды (1 – две колонии микроцистиса (*Microcystis aeruginosa*), образованные бесструктурной слизью; 2 – колония воронихинии (*Woronichia anaegeliiana*) с штриховатой наружной слизью; 3, 4 – афанизоменон (*Aphanizomenon 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).

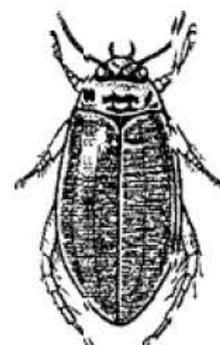
Задание 3. Охарактеризуйте экологические особенности следующих видов водных насекомых:



Паук-серебрянка



Insecta (личинка жука-плавунца)



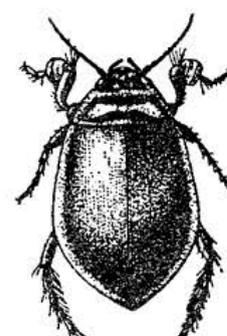
Отр. Coleoptera (жуки)



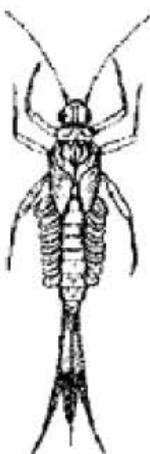
Отр. Hemiptera (клопы)



Сем. Gyridae (вертячки)



Сем. Dytiscidae (плавунцы)



Личинка поденки (отр. Ephemeroptera)



Личинка стрекозы (отр. Odonata)



Личинка комара сем. Chaoboridae (р. Chaoborus)

Задание 4. Определить биотический индекс водоема (по примеру – таблица 2) по наличию водных беспозвоночных. Сделать вывод о качестве воды в водоеме по таблице 3.

Табл. 2. 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	–	7	8	9	10	11
	1 вид	–	6	7	8	9	10
Личинки поденок (<i>Ephemeroptera</i>)	Более 1	–	6	7	8	9	10
	1 вид	–	5	6	7	8	9
Личинки ручейников (<i>Trichoptera</i>)	Более 1	–4	5	6	7	8	9
	1 вид		4	5	6	7	8
Бокоплав (<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	–	–	–

Табл. 3. 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

Практическая работа №9

Биоиндикация уровня загрязнения атмосферного воздуха.

Лихеноиндикация

Цель работы: оценка качества атмосферного воздуха с помощью лишайников.

Теоретические основы

Лихеноиндикация — комплекс методов, позволяющих с помощью лишайников определить общий уровень содержания основных загрязняющих веществ в атмосфере и почве. Лихеноиндикация, как и все методы биоиндикации, опирается на закон экологической индивидуальности видов. Виды реагируют на определенные факторы внешней среды по-разному. Каждый вид характеризуется индивидуальной толерантностью, индивидуальной экологической амплитудой.

В течение 130 лет развития методов лихеноиндикации накоплен обширный фактический материал, характеризующий реакцию нескольких сотен видов лишайников на антропогенные изменения аэротопа и других компонентов среды. Это позволило создать типологию лишайников на антропогенные изменения аэротопа и других компонентов среды. Это позволило создать типологию лишайников, объединить виды в классы полеотолерантности, т.е. в группы, члены которых более или менее одинаково реагируют на определенные загрязняющие вещества и их концентрацию в атмосферном воздухе и почве. Экологических рядов выносливости (типологии) лишайников в отношении степени загрязненности воздуха составлено множество. Они основаны на регистрации видового состава (жизненности, покрытия и обилия видов) на территориях с различной загрязненностью воздуха.

В 1970 г. появилась типология лишайников английских лихенологов Хоксваса и Роуза по их чувствительности к загрязнению атмосферного воздуха диоксидом серы. Она широко используется в последние годы в лихеноиндикации. В нашей стране наиболее популярна типология полеотолерантности Х.Х. Трасса.

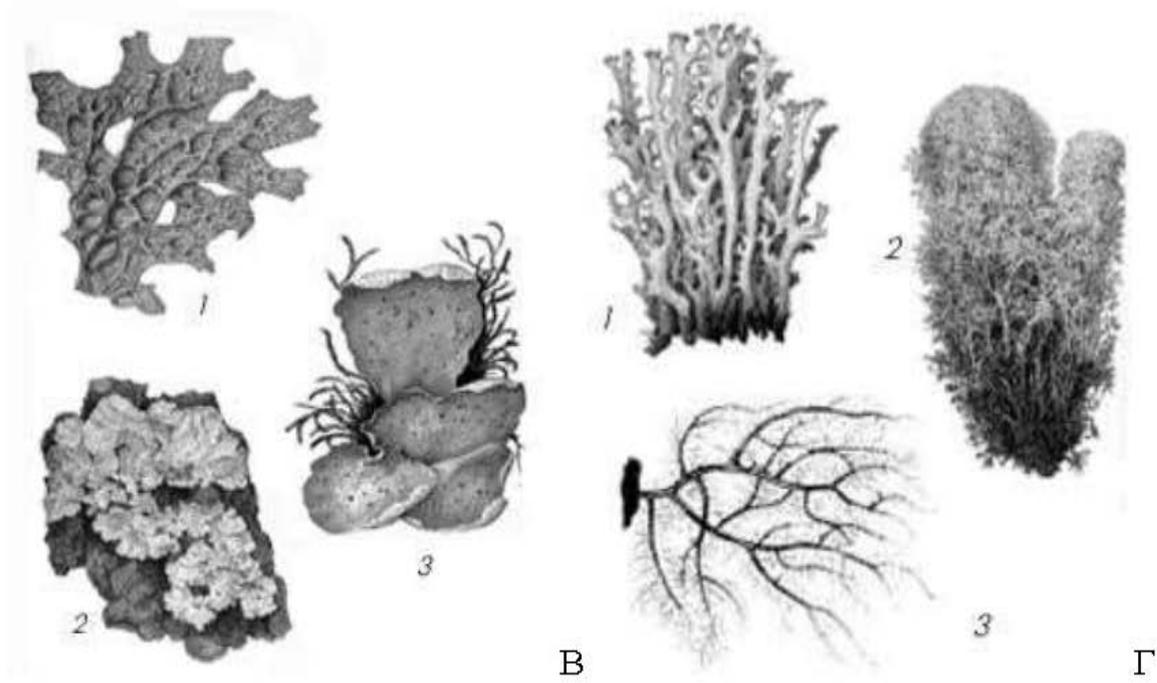
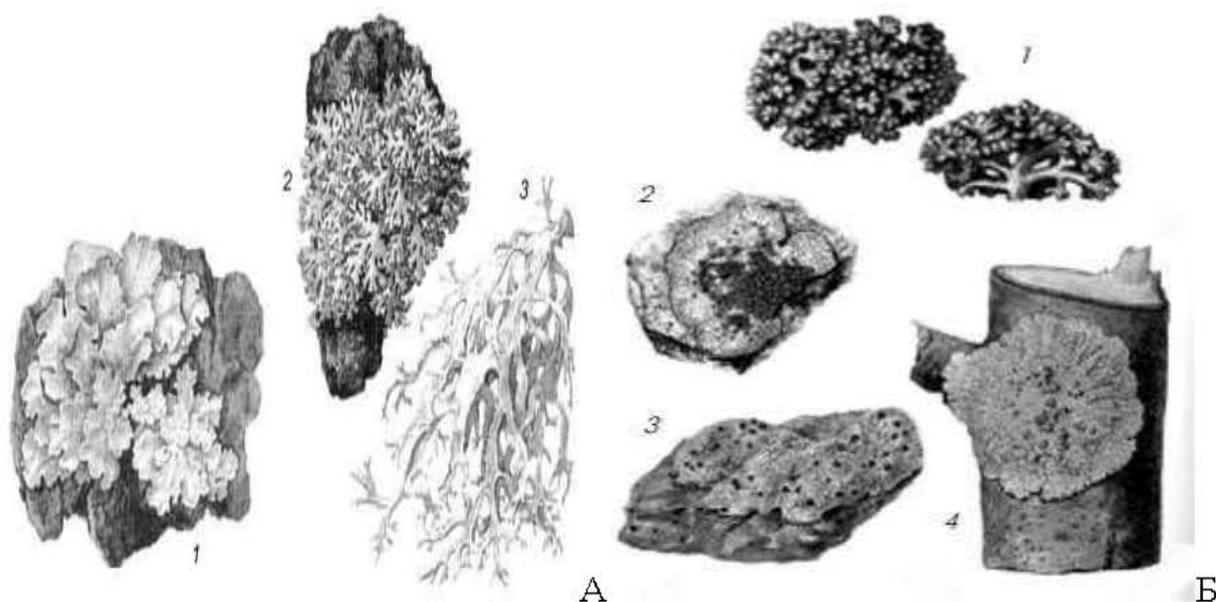
Известно, что на антропогенно измененные жизненные условия реагируют не только отдельные виды, но и целые их группировки, образующие биоценозы и их структурные части. Если такие группировки образованы из видов, принадлежащих к одной или нескольким экологически близким жизненным формам и заселяющих более или менее гомогенные части местообитания (экотопа), говорят о синузиях. Так различные синузии образуют лишайники на стволах деревьев, на пнях, скалах, заборах, стенах домов, камнях, почвах. Для индикации загрязнений изучают распространение и экологию не только отдельных видов лишайников, но и их группировок — синузий. По индексам полеотолерантности лихеносинузий проводят оценку

загрязненности различных районов города и лихенологическое картографирование.

Лихеноиндикация является достаточно точным, простым и дешевым методом исследования окружающей среды, но она не может заменить химических, физико-химических и физических методов мониторинга. Лишь комплексное применение перечисленных методов исследования позволяет получить информацию, всесторонне характеризующую состояние и динамику изменения окружающей среды.

Задания

Задание 1. Ознакомьтесь с разнообразием лишайников и их экологическими особенностями:



Некоторые виды лишайников (А: используемые в лишайноиндикации: 1 – пармелия; 2 – гипогимния; 3 – эверния; Б: накипные лишайники: 1 – астицилия, 2 – калоплака, 3 – лецидея, 4 – ксантория; В: листоватые лишайники: 1 – лобария, 2 – пармелия, 3 – пелтигера; Г: Кустистые лишайники: 1 – цетрария, 2 – кладония, 3 – уснея)

Задание 2. Выбрать место обследования (парк, освещенный участок леса, двор в городе). Выбрать площадку для исследования, включающую 10 деревьев одного вида примерно одного возраста и размера. Изготовить прозрачную сетку из толстого полиэтилена в виде квадрата 20х20 см, разделенную на 10 частей с каждой стороны (100 квадратов). Приложить прозрачную сетку плотно к стволу дерева на высоте 0,3 – 1,3 м. Подсчитать количество квадратов с лишайниками. Подсчитать количество всех видов лишайников под прозрачной сеткой. Подсчитать количество талломов лишайников доминирующего вида. Заполнить таблицу 1.

Табл. 1. Журнал оценки качества воздуха по проективному покрытию ствола дерева

Порядковый номер дерева на схеме	1	2	3	4	5
Степень покрытия лишайниками, %					
Количество видов лишайников, шт					
Количество талломов лишайников доминирующего вида, шт					

Задание 3. Оцените качество воздуха по средним значениям (для 10 деревьев) степени покрытия и общего количества лишайников.

Табл. 2. Шкала качества воздуха по проективному покрытию лишайниками стволов деревьев

Степень покрытия	Число Видов	Число талломов лишайников доминантного вида	Степень загрязнения
Более 50%	Более 5	Более 5	6-я зона Очень чистый воздух
	3 – 5	Более 5	5-я зона Чистый воздух
	2 – 5	Менее 5	4-я зона
20 – 50%	Более 5	Более 5	Относительно чистый воздух

	Более 2	Менее 5	3-я зона Умеренное загрязнение
Менее 20%	3 – 5	Менее 5	2-я зона Сильное загрязнение
	0 – 2	Менее 5	1-я зона Очень сильное загрязнение

Практическая работа №10

Биоиндикация уровня загрязненности почвы. Характеристика качества почвы с помощью растений-индикаторов

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

Задания

Задание 1. Охарактеризуйте по схеме путь накопления загрязнителей в древесных породах как индикаторов состояния почвенного покрова.



Задание 2. Какие свойства почвы индицируют указанные виды растений:



Melampyrum pratense



Urtica urens



Filipendula vulgaris

Задание 3. Рассчитайте коэффициенты достоверности и значимости растений-индикаторов (см. пример – таблица 1), проведите расчеты коэффициентов достоверности и значимости индикаторов.

Табл. 1. 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>Trientalis 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
		$\sum (2) = 32$	$\sum(3) = 135$

По шкале индикаторных видов растений, характеризующих кислотность почв $\sum (3)/\sum (2) = 4,2$, рН почвы исследуемого участка соответствует 6,0.

Практическая работа №11

Биотестирование загрязнений почвы при выращивании кресс-салата

Цель работы: оценить степень загрязнения среды с помощью семян и проростков кресс-салата.

Теоретические основы

Кресс-салат - однолетнее овощное растение, весьма чувствительное к загрязнению среды тяжелыми металлами и выбросами автотранспорта. Под влиянием загрязнителей могут изменяться корни и побеги этого растения, нарушается всхожесть семян. Ввиду простоты выращивания и биоиндикационного использования кресс-салат может быть весьма удобным объектом биомониторинга.

Предварительно проверяют семена на всхожесть. Для этого в чашки Петри или иные емкости слоем в 1 см насыпают промытый речной песок, который прикрывают фильтровальной бумагой. Проращивание семян в чашках ведут при температуре 20-25°C. Норма - проращение 90-95% семян за 3-4 суток. Затем проводят оценку загрязнения субстрата. Для этого чашки Петри наполняют до половины исследуемым субстратом. Параллельно ставят опыт на чистом субстрате. Во все чашки на увлажненный субстрат укладывают по 50 семян. Расстояние между ними должно быть одинаковым. После этого семена покрывают тем же субстратом. В течение 10-15 суток наблюдают за проращением семян, поддерживая влажность субстратов на одном уровне. Данные по числу проросших семян за каждые сутки заносят в таблицу 12.1.

При проведении работы следует иметь в виду, что в гумусированной, хорошо аэрированной почве всхожесть и качество проростков всегда лучше, чем в глинистой.

С целью индикации загрязнения среды автотранспортом кресс-салат выращивают на балконах нижних и верхних этажей и делают вывод, на каком уровне от земли идет загрязнение воздуха.

Задания

Задание 1. Провести отбор почвы для проведения анализа. Заложить опыт в соответствии с описанной выше методикой. Результаты занести в таблицу:

Табл. 1. Результаты биотестирования загрязнений почвы при выращивании кресс-салата

Измеряемый параметр	1	2	3	Среднее значение
Количество проросших семян				
Длина стебля				

Количество листьев				
Длина корня				
Количество корневых отростков				

Задание 2. Сделайте вывод о степени загрязнения субстрата. Уровни загрязнения субстрата, которые можно установить по прорастанию семян:

1. Нет загрязнения - всхожесть семян достигает 90-100%. Всходы дружные, проростки крепкие, ровные.
2. Слабое загрязнение - всхожесть 60-90%. Проростки почти нормальной длины, крепкие, ровные.
3. Среднее загрязнение - всхожесть 20-60%, Проростки тоньше и короче, нежели в контроле. Некоторые проростки имеют морфологические отклонения.
4. Сильное загрязнение- всхожесть очень слабая (до 20%). Проростки мелкие и уродливые.

Практическая работа №12

Применение экологических шкал для индикации условий биотопов разных экосистем (шкалы Д.Н. Цыганова, Элленберга, Ландольта, Раменского)

Цель: изучить подходы к определению экологических параметров биотопов по видовому составу растений.

Теоретические основы

Фитоиндикация – это способ оценки состояния окружающей среды по параметрам растительного покрова.

Виды растений адаптированы к определенным условиям обитания и потому их участие в составе растительных сообществ можно рассматривать в качестве биоиндикатора. При этом, отношение каждого вида к отдельным экологическим факторам может быть выражено в виде балльной оценки. Такая избирательность видов к условиям среды позволяет использовать видовой состав растительных сообществ для индикационных целей: по составу видов растений можно оценивать эдафические (влажность, богатство, засоление, кислотность, гранулометрический состав почв), климатические (температуру, освещенность, тип климата), а также геологические (материнские породы, полезные ископаемые) факторы.

На основании изучения особенностей произрастания и распространения большого числа видов были построены экологические шкалы. При этом, в диапазонных шкалах Л.Г. Раменского и Д.Н. Цыганова для каждого вида указан определенный интервал значений (по конкретному фактору), в пределах которого встречается вид, а в точечных шкалах Э. Ландольта и Г. Элленберга приводится одно балльное значение для каждого фактора. Совместное произрастание видов в сообществах позволяет получить более точную оценку местообитания по комплексу параметров.

В каждой системе экологических шкал используется различное количество оцениваемых параметров. Например, применение *шкал Г. Элленберга* позволяет дать характеристику биотопа по освещенности (Light), температуре (Temperature), влажности (Moisture), кислотности почвы (Reaction), богатству почв минеральным азотом (Nutrient) и континентальности климата (Continentality). *Шкалы Э. Ландольта* позволяют охарактеризовать влажность биотопа (Moisture), кислотность почвы (Reaction), богатство почвы минеральным питанием, в первую очередь –

соединениями азота (Nutrient), содержание гумуса (Humus), механический состав и структуру почвы (Dispersion), освещенность (Light), изменение температуры (Temperature) и континентальность климата (Continentality). Шкалы Л.Г. Раменского характеризуют увлажнение почв (FE), богатство-засоление почв (NS) и переменность увлажнения почв (VF). В системе шкал Д.Н. Цыганова используются 10 параметров: термоклиматический (TM), криоклиматический (CR), омброклиматический (OM) показатели, континентальность климата (KN), увлажненность (HD) и переменность увлажнения почв (FH), трофность почв (TR), богатство почв азотом (NT), кислотность почв (RC), освещенность/затенение (LC).

Применение любой системы экологических шкал позволяет охарактеризовать экологические параметры конкретного биотопа. Для этого необходимо выявить баллы по всем видам, произрастающим в данном сообществе (биотопе), а затем рассчитать средний балл для каждого параметра. Расчет среднего балла по каждому экологическому параметру можно проводить 2-мя путями:

- средний балл определяют как среднее арифметическое из всего списка видов, без учета проективного покрытия (обилия) видов в сообществе;

- средний балл рассчитывают с учетом проективного покрытия каждого вида.

После подсчета значений всех экологических параметров формируют сводную таблицу для всех изученных сообществ (биотопов), что позволяет выявить отличия между ними, а также выделить лимитирующий параметр, который и определяет видовую специфику сообществ.

Обработка описаний и определение экологических параметров биотопов возможна в программе Ecoscalewin. Применение регрессионного анализа и диапазонных шкал Д.Н. Цыганова позволяет проводить обработку в полуавтоматическом режиме.

Задания

Задание 1. Используя результаты полевых наблюдений (полевые дневники), составьте флористический список 2-х участков – лиственного леса и пойменного луга (по результатам описаний пробных площадей). Занесите виды в таблицы Excel по примеру:

Для определения экологических параметров лесного участка найдите значения экологических шкал по каждому виду в базе данных (страница Scale_Cyq_Base) (рис.2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	LATSP		CODE	TM1	TM2	KN1	KN2	OM1	OM2	CR1	CR2	HD1	HD2	TR1	TR2	NT1	NT2	RC1	RC2	LC1	LC2	FH1	FH2
2	Abies alba Mill.			7	12	5	11	7	9	9	11	10	18	5	9	1	9	1	11	3	8	0	0
3	Abies balsamea (L.) Mill.			5	10	7	13	7	11	3	9	9	19	1	9	0	0	0	0	3	8	0	0
4	Abies nephrolepis (Trautv.) Maxim.			6	11	10	14	8	11	3	9	11	14	4	7	0	0	0	0	3	8	0	0
5	Abies nordmanniana (Steven) Spach			9	11	8	11	7	11	8	11	11	15	4	9	3	9	5	13	3	8	0	0
6	Abies sibirica Ledeb.		11004001	4	8	9	14	7	10	2	7	10	16	3	9	0	0	0	0	3	8	0	0
7	Acanthopanax sessiliflorum (Rupr. & Maxim.) Seem.			7	11	11	15	7	11	4	9	11	14	5	7	0	0	0	0	2	7	0	0
8	Acer campestre L.		60001004	7	12	5	11	0	8	12	9	15	5	11	5	9	5	11	2	8	0	0	0
9	Acer ginnala Maxim.		60001005	7	10	11	13	9	11	3	9	11	13	5	7	0	0	0	0	1	7	0	0
10	Acer mono Maxim.			6	11	10	15	7	11	3	11	11	15	4	7	0	0	0	0	3	8	0	0
11	Acer negundo L.		60001001	7	15	8	13	6	11	8	13	9	15	5	9	0	0	0	0	1	7	0	0
12	Acer platanoides L.		60001002	6	11	5	12	6	10	6	11	9	17	4	9	1	9	1	11	3	8	0	0
13	Acer pseudoplatanus L.		60001009	7	12	5	12	6	11	9	11	7	15	5	9	5	10	1	11	2	7	0	0
14	Acer rubrum L.		60001008	6	15	8	12	7	11	5	13	9	14	1	8	0	0	0	0	3	7	0	0
15	Acer saccharinum L.		60001006	6	13	9	11	7	11	5	11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	0	0
16	Acer saccharum Marshall			8	13	8	11	7	11	7	11	10	17	3	9	0	0	0	0	3	8	0	0
17	Acer semenovii Regel & Herder			9	13	11	15	3	7	5	11	7	11	6	9	0	0	0	0	2	6	0	0
18	Acer tataricum L.		60001003	8	12	7	13	4	11	7	11	9	15	4	11	0	0	0	0	3	9	0	0
19	Acer tegmentosum Maxim.			7	9	11	13	8	10	5	8	11	13	5	7	0	0	0	0	3	8	0	0
20	Acer trautvetterii Medw.			9	11	8	12	5	9	7	10	12	17	5	9	0	0	0	0	1	7	0	0
21	Acer ukurunduense Trautv. & C.A. Mey. in Middend.			6	13	9	13	8	13	4	12	11	14	5	7	0	0	0	0	3	8	0	0
22	Acer velutinum Boiss.			9	12	9	13	5	9	9	11	13	15	5	9	0	0	0	0	3	8	0	0
23	Achillea asiatica Serg.			4	10	11	15	6	11	1	7	6	15	6	11	0	0	0	0	1	4	0	0
24	Achillea cartilaginea Ledeb.		101018001	3	10	6	15	5	9	1	9	3	19	5	16	0	0	0	0	1	3	0	0
25	Achillea micrantha Wild.		101018007	9	12	9	13	3	10	9	11	3	11	7	16	0	0	0	0	1	3	0	0
26	Achillea millefolium L.		101018002	2	13	3	15	2	12	1	13	3	15	2	15	3	9	1	13	1	5	3	10
27	Achillea nobilis L.		101018003	6	12	3	13	5	11	5	11	3	13	5	12	1	7	6	11	1	5	5	8
28	Achillea setacea Waldst. et Kit.		101018004	9	11	9	11	0	0	0	0	2	13	6	11	0	0	0	0	1	3	0	0

Рис. 2. Общий вид базы данных по экологическим параметрам видов

Найдите нужный вид и его параметры, выделите и скопируйте (рис. 3).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
41	Actaea erythrocarpa Fisch.		41003002	4	9	6	15	7	12	1	7	12	17	5	8	0	0	0	0	3	7	0	0
42	Actaea spicata L.		41003001	4	11	5	12	5	11	5	10	11	15	5	9	6	10	5	9	3	7	0	0
43	Actinidia kolomikta (Maxim.) Maxim.			6	10	9	14	8	12	5	11	11	14	4	10	0	0	0	0	2	7	0	0
44	Adenophora bifolia (L.) A. DC.		100002001	7	11	5	13	5	9	5	10	9	14	1	9	3	7	7	11	3	8	0	0
45	Adenophora tricuspidata (Fisch. ex Roem. & Schult.) A. DC.			0	0	0	0	0	0	0	0	10	14	6	11	0	0	0	0	1	7	0	0
46	Adiantum capillus-veneris L.			8	13	3	13	4	11	7	13	12	18	5	7	2	6	9	13	3	7	0	0
47	Adiantum pedatum L.			7	11	9	15	7	12	4	10	12	15	4	7	0	0	0	0	4	8	0	0
48	Adonis aestivalis L.			9	13	3	15	3	11	5	13	3	11	7	11	2	6	7	11	1	6	0	0
49	Adonis apennina L.			5	9	9	15	6	9	3	7	9	13	5	9	0	0	0	0	1	4	0	0
50	Adonis vernalis L.		41018001	7	11	3	13	5	8	4	11	3	13	5	11	1	7	6	10	1	4	7	11
51	Adonis wolgensis Steven		41018003	7	11	7	11	4	9	6	10	4	10	7	10	0	0	0	0	1	4	0	0
52	Adoxa moschatellina L.		96001001	2	14	3	14	5	11	1	13	11	15	5	9	7	10	6	10	4	9	0	0
53	Aegilops cylindrica Host			7	13	7	15	3	9	6	12	1	10	7	12	4	8	4	10	1	3	0	0
54	Aegonychon purpureocaeruleum (L.) Holub			9	12	7	13	6	10	9	11	7	13	5	9	1	7	7	11	1	6	0	0
55	Aegopodium podagraria L.		73011001	5	12	5	14	5	12	5	11	9	15	1	9	7	10	6	10	1	8	3	7
56	Aesculus hippocastanum L.		132001001	10	14	9	13	5	9	9	11	11	17	5	9	3	9	5	10	4	9	0	0

Рис. 3. Копирование нужных параметров

Algorithm for calculating the environmental phytoregulation using regression analysis (PhRA-1)

Экологическая характеристика биотопа

© Бузук Г.Н., Созинов О.В. Регрессионный анализ в

Вводятся значения экологических характеристик всех видов р
Значения "0" (отсутствия)

		Регрессия																	
		TM	KN	OM	CR	HD	TR	NT	RC	LC	FH								
		2,6	2,8	4,7	8,1	12,9	5,2	5,9	10,1	1,0	5,8								
		Средний (Max + Min)/2 по факторам среды																	
		8,0	8,3	7,4	7,5	11,4	8,4	5,8	7,6	3,2	5,9								

Параметры среды			TM1	TM2	KN1	KN2	OM1	OM2	CR1	CR2	HD1	HD2	TR1	TR2	NT1	NT2	RC1	RC2	LC1	LC2	FH1	FH2
термоклиматическая	TM	Const	2,58	2,58	2,81	2,81	4,70	4,70	8,08	8,08	12,91	12,91	5,19	5,19	6,94	6,94	10,15	10,15	0,98	0,98	5,82	5,82
континентальности климата	KN	Se	0,26	0,26	0,26	0,26	0,31	0,31	0,18	0,18	0,34	0,34	0,27	0,27	0,37	0,37	0,16	0,16	0,13	0,13	0,28	0,28
аридности/умидности климата	OM	t exp	9,95	9,95	10,72	10,72	15,04	15,04	45,65	45,65	38,45	38,45	19,06	19,06	18,90	18,90	84,74	84,74	7,39	7,39	22,78	22,78
криоклиматическая	CR	P	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
увлажнения почв	HD	95% L	2,05	2,05	2,27	2,27	4,06	4,06	7,71	7,71	12,22	12,22	4,82	4,82	6,18	6,18	9,82	9,82	0,70	0,70	5,28	5,28
трофности почв	TR	95% U	3,12	3,12	3,36	3,36	5,35	5,35	8,44	8,44	13,61	13,61	5,75	5,75	7,70	7,70	10,47	10,47	1,25	1,25	6,36	6,36
богатства почв азотом	NT																					
кислотности почв	RC	Coefb	0,14	1,14	0,05	1,05	-0,11	0,89	-0,56	0,44	-0,66	0,34	-0,20	0,80	-0,71	0,29	-0,77	0,23	0,06	1,08	-0,49	0,51
освещенности/затемнения	LC	Se	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	0,03	0,06	0,06	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04
переменности увлажнения почв	FH	t exp	4,24	33,76	1,82	36,62	-2,33	18,47	-27,20	21,40	-17,75	9,23	-7,32	28,95	-11,29	4,54	-42,94	12,75	1,58	29,18	-11,28	11,58
минимальное значение	TM1	P	0,00	0,00	0,12	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00
максимальное значение	TM2	95% L	0,07	1,07	-0,01	0,99	-0,21	0,79	-0,60	0,40	-0,73	0,27	-0,26	0,74	-0,84	0,16	-0,81	0,19	-0,02	0,98	-0,59	0,41
		95% U	0,21	1,21	0,11	1,11	-0,01	0,99	-0,52	0,48	-0,58	0,42	-0,14	0,86	-0,58	0,42	-0,73	0,27	0,13	1,13	-0,40	0,60
		Reg stats																				
		n	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	24	24	25	25	25	25	25	25	18	18
		s	1,14	1,14	1,15	1,15	1,39	1,39	0,78	0,78	1,48	1,48	1,19	1,19	1,63	1,63	0,78	0,78	0,58	0,58	1,03	1,03
		Corr	0,27	0,91	0,11	0,93	-0,19	0,84	-0,90	0,85	-0,81	0,59	-0,52	0,92	-0,71	0,37	-0,97	0,75	0,13	0,93	-0,76	0,77
		R^2	0,07	0,83	0,01	0,86	0,04	0,71	0,81	0,73	0,66	0,34	0,27	0,85	0,58	0,14	0,93	0,56	0,02	0,86	0,58	0,60
		R^2 ad	0,03	0,83	-0,03	0,86	-0,01	0,69	0,81	0,72	0,64	0,31	0,24	0,85	0,48	0,10	0,93	0,54	-0,03	0,85	0,56	0,57
		df	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	22	22	23	23	23	23	23	23	16	16
		1/(0,05 n-3)	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,12	2,12

Ввод строки 36-43		Исходные данные из экологических таблиц Д.Н. Цыганова																					
LIT SP		CODE	TR_1	TR_2	KN_1	KN_2	OM_1	OM_2	CR_1	CR_2	HD_1	HD_2	TR_1	TR_2	NT_1	NT_2	RC_1	RC_2	LC_1	LC_2	FH_1	FH_2	
Aegopodium podagraria L.	73011001	5	12	6	14	5	12	5	11	9	15	1	9	7	10	6	10	1	8	3	7		
Lamium latifolium (L.) L.	80010003	5	12	5	13	5	10	6	10	11	15	4	9	7	10	5	11	3	7				
Lamium maculatum (L.) L.	80010003	5	12	5	13	5	10	6	10	11	15	4	9	7	10	5	11	3	7				
Viola mirabilis L.	80010007	5	13	3	13	5	11	2	12	9	15	3	9	1	9	7	11	2	8				

Рис. 6. Результаты подсчета программой средних значений по каждому экологическому параметру

	A	B	C	D
1	Шкала	Балл	Пояснение к баллу	Экологическая группа
2	Cg	1	очень суровых зим (средняя температура самого холодного месяца < -32)	гиперкриотермная 1-я
3	Cg	2	очень суровых зим/суровых зим	гиперкриотермная 2-я
4	Cg	3	суровых зим (средняя t самого холодного месяца от -24 до -32)	перкриотермная 1-я
5	Cg	4	суровых зим/довольно суровых зим	перкриотермная 2-я
6	Cg	5	довольно суровых зим(средняя t самого холодного месяца от -16 до -24)	криотермная 1-я
7	Cg	6	довольно суровых зим/умеренных зим	криотермная 2-я
8	Cg	7	умеренных зим (средняя t самого холодного месяца от -8 до -16)	субкриотермная 1-я
9	Cg	8	умеренных зим/мягких зим	субкриотермная 2-я
10	Cg	9	мягких зим (средняя t самого холодного месяца от 0 до -8)	гемикриотермная 1-я
11	Cg	10	мягких зим/теплых зим	гемикриотермная 2-я
12	Cg	11	теплых зим (средняя t самого холодного месяца от 0 до +8)	акриотермная
13	Cg	12	теплых зим/очень теплых зим	субтермофильная 1-я
14	Cg	13	очень теплых зим (средняя t самого холодного месяца от +8 до +16)	субтермофильная 2-я
15	Cg	14	очень теплых зим/невыраженных зим	термофильная 1-я
16	Cg	15	невыраженных зим (средняя t самого холодного месяца выше +16)	термофильная 2-я
17	fH	1	устойчивого увлажнения	константофильная 1-я
18	fH	2	устойчивого увлажнения/относительно устойчивого увлажнения	константофильная 2-я
19	fH	3	относительно устойчивого увлажнения	субконстантофильная 1-я
20	fH	4	относительно устойчивого увлажнения/слабо переменного увлажнения	субконстантофильная 2-я
21	fH	5	слабо переменного увлажнения	гемиконтрастофильная 1-я
22	fH	6	слабо переменного увлажнения/умеренно переменного увлажнения	гемиконтрастофильная 2-я
23	fH	7	умеренно переменного увлажнения	субконтрастофильная 1-я
24	fH	8	умеренно переменного увлажнения/сильно переменного увлажнения	субконтрастофильная 2-я

Рис. 7. Общий вид базы Index scales

Задание 3. Прodelайте сходную работу для определения экологических параметров участка пойменного луга.

Задание 4. Сравните параметры биотопов леса и пойменного луга, заполнив таблицу:

Параметры среды	Участок лиственного леса	Участок пойменного луга
TM		
KN		
OM		
CR		
HD		
TR		
NT		
RC		
LC		
FH		

Задание 5. Используя сайт <http://cepl.rssi.ru/bio/flora/ecoscale.htm>, проведите индикацию экологических с применением биотопов леса и луга шкал Элленберга, Ландольта и Раменского.

Задание 6. Сравните значения биотопов, полученные с использованием разных экологических шкал. Какие шкалы наиболее точно отражают параметры биотопов?

Практическая работа №13

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

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

Теоретические основы

Для выявления загрязнения окружающей среды в качестве индикатора можно использовать флуктуирующую асимметрию листьев берёзы. Флуктуирующая асимметрия - незначительные ненаправленные отклонения от строгой билатеральной симметрии, по ней можно судить о состоянии природных популяций и окружающей среды. Существенные нарушения симметрии листовой пластинки свидетельствуют о действии неблагоприятных факторов на растения.

Задания

Задание 1. Используя рисунок 1 проведите следующие измерения: 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. Вторым 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 13.1.

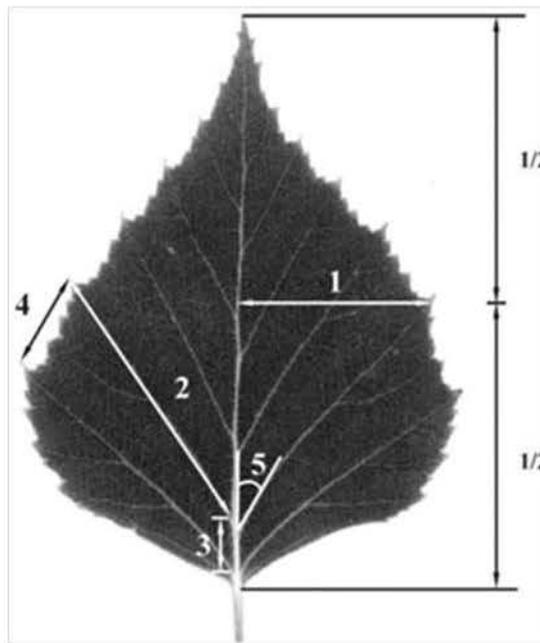


Рис. 1. Схема промеров, используемых для оценки стабильности развития березы повислой (*Betula pendula*)

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

Задание 2. 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 1 и 2 приводится пример расчета средней относительной величины асимметрии на признак для 5 промеров листа у 10 растений. Внести результаты измерений в таблицу 1:

Табл. 1.

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

Задание 3. Вычислите относительную величину асимметрии для каждого признака. Для этого модуль разности между промерами слева (Л) и справа (П) делят на сумму этих же промеров:

$$\frac{|Л - П|}{|Л + П|}$$

Например: признак 1 $|Л-П|/|Л+П| = |18-20|/|18+20| = 2/38 = 0,052$.
Полученные величины заносятся в таблицу 2:

Табл. 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

Задание 4. Вычислить показатель асимметрии для каждого листа. Для этого суммировать значения относительных величин асимметрии по всем признакам и делят на число признаков. Например, для листа 1: $(0,052+0,015+0+0+0,042)/5 = 0,022$.

Задание 5. Вычислить интегральный показатель стабильности развития – величину 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: $(0,022+0,015+0,057+0,061+0,098+0,035+0,036+0,045+0,042+0,012)/10=0,042$.

Задание 6. Определите статистическую значимость различий между выборками по величине интегрального показателя стабильности развития (величина среднего относительного различия между сторонами на признак). На основании полученного значения определите балл (степень) загрязнения среды обитания березы.

*Табл. 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»)

Практическая работа №14

Использование флуктуирующей асимметрии животных для оценки качества среды

Цель работы: провести экспресс-оценку качества среды обитания живых организмов по флуктуирующей асимметрии некоторых признаков животных.

Теоретические основы

Неотъемлемой частью мониторинга состояния водных экосистем являются биоиндикационные исследования, которые предполагают обнаружение и определение экологически значимых природных и антропогенных нагрузок на основе реакций живых организмов непосредственно в среде их обитания. В качестве биоиндикаторов и тест-систем могут быть использованы различные организмы, однако для исследования необходимо выбирать наиболее чувствительные объекты, которым характерна высокая скорость отклика и выраженность параметров.

Экологический стресс влияет на устойчивость онтогенеза и зачастую приводит к фенотипическим изменениям особей в популяциях животных. Неспособность особи нормально развиваться в условиях стресса часто проявляется в повышенной асимметрии билатеральных структур. Флуктуирующая асимметрия является одним из видов данной асимметрии. Сущность метода оценки флуктуирующей асимметрии заключается в сравнении стабильности развития особей загрязненных районов с известной заданной нормой отклонений.

Например, анализ флуктуирующей асимметрии рыб и земноводных может проводиться по методике биологической диагностики окружающей среды Е.И. Егоровой. Оценку стабильности развития *Rana ridibunda* и *Alburnus alburnus* выполняют по 11 (1–7 – признаки окраски: число полос и пятен на бедре; число полос и пятен на голени; число полос и пятен на стопе; число пятен на спине; 8–11 – признаки кожных покровов: число пятен на вентральной стороне второго, третьего и четвертого пальцев; число пор на вентральной стороне третьего пальца) и 5 (1–5 – меристические признаки: число лучей в грудных плавниках; число лучей в брюшных плавниках; число жаберных тычинок; число глоточных зубов; число чешуй в боковой линии) морфогенетическим показателям.

Задания

Задание 1. С каждого препарата рыб снять 5 морфогенетических признаков, с каждого препарата лягушек снять до 11 морфогенетических параметров. Данные измерений занести в таблицу 1:

Табл. 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.

Задание 2. 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.

Задание 3. Для анализа асимметрии качественных признаков рассчитать среднее число асимметричных признаков (ЧАП) на особь:

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

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

Задание 4. Провести балльную оценку качества среды обитания в соответствии с таблицей, в которой приведены коэффициенты асимметрии. Оценка качества окружающей среды в баллах по интегральному показателю стабильности развития животных

Класс	Коэффициент асимметрии согласно балльной 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

Практическая работа №15

Биомониторинг окружающей среды посредством оценки стабильности развития популяции древесных растений

Цель: познакомиться с методами мониторинга окружающей среды посредством оценки стабильности развития популяции древесных растений.

Теоретические основы

Состояние древостоя оценивается по его структуре, количественному соотношению деревьев разных категорий и их поврежденности вредителями, болезнями, поллютантами, огнем и другими факторами. Состояние биогеоценоза (экосистем) определяют по составу и структуре всех его компонентов и их соответствию условиям местопроизрастания и этапам развития насаждения и по нарушенности лесной среды. Оценка включает в себя показатели состояния древостоя и лесной среды в целом, в том числе данные анализа видового состава и структуры дендрофильной энтомофауны и других компонентов лесного биогеоценоза. При оценке состояния насаждений в конкретных обстоятельствах места и времени его можно представить как мгновенную фиксацию положения насаждения на кривой перехода системы от устойчивого равновесия к утрате устойчивости и потере присущих этой системе свойств. Очевидно, что форма кривых изменения устойчивости лесов, испытывающих воздействие факторов разной природы и продолжительности, в различных ситуациях и на разных этапах развития экосистем будет индивидуальной. Однако в пределах любой из них можно выделить типологически однородные зоны: 1 – зоны устойчивого равновесия, 2 – зоны нарушенной устойчивости, 2.1 – с обратимыми и 2.2 – необратимыми изменениями свойств и 3 – зоны утраченной устойчивости, соответствующие гибели насаждений. Для каждого отрезка кривой можно выделить значения пороговых и предпороговых показателей и признаков состояния насаждений и указать участки зон риска. Принято выделять три класса (категории) состояния насаждений: сохраняющих устойчивость или биологически устойчивых (1), с нарушенной устойчивостью (2) и утратившие устойчивость (3). Принадлежность к тому или иному классу устойчивости определяют по величине текущего отпада и его характеру, по размеру и положению в древостое отмирающих деревьев, суммарной доле сухостойных, ветровальных и буреломных деревьев, образовавшихся на последнем по отношению к периоду наблюдения временном этапе жизни насаждения, по степени ослабления живой части древостоя, поврежденности насаждений насекомыми и патогенами, по нарушенности или сохранности 40 лесной обстановки, о которой можно судить по снижению естественной полноты, свойственной данным условиям места произрастания, лесообразующей породе и возрастному этапу насаждения. Опосредованно свидетельствуют о снижении устойчивости насаждения структура и

расположение на площади скоплений сухостоя и валежа, изменение цвета хвои и листвы у основной или значительной части деревьев, наличие на них некрозов, пятен, налетов, преждевременность их опадания или увядания, возрастная структура хвои.

При ухудшении качества атмосферного воздуха и избыточном накоплении каких-либо газообразных загрязняющих веществ (ЗВ) у некоторых наиболее чувствительных растений отмечаются различные визуальные изменения: изменение окраски, отмирание тканей (некрозы) и др., что приводит к нарушению процесса фотосинтеза или полному его прекращению вплоть до отмирания клеток.

Пыль вызывает нарушение работы дыхательных путей вплоть до различных заболеваний ВДП и лёгких, провоцирует простудные и аллергические заболевания, кашель, слезотечение.

Кошвенным показателем количества пыли, осаждающейся из воздуха на поверхность земли и содержащей целый ряд ЗВ (выбросы керамических, цементных, кирпичных заводов, частички шин и асфальтового покрытия, просто частички почвы и различных солей), может служить степень запылённости листовых пластинок широколиственных древесно-кустарниковых пород в различных местах исследований: у дороги, возле промышленных предприятий, жилых домов, в парке, у водоёма.

Задания

Задание 1. Составьте описание древесного яруса на пробных площадях расположенных в: 1) Центральном парке им. П.П. Белоусова, 2) древесные насаждения рядом с проезжей частью дорог. Опишите состояние листьев или хвои на деревьях, отмечая признаки, указанные в таблице. Результаты по каждому виду (порode) растений представьте в табличной форме.

Табл. 1. Характеристика категорий состояния деревьев

Категория деревьев	Основные признаки	Дополнительные признаки
1	2	3
Хвойные породы		

1 - без признаков ослабления	Хвоя зеленая блестящая, крона густая, прирост текущего года нормальный для данной породы, возраста, условий места произрастания и сезона	—
2 - ослабленные	Хвоя часто светлее обычного, крона слабоажурная, прирост уменьшен не более чем наполовину по сравнению с нормальным	Возможны признаки местного повреждения ствола и корневых лап, ветвей
3 - сильно ослабленные	Хвоя светло-зеленая или сероватая матовая, крона ажурная, прирост уменьшен более чем наполовину по сравнению с нормальным	Возможны признаки повреждения ствола, корневых лап, ветвей, объедания хвои, выраженные сильнее, чем у предыдущей категории деревьев; попытки поселения или удавшегося местно заселения стволовых вредителей на стволе или ветвях
4 - усыхающие	Хвоя серая, желтоватая или желто-зеленая, крона заметно изрежена, прирост текущего года еще заметен или отсутствует	Признаки повреждения ствола и других частей дерева выражены сильнее, чем у предыдущей категории, возможны признаки заселения дерева стволовыми вредителями (смоляные воронки, буровая мука, насекомые на коре, под корой и в древесине)

5 - сухостой текущего года	Хвоя серая, желтая или бурая, крона часто изрежена, мелкие веточки сохраняются, кора сохранена или осыпалась лишь частично	Признаки предыдущей категории; в конце сезона возможно наличие на части дерева вылетных отверстий насекомых
6 - сухостой прошлых лет	Хвоя осыпалась или сохранилась лишь частично, мелкие веточки, как правило, обломились, большая часть ветвей и коры осыпалась	На стволе и ветвях имеются вылетные отверстия насекомых, под корой - обильная буровая мука и грибница деструктивных грибов

Лиственные породы

0 – без признаков ослабления	Листья зеленая, блестящая, крона густая прирост текущего года нормальный для данной породы, возраста, условий места произрастания и сезона	–
1 – ослабленные (в кроне до 25 % сухих ветвей)	Листья зеленая; крона слабожурная, прирост может быть ослаблен по сравнению с нормальным	Могут быть местные повреждения ветвей, корневых лап и ствола, механические повреждения, единичные водяные побеги
2 – ослабленные (сухих ветвей 25-50 %)	Листья мельче или светлее обычной, преждевременно опадает, крона изрежена	Признаки предыдущей категории выражены сильнее, попытки поселения или удавшиеся местные поселения стволовых вредителей, сокоотечение и водяные побеги на стволе и ветвях
3 – сильно ослабленные (сухих ветвей 50-75 %)	Листья мельче или светлее обычной, преждевременно опадает, крона изрежена	Признаки предыдущей категории выражены сильнее; попытки поселения или удавшиеся местные заселения стволовых вредителей, сокоотечение и водяные побеги на стволе и ветвях

4 – усыхающие сухокронные (в кроне более 75% сухих ветвей)	Листва мельче, светлее или желтее обычной, преждевременно опадает или увядает, крона сильно изрежена	На стволе и ветвях возможны признаки заселения стволовыми вредителями (входные отверстия, насечки, сокоотечные, буровая мука и опилки, насекомые на коре, под корой и в древесине); обильные водяные побеги, частично усохшие или усыхающие
5 – сухостой текущего года	Листва усохла, увяла или преждевременно опала, мелкие веточки и кора сохранились	На стволе, ветвях и корневых лапах часто признаки заселения стволовыми вредителями и поражения грибами
6 – сухостой прошлых лет (старый)	Листва и часть ветвей опали, кора разрушена или опала на большей части ствола	Имеются вылетные отверстия насекомых на стволе, ветвях и корневых лапах, на коре и под корой - грибница и плодовые тела грибов

При необходимости более детального изучения состояния древостоя с целью их подробной характеристики допускается введение дополнительных категорий деревьев. Так, ветровал и бурелом учитывают отдельно с указанием времени их образования (например, для хвойных деревьев 7-я категория – ветровал, 8-я – бурелом, индекс "а" – текущего года, индекс "б" – прошлых лет).

Задание 2. Оценка состояния атмосферного воздуха на наличие некоторых загрязнителей по растениям–индикаторам.

Составьте описание древесного яруса на пробных площадях расположенных в: 1) Центральном парке им. П.П. Белоусова, 2) древесные насаждения рядом с проезжей частью дорог.

Оцените повреждения, используя данные таблицы 1. По выявленным признакам повреждения растения сделать вывод о характере избыточного накопления газообразных загрязняющих веществ.

Табл. 2. Признаки повреждения некоторых древесных растений в зависимости от различных загрязняющих веществ.

Газообразный загрязнитель	Вид (порода)	Внешние признаки повреждения растения
Диоксид серы	Сосна обыкновенная	Побурение кончиков игл (хвошнок)
	Ель обыкновенная	Хвоя буреет и опадает
	Клён американский	Обширное междужилковое обесцвечивание листьев
	Лишайники*	Очень малое число видов, кроме самых устойчивых, или их полное отсутствие
Фтористый водород	Пихта европейская	Цвет повреждённых участков хвои меняется от зелёного до красновато-бурого
	Абрикос	Края листьев обесцвечиваются, узкая красновато-бурая полоса отделяет отмершую часть листа от живой
Озон	Сосна Веймутова	Концы игл приобретают красновато-коричневый цвет, наблюдается крапчатость хвои
	Клён американский	Красновато-пурпурные точки на старых листьях

* – эпифиты, обитающие на коре деревьев

Задание 3. Определение загрязнения окружающей среды пылью по ее накоплению на листовых пластинках растений.

Произвести отбор листьев с пробных площадок (см. задание 1.) Листья следует брать не затенённые другими частями растений, с обеих сторон – со стороны источника загрязнения и с обратной, на высоте 1,5-3,0 м (высота слоя воздуха на уровне дыхательных путей человека). При выборе следует исключить поражение листьев вредителями, мучнисторосыми или ржавчинными грибами, т.к. это даст абсолютно недостоверную картину. Одновременно следует отобрать листья с деревьев, произрастающих в чистой зоне (контроль). Произвести анализ количества пыли на листьях используя указанные ниже методы. Сравнить полученные результаты.

Визуальный, предварительный. Выбранные листья можно не срывать, а просто приложить к ним клейкую ленту скотча, затем отрезать кусочек скотча и аккуратно отделить его от листа. Кусочки скотча прикрепить на лист белой бумаги типа альбомной, где заранее отметить № точки и сделать её описание. Количество образцов – не менее трёх с каждой стороны и не менее шести с каждого дерева точки-площадки. Деревья должны быть одной породой в количестве не меньше трёх. Самая подходящая порода – тополь.

Более точный количественный. В лабораторных условиях на лабораторных весах взвешивают кусочек влажной ваты, завернутый в кальку

(до 0,001 г). Лист липы (тополя) тщательно обтирают этой ваткой с двух сторон (разворачивать кальку следует с помощью пинцета), после чего взвешивают в кальке повторно. Массу пыли (P) рассчитывают как разницу между вторым и первым взвешиванием ($P=P_2-P_1$). Площадь листа высчитывают путем обмера листовых пластинок вдоль (a) и поперек (b) и умножением на переводной коэффициент (k): $S=a*b*k$

Коэффициент колеблется для различных видов тополей от 0,60 до 0,66. Конечный результат выглядит так: $M=P/S$ (мг/см²), где: M – масса пыли на 1 см² листа.

Более сложным является количественный анализ. Пыль смывают с 30-50 листьев кисточкой в предварительно взвешенную испарительную чашку, воду упаривают, чашку с пылью высушивают в сушильном шкафу при температуре +105°С до постоянной массы, а затем взвешивают. Количество пыли рассчитывают в мг на см² листа. Полученные данные заносят в таблицу 3.

Табл. 3 – Результаты определения количества пыли на листьях

Место взятия (точка)	Площадь листьев, см ²	Количество пыли	
		мг/см ²	% от контроля

Сравнить результаты определения количества пыли на листьях и сделать вывод о степени запылённости атмосферного воздуха на данной территории и его качестве.

Практическая работа №16

Медико-экологический мониторинг состояния здоровья населения

Цель: провести мониторинг состояния здоровья населения Тульской области.

Теоретические основы

Оценка риска здоровью человека, который обуславливается загрязнением окружающей среды, является в настоящее время одной из важнейших медико-экологических проблем, решение которой потребовало создания информационного фонда медико-экологического мониторинга в виде автоматизированных баз данных и разработки концептуальной модели исследуемой предметной области, определяющей перечень необходимых показателей и структуру информационных потоков с указанием взаимосвязей между ними.

Медико-экологические исследования, проведенные в различных по природно-климатическим и социально-экономическим условиям городах, свидетельствует о перспективности экологического подхода к анализу состояния здоровья населения, прежде всего, детей.

Методологические подходы к анализу состояния здоровья населения с учетом экологического состояния окружающей среды связаны с применением общей теории систем и оценочными экологическими исследованиями в гигиене, эпидемиологии и медицинской географии. При этом в качестве основного системообразующего фактора признается заболеваемость населения, а все остальные условия, в том числе и показатели деятельности сети здравоохранения, рассматриваются как параметры, воздействующие на здоровье населения.

Осуществляя региональные медико-экологические исследования в методическом плане необходимо: во-первых, четко определить методику получения репрезентативных данных (контингенты обследуемого населения, экологические факторы среды, подбор факторов риска, выбор пространственных и временных единиц для анализа); во-вторых, – формализовать и стандартизировать базу исходных параметров, а также применить наиболее адекватные методы обработки данных, позволяющие однозначно интерпретировать результаты. В настоящее время уже очевидно, что количественные методы анализа не только предпочтительнее традиционных описательных, но необходимы для получения информативных и объективных результатов.

Система медико-экологического мониторинга напрямую связана с медицинской географией, а в современных реалиях и с геоинформационными системами (ГИС), т.е. с привязкой медико-географических данных к цифровым моделям карт. На государственном уровне возникла необходимость организовать цельную систему, которая позволила бы объединить в себе параметры окружающей среды и показатели здоровья

населения, проанализировать и представить лицам, принимающим управленческие решения, возможные варианты совершенствования системы. Цель такой сложной системы очевидна и проста – это улучшение состояния человеческого здоровья путем снижения влияния негативных факторов окружающей среды.

Медико-экологический мониторинг по сути является особой разновидностью биологического мониторинга, объектом которого является человек.

Задания

Задание 1. Основываясь на данных сайтов:

<https://tularegion.ru/obshchestvo/ekologiya/>,

http://71.rospotrebnadzor.ru/document/gos_doklad/,

<https://minzdrav.tularegion.ru/activities/performance-reporting/>

проведите анализ состояния здоровья населения Тульской области за последние 5 лет.

Задание 2. Отрадите динамику заболеваемости разных возрастных групп населения и по разным группам заболеваний (сердечно-сосудистой системы, органов пищеварения, кожные болезни и т.д.) в виде графиков и гистограмм. Обсудите полученные результаты. Чем обусловлена выявленная динамика? Что может быть причиной заболеваний?