

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»
Кафедра экологии и охраны природы

ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Методические рекомендации

*Витебск
ВГУ имени П.М. Машерова
2018*

УДК 502.171(076.5)
ББК 20.18я73
Э40

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 3 от 28.02.2018 г.

Составители: доцент кафедры экологии и охраны природы ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат биологических наук **И.А. Литвенкова**; старший преподаватель кафедры экологии и охраны природы ВГУ имени П.М. Машерова **Е.В. Шаматульская**

Р е ц е н з е н т ы :
доцент кафедры географии ВГУ имени П.М. Машерова,
кандидат педагогических наук *С.В. Чубаро*;
доцент кафедры охраны труда и промышленной экологии УО «ВГТУ»,
кандидат технических наук *А.В. Гречаников*

Экология и рациональное природопользование : методические рекомендации / сост.: И.А. Литвенкова, Е.В. Шаматульская. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2018. – 67 с.

Методические рекомендации подготовлены в соответствии с типовыми и учебными программами по курсам «Экология», «Экология и рациональное природопользование». Рассматриваются вопросы о взаимоотношениях живых организмов между собой и с окружающей их неорганической природой, о связях в надорганизменных системах, о структуре и функционировании этих систем, а также затрагиваются проблемы рационального природопользования.

Предназначены для проведения практических работ для студентов биологических специальностей, а также учителей биологии и экологии; лиц, ведущих экологические исследования.

УДК 502.171(076.5)
ББК 20.18я73

© ВГУ имени П.М. Машерова, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Модуль 1. Факториальная экология	5
Лабораторная работа № 1. Общие закономерности действия факторов среды. Лимитирующие факторы	5
Лабораторная работа № 2. Экологические группы организмов. Жизненные формы	12
Лабораторная работа № 3. Адаптации организмов к факторам среды	15
Лабораторная работа № 4. Среда жизни	18
Модуль 2. Демэкология или учение о популяции	20
Лабораторная работа № 5. Вид. Критерии вида	20
Лабораторная работа № 6. Популяция как биологическая система ...	25
Лабораторная работа № 7. Структура популяции	26
Лабораторная работа № 8. Динамика и регуляция численности популяции	30
Модуль 3. Сообщество. Биоценоз. Экосистема	33
Лабораторная работа № 9. Характеристика видовой структуры биоценоза	33
Лабораторная работа № 10. Цепи питания. Составление сетей питания в различных экосистемах	38
Лабораторная работа № 11. Экологические пирамиды. Правило Линдемана	42
Лабораторная работа № 12. Балансовое равенство и продуктивность экосистем	45
Лабораторная работа № 13. Динамические процессы в экосистемах	48
Лабораторная работа № 14. Биотические взаимоотношения популяций в биоценозах	51
Модуль 4. Рациональное природопользование	53
Лабораторная работа № 15. Экологический анализ загрязненности городских почв в Республике Беларусь	53
Лабораторная работа № 16. Оценка качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям	57
Лабораторная работа № 17. Экологический анализ атмосферного воздуха городов Беларуси	59
Лабораторная работа № 18. Рациональное природопользование. Красная книга Республики Беларусь	64
Разноуровневые задания по контролируемой управляемой самостоятельной работе (КУСР)	65
Рекомендуемая литература	66

ВВЕДЕНИЕ

Экология как междисциплинарная наука, позволяющая узнать закономерности взаимодействия живых систем разного иерархического уровня со средой их обитания, на сегодняшний день только усилила свою значимость. Именно раскрытие законов связей, на которых основана устойчивость жизни, позволяет людям изменить и организовать собственные отношения с природой и увидеть, по каким принципам требуется развивать и использовать ум, знания и способности, применять многообразные технические средства.

Для организации экологически грамотного хозяйствования на Земле необходимы разносторонние, многообразные знания, включая локальные и заканчивая общепланетарными. В данном издании предлагается лишь малая часть практических работ по исследованию природы и воздействия на нее человека с целью познакомить студентов с приемами и методами научных исследований окружающей среды и законами взаимодействия с ней, а также вызвать у них интерес к вдумчивому и пытливому подходу к установлению этих взаимодействий.

Основная цель практических занятий, проводимых по предметам «Экология» и «Экология и рациональное природопользование» для студентов второго-третьего курсов биологических специальностей, – закрепление теоретических знаний, полученных в лекционном курсе по дисциплинам, а также приобретение практических навыков изучения экологических закономерностей взаимодействия факторов окружающей среды и организмов, освоение методик определения степени изменения экосистем, отработка приемов проведения самостоятельной исследовательской работы и составления отчетной документации.

Данное учебное издание состоит из четырех модулей: «Факториальная экология», «Демэкология или учение о популяции», «Сообщество. Биоценоз. Экосистема» и «Рациональное природопользование». Каждый модуль включает задания разных уровней сложности, дополненных заданиями для самостоятельной подготовки.

При подготовке методических рекомендаций использованы опыт других вузов, научная и методическая литература.

МОДУЛЬ 1. ФАКТОРИАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Лабораторная работа № 1.

Общие закономерности действия факторов среды.

Лимитирующие факторы

Цель: рассмотреть и закрепить на конкретных примерах знания об абиотических факторах.

Контрольные вопросы:

1. Что называется фактором среды?
2. Среда и условия существования.
3. Перечислите основные классификации факторов среды.
4. Классификация экологических факторов по происхождению.
5. Закономерности воздействия фактора на организм. Оптимум и пессимум.

Задание 1. Установите соответствие между данными трех столбцов. Ответ запишите в виде сочетания цифр, прописных и строчных букв.

Таблица 1- Абиотические факторы среды

Абиотические факторы среды	Определения абиотических факторов	Примеры абиотических факторов
1.Климатические: 2.Эдафические: 3.Орографические (топографические или физические): 4.Гидрографические: 5. Химические:	А) механический и химический состав почвы, влагоемкость, водный, воздушный и тепловой режим почвы, уровень грунтовых вод и др. Б) рельеф (относится к косвенно действующим экологическим факторам, так как непосредственного влияния на жизнь организмов не оказывает); экспозиция (расположение элементов рельефа по отношению к странам света и господствующим ветрам, приносящим влагу); высота над уровнем моря. В) факторы водной среды. Г) солнечная радиация, свет и световой режим, температура, влажность, атмосферные осадки, ветер, давление и др. Д) газовый состав атмосферы, солевой состав воды.	а) высота местности б) Свет в) кислотность почвы г) Влажность воздуха д) экспозиция местности е) электромагнитное излучение ж) Влажность почвы з) широта местности и) гравитация к) Температура л) Соленость воды м) Почва н) Кислород (воздух)

Задание 2. С помощью рисунка 1 определите примерные значения диапазонов силы воздействия температуры, в пределах которых растения проявляют одинаковую ответную реакцию.



Рисунок 1 - Значения диапазонов силы воздействия температуры

Задание 3. Сравните графики, отражающие закономерности ответной реакции организмов разных видов на силу воздействия факторов среды и ответьте на вопросы.

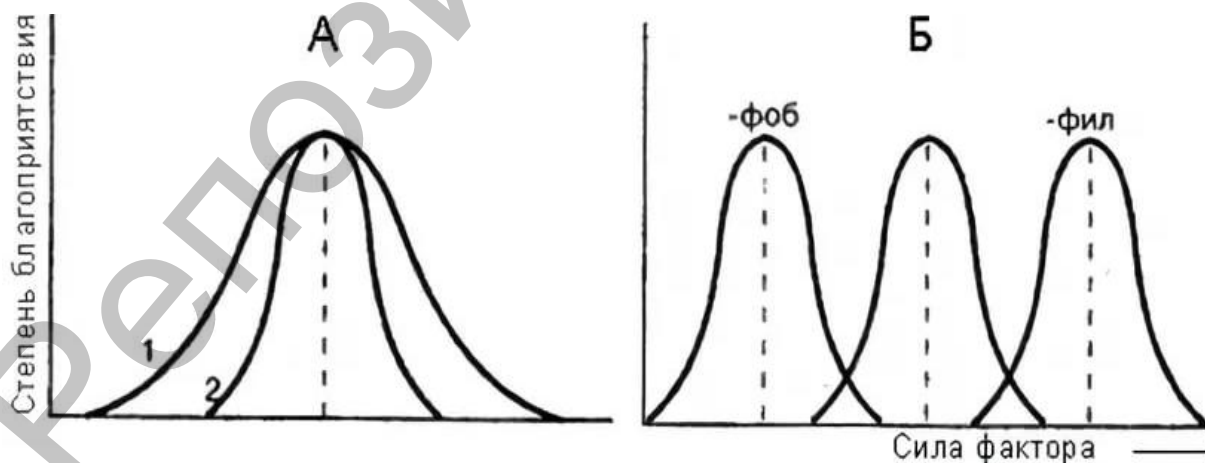


Рисунок 2 - Закономерности ответной реакции организмов разных видов на силу воздействия факторов среды

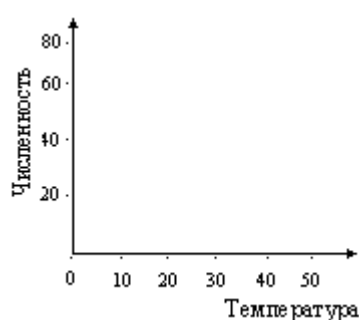
1. Чем отличаются виды организмов, имеющие кривые ответной реакции 1 и 2 на рис. А? Как можно их назвать, если исходить из этого отличия?

2. Чем отличаются виды организмов, имеющие кривые ответной реакции 1,2 и 3 на рис. Б ? Как можно было бы их назвать, если бы воздействующим фактором была бы влажность?

Задание 4. Постройте график зависимости численности колорадского жука от температуры окружающей среды, используя данные таблицы 2.

Таблица 2 - Зависимость численности колорадского жука от температуры окружающей среды

Температура, С°	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Численность, шт.	0	10	35	65	70	65	35	10	0



Укажите на графике:

- зону оптимума;
- зону пессимума;
- экологические минимум и максимум;



Рисунок 3 - График зависимости жизнедеятельности колорадского жука от температуры

Сделайте вывод, изменится ли форма кривой, если по оси абсцисс указать другой экологический фактор (влажность, интенсивность солнечного излучения и т.п.). Какие другие показатели степени жизнедеятельности колорадского жука можно отложить по оси ординат?

Задание 5. Изучить явление констелляции факторов.

а) В результате изучения относительной скорости роста (г) численности популяции рисового долгоносика *Calandra oryzae* в зависимости от температуры при различных уровнях влажности среды (W) получены следующие данные (табл.3), (в 1/нед):

Таблица 3 – Относительная скорость роста численности популяции рисового долгоносика

Относительная влажность, %	Температура, °С							
	15	17	22	25	28	31	34	37
14	0	0,06	0,23	0,50	0,65	0,80	0,60	0
11	-	0	0,15	0,22	0,32	0,26	0	-
10,5	-	-	0	0,10	0	-	-	-

Примечание «-» - отрицательный прирост популяции.

б) Построить графики зависимости г от температуры при 14%, 11% и 10,5% влажности среды. Какая влажность среды способствует достижению

Задание 6. Рассчитайте экологический оптимум по отношению к температуре для разных видов растений, имеющих следующие пределы толерантности: 1) $+15 - +45^{\circ}\text{C}$; 2) $-3 - +29^{\circ}\text{C}$; 3) $+12 - +38^{\circ}\text{C}$; 4) $-10 - +20^{\circ}\text{C}$; 5) $+6 - +24^{\circ}\text{C}$. Расположите эти виды в порядке увеличения холодостойкости. В каких климатических зонах они могут произрастать?

1

2

3

4

Увеличение холодостойкости: → → →

Задание 8. В таблице 4 приведены данные по изучению активности полета четырех видов слепней в зависимости от температуры воздуха. Проанализируйте таблицу, начертите графики зависимости активности слепней от температуры воздуха, укажите пределы толерантности каждого вида. Определите эври- и stenотермные виды. Для каких видов температура 17 °С является экстремальной, а для каких видов — лимитирующей? Какие виды могут обитать в вашей области и какой вид, по вашему мнению, будет более приспособленным? Ответ поясните.

Характеристика фактора среды (f, °C)	Виды слепней			
	А	Б	В	Г
Оптимум	20-27	15 20	25-27	20-27
Зона нормальной жизнедеятельности	28-30	22-26	28-33	28-34
	15-19	10-13	20-24	15-20
Пессимум	31-36	26-33	35-43	30-35
	10-13	6-9	16-19	10-13
Пределы выносливости	>40	>35	>45	>40
	<5	<5	<15	<9

8

Задание 10. На рисунке 4 представлена диаграмма зависимости смертности куколок бабочки яблонной плодовой гнили от влажности и температуры. Определите пределы выносливости данного вида по температуре и влажности.

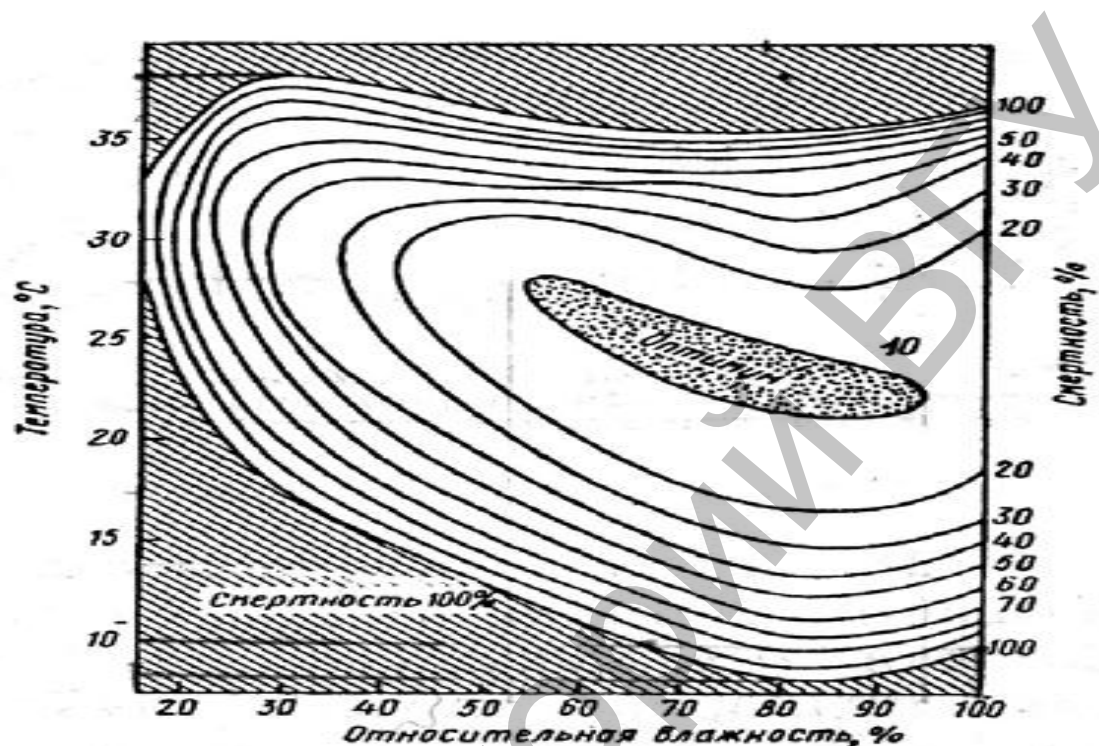


Рисунок 4 - Зависимость смертности куколок бабочки яблоневой плодовой гнили от температуры и влажности

Постройте графики зависимости смертности куколок плодовой гнили от температуры при относительной влажности 80 % и 40 %. Объясните, почему графики отличаются друг от друга. В каком из районов опасность размножения яблонной плодовой гнили будет выше - в районе со средними летними температурами 20 - 22 °C и относительной влажностью 70-80 % или в районе со средними летними температурами 30-32 °C и относительной влажностью 30 - 40%?

А. Определите, какой фактор будет ограничивающим в точке с координатами: 1. $t + 10^{\circ}\text{C}$; влажность – 100 %; 2. $t + 4^{\circ}\text{C}$; влажность – 80 %; 3. $t + 40^{\circ}\text{C}$; влажность – 80 %;

Б. Укажите диапазон оптимальной для вида: 1. Температуры; 2. Влажности;

В. Назовите пределы выносливости вида: 1. По температуре; 2. По влажности.

Г. Укажите, при каких показателях температуры и влажности смертность ничтожна.

Задание 11. Постройте график зависимости жизнедеятельности собаки и ящерицы от действия температуры. Выделите зоны оптимума, пессимума и критические точки на каждом графике. Определить экологическую валентность каждого вида по отношению к температуре (табл. 5).

Таблица 5 - Температурные границы жизнедеятельности некоторых видов

Вид	Температурные границы, °С		
	оптимальная	минимальная	максимальная
Собака	+25	-40	+50
Ящерица	+30	+5	+ 50

Задание 12. Построить график зависимости жизнедеятельности карася и леща от действия фактора среды — солевого состава воды. Учесть, что карась обитает в пресных водах с содержанием соли до 1 г/л, а лещ в солоноватых с содержанием солей до 2.с) г/л. Выделить зоны оптимума, пессимума и критические точки на каждом графике. Определить экологическую валентность каждого вида по отношению к солевому составу воды. Сделать соответствующие выводы.

Таблица 6 - Содержание солей

Вид	Оптимальный уровень солености, г/л	Содержание солей, г/л	
		пресная вода	солоноватая вода
Карась	0,5	0-1	
Лещ	12,5		1 – 25

Задание 13. Известно, что комнатная муха при температуре 8 °С и 40 °С неподвижна, 10 °С и 37 °С - только бегает, 14 °С и 33 °С - взлетает, если ее потревожить, при 18 °С и 25 °С - активно летает. Постройте график зависимости жизнедеятельности комнатной мухи от температуры, отметьте пределы выносливости, зоны оптимума и пессимума.

Задания для самостоятельной работы (СР).

Задание 1 (СР). Какие факторы могут быть ограничивающими:

- для растений в океане на глубине 6000 метров;
- для растений в пустыне летом;
- для ели в тундре;
- для скворца зимой в лесу;
- для щуки обыкновенной в Чёрном море;
- для кабана зимой в тайге.

Задание 2 (СР). После вырубки большого участка леса исчезли произрастающие там мхи и папоротники, хотя их никто не уничтожал. Объясните, почему это произошло.

Задание 3 (СР). Известен реальный исторический факт, когда завезенный в Австралию клевер не давал семена. Как вы думаете, с чем это было связано? Предположите, как эта проблема была решена.

Задание 4 (СР). Вредитель пищевых запасов — мучной клещик может приносить колоссальный ущерб в зернохранилищах, приводя зерно в состояние полной непригодности для производства муки. Оптимальной для жизнедеятельности мучного клещика является температура 20–22 °С, а температура ниже 5–7 °С и выше 45 °С для него губительна. При влажности зерна 10–12 % он погибает от повышенной сухости, а при влажности зерна 70 % и выше — из-за развития плесневых грибов. Оптимум влажности воздуха составляет 50–60 %. Предложите безопасный способ защиты зерна от этих вредителей пищевых запасов без использования пестицидов.

Задание 5 (СР). Постройте график зависимости скорости плавания рыбок от температуры воды в аквариуме, используя следующие данные: при температуре воды в аквариуме от 0 до 10 °С рыбки погибают, а в интервале от 15 до 25 °С рыбки наиболее активны (скорость плавания 55–70 см/с). В интервалах температур от 10–15 и 25–30 °С скорость плавания рыбок резко падала до 35 см/с. Попытайтесь объяснить зависимость скорости передвижения рыбок от температуры.

Задание 6 (СР). Как вы думаете, почему жара легче переносится в сухом воздухе, чем во влажном, а замерзнуть можно быстрее на морозе с сильным ветром, чем в безветренную погоду?

Задание 7 (СР). Приведите примеры видов, которые по отношению к одному фактору ведут себя как эврибионтные, а по отношению к другому — как стенобионтные

Задание 8 (СР). Пользуясь определителем высших растений, выясните, в каких условиях местообитания произрастают следующие растения: тростник, типчак, береза, ковыль, осока, тимьян, очиток, вереск. Определить, какие из них относятся к эврибионтам и стенобионтам.

Задание 9 (СР). По таблице 7 постройте графики действия света, тепла и влаги. На оси ординат отмечаются календарные месяцы, а на оси абсцисс — величина суммарной солнечной радиации, средних месячных температур и сумм атмосферных осадков.

Таблица 7 - Величины суммарной солнечной радиации, средних месячных температур и сумм атмосферных осадков

Месяцы	Суммарная радиация (ккал/см ²)	Температура (градусы)	Осадки (мм)
1	0	-38	30
2	2	-51	33
3	6	-40	39
4	7	-25	35
5	10	-7	49
6	10	10	42
7	15	17	54

8	6	12	57
9	1	-2	41
10	1	-13	40
11	0	-23	32
12	0	-31	27

Проанализировать графики, установить факторы, определяющие начало и конец вегетации растений и их зону жизнедеятельности, отметив ее штриховкой на графике, учитывая, что вегетация растений возможна при положительных температурах, величине солнечной радиации выше 2 ккал/см^2 и количестве осадков не менее 30 мм/г.

Лабораторная работа № 2.

Экологические группы организмов. Жизненные формы

Цель: проанализировать экологические группы организмов в разных средах жизни. Закрепить полученные знания о жизненных формах организмов.

Контрольные вопросы:

1. Экологическая пластичность организмов. Эврибионты и стенобионты.
2. Принципы экологической классификации организмов.
3. На какие две группы делятся все живые организмы по адаптации к температурному фактору?
4. Перечислите экологические группы организмов в разных средах жизни.
5. Понятие «жизненные формы».

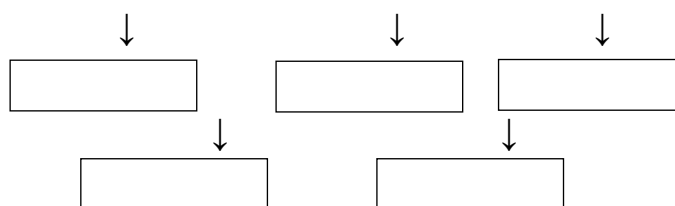
Задание 1. Заполните таблицу 1. Сделайте вывод по таблице.

Таблица 1 - Экологические группы организмов

Фактор	Экологические группы организмов		Примеры (виды организмов)
Температура	Эвритермные Стенотермные	Криофилы (криофиты) Термофилы (термофиты)	
Свет	Эврифотные Стенофотные	Фотофилы (гелиофиты) Фотофобы (сциофиты)	
Давление воды	Эврибатные Стенобатные		
Солёность	Эвригалийные Стеногалийные		
Пища	Эврифаги Стенофаги		
Место-обитание	Эвритопные Стенотопные		

Задание 2. Составьте схему. Укажите названия экологических групп наземных растений, различающихся по требовательности к влаге.

Экологические группы



Задание 3. Распределите указанные организмы по экологическим группам: сом, кальмар, тюлень, креветка, рак, медуза, червь nereis, коралл, камбала, морская звезда, личинки веслоногих ракообразных, личинки брюхоногих и двустворчатых моллюсков, дафния, клоп-водомерка, беззубка, перловица, жук-вертячка, коловратка, кит, циклоп, щука, судак, пиявка, акула, дельфин.

Задание 4. Из предложенного списка животных выберите гомойотермных животных: 1) лягушка, 2) дельфин, 3) тюлень, 4) лещ, 5) медуза, 6) прудовик, 7) клоп, 8) лев, 9) ворона, 10) ящерица.

Задание 5. Используя графическое изображение, на конкретных примерах объясните различия стенобионтов и эврибионтов. Приведите примеры стенобионтов и эврибионтов в мире растений и животных.

Задание 6. По предложенному рисунку 1 определите экологическую группу птиц, их адаптации к среде обитания и образ жизни:

Таблица 1 – Птицы и их адаптации к среде обитания

	Адаптации к среде обитания: Образ жизни:
--	--

Задание 7. Рассмотрите внутренне строение листьев разных экологических групп (рисунок 2) и найдите черты сходства и отличия между ними в зависимости от освещенности.



Рисунок 2 - Внутренне строение листьев разных экологических групп

Задание 8. В одном килограмме свежих листьев различных растений содержится разное количество хлорофилла: в подорожнике - 1,8 г, в аспидистре - 4,0 г. Какое из этих растений является светолюбивым, какое - теневыносливым? Обоснуйте свой ответ.

Задание 9. Заполните таблицу 2, используя предложенный список названий животных: дельфин-белобочка, белка-летяга, тушканчик, кенгуру, серая акула, антилопа, крот европейский, тушканчик, сокол-сапсан, тюлень, куница, кальмар, гепард, африканский прыгунчик, лошадь, сумчатая летяга, архар, стрекоза, рыба тунец, летучая мышь, ящер ихтиозавр, сумчатый крот, оса, ящерица летучий дракон. Предложите и внесите в таблицу другие известные Вам названия животных. Запишите их другим цветом.

Таблица 2 – Жизненные формы животных

Виды отношений	Примеры
1. Плавающие формы: чисто водные	
полуводные	
2. Роющие формы: абсолютные землерои	
относительные землерои	
3. Наземные формы: не делающие нор	
делающие норы	
животные скал	
4. Древесные лазающие формы	
5. Воздушные формы	

Задания для самостоятельной работы.

Задание 1 (СР) До середины XX в. грибы относили к растениям. На основании каких признаков эти организмы выделили в самостоятельное царство?

Задание 2 (СР). В песчаных пустынях жизнь богаче, чем в глинистых. Растения достигают здесь больших размеров, а почвенные животные отличаются видовым многообразием и большей численностью. Объясните причины большего разнообразия жизни в песчаных пустынях по сравнению с глинистыми.

Лабораторная работа № 3.
Адаптации организмов к факторам среды

Цель: закрепить полученные знания об адаптации организмов к среде обитания и сформировать умения по выявлению и объяснению возникновения приспособленности живых организмов к различным экологическим факторам.

Контрольные вопросы:

1. Что называется адаптацией?
2. Перечислите виды адаптаций.
3. На какие группы делятся все живые организмы по адаптации к температурному фактору?

Задание 1. По рисунку 1 изучите адаптации птиц и определите среду их обитания и образ жизни.



Рисунок 1- Адаптации птиц

Задание 2. Распределите предложенные растения по группам (гигрофиты, ксерофиты, мезофиты) по их отношению к влаге: папирус, рис, пушица, кактус, ковыль, полынь, бодяк, яблоня, картофель, чертополох.

Задание 3. Приспособления организмов к изменяющимся абиотическим факторам. Заполните таблицу 3:

Таблица 3 - Приспособления организмов к изменяющимся условиям среды

Организм	Типы приспособлений	Представители
1. Высшие растения: а) к высоким температурам б) к низким температурам		
2. Холонокровные организмы: а) к высоким температурам б) к низким температурам		
3. Теплокровные организмы: а) к высоким температурам б) к низким температурам		

Задание 3. Из предложенного перечня адаптации живых организмов к температуре выберите только биохимические приспособления:
а) накопление в тканях глицерина; б) усиление транспирации при

нагревании; в) накопление углеводов в клеточном соке; г) анабиоз, д) развитие мощных покровных тканей; е) усиленное потоотделение; ж) смена поз при нагревании в солнечных лучах; з) повышение интенсивности обмена веществ.

Задание 4. По указанным адаптациям распределите растения на ксерофиты и мезофиты. а) имеют высокую экологическую пластичность, б) способны переносить большие потери воды, в) сильно развита корневая система, г) экономно расходуют влагу, д) способны переносить большие потери влаги, е) мелкие, жесткие листья с толстой кутикулой, ж) в листьях имеется большое количество механических тканей, з) включают склерофитов, и) могут жить в умеренном климате.

Таблица 4 – Адаптации растений

Экологические группы растений	Адаптации
Ксерофиты	
Мезофиты	

Задание 5. Соотнесите указанные адаптации растений в соответствии с принадлежностью к экологической группе. а) толстые, светлые листовые пластинки; б) столбчатая паренхима развита слабо; в) крупные хлоропласты; г) мелкие хлоропласты; д) хорошо развитая губчатая паренхима; е) хорошо развитая столбчатая паренхима; ж) один слой столбчатой паренхимы; з) листовые пластинки располагаются под прямым углом к солнцу; и) листья ориентированы вертикально к горизонту. Приведите для каждой экологической группы соответствующие примеры.

Таблица 5 - Адаптации тенелюбивых и светолюбивых растений

Экологические группы растений	Адаптации	Виды растений
Тенелюбивые		
Светолюбивые		

Задание 6. По предложенным рисункам определите экологическую группу птиц, их адаптации к среде обитания и образ жизни:



Рисунок 2 – Морфологические адаптации птиц

Задание 7. Чем можно объяснить происходящие в середине лета в жарких сухих регионах планеты листопад у растений и спячку животных? Мотивируйте ответ.

Задание 8. Почему у животных южных широт и тропиков, как правило, выступающие части тела больше, чем у животных северных широт и полярных областей?

Задание 9. На рисунке 3 показана зависимость развития яиц и вылупления молоди у белокорого палтуса (рыба семейства Камбаловые) и леопардовой лягушки (семейство Настоящие лягушки) от температуры.

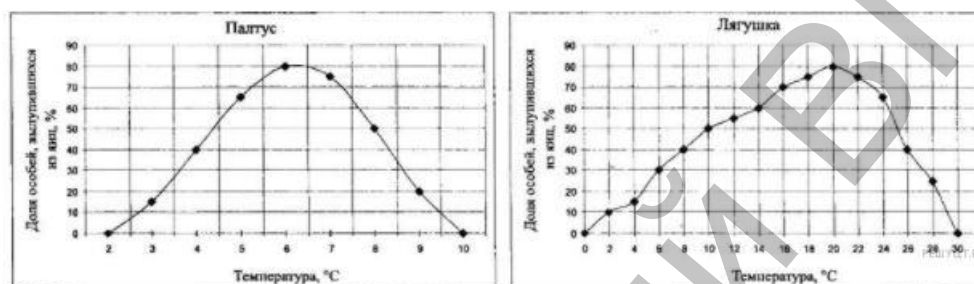


Рисунок 3 - Зависимость развития яиц и вылупления молоди у белокорого палтуса и леопардовой лягушки от температуры

Проанализируйте графики и укажите верный вывод:

1) икра палтуса является эвритермной, икра лягушки по сравнению с ней stenotермна 2) оба организма являются гомойотермными, так как температура тела у них изменяется в зависимости от температуры окружающей среды 3) икра палтуса stenotермна и толерантна к низкой температуре, а икра лягушки по сравнению с ней эвритермна и толерантна к высокой температуре 4) икра палтуса и лягушки в равной степени stenotермна и толерантна к низкой температуре, данные организмы обладают высокой экологической пластичностью.

Задания для самостоятельной работы.

Задание 1 (СР). По указанным адаптациям распределите растения на гидрофиты (I) и гигрофиты (II): а) имеют приспособления для интенсивной транспирации; б) механическая ткань развита слабо; в) слабо развита корневая система; г) корни могут отсутствовать; д) мезофилл не дифференцирован; е) корневых волосков на корнях нет; ж) в органах имеется аэренхима; з) растения водоемов; и) живут при высокой влажности воздуха и почв. Заполните таблицу 6:

Таблица 6 – Адаптации растений

Экологические группы рас-	Адаптации
Гидрофиты (I)	
Гигрофиты (II)	

Задание 2. (СР). Какие адаптации существуют у растений для экономии влаги и снабжения себя водой? Составьте схему классификации таких адаптаций.

Задание 3. (СР). В связи с выходом на сушу древним животным пришлось «учиться» экономить влагу. Как эту задачу решили членистоногие рептилии?

Задание 4. (СР). Заполните таблицу 7.

Таблица 7 – Адаптации организмов к различным температурным условиям

Виды адаптаций	Животные		Растения
	гомойотермные	пойкилотермные	
Морфологические			
Физиологические			
Биохимические			
Поведенческие			

Лабораторная работа № 4. Среды жизни

Цель: закрепить полученные знания о разных средах жизни и проанализировать их особенности.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные среды жизни.
2. Характеристика и свойства воздушной среды.
3. Какие физические особенности характерны для водной среды обитания? Перечислите их.
4. Почвенная среда. Типы почв.
5. Организм как среда обитания.

Задание 1. Проанализировав таблицу 1, определите более и менее теплолюбивых насекомых, а также возможные меры борьбы с вредителями продуктов питания.

Таблица 1 - Сумма тепла, необходимая для развития разных видов насекомых

№ п/п	Название вида	Сумма
1	Платяная моль	893,0
2	Капустная моль	377,0
3	Луговой мотылек	450,0
4	Озимая совка	100,0
5	Шелкопряд-монашенка	1240,0
6	Рисовый долгоносик	358,0

Задание 2. Установите соответствие между экологическими группами водных обитателей и их представителями. Экологические группы: планктон, нектон, бентос, перифитон, плейстон. Представители: щука, медуза, камбала, осьми-

ног, краб, водомерка, дрейссена речная, дафния, рак-отшельник, саргассовые водоросли, инфузории, ряски, мшанки, губки, моллюски.

Задание 3. Заполните таблицу 2. Сделайте вывод.

Таблица 2 - Группы почвенных организмов и их адаптации.

Группы	Размер организмов	Представители	Адаптации
Микрофауна			
Мезофауна			
Макрофауна			
Мегафауна			

Задание 4. Установите соответствие между группами паразитов и их представителями. Экологические группы: паразиты растений и животных. Представители: повилика, власоглав, бычий цепень, зарази́ха, петров крест, раффлезия, аскарида, малярийный плазмодий, дизентерийная амеба, трихомонады, лямблии, постельный клоп.

Задание 5. Почему букет из цветков калужницы болотной быстро увядает, а хризантемы стоят долго? Почему у сосны обыкновенной, растущей на песчаной почве, корень уходит глубоко в почву, а у растущей на болоте – корневая система поверхностная? Почему в степях массовое цветение начинается очень рано (февраль-март) и быстро прекращается? Дайте аргументированные ответы.

Задание 6. Распределите предложенных животных и растения в соответствующие им среды жизни. Предложите свои варианты по каждой среде (не менее трех). Пчела, кальмар, бактерии гниения, грему́чая змея, крот, горный орел, сазан, аскарида, блоха, планктонная водоросль, дождевой червь, карась, кролик, вошь, бабочка, бычий цепень, слепыш, дафния, окунь, личинки жуков, водяная лилия, крот, заяц, паразитический червь, лишайник, вирус, планктон.

Задание 7. В связи с выходом на сушу у растений сформировались плотные покровные ткани, появились механическая и проводящая ткани, развилась корневая система. Обоснуйте необходимость и целесообразность появления данных тканей, учитывая особенности условий в наземно-воздушной среде.

Задания для самостоятельной работы.

Задание 1 (СР). Иногда летом в утренние часы, после прохладной дождливой ночи многие растения проявляют явные признаки увядания, хотя почва сильно увлажнена и температура воздуха довольно высока. Объясните причины увядания растений.

Задание 2 (СР). Подсчитано, что потомки одного полевого одуванчика менее чем за 10 лет могут заселить земной шар, если все семена будут прорасти. Почему же в действительности этого не наблюдается?

Задание 3 (СР). Ученые установили, что хвойные породы повреждаются промышленными газами сильнее лиственных. Объясните причину.

МОДУЛЬ 2. ДЕМЭКОЛОГИЯ ИЛИ УЧЕНИЕ О ПОПУЛЯЦИИ

Лабораторная работа № 5

Вид. Критерии вида

Цель: приобрести навыки применения различных критериев вида.

Контрольные вопросы:

1. Понятие «вид».
2. Критерии вида.
3. Применение каких критериев позволит идентифицировать вид?
4. Данные каких наук, по вашему мнению, необходимы биологу для того, чтобы определить видовую принадлежность организма?

Задание 1. Заполните таблицу 1.

Таблица 1 – Критерии вида

Критерий вида	Определение критерия вида

Задание 2. В указанном списке животных подсчитайте количество особей, видов и родов: еж обыкновенный, лисица обыкновенная, медведь гималайский или белогрудый, хомячок джунгарский, заяц-беляк, медведь бурый, хомячок сирийский или золотистый, заяц-русак, еж ушастый, лисица обыкновенная.

Задание 3. В двух изолированных озерах обитают следующие виды рыбы: карась, щука, окунь придонный, ёрш, плотва, судак, лещ, окунь прибрежный, красноперка. Подсчитайте количество: а) популяций рыб одного озера; б) популяций рыб обоих водоемов; в) видов рыб одного озера; г) видов рыб в двух водоемах.

Задание 4. Подсчитайте количество особей, видов и родов в следующей совокупности организмов. Результаты запишите в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты вычислений

Названия видов	Количество		
	Особей	Видов	Родов
Две щуки, три тюленя, один дельфин			
Три крысы серые, один суслик крапчатый, одна крыса черная			
Один голубь почтовый, Один голубь павлиний, два голубя скалистых			
Три березы бородавчатые, одна рябина обыкновенная, три тополя черных			
Две мыши лесные, две мыши полевые, две мыши домовые			

Задание 5. Рассмотрите растения 2 - 3 видов одного рода. Пользуясь учебной, справочной литературой или специальными карточками, занесите в таблицу характерные морфологические признаки растений каждого вида:

а) стебель (вид стебля: прямостоячий, вьющийся, цепляющийся, укороченный; высота, опушенность, ребристость); б) листья (простые или сложные, наличие черешка, форма листовой пластинки, расположение на стебле: спиральное, супротивное, мутовчатое); в) строение цветка (простой или двойной околоцветник, окраска и число лепестков, число листиков чашечки, тычинок и пестиков); г) соцветия (кисть, зонтик, початок, головка, колос, щиток, корзинка, сложный зонтик, сложный колос, сложная кисть); д) плоды (сухой или сочный, вскрывающийся или невскрывающийся, односемянный или многосемянный, костянка, ягода, яблоко, зерновка, семянка, орех, боб, стручок, коробочка); е) другие признаки.

Таблица 2 - Сравнительная характеристика видов рода

Признаки	Виды рода			
Стебель				
Листья				
Цветок				
Соцветие или одиночно расположенные цветки				
Плоды				
Другие признаки				

Сравните признаки описанных видов, выявите черты сходства и различия. Чем объясняются сходства (различия) растений разных видов одного рода? На основании данных таблицы составьте ключ для определения изученных вами видов растений.

Задание 6. Морфологический критерий — наиболее доступный, удобный и наиболее часто применяемый в практической работе. В основном на морфологических различиях особей разных видов построены определители растений и животных. Как вы думаете, всегда ли морфологический критерий является объективным? Приведите конкретные примеры, когда использование морфологического критерия в диагностических целях не дает достоверного результата. Сделайте вывод о морфологическом сходстве и различиях видов одного рода. По каким морфологическим признакам можно отличить один вид от другого?

Задание 7. Нарисунке 1 представлены кариотипы человека (1), комара (2), растения скерды (3). Рассмотрите рисунок, обратите внимание на количество, форму и размеры хромосом разных организмов. Установите разницу между представленными кариотипами. Сделайте вывод, что понимают под генетическим критерием вида.

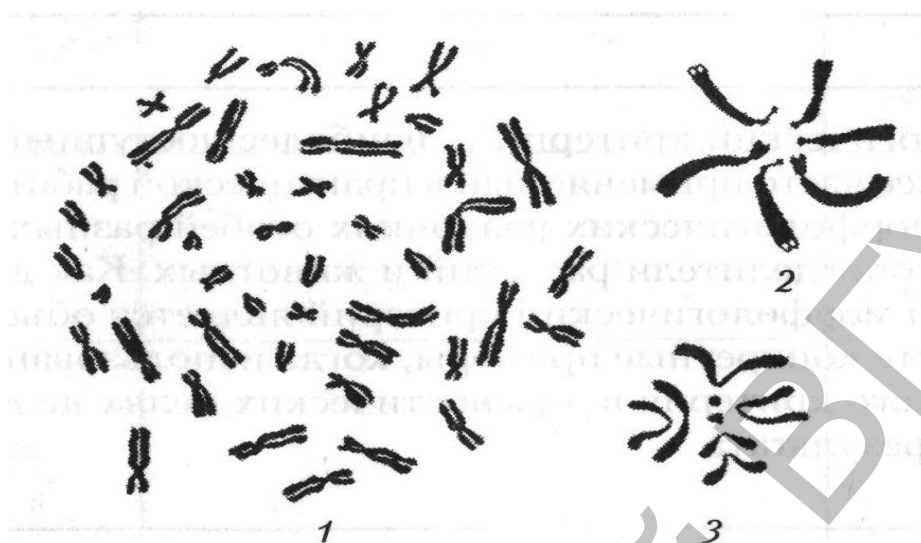


Рисунок 1 – Кариотип человека (1), комара (2), растения скерды (3)

Задание 8. Рассмотрите представленные на рисунке 2 кариотипы двух организмов. Используя генетический критерий, обоснуйте вывод о принадлежности особей, кариотипы которых представлены на рисунках, к одному или разным видам.

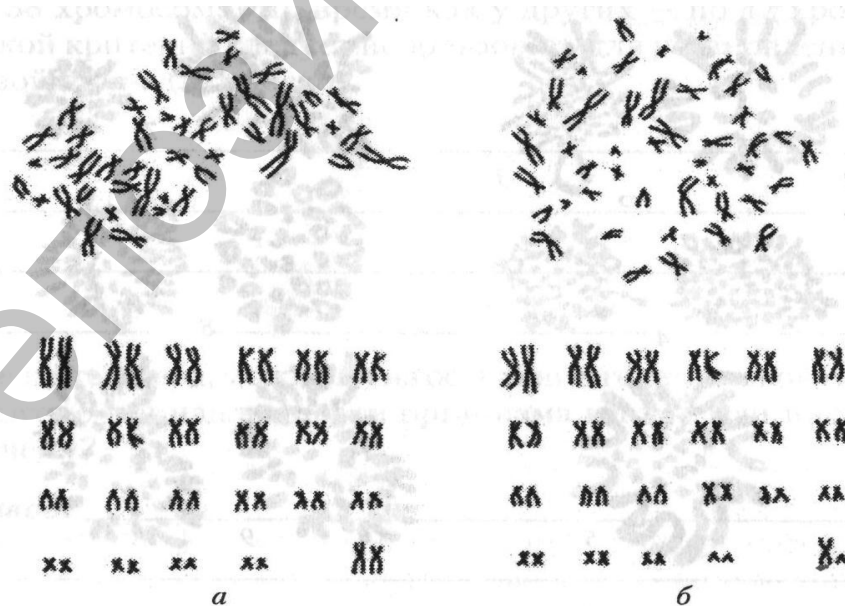


Рисунок 2 - Кариотипы двух организмов

Задание 9. Рассмотрите на рисунке 3 кариотипы некоторых видов животных. Попробуйте подсчитать количество хромосом в кариотипе каждого вида. Сделайте вывод, существует ли зависимость между количеством хромосом в кариотипе и генетической конституцией организмов вида.

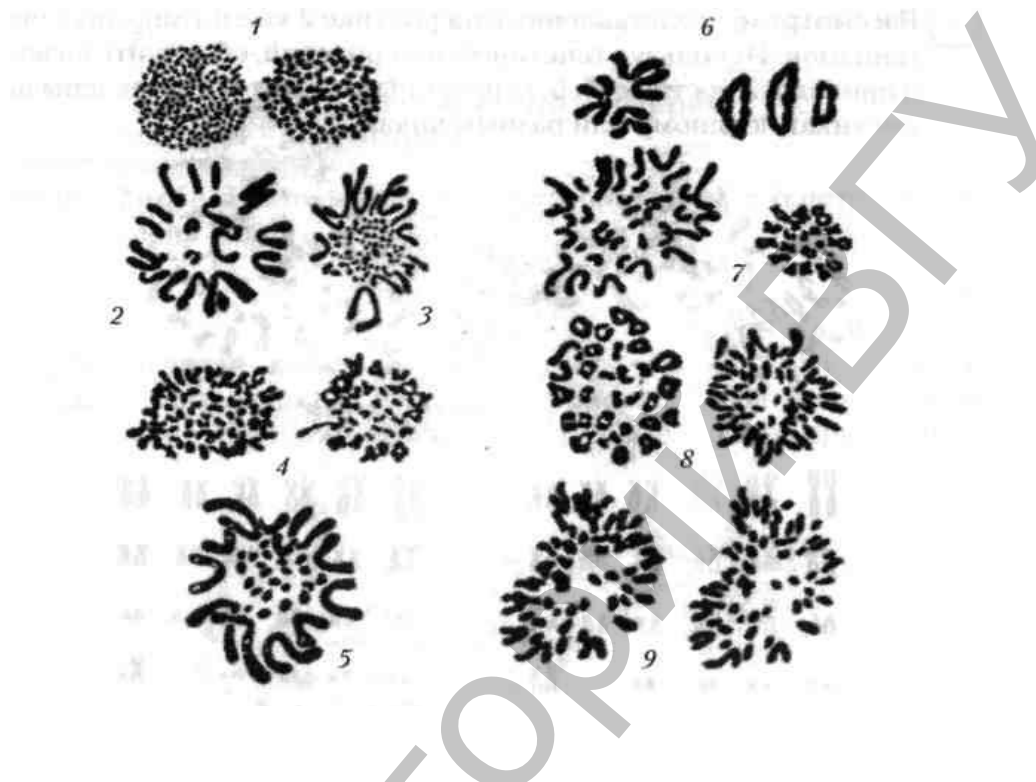


Рисунок 3 - Кариотипы разных организмов

Задание 10. Дайте краткие ответы на вопросы. В природе встречаются особи черных крыс, внешне не различимые, тем не менее они не скрещиваются и, естественно, не дают плодовитого потомства, поэтому относятся к разным видам. Установлено, что в ядрах клеток одних организмов содержится по 38 хромосом, в то время как у других — по 42 хромосомы. Какой критерий следует использовать для установления их видовой принадлежности? Сделайте вывод, можно ли на основании генетического критерия судить о принадлежности организма к тому или иному виду. Почему?

Два культурных растения — ячмень и рожь имеют одинаковое число хромосом (14), но не скрещиваются, имеют отличия во внешнем строении; состав семян отличается по химическому составу (из ячменной муки хлеб чаще всего не пекут). Какие критерии вы будете использовать для того, чтобы утверждать о принадлежности растений к одному виду?

Сделайте вывод, можно ли на основании генетического критерия судить о принадлежности организма к тому или иному виду. Почему?

Задания для самостоятельной работы.

Задание 1 (СР). О каких критериях идет речь в описаниях?

1. Обитающая в нескольких районах обыкновенная лисица образует несколько географических форм, постепенно сменяющих друг друга. Самые северные лисицы, обитающие в лесной зоне, самые крупные. Лисы степей и полупустынь мельче. Еще мельче лисы, живущие в среднеазиатских пустынях, и самые мелкие лисы обитают в Афганистане, Пакистане и Индии. Чем южнее обитают лисы, тем длиннее у них хвост и уши.
2. Малярийный комар встречается и в тех районах Европы, где малярии никогда не было. Кроме того, в одних частях он предпочитает кормиться на человеке, а в других – исключительно на домашних животных; в одних районах он размножается в солоноватой воде, а в других – только в пресной. Внешне эти формы почти неразличимы, известные пока различия касаются особенностей структуры яйца, числа и ветвистости щетинок у личинок.
3. Лебедь-шипун часто изгибает шею в виде буквы S, а клюв и голову держит наклонно к воде. При раздражении издает характерный шипящий звук, по которому и получил свое название. Распространен лебедь-шипун на изолированных участках в средней и южной полосе Европы и Азии от южной Швеции, до Монголии, Приморского края и Китая. Часто пара от пары гнездится на громадном расстоянии, а во многих районах вовсе отсутствует. Населяет заросшие водной растительностью лиманы, озера, иногда даже болота, предпочитая глухие, мало посещаемые человеком.
4. Малый, или тундровый, лебедь распространен по тундре Азии от Колыского полуострова на западе до дельты Колымы на Востоке. Для гнездования выбирает заболоченные и низкие травянистые участки разбросанными по ним озерами, а также речные долины, изобилующие старицами и протоками.
- Брачные игры своеобразны и проходят на суше. При этом самец ходит перед самкой, вытягивает шею, временами приподнимает крылья, издавая ими особый хлопающий звук и звонко кричит.
5. Городская ласточка. Верх головы, спина, крылья и хвост сине-черные, надхвостье и весь низ тела белые. Хвост с резкой треугольной вырезкой на конце. Обитатель горных и культурного ландшафтов. Гнездится на стенах скал и зданий. Перелетная птица. Держится стаями в воздухе или сидя на проводах, чаще других ласточек садится на землю. Гнездится колониями. Гнездо лепит из комочков глины в форме полушара с боковым входом. Кладка из 4-6 белых яиц в мае – июне. Голос – звонкое «тиррч-тиррч».
6. Береговая ласточка. Верх головы, шеи, спина, крылья, хвост и полоса поперёк груди серовато—бурые, горло, грудь и брюшко белые. Хвост с неглубокой вырезкой. Населяет долины рек, где гнездится по обрывистым глиняным или песчаным берегам. Обычная или многочисленная перелетная птица. Держится стаями, гнездится колониями. Гнезда устраивает в норах по обрывистым берегам рек. Кладка из 4 - 6 белых яиц в мае-июле. Голос - негромкое «чирр-чирр»

7. Наиболее известные в России зайцы - беляк и русак. Беляка можно встретить на территории от побережья Северного Ледовитого океана до южной границы лесной зоны. Беляк получил свое название благодаря белоснежному зимнему меху. Только кончики ушей остаются у него черными весь год. Размножаются зайцы обычно два, а на юге три или даже четыре раза в год. У зайцев-беляков в выводке может быть по два, три пять, семь зайчат.

Лабораторная работа № 6. Популяция как биологическая система

Цель: определить основные критерии и статические показатели популяции.

Контрольные вопросы:

1. *Понятие о популяции. Характеристики и отличительные черты популяций с точки зрения эволюционно-генетического и экологического подходов.*
2. *Понятие о ценопопуляциях. Популяционная структура вида.*
3. *Численность и плотность природных популяций.*
4. *Методы учета численности популяции.*

Задание 1. Популяция бобров из 500 животных обитает в пойме реки площадью 20000 га. Однако, места обитания бобров в пойме составляют лишь 10 % от ее площади. Однако, при такой плотности бобры будут наносить ущерб лесным запасам. Поэтому устанавливают хозяйственно допустимую плотность – до 100 особей на 1000 га и не позволяют ей подниматься выше. Задание: Рассчитайте среднюю, экологическую и хозяйственно-допустимую плотность популяции бобров, выразив их в экз./га.

Задание 2. Какова плотность популяции сосны обыкновенной в сосняке зеленомошнике если на 4 площадках, площадью 10 на 10 метров каждая, было отмечено соответственно 18, 14, 20, 24 деревьев?

Задание 3. На территории площадью 100 км² ежегодно производили частичную рубку леса. На момент организации на этой территории заповедника было отмечено 50 лосей. Через 5 лет численность лосей увеличилась до 650 голов. Еще через 10 лет количество лосей уменьшилось до 90 и стабилизировалось в последующие годы на уровне 80-110 голов. Определите плотность поголовья лосей: а) на момент времени создания заповедника? б) через 5 лет после создания заповедника? в) после 10 лет создания заповедника?

Задание 4. Площадь охотничьего хозяйства 40 тыс. га. На ней обитает стадо лосей в 500 особей. Оптимально на 1000 га должно быть не более 5 особей. Подсчитайте плотность лосей, дайте ее оценку (оптимальная, низкая, высокая).

Задание 5. На обследуемой территории подсчитали потенциальную численность 100 тыс. зверьков соболя и фактическую 7-8 тыс. Норма отстрела должна соответствовать годовому отстрелу 20%. Подсчитать, какова норма отстрела. Фактически отстреливают до 2500 зверьков. Сохраниться ли популяция?

Задание 6. В чистопородных лесах численность популяций насекомых-вредителей может возрастать в тысячи раз, а в смешанных лесах она колеблется незначительно. Объясните с экологической точки зрения причины таких различий в изменении численности популяций.

Задания для самостоятельной работы (СР).

Задание 1 (СР). Как вы считаете, сколько популяций лягушек обитает на территории г. Витебска? Ответ аргументируйте.

Задание 2 (СР). Вы получили задание оценить численность популяции белок, населяющих парк площадью 10 км². Как это можно сделать? Что вам для этого потребуется?

Лабораторная работа № 7. Структура популяции

Цель: отработать методику определения пространственной и демографической структуры популяции.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение и перечислите основные типы пространственного распределения популяции.
2. Какие причины (факторы) оказывают влияние на пространственное распределение особей в пространстве?
3. Опишите методы определения характера пространственного распределения особей в пространстве.
4. Дайте определение демографической структуры популяции.
5. Перечислите и охарактеризуйте основные возрастные спектры в популяциях растений (ценопопуляциях) и животных.
6. Назовите основные типы популяций в зависимости от возрастных групп.

Задание 1. На территории общей площадью 4500 га было заложено 10 учетных площадок размером 200×10 м каждая. Во время контрольных отловов мышовок на площадках были получены следующие результаты (таблица 1). Определить: 1. численность и среднюю плотность популяции степной мышовки; 2. показатели территориального распределения (m , S и др.) и тип пространственной структуры популяции. Для удобства определения запишите полученные данные в таблицу 2.

Таблица 1 – Результаты контрольных отловов мышовок

№ площадки	Количество отлов- ленных зверьков, экз.	№ площадки	Количество отлов- ленных зверьков, экз.
1	12	6	14
2	17	7	21
3	22	8	9
4	13	9	6
5	28	10	18

Таблица 2 – Основные характеристики пространственного распределения особей в популяции степной мышовки

n	x	m (средняя численность)	$(x-m)$	$(x-m)^2$	$(x-m)^2$	S^2
1	12					
2	17					
3	22					
4	13					

Задание 2. На учетных площадках с помощью давилок было изъято 100 лесных мышей. Отловленные зверьки распределились по возрастным группам следующим образом: новорожденные – 17; ювенильные – 12; молодые – 8; взрослые первого года жизни – 24; перезимовавшие зрелые – 19; сенильные второго года жизни – 13; старые – 7. Постройте возрастные пирамиды для популяции лесной мыши: на момент изъятия животных; через 2 месяца после изъятия животных (для построения пирамиды используйте данные таблицы 3).

Таблица 3 – Демографические показатели в популяции лесной мыши (*Apodemus sylvaticus*)

Возраст, x	Выживаемость, I_x	Рождаемость, m_x
0 (новорожденные)	100%	0 %
1 (ювенильные)	90	10
2 (молодые)	70	20
3 (взрослые)	50	100
4 (зрелые)	40	80
5 (сенильные)	10	10
6 (старые)	0	0

О характере пространственного распределения судят по показателю дисперсии (показателю рассеивания) – S^2 . Дисперсию вычисляют по следующей формуле:

$$S^2 = \frac{\sum (x - m)^2}{n - 1},$$

где m – среднее число особей в выборке;

n – число выборок;

x – число особей в каждой выборке.

Вычислив показатель дисперсии, можно сделать вывод о характере распределения особей по таблице 4.

Таблица 4 – Характер распределения особей в популяции

Соотношение S^2 и m	Характер распределения
$S^2 = 0$	Равномерное
$S^2 = m$	Случайное
$S^2 > m$	Групповое

В случае равномерного распределения дисперсия равна нулю, поскольку число особей в каждой выборке постоянно и равно среднему значению. При диффузном распределении среднее m и дисперсия S^2 равны. При мозаичном (групповом) распределении дисперсия выше среднего числа особей и разница между ними тем больше, чем сильнее тенденция особей к образованию скоплений.

Для оценки демографических показателей популяций используются таблицы жизни (*life table*), введенные в экологию американским зоологом Перлом в 1921 г. Каждая таблица включает: *возраст членов популяции, значения по возрастной смертности, рождаемости и выживаемости* (таблица 5). Эти показатели позволяют вычислить ожидаемую продолжительность жизни каждой возрастной группы и ее репродуктивную ценность.

Таблица 5 – Демографические параметры в гипотетической популяции животных

Возраст, x	Выживаемость, I_x	Рождаемость, m_x	Продолжительность жизни, E_x
0 (новорожденные)	100%	0 %	3,0
1 (молодые)	80	40	2,5
2 (взрослые)	60	100	2,0
3 (зрелые)	40	60	1,5
4 (сеньеры)	20	0	1,0

Определение продолжительности жизни возрастных групп:

$$E_0 = (I_0 + I_1 + I_2 + I_3 + I_4) / I_0 = (100 + 80 + 60 + 40 + 20) / 100 = 300 / 100.$$

$$E_1 = (I_1 + I_2 + I_3 + I_4) / I_1 = (80 + 60 + 40 + 20) / 80 = 200 / 80 = 2,5.$$

$$E_2 = (I_2 + I_3 + I_4) / I_2 = (60 + 40 + 20) / 60 = 120 / 60 = 2,0.$$

$$E_3 = (I_3 + I_4) / I_3 = (40 + 20) / 40 = 60 / 40 = 1,5.$$

$$E_4 = I_4 / I_4 = 20 / 20 = 1,0.$$

Задание 3. Изобразите возрастную пирамиду популяции большой синицы на основе соотношения долей в ней особей разных возрастов. Известно, что весной, до гнездования, 60 % популяции составляют птицы прошлого года вылупления, участвующие в гнездовании впервые. На двухлетних особей приходится 20 % численности популяции, на трехлетних - 8 %, на четырехлетних - 5 %, на пятилетних - 4 %. Доля особей в возрасте от 6 до 10 лет в популяции больших синиц составляет 3 %. Как изменится возрастная пирамида популяции большой синицы после вылета молодого пополнения из гнезд? Примите условно, что численность популяции до гнездования составляла 10 000 особей; кладка в среднем состоит из 8 яиц; соотношение полов в популяции составляет 1:1, все особи (как молодые, так и взрослые) на этом этапе выживают.

Задания для самостоятельной работы (СР).

Задание 1 (СР). У зябликов в период весеннего прилета до вылупления 50 % популяции составляют годовалые птицы, впервые начинающие размножение. На двухлетних приходится 22 %, трехлетних — 12 %, четырехлетних — 6 %, пятилетних — 4 %. На каждую тысячу птиц насчитывается только 8 особей старше 7 лет. Максимальная продолжительность жизни зяблика — 11 лет. Начертите возрастную пирамиду, используя приведенные данные. Как изменится возрастная пирамида популяции после выведения птенцов, если учесть, что чаще всего в кладке у зябликов 5 яиц, а смертность птенцов до вылета по разным причинам около 40 %?

Задание 2 (СР). Постройте график изменения плотности популяций зайца беляка на севере Европейской части России за 30 летний период (с 1960 — по 1990 гг.). Плотность популяций зайца, начиная с 1960 го, составила: 2 экз./1 га; 2 экз., 1 экз., 1 экз., 3 экз., 4 экз., 5 экз., 15 экз., 30 экз., 80 экз., 100 экз., 60 экз., 55 экз., 15 экз., 5 экз., 0 экз., 1 экз., 1 экз., 1 экз., 2 экз., 8 экз., 90 экз., 130 экз., 100 экз., 30 экз., 5 экз., 1 экз., 2 экз., 2 экз., 3 экз. К какому типу можно отнести данную динамику? Ответ обоснуйте.

Задание 3 (СР). На основании имеющихся данных определите, как будет меняться плотность популяции дикого голубя в течении ближайших пять лет. При проведении расчетов заполните таблицу 6 и сделайте выводы об изменении численности популяции дикого голубя. Дано: Оценка численности популяции дикого голубя, обитающего в дендрологическом парке, в 2013 году показала, что она составляет 400 особей. Соотношение полов в популяции приблизительно равное (1:1). За период размножения (у дикого голубя — один раз в году) из одной кладки яиц в среднем выживает 1,5 птенца. Смертность голубя в течении жизни примерно постоянна. За год

погибает в среднем 30 % особей. Ежегодно популяция пополняется 20 новыми птицами из других районов города, а 30 птиц улетает.

Таблица 6 – Изменения численности популяции дикого голубя

Показатели популяции голубя	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год
Число особей в начальный момент (N_t)					
Число особей, родившихся за время t (B)					
Число особей, погибших за время t (D)					
Число особей, прилетевших за время t (C)					
Число особей, улетевших за время t (E)					
Число особей к концу года (N_0)					

Лабораторная работа № 8.

Динамика и регуляция численности популяции

Цель: проанализировать основные динамические характеристики популяции и приобрести навыки решения задач на определение основных динамических характеристик популяции.

Контрольные вопросы:

1. Раскройте понятие динамики численности популяций и назовите ее составляющие.
2. Дайте определение понятиям «биотический потенциал» и «сопротивление среды». Приведите примеры.
3. Какие математические модели роста численности популяции существуют? В чем их принципиальное отличие? Ответ поясните графически.
4. Назовите и охарактеризуйте основные типы популяционной динамики. Приведите примеры.
5. Что такое популяционный взрыв? Какие факторы могут ему способствовать? Приведите примеры.
6. Назовите и поясните три важнейших принципа изменения численности популяций. Приведите примеры.

Методы оценки размеров популяции. При проведении любых количественных экологических исследований важно с большой степенью точности дать оценку численности организмов, населяющих определенную площадь на суше или объем воды или воздуха. Как правило, это равнозначно оценке величины популяции. Выбор метода зависит от размеров и образа жизни организма и площади исследуемой территории. На небольшом участке можно непосредственно подсчитать число или оценить проективное покрытие или обилие растений и прикрепленных или медленно

передвигающихся животных. На больших же открытых пространствах для оценки численности быстро передвигающихся животных необходимы косвенные методы учета. В местообитаниях, в которых наблюдение за организмами затруднено вследствие особенностей их поведения и образа жизни, приходится оценивать численность организмов, используя либо метод **изъятия**, либо метод **мечения и повторного отлова**. Существуют объективные и субъективные методы оценки численности популяции.

Квадраты, прямое наблюдение и фотографирование относятся к **методам прямого учета**, тогда как метод изъятия и повторного отлова организмов составляют косвенные методы учета. **Метод мечения и повторного отлова**. Размер популяции оценивают, используя следующее словесное уравнение:

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

Эта оценка размера популяции называется **индексом Линкольна**. Индекс выводится исходя из ряда приведенных ниже допущений.

1. Внутри популяции организмы размещены случайным образом. (Это не всегда так, поскольку некоторые организмы живут колониями, стадами или стаями.)
2. Между первым и вторым отловом должно пройти достаточное количество времени, чтобы животные успели распределиться случайным образом. Чем менее подвижны особи вида, тем больше времени должно пройти между отловами.
3. Индекс применим только к популяциям, перемещение которых ограничено по географическим причинам.
4. Организмы равномерно размещены в пределах географического ареала популяции.
5. Изменения размеров популяции, вызываемые иммиграцией, переселением, рождением и смертью особей, незначительны.
6. Метки не должны мешать передвижению животных и делать их заметными для хищников.

Задание 1. Чтобы оценить численность форели озерной в небольшом озере, был проведен контрольный отлов, при котором в невод попали 750 особей. Все они были помечены и выпущены обратно. Через три недели повторным отловом поймано 993 половозрелые форели, из которых 130 имели метки. Определите общую численность популяции форели озерной в данном водоеме.

Задание 2. На площади 80 га были отловлены 56 зайцев-русаков, помечены и отпущены. На следующий день на этом участке поймали 48 зайцев.

Сколько, скорее всего, среди них будет помеченных, если плотность популяции зайца-русака составляет 1,4 особи/га.

Задание 3. Плотность популяции ужей составляет 0,3 особи/м². На территории 90 м² отловили, поместили и отпустили 9 ужей. Сколько ужей надо отловить в следующий раз, чтобы среди них оказались 2 помеченных?

Задание 4. Охотоведы установили, что весной на площади 200 км² таежного леса обитало 8 соболей, среди которых четыре самки (взрослые особи не образуют постоянных пар). Ежегодно одна самка приносит в среднем троих детенышей. Средняя смертность соболей (взрослых и детенышей) на конец года составляет 10 %. Определите численность особей в конце года; плотность весной и в конце года; показатель смертности за год; показатель рождаемости весной.

Задание 5. Постройте график роста численности домовый мыши в течение восьми месяцев в одном амбаре. Исходная численность — две особи (самка и самец). Известно, что в благоприятных условиях пара мышей приносит в среднем шесть мышат каждые два месяца. Половозрелости мышата достигают в течение двух месяцев. Соотношение самцов и самок в потомстве 1:1.

Задание 6. Физиологическая плодовитость леща составляет 10 000 икринок. Выход половозрелых рыб зависит от успешности оплодотворения икры и состояния условий среды обитания в ходе развития личинок и мальков. Рассчитайте выход половозрелых лещей из икры пяти нерестящихся лещей, если: а) вероятность оплодотворения икринок в естественных условиях составляет 50 %; б) личинки выходят в среднем лишь из 20 % оплодотворенных икринок; в) выход малька из личинки в среднем составляет около 10 % от количества личинок; г) до половозрелой стадии доживает около 2 % от числа мальков. Какова суммарная смертность (%) леща на всех этих стадиях жизненного цикла?

Задание 7. Ястребы-перепелятники начинают размножаться в годовалом возрасте. Плодовитость самки обычно составляет 4 - 6 яиц, однако взрослые особи не всегда могут прокормить всех вылупившихся птенцов, поэтому часть из них погибает еще в гнездовой период жизни. В среднем из гнезда вылетает 3 птенца. Основной вклад в величину смертности ястребов приходится на внегнездовую часть года (сезонные миграции). Гибель вылетевших из гнезда молодых ястребов к весне следующего года составляет 50 %, а к концу второго года жизни погибает 40 % от численности годовиков. По показателям смертности самцы и самки принципиально не отличаются друг от друга. Рассчитайте, как изменится численность популяции ястребов-перепелятников к осени второго года наблюдений, если к началу гнездового периода первого года наблюдений она составляла 1000 половозрелых особей, появившихся на свет в прошлом году, причем на двух самок в ней приходится 3 самца. Величинами иммиграции и эмиграции можно пренебречь, поскольку они взаимно уравновешивают друг друга.

Задание 8. К началу осени популяция зайцев-беляков насчитывала 3000 особей. В ходе зимовки погибло 40 % особей (из их числа 3/4 - от охотничье-

го промысла и 1/4 - от пресса хищников, инфекций и погодных условий). К началу весеннего гона 47 % от общего количества выживших зайцев составляли способные к размножению самцы, 45 % - самки, 8 % были неспособны к размножению (старые и больные особи). Половозрелая самка беляка за весну - лето приносит два помета, в каждом из которых может быть от 2 до 8 зайчат (в среднем для данной популяции - 4 детеныша), однако второй помет имеют не все половозрелые самки, а лишь 90 % из них. Смертность молодняка от хищников, инфекций и непогоды в первом помете составляет 45 %, а во втором - 50 %. К осени 2,5 % от количества всех родившихся в этом году зайчат эмигрировали, а 257 молодых особей вселились в данную популяцию из соседней. Кроме того, к сентябрю погибли от разных причин 87,5 % неразмножавшихся особей (старые и больные), 146 размножавшихся самцов и 128 самок. 15 сентября - открытие осенне-зимней охоты на зайца. Какое количество лицензий на отстрел может быть выдано охотникам с тем, чтобы численность зайцев при прочих равных условиях подошла к весеннему размножению на том же уровне, что и в прошлом году?

Задание 9. Нерка – обитающая в реках Канады рыба семейства лососевых. Осенью каждая самка откладывает в гнездо, сооружаемое на галечных перекатах, в среднем 3200 икринок. Следующей весной, спустя полгода, 640 мальков, вылупившихся из отложенной икры, выходят в озеро вблизи оттели. Уцелевшие 64 серебрянки (мальки постарше) живут в озере один год, а затем спускаются вниз по реке в море. Две взрослые рыбы (уцелевшие из состава серебрянок) возвращаются к местам нереста спустя 2,5 года. Отнерестившиеся рыбы умирают. Определите процент умерших особей нерки для каждой из возрастных стадий. Какова общая величина дорепродуктивной смертности среди этих лососевых рыб? Нарисуйте кривую выживания (кривая зависимости процента выживших особей от возраста, если количество отложенной икры принять за 100 %). Во сколько раз изменилась численность данной популяции к осени нового года?

МОДУЛЬ 3. СООБЩЕСТВО. БИОЦЕНОЗ. ЭКОСИСТЕМА

Лабораторная работа № 9.

Характеристика видовой структуры биоценоза

Цель: освоить методы определения видовой структуры биоценоза.

Контрольные вопросы:

1. *Дайте понятие видовому разнообразию, видовому богатству, таксономической структуре и видовой насыщенности биоценоза.*
2. *Факторы, влияющие на видовой состав биоценоза. Правило А. Тинемана.*
3. *Перечислите основные виды биологического разнообразия и назовите их отличительные характеристики.*

4. *Графические методы оценки биоразнообразия: ранг/обилие, кривая доминирования-разнообразия, модель «разломанного стержня».*
5. *Какие виды в биоценозе имеют статус доминантов, субдоминантов, ассектаторов и антропофитов.*
6. *Какую роль в биоценозах выполняют виды-эдификаторы? Приведите примеры эдификаторов в наземных и морских биоценозах.*
7. *В чем заключается концепция экотона и краевого эффекта?*
8. *Трехуровневая классификация экотонов.*

Рекомендации по планированию исследований и анализу данных при изучении разнообразия видов:

1.Формирование выборок. Анализируемые выборки должны быть репрезентативны, достаточно велики и одинаковы по объему, сформированы с соблюдением правил случайного отбора.

2.Графический анализ данных. Необходимо построение графиков рангового распределения обилий, которые позволят получить первое представление о модели распределения.

3. Проверка соответствия эмпирических данных теоретической модели. В тех исследованиях, где оценка разнообразия является главной задачей, часто бывает полезно формально оценить соответствие эмпирических распределений основным моделям видового обилия. Результаты подтвердить с помощью критериев согласия, используя графики рангового распределения обилия и сравнивая их с ожидаемым распределением. Этот прием представляет наибольший интерес, когда исследуемые сообщества подвергаются действию средового стресса.

4. Расчет индексов разнообразия. Видовое богатство и доминирование рассчитываются по индексам Маргалефа и Бергера-Паркера. Легкость вычисления и интерпретации - их большое преимущество. Затем определяется параметр логарифмического распределения. Это стандартная статистическая мера разнообразия. Вместо него можно использовать индекс Q. Для сравнения с результатами исследований других авторов бывает полезным определение индекса Шеннона.

К важнейшим характеристикам биоценозов относятся: видовой состав, разнообразие видовой структуры, обилие вида, частота встречаемости, постоянство и степень доминирования вида.

Видовой состав биоценоза определяется общим количеством видов и их популяций в данном сообществе. Этот показатель можно охарактеризовать с помощью индексов разнообразия, которые отражают взаимосвязь между количеством видов в сообществе и их соотношением по числу особей. Наиболее известен **индекс разнообразия Шеннона**, который вычисляется по формуле:

$$H = - \sum p \log_2 p, \quad (1)$$

где p – доля каждого вида в сообществе;

$\log_2 p$ – логарифм по основанию 2 от доли каждого вида (p).

Другим распространенным показателем является индекс разнообразия Макинтоша:

$$H = \frac{N - D}{N - \sqrt{N}},$$

где H – индекс разнообразия;

N – общее число особей всех видов в сообществе;

D – мера разнообразия видов.

Мера разнообразия вычисляется по формуле:

$$D = \sqrt{n_1^2 + n_2^2 + n_3^2 + \dots + n_x^2},$$

где n – число особей отдельных видов.

Индекс разнообразия Макинтоша изменяется от 0 (только один вид) до 1 (максимальное разнообразие и равномерное распределение видов по численности).

Обилие вида (плотность вида - P) показывает число особей данного вида на единицу площади или объема в сообществе. Эта характеристика отражает интенсивность заселения организмами одного вида (популяции) жизненного пространства. Обилие можно выразить в традиционных единицах (экз./кв.м.; экз./га; экз./куб.м. и др.) или с помощью условной шкалы:

0 баллов - отсутствие вида;

1 балл - вид представлен единичными особями;

2 балла - встречается редко и рассеянно;

3 балла - встречается умеренно;

4 балла — особи данного вида заселяют территорию плотно;

5 баллов — особи заселяют территорию предельно плотно.

Частота встречаемости (C) - показывает равномерность или неравномерность распределения видов в биоценозах. Определяется по формуле:

$$C = \frac{N_1}{N_2} \times 100\%,$$

где N_1 - число проб, где встречается вид; N_2 - общее число проб.

Постоянство вида (G) - показатель, связанный с частотой встречаемости. Если G больше 50% - вид имеет статус постоянного; $G = 25-50\%$ - статус добавочного; $G < 25\%$ - статус случайного; $G = 1-2\%$ - вид считается уникальным для данного сообщества.

Степень доминирования (D) - показатель, отражающий отношение числа особей данного вида к числу особей всех видов в биоценозе.

$$D = \frac{n}{N} \times 100\%,$$

Вид называют *абсолютным доминантом*, если $D > 90\%$. Если это значение в совокупности набирают несколько видов сообщества (не более трех), то все они обозначаются доминантными, при этом друг по отношению к другу они выступают как *субдоминанты*.

Задание 1. На 8 стандартных геоботанических площадках размером 20х20 м проводили качественный и количественный учет флоры. Результаты занесены в таблицу 1. Определить: 1. общую численность растений отдельных видов на всех площадках; 2. индекс разнообразия фитоценоза (по методу Шеннона и Макинтоша); 3. обилие отдельных видов; 4. частоту встречаемости и постоянство видов; 5. степень доминирования видов.

Таблица 1 – Основные параметры фитоценоза

Вид	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₅	П ₆	П ₇	П ₈	Общее количество
Щетинник зеленый	2	1	10	8	13	14	20	4	
Овсяница луговая	0	1	3	5	0	2	5	21	
Ковыль Лессинга	35	47	12	12	18	9	6	15	
Ковыль Залесского	12	0	0	28	0	14	20	5	
Крапива двудомная	2	1	0	4	0	1	3	0	
Типчак степной	3	8	2	4	5	6	8	6	
Рябчик русский	2	0	0	0	6	1	0	2	
Полынь австрийская	2	0	8	2	0	0	0	0	
Полынь горькая	1	1	2	4	0	1	1	0	
Валериана клубненосная	2	4	3	7	2	2	5	1	
Клевер луговой	1	0	0	0	0	0	0	0	
Тимьян обыкновенный	2	2	5	0	1	2	3	4	

Задание 2. На восьми учетных площадках (П₁ – П₈) размером 200×10 м проводили отлов мелких млекопитающих. Результаты занесены в таблицу 2. Определить: общую численность животных отдельных видов на всех площадках; индекс разнообразия зооценоза (по методу Шеннона и Макинтоша). Оцените основные характеристики природного зооценоза.

Таблица 2 – Основные параметры зооценоза

Вид	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₅	П ₆	П ₇	П ₈	Общее количество
Полевка обыкновенная	5	25	1	18	12	17	3	8	
Полевка рыжая	0	0	20	1	0	2	8	2	
Полевка темная	1	1	3	1	0	0	5	0	
Мышовка степная	25	37	1	17	13	24	11	20	
Мышь лесная	1	2	15	4	0	1	0	5	
Мышь малютка	2	1	3	4	2	1	1	0	
Хомячок Эверсмана	3	1	1	2	0	0	5	0	
Слепушонка обыкновенная	5	4	4	3	2	0	1	3	
Бурозубка обыкновенная	3	0	8	1	6	2	5	1	
Бурозубка малая	1	0	0	0	1	1	2	0	
Ласка	1	0	0	0	0	0	0	0	
Пеструшка степная	12	4	4	0	8	1	13	2	

Задание для самостоятельной работы (СР). Оценить сходство двух биоценозов (Таблица 3) с использованием индексов общности, приведенных в таблице 4.

Таблица 3 - Видовой состав исследуемых биоценозов на примере двух выборок бентоса в лотической экосистеме.

Биоценоз №1	Биоценоз № 2
Naisbarbata	Anodonta stagnalis
Tubifex tubifex	Crassiana crassa
Erpobdella octoculata	Bithynia leachi
Glossiphonia complanata	Lymnaea alagotis
Helobdella stagnalis	Unio pictorum
Anodonta stagnalis	Valvata sp.
Agrion virgo	Acari sp.
Chaoborus cristallinus	Agrion virgo
Ablabesmia curticalcar	Agrion splendens
Anatophynia trifascipennis	Baetis rhodani
Oecetis furva	Anabolia soror
Nais behningi	Echnomus tellus
Anabolia soror	Hydropsychea gustipennis
	Chaoborus cristallinus
	Oecetis furva
	Crassiana nana
	Crassiana musiva

Таблица 4 - Определение индексов общности

A (число общих видов для двух списков)	B (число видов, имеющих только во втором списке)	a+b (общее число видов во втором списке)
C (число видов, имеющих только в первом списке)	D (число видов, отсутствующих в обоих списках, но имеющих в других, в которые входит всего S видов)	c+d (число отсутствующих видов во втором списке)
a+c (общее число видов в первом списке)	v+d (число отсутствующих видов в первом списке)	a+b+c+d (всего видов)

Наибольшее значение в экологических работах имеют индексы, в формулы которых входит только число положительных совпадений (Таблица 5). Ограниченное использование индексов, учитывающих отрицательные совпадения, связано с их большой зависимостью от редких видов, которые могут не попадать в выборки.

Таблица 5 - Основные коэффициенты сходства (индексы общности), учитывающие положительные совпадения

Формула	Автор	Отношение
$I_J = \frac{a}{a+b+c}$	Жаккар, 1901	а к числу видов в объединенном списке
$I_b = \frac{a}{a+b}, b \geq c$	Браун-Бланке, 1932	а к числу видов в большем списке
$I_{szs} = \frac{a}{a+c}, b \geq c$	Шимкевич, 1926, Симпсон, 1943	а к числу видов в меньшем списке
$I_{Cs} = \frac{2a}{(a+b)+(a+c)}$	Чекановский, 1900, Серенсен, 1948	а к среднему арифметическому числу видов в двух списках
$I_{K1} = \frac{a}{2} \left(\frac{1}{a+b} + \frac{1}{a+c} \right)$	Кульчинский, 1927	а к среднему гармоническому числу видов в двух списках
$I_{OB} = \frac{a}{\sqrt{(a+b)(a+c)}}$	Охайя, 1957 Баркман, 1958	а к среднему геометрическому числу видов в двух списках
$I_{ss} = \frac{a}{2(a+b+c)-a}$	Сокал, Снит, 1963	а к сумме числа видов в объединенном списке и числа необщих видов
$I_{K2} = \frac{a}{b+c}$	Кульчинский, 1927	а к числу необщих видов

Лабораторная работа № 10.

Цепи питания. Составление сетей питания в различных экосистемах

Цель: отработать навыки составления и анализа цепей и сетей питания в различных типах экосистем.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятиям: пищевая цепь, трофический уровень, пищевая сеть, продуценты, консументы, деструкторы, редуцент.
2. Охарактеризуйте типы пищевых цепей. Приведите примеры.
3. Дайте характеристику пищевых цепей глубоководных гидротермальных горячих источников.

Задание 1. Определите функциональную роль в экосистеме следующих организмов и заполните таблицу 1: 1) серая крыса; 2) божья коровка; 3) стрекоза; 4) плесневые грибы; 5) кот; 6) паук-крестовик; 7) зеленый кузнечик; 8) кролик; 9) злаки; 10) лягушка; 11) клещ; 12) колорадский жук; 13) пиявки; 14) водоросли; 15) бактерии.

Таблица 1 – Функциональная роль организмов в экосистеме

Трофический уровень	Примеры организмов

Приведите пример пищевой цепи из четырех-пяти трофических уровней, выбрав необходимые организмы из предложенных в задании.

Задание 2. Проанализируйте предложенные цепи питания и укажите в них ошибки:

- 1) белка → лиса → куница → клещ;
- 2) злаки → мышь → ёж → лиса → блоха;
- 3) лиственный опад → червь → ёж → волк;
- 4) мертвая органика → навозник → воробей → ястреб.

Задание 3. Муравьи защищают лес от вредителей. За день население небольшой колонии муравьев может уничтожить до 100000 насекомых. Составьте сеть питания, используя перечень видов, связанных с муравьями пищевыми отношениями: гусеницы бабочек, личинки пилильщиков, личинки растительноядных жуков, глухарь, тетерев, синица, тля, дятел, лесные травы (семена осоки, подмаренника, звездчатки, иван-да-марьи).

Задание 4. Составьте сеть питания в пресноводном стоячем водоеме, в котором обитают следующие организмы: хлорелла, хламидомонада, элодея, рдест, роголистник, перистолистник, циклоп, прудовик, катушка, карась (мальки и взрослые рыбы), личинки стрекозы, жук-плавунец, паразитические черви, бактерии гниения.

Задание 5. Составьте трофическую сеть тундры по рисунку 1 и разместите ее участников по трофическим уровням.



Рисунок 1 - Животные, обитающие в тундре:

- 1 - гусь; 2 - волк; 3 - северный олень; 4 - белая куропатка; 5 - зайцы-беляки;
- 6 - песец; 7 - лемминги; 8 - полярная сова; 9 - мелкие воробьиные;
- 10 - различные двукрылые насекомые; 11 - мохноногий канюк

Задание 6. На схеме изображена пищевая сеть (не содержит паразитов и редуцентов), которая отражает трофические связи между различными видами (А - О). Установите, каким трофическим уровням соответствуют виды, обозначенные буквами.

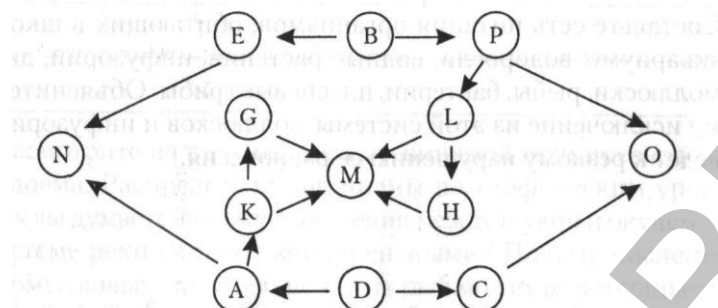


Рисунок 2 – Пищевая сеть

Задание 7. Рассмотрите на рисунке 3 схему пищевой сети пресноводного водоема. Распределите организмы по трофическим уровням. Как вы думаете, почему отношения между щукой и окунем в экосистеме реки считают конкурентными? Почему численность промысловых растительноядных рыб может резко сократиться при уничтожении в водоеме хищных рыб?

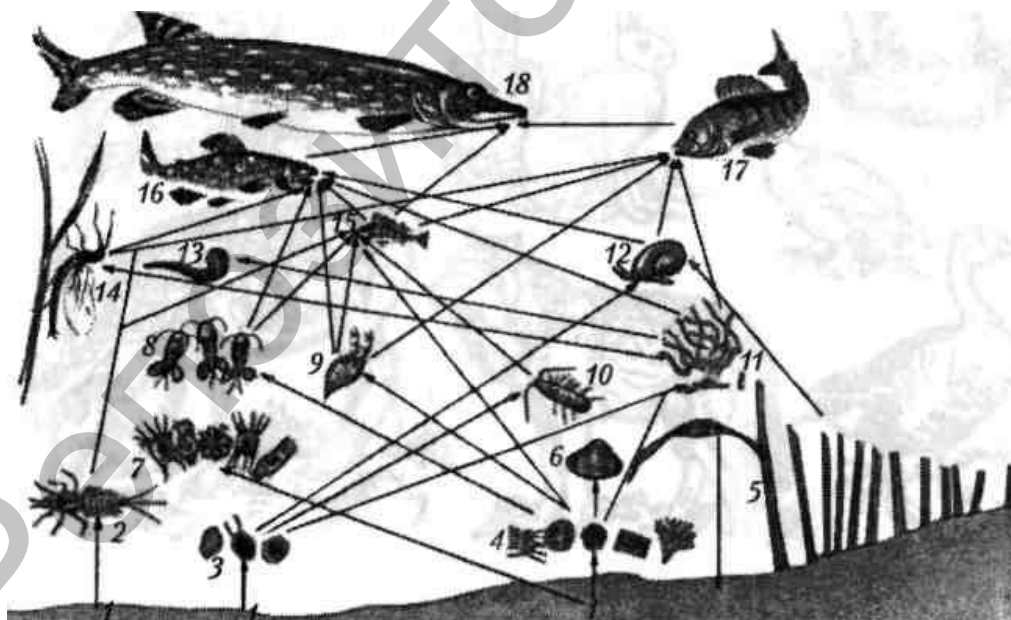


Рисунок 3 - Население озера:

- 1 - детрит; 2 - личинки поденки; 3 - прибрежные водоросли; 4 - фитопланктон; 5 - прибрежные растения; 6 - моллюски; 7 - коловратки; 8 - циклопы; 9 - дафнии; 10 - водяной ослик; 11 - мотыль; 12 - пресноводные улитки; 13 - конская пиявка; 14 - поденка; 15 - мальки окуня; 16 - форель; 17- окунь; 18 - щука

Задание 8. Рассмотрите схему пищевой сети в смешанном лесу (Рисунок 4). Распределите организмы по трофическим уровням (расширьте перечень конкретных видов живых организмов для тех звеньев, где написано «например»). Представьте, что в лесу с помощью ядохимикатов уничтожили всех растительноядных насекомых. Укажите не менее трех изменений в жизни леса, которые последуют за уничтожением насекомых. Попробуйте объяснить, почему произойдут эти изменения.



Рисунок 4 – Пищевая сеть в смешанном лесу

Задание 9. Дана пищевая цепь: дуб → шелкопряд → поползень → ястреб. На первом трофическом уровне энергетический запас в виде чистой первичной продукции составляет $5 \cdot 10^4$ кДж энергии. На втором и третьем трофическом уровне на прирост биомассы организмы используют по 10 % своего пищевого рациона. Рассчитайте, сколько энергии (кДж) используют на прирост биомассы консументы третьего порядка, если на дыхание они расходуют 60 % и с экскрементами выделяют 35 % энергии рациона.

Задание 10. В пресноводном водоеме в цепи питания отсутствуют два элемента (обозначены цифрами I и II): хлорелла → I → дафния → II.

Восстановите возможную цепь питания, используя организмы:

а - кальмар

б - молодь карася

в - инфузория

г - головастик лягушки

д - молодь карпа

е - скат

1) I — в или г; II — а или е

2) I — б или д; II — е

3) I — в; II — б, г или д

4) I — г; II — б или д

Задание 11. Дана пищевая цепь: дуб → шелкопряд → поползень → ястреб. На первом трофическом уровне энергетический запас в виде чистой первичной продукции составляет $5 \cdot 10^4$ кДж энергии. На втором и третьем трофическом уровне на прирост биомассы организмы используют по 10 % своего пищевого рациона. Рассчитайте, сколько энергии (кДж) используют на прирост биомассы консументы третьего порядка, если на дыхание они расходуют 60 % и с экскрементами выделяют 35 % энергии рациона.

Задание 12. В свежевырытый пруд было запущено 8 кг малька белого амура и 2 кг малька окуня. Какое минимальное количество комбикорма (кг), который потреблял только малёк белого амура, использовал хозяин пруда, если в конце сезона он выловил 68 кг белого амура и 8 кг окуня? В 100 г комбикорма запасено 300 ккал энергии, а в 100 г биомассы консументов — 100 ккал. Переход энергии с одного трофического уровня на другой протекает в соответствии с правилом 10%.

Лабораторная работа № 11.

Экологические пирамиды. Правило Р. Линдемана

Цель: приобрести навыки решения задач на передачу энергии в пищевой цепи, навыки построения экологических пирамид.

Контрольные вопросы:

1. Какие типы экологическим пирамид бывают? Каковы правила их построения? Охарактеризуйте каждый тип пирамид.
2. В чем заключается практическое значение изучения экологических пирамид?
3. Сформулируйте правило Р. Линдемана.

Задание 1. Постройте пирамиду биомассы следующей трофической цепи: Злак → саранча → богомол → землеройка → лиса → микроорганизмы. Биомасса злаков – 40 тонн.

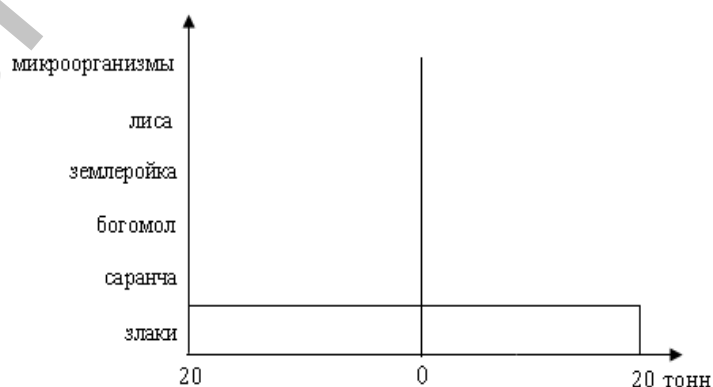


Рисунок 1 - Пирамида биомассы

Задание 2. Зная массу каждого организма из пищевой цепи, рассчитайте количество особей каждого вида организмов. Полученные значения впишите в таблицу 1 и на основании этих данных постройте пирамиду чисел (Рисунок 2).

Таблица 1 - Расчет количества особей по биомассе

Представители трофических уровней	Вес 1 особи, г	Рассчитанная биомасса (кг)	Количество особей
Злаки (1 побег)	10		
Саранча	1		
Богомолы	10		
Землеройки	25		
Лисы	4		

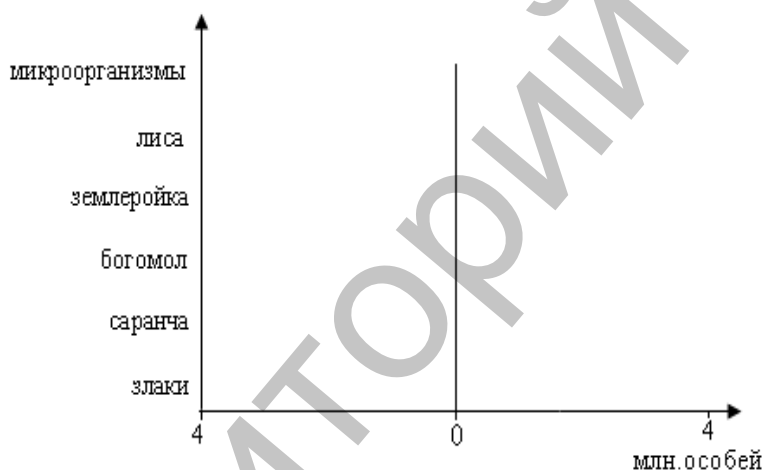
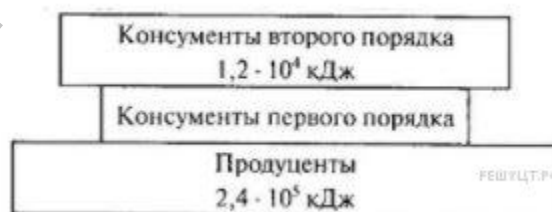


Рисунок 2 – Пирамида чисел

Задание 3. Экологическая пирамида охотничьего угодья имеет следующий вид:



Используя данные пирамиды, определите, разрешение на отстрел скольких волков (консументов второго порядка) можно выдать для восстановления экологического равновесия, если известно, что в теле одного волка сохраняется 400 кДж полученной энергии. Процесс трансформации энергии с одного трофического уровня на другой протекает в соответствии с правилом Р. Линдемана.

Задание 4. Рассмотрите пищевую цепь: злаки → кузнечики → лягушки → змеи → орлы. Определите биомассу злаков (т), необходимую для того, чтобы суммарный прирост биомассы птиц за год составил 20 кг, если известно, что в 1 кг растений аккумулируется 100 кДж энергии, а 1 кг биомассы птиц соответствует 20 кДж.

Задание 5. Одна мышь биомассой 5 г рождает двух детенышей массой 1 г и 0,5 г. За 3-4 недели выкармливания детенышей молоком их масса становится 5 г и 4 г соответственно. На основании правила экологической пирамиды определите, какая биомасса зерна необходима самке, чтобы выкормить свое потомство.

Задание 6. Для борьбы с колорадским жуком картофельные поля обрабатывают ядохимикатами. Длительные наблюдения позволили установить, что 10 особей жука становятся причиной потери урожая картофеля на 200 г. На исследуемой территории площадью 1 га обитает приблизительно 500 000 вредителей. После обработки определенного участка картофельного поля было установлено, что урожай превысил ожидаемый (с учетом потерь) на 3500 кг. Необходимо определить, какое количество особей колорадского жука было уничтожено и какова площадь обработанного ядохимикатом участка.

Задание 7. На определенной территории живут зайцы, биомасса каждого из них отличается на 0,2 кг. Биомасса самого маленького зайца - 1,6 кг, а самого большого - 5 кг. Масса одной лисы в 20 раз меньше массы всех зайцев. Найдите среднюю массу одной лисы. Вычислите, сколько лис могут существовать на данной территории, если они питаются только зайцами.

Задание 8. Водоем, в котором разводили товарную рыбу, был загрязнен сточными водами, содержащими 10 кг фтора. Можно ли употреблять эту рыбу в пищу, если на каждой ступени пищевой цепи происходит накопление токсичных веществ в 10-кратном размере? Площадь водоема 100 м², глубина 10 м, ПДК фтора в рыбе 10 мг/кг, плотность воды 1000 кг/м³.

Задание 9. Содержание ДЦТ в воде, окружающей водоросли, равна 0,02 на миллион частей воды. На каком трофическом уровне концентрация ДЦТ будет уже опасной: водоросли → плотва → окунь → щука → человек?

Задание 10. Установлено, что в 1 кг массы синиц (консументы 2 порядка) содержится 4000 кКал энергии, а КПД фотосинтеза в лесу составляет 1 %. Какое максимальное количество этих птиц со средней массой 20 г сможет прокормиться в сообществе, на поверхность которого поступает $2 \cdot 10^7$ ккал солнечной энергии? (Процесс трансформации энергии с одного трофического уровня на другой протекает в соответствии с правилом Линдемана).

Задания для самостоятельной работы (СР):

Задание 1(СР). Человек массой 70 кг в течение суток питается исключительно крольчатинной и потребляет с ней 80 кКал энергии на 1 кг массы своего тела. Пищей для кроликов служит только морковь. Содержание су-

хого вещества в моркови составляет 20 %, сухое вещество на 70 % состоит из углеводов. При окислении 1 г углеводов в клетке освобождается 4 кКал энергии. Используя правило Линдемана, рассчитайте, сколько (кг) сырой моркови надо скормить кроликам, чтобы получить необходимое количество крольчатины для питания человека в течение суток.

Задание 2(СР). В цепи питания переход энергии с первого трофического уровня на второй составляет 15 %, а со второго на третий — 10 %. Рассчитайте прирост биомассы (кг) на третьем трофическом уровне, если на первом трофическом уровне накоплено $3 \cdot 10^4$ кДж энергии. В 1 кг биомассы на третьем трофическом уровне запасается 45 кДж энергии.

Задание 3(СР). Масса всех продуцентов в горах составила 500 т. Один килограмм фитомассы содержит 800 кКал энергии. Определите, какое максимальное количество хищников 1 порядка может прокормиться в данной экосистеме, если их средняя масса 4 кг, а в 100 г их тела содержится 500 кКал энергии.

Задание 4(СР). На небольшом острове существует тесная связь между различными организмами пяти трофических уровней. Единственным источником энергии является солнечный свет при КПД фотосинтеза 1,5%. Определите суммарную годовую энергию Солнца, поступающую в данную экосистему. Известно, что на хищниках 2 порядка данного сообщества может прокормиться 45 паразитов с массой каждого по 0,2 г, а на 1 кг их массы приходится $5 \cdot 10^4$ кДж энергии.

Задание 5(СР). В результате аварийного сброса сточных вод, в которых содержалось 60 г сурьмы, было загрязнено пастбище площадью 1000 м^2 . Можно ли пить молоко коров, которые паслись на этом пастбище, если на каждом звене пищевой цепи происходит накопление токсичных веществ в 10-кратном размере? ПДК сурьмы в молоке 0,05 мг/кг; глубина проникновения сурьмы в почву 20 см, плотность почвы 1000 кг/м^3 .

Задание 6 (СР). При сгорании 1 л этилированного бензина в атмосферу выбрасывается 1 г свинца. Какой объем воздуха будет загрязнен, если автомобиль проехал 200 км? Расход бензина составляет 0,1 л на 1 км, ПДК свинца $0,0007 \text{ мг/м}^3$.

Лабораторная работа № 12.

Балансовое равенство и продуктивность экосистем

Цель: приобрести навыки при решении задач на балансовое равенство и продуктивность экосистем.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятиям: биологическая продуктивность, биологическая продукция (первичная, вторичная), валовая первичная продукция, чистая первичная продукция.
2. Охарактеризуйте методы определения первичной продукции.
3. Охарактеризуйте методы определения вторичной продукции.

4. В чем заключаются отличительные особенности в соотношении образования и накопления продукции в наземных и водных экосистемах?

Задание 1. Рыси являются консументами 3-го порядка, в цепи питания потребили 6000 кДж энергии. Доля неусвоенной энергии составила 20 %, а на дыхание было потрачено 40 %. Определите, какая часть потребляемой пищи (%) идет на прирост рысей.

Задание 2. Волки потребили 8000 кДж энергии пищи. Доля неусвоенной энергии составила 15 %, на дыхание было затрачено 45 %. Определите, какая часть энергии усвоенной пищи (%) идет на прирост.

Задание 3. Травоядное животное потребляет 8 кг корма с содержанием сухого вещества 40 %. Сколько корма не усваивается, если прирост массы животного составил 100 г, а на дыхание было израсходовано 90 % усвоенной пищи?

Задание 5. Одна устрица фильтрует до 10 л/ч воды, содержание водорослей в которой составляет 0,5 г/л. Какое количество энергии (кДж) этих водорослей будет усвоено банкой из 1000 устриц, если в 1 г биомассы водорослей содержится 2,5 кДж энергии корма. На процессы жизнедеятельности устрицы тратят до 60 % энергии корма.

Задание 6. Экспериментально установлено, что в полупустыне Прикаспия сусликами потреблено 240 кг/га сухой массы растений. 4,2 кг/га было затрачено сусликами на прирост биомассы; 24 кг/га составили экскременты. Рассчитайте количество пищи (%), которая пошла на рост, и ту часть усвоенной пищи, которая расходовалась на метаболизм. На что расходуется большая часть энергии?

Задание 7. У благородного оленя 52 % питательных веществ еды используются на дыхание, а 30 % выделяются экскрементами в непереваренном виде. Рассчитайте количество (кг) зеленой массы, которую в среднем должен каждый день съедать теленок, чтобы его масса за летний период повысилась на 15 кг. Принимайте во внимание, что содержание сухого вещества в зеленой массе растения не превышает 10 %.

Задание 8. В таблице приведены данные по потреблению и расходованию энергии двумя видами сусликов. Определите, какой из видов более эффективно использует энергию пищи на рост и накопление жировых запасов.

Таблица 1 – Данные по потреблению и расходованию энергии двумя видами сусликов

Вид	Продукция, тыс. кал/га		
	Корм		Вторичная продукция
	потребленный	усвоенный	
Малый суслик	535	427	40
Степной суслик	278	206	54

Задание 9. Особи одного из видов кивсяков (двупарноногих многоножек) в период роста тратят в среднем 7,5 % усвоенной организмом пищи (при ус-

вояемости 30 %). В умеренном поясе кивсяки активны около 5 месяцев в году. Живут кивсяки в среднем 12 лет. За жизнь одна особь кивсяка съедает 300 г опада (при влажности 70 %). Рассчитайте, через какое время после выхода из яиц кивсяки достигают взрослого состояния, когда масса их составляет около 0,5 г, а масса личинки, которая начинает потреблять пищу, — 15 мг.

Задание 10. На основе решенных задач сделайте вывод, в чем состоит практическое значение знаний о балансовом равенстве в организме; какие животные — гомойотермные или пойкилотермные — усваивают потребленную пищу более эффективно.

Задание 11. Щуки питаются мелкими растительноядными рыбами. Определите биомассу всех щук в водоеме в килограммах, если поступившая в экосистему солнечная энергия составила $5 \cdot 10^8$ ккал, КПД фотосинтеза 2 %, а в 100 г щуки запасается 500 ккал энергии.

Задание 12. Определите массу вторичной продукции (консументы 1-го порядка) небольшой лесной экосистемы площадью 10 км^2 , если известно, что в эту экосистему в мае — сентябре на 1 см^2 поступает в среднем 20 ккал солнечной энергии за месяц. На фотосинтез используется не более 1 % поступившей энергии, а на создание 1 г органического вещества растения расходуются примерно 500 ккал. Консументы без ущерба для растений могут употреблять не более 10 % чистой первичной продукции.

Задание 13. Полевки за лето съели в поле 50 кг зерна. Рассчитайте оставшийся урожай зерна (кг), если известно, что прирост биомассы к концу лета составил 0,04 % от урожая. Переход энергии с одного трофического уровня на другой в данной цепи питания составляет 20 %.

Задание 14. Установлено, что в 1 кг массы синиц (консументы 2-го порядка) содержится 4000 кДж энергии. КПД фотосинтеза лесной экосистемы составляет 1 %. Какое максимальное количество птиц средней массой 25 г может прокормиться в сообществе, на поверхность которого поступает $2 \cdot 10^7$ кДж солнечной энергии, если первичным потребителям, которыми питаются синицы, доступно не более 5 % энергии, запасенной продуцентами? Переход энергии с одного трофического уровня на другой протекает в соответствии с правилом Линдемана.

Задание 15. Установлено, что в 1 кг массы тела дятлов (консументы 2-го порядка) содержится 3000 кДж энергии, КПД фотосинтеза лесной экосистемы составляет 1 %. Какое количество этих птиц со средней массой тела 100 г сможет прокормиться в лесу, на поверхность которого падает $12 \cdot 10^9$ кДж солнечной энергии, а первичным потребителям, которыми питаются дятлы, доступно до 1 % чистой первичной продукции, запасенной растениями?

Задания для самостоятельной работы (СР).

Задание 1 (СР). Продуценты одного охотничьего хозяйства запасают $1,8 \cdot 10^7$ кДж энергии. На какое количество зайцев можно выдать лицензию охотникам, если биомасса популяции зайцев в охотничьем хозяйстве составляет

10 % от биомассы всех консументов 1-го порядка и не менее 60 % популяции должно сохраниться? В 1 кг биомассы консументов 1-го порядка запасается около 2000 кДж энергии. Масса одного зайца в среднем составляет 3 кг. Процесс перехода энергии с одного трофического уровня на другой протекает в соответствии с правилом Линдемана.

Задание 2 (СР). В небольшой островной экосистеме обитают организмы, объединенные в единую пищевую сеть: растения, черные дрозды, дождевые черви, бактерии, грибы и др. Дрозды выедают 15 % популяции червей и 3 % фитомассы, получая при этом 1947 кДж энергии. Дождевые черви питаются детритом. Энергия, заключенная в детрите, составляет $2,6 \cdot 10^6$ кДж, суммарная солнечная радиация — $5,4 \cdot 10^7$ кДж. Какой процент фиксированной энергии продуценты затрачивают на процессы жизнедеятельности, если известно, что КПД фотосинтеза составляет 2 %, передача энергии с одного трофического уровня на другой в детритной цепи составляет 5 %, а в пастбищной — 10 %?

Задание 3 (СР). Изучите таблицу 2, в которой представлены данные о годовой первичной продукции в наземных экосистемах. На основе данных таблицы составьте диаграмму уровней продукции в разных экосистемах. Рассчитайте, сколько процентов биомассы аккумулируется в виде чистой продукции в разных экосистемах. Объясните полученные результаты. Какие сообщества являются наиболее продуктивными и эффективными по запасу энергии, почему?

Таблица 2 - Годовая первичная продукция в наземных экосистемах

Экосистема	Площадь, млн. км ²	%	Органическое вещество, т/год		Запас энергии, ккал·10 ⁶
			чистая продукция	валовая продукция	
Леса	40,6	28	7	28,4	11,4
Обрабатываемые земли	14,5	10	6	8,7	3,5
Степи и луга	26,0	17	4	10,4	4,2
Пустыни	54,2	36	1	5,4	2,2
Полярные зоны	12,7	9	0	0	—
Итого	148			52,9	21,3

Лабораторная работа № 13.

Динамические процессы в экосистемах

Цель: ознакомиться с основными этапами сукцессий, происходящих в наземных и водных экосистемах.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определения понятиям: флуктуация, сукцессия, сукцессионный ряд, климаксовое (узловое) сообщество, дигрессия, демуляция.
2. Охарактеризуйте и приведите примеры циклических изменений в экосистемах.

3. Первичная сукцессия сообществ. Характеристика основных этапов (на примере любого сообщества).
4. Вторичная сукцессия сообществ. Характеристика основных этапов (на примере любого сообщества).
5. Охарактеризуйте и приведите примеры эндоэкогенетических сукцессий.
6. Охарактеризуйте и приведите примеры экзоэкогенетических сукцессий.

Задание 1. В экосистеме пресноводного озера в конце июня — начале июля наблюдается массовое размножение цианобактерий (цветение воды). Предложите гипотезу, объясняющую время наступления данного явления, с использованием характеристик абиотических и биотических условий, особенностей популяционной динамики. Предложите схему, отражающую влияние цветения водоема на биологические компоненты экосистемы. К какому типу изменений экосистемы относится данное явление?

Задание 2. Определите тип сукцессий на рисунках 1 и 2. Дайте определение первичной и вторичной сукцессии. Запишите отличительные особенности этих типов сукцессий.

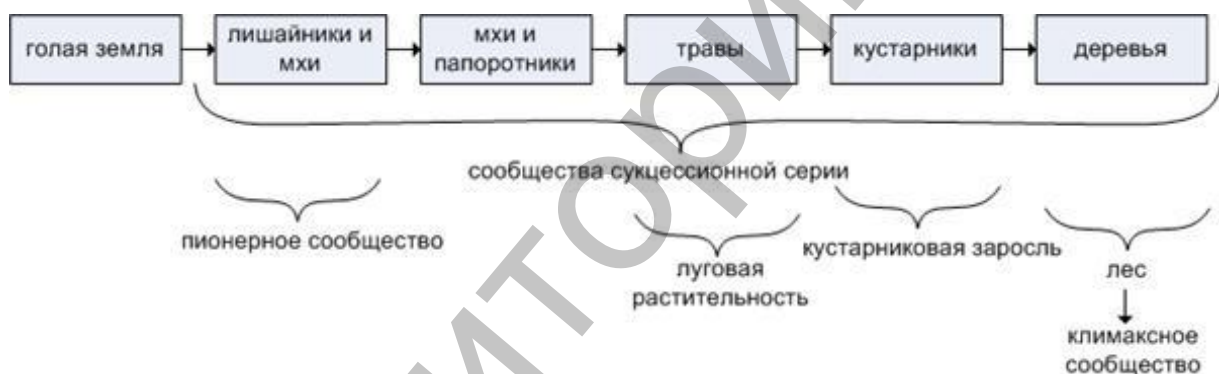


Рисунок 1 - Сукцессия наземной экосистемы

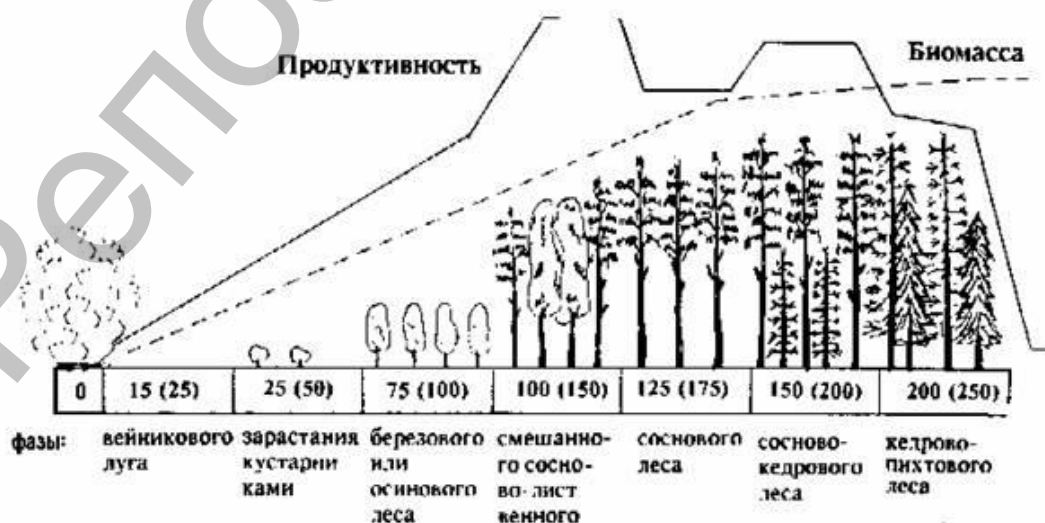


Рисунок 2 – Сукцессия экосистемы

Задание 3. Определите из представленного списка тип сукцессии:

- а) превращение заброшенных полей в дубравы;
- б) появление лишайников на остывшей вулканической лаве;
- в) постепенное обрастание голой скалы;
- г) появление на сыпучих песках сосняка;
- д) превращение гарей в еловые леса;
- е) постепенная смена вырубков сосняком;
- ж) превращение деградированных пастбищ в дубравы.

Задание 4. Под пологом участка елового леса, расположенного по берегу небольшой лесной реки, росли кислица, майник и седмичник. После того как речка ниже по течению была перепружена плотиной для строительства колхозного пруда, на этом участке началось изменение состава растительности: здесь появились черника и зеленый мох, мох кукушкин лен, взрослые ели начали чахнуть, а проростки погибали на ранних стадиях развития. Затем кукушкин лен был вытеснен сфагнумом. Почему произошли эти изменения? Что произойдет с еловым лесом в дальнейшем?

Задание 5. В результате лесного пожара выгорела часть елового леса. Объясните, как будет происходить его самовосстановление. Составьте сукцессионный ряд.

Задание 6. Опишите изменения, которые происходят в водоеме при его эвтрофикации.

Задание 7. Опишите, какие изменения будут происходить в непроточном пресноводном озере, которое каждый год мелеет. Можно ли назвать изменения в озере сукцессией? Почему? Изменяется ли при этом состав организмов и продуктивность экосистемы? Будет ли наблюдаться этот процесс в полной мере в проточном озере? Объясните почему.

Задание 8. Расположите в процессе возрастания индекс отношения продуктивности к биомассе для следующих экосистем: влажный экваториальный лес; пустыня; зона апвеллинга; открытая часть океана; луг; тайга; Черное море.

Задание 9. По таблице 1 ознакомьтесь с основными этапами восстановления хвойного леса после пожара. Предложите примеры типичных представителей растений и животных для каждого сукцессионного этапа, заполните таблицу 1.

Таблица 1 – Основные этапы восстановления хвойного леса после пожара

Основные этапы сукцессионного процесса	Типичные представители
Хвойный лес	Доминант
Пожар, уничтожение видового состава и системы межвидовых связей в сообществе. Изменение сложившегося режима действия абиотических факторов (освещенности, влажности, температуры и др.). Потеря основных биоценотических и популяционных структур	

Формирование временных одноярусных сообществ гелиофитных карбофильных трав.	
Начало лесовозобновления. Прорастание лиственных пород и кустарников. Формирование лугово кустарникового комплекса животных.	
Развитие мелколиственных светолюбивых деревьев. Частичное вытеснение гелиофитных карбофильных трав и кустарников и их замещение сциофитной растительностью.	
Смыкание крон и формирование лиственного леса. Окончательное вытеснение гелиофитных карбофильных трав и кустарников. Доминирование растений – сциофитов в нижних ярусах. Появление проростков ели.	
Рост хвойных пород (ели). Угасание травяного покрова нижних ярусов. Постепенное вытеснение всходами и подростом ели лиственных пород	
Дальнейшее вытеснение хвойными породами лиственных деревьев с верхних ярусов	Доминант
Господство ели. Выпадение лиственных пород из структуры биоценоза. Угнетение елью прочих растительных форм. Окончательное формирование исходного типа лесного сообщества.	Доминант

Задание для самостоятельной работы (СР).

Задание 1 (СР). По таблице 2 ознакомьтесь с основными этапами формирования скального сообщества. Предложите примеры типичных представителей растений и животных для каждого сукцессионного этапа, заполните таблицу 2.

Таблица 2 – Основные этапы формирования скального сообщества

Основные этапы сукцессионного процесса	Типичные представители
Обнажение скальных пород. Появление незаселенного пространства	
Заселение скального субстрата; появление микрофлоры; появление некоторых видов <i>мелких беспозвоночных</i> . Формирование пионерного сообщества.	
Появление и доминирование <i>лишайников (указать виды)</i> . Появление <i>мелких членистоногих</i> . Формирование детритного микрогоризонта.	
Появление и доминирование <i>литофильных мхов</i> . Увеличение деятельности микроорганизмов. Формирование почвенного слоя не менее 3 см. Появление <i>крупных личинок и имаго насекомых</i> .	
Появление <i>гипновых мхов и сосудистых растений</i> . Увеличение численности почвенных сапрофагов.	
Заселение пространства крупными цветковыми растениями, в том числе деревьями и кустарниками. Появление позвоночных и крупных беспозвоночных животных. Формирование почвенного слоя.	
Стабилизация видовой структуры и основных биоценологических структур.	

Лабораторная работа № 14.

Биотические взаимоотношения популяций в биоценозах

Цель: проанализировать типы биотических взаимоотношений популяций в биоценозах.

Контрольные вопросы:

1. Классификация типов биотических взаимоотношений по Ю. Одуму.
2. Классификация типов биотических взаимоотношений по В.Н. Беклемишеву.
3. Прямая и косвенная конкуренция. Принцип Г.Ф. Гаузе.
4. Хищничество. Коэволюция. Почему в природе численность хищников и их жертв остается примерно на одном уровне.
5. Паразитизм: типы, коадаптации и значение в природе.

Задание 1. Заполните таблицу 1

Таблица 1 – Типы биотических взаимоотношений

Тип взаимоотношений	Примеры (не менее пяти)	Значения в экосистеме

Задание 2. Разграничение экологических ниш в природе достигается несколькими путями:

- размерная дифференциация видов,
- пространственная дифференциация,
- поведенческие реакции организмов.

Приведите примеры видов, конкуренция между которыми снижается таким путем.

Задание 3. К межвидовой (I) и внутривидовой (II) конкуренции относятся примеры: а) высокая плотность карпов при выращивании приводит к снижению массы тела отдельных особей; б) под грецким орехом не растут другие деревья, потому что разлагающиеся листья выделяют в почву токсические вещества, подавляющие рост семян других видов; в) практически невозможно в жилище человека одновременно встретить и черного и рыжего таракана; г) на стеблях крапивы можно встретить повилику, которая получает необходимые для ее жизнедеятельности вещества от растения-хозяина.

- 1) I — а, в; II — г
- 2) I — б; III — в, г
- 3) I — б, в; II — а
- 4) I — б; III — а, в

Задание 4. Проанализировать результаты опыта, в котором разное число гусениц сухофруктовой огневки *Ephestia caetella*, конкурировали за 25 г пищи (пшеничной муки) (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты опыта

Первоначальное число яиц	10	20	50	100	200	300	800	1600	3200	5000
Число куколок	8	15	37	74	137	279	477	392	380	321

Определить минимальное количество пищи, необходимое для получения одной куколки. Начертить кривую изменения количества пищи, приходящейся на одну личинку, при увеличении плотности популяции. Сравнить с кривой изменения числа куколок.

Задание 5. Заполните среднюю колонку таблицы 3 примерами, характеризующими тип биологического взаимодействия между популяциями разных видов. Пары видов, вступающих в отношения определённого типа, следует выбирать из последней колонки.

Таблица 3 - Формы взаимоотношений между видами

Тип взаимоотношений	Кол-во примеров	Примеры взаимоотношений	Список видов
Конкуренция	3		Цапля, шакал, человек, амёба, берёза, акула, рак-отшельник, рыба-лоцман, пшеница, ко- рова, смородина, наездник-трихограмма, ро- сянка, подберёзовик, тля, актиния, муравьи- ный лев, бодяк полевой, аскарида, заяц- беляк, лягушка, яйца капустной белянки, ди- кая лошадь – мустанг, муха, жук-навозник, клубеньковые азотфиксирующие бактерии, карась, заяц-русак, водные бактерии, лев, го- рох, щука, бизон, муравей.

Задание 6. Определите, какое максимальное количество паразитов может прокормиться в организме хозяина, если масса одного паразита - 10 г, а в 1 г его тела заключено 200 кКал энергии. Хозяин - травоядное животное со средней массой тела 40 кг, в 1 кг которого содержится 2000 кКал энергии. (Процесс трансформации энергии с одного трофического уровня на другой протекает в соответствии с правилом Линдемана).

Задание для самостоятельной работы (СР). Заслушать сообщения с презентациями по темам: 1. Хищничество. 2. Паразитизм. 3. Симбиоз и его формы. 4. Конкуренция.

МОДУЛЬ 4. РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Лабораторная работа № 15.

Экологический анализ загрязнённости городских почв в Республике Беларусь

Цель: оценить степень загрязнения городских почв по коэффициенту концентрации и интегральному показателю поэлементного загрязнения почвы, выявить основные загрязняющие вещества в почвах городов Беларуси.

Контрольные вопросы:

1. Принципы нормирования геохимического загрязнения почв.

2. *Критерии оценки степени загрязнения городских почв.*
3. *Лимитирующие показатели вредности (органолептический, общесанитарный, водно-миграционный, воздушно-миграционный, санитарно-токсикологический, фитоаккумуляционный).*
4. *Дайте определение понятиям: ПДКп, фоновое содержание веществ в почве.*
5. *Комплексные гигиенические показатели санитарного состояния почвы.*
6. *Основные загрязняющие вещества городских почв на территории Беларуси (по результатам лабораторной работы).*

Целью исследований городских почв является оценка степени загрязнения веществами техногенного происхождения. Основными источниками химического загрязнения городских почв являются: промышленные предприятия, участки складирования промышленных и коммунальных отходов, автотранспортные средства, техногенные аварии. По величине зон и уровнем загрязнения почв делится на фоновое, локальное, региональное, глобальное.

Фоновым считается такое содержание загрязняющих веществ в почве, которое соответствует или близок к его естественному составу. Оно определяется в почвах на территориях, не подвергающихся техногенному воздействию или испытывающих его в минимальной степени. Локальным считается загрязнение почвы вблизи одного или совокупности нескольких источников загрязнения. Региональным есть такое загрязнение почвы, которое возникает вследствие переноса загрязняющих веществ на расстояние не более 40 км от техногенных и более 10 км от сельскохозяйственных источников загрязнения. Глобальными называют загрязнение почвы, возникающих вследствие дальнего переноса загрязняющего вещества на расстояние более 1000 км от любых источников загрязнения.

В пробах почв определяется содержание тяжелых металлов, сульфатов, нитратов, нефтепродуктов и показатель pH. В отдельных городах проводится химический анализ почв на содержание бензо(а)пирена.

Оценка степени загрязнения почв, подверженных техногенному воздействию, выполняется путем сопоставления полученных содержаний загрязняющих ингредиентов с предельно допустимыми (ПДК), или ориентировочно допустимыми (ОДК) концентрациями. Также одним из способов оценки загрязнения городских почв служит сравнение их химического состава с аналогичными данными, полученными для пунктов мониторинга фонового глобального загрязнения почв, расположенных вне зоны влияния городов. Фоновые показатели получают за счет отбора и исследования почв на содержание приоритетных для территории страны загрязняющих веществ на пробных площадках, представленных удаленными от источников загрязнения типичными участками с естественной растительностью и ненарушенным почвенным покровом.

При контроле за состоянием почв преимущество следует отдавать ПДК. Для контроля за состоянием почв могут быть использованы нормативы, уста-

новленные для различных форм химических веществ в почве: валовых, подвижных или водорастворимых. При оценке состояния почв фактическое содержание вещества сравнивается с их ПДК (ОДК) для той формы вещества в почве, которая определялась при проведении исследования.

Задание 1. На основании Таблицы 2 проанализировать степень загрязнения почв в городах Беларуси: сравнить среднее значение содержания химических веществ в почве с показателями фоновых значений ($C_{\Phi i}$), ПДК (ОДК). Выделить вещества, которые в большей и меньшей степени содержатся в городских почвах на территории Беларуси. Рассчитать параметры загрязнения городских почв: коэффициент концентрации загрязнения почвы K_{Ci} ; полиэлементный показатель загрязнения почвы Z_c . Отобразить полученные данные на графике (ось абсцисс – исследуемые города, ось ординат – величина K_{Ci}).

$$K_{Ci} = \frac{C_i}{C_{\Phi i}} \text{ или } K_{Ci} = \frac{C_i}{ПДК_{Ci}} \quad (1)$$

где C_i – концентрация загрязняющего вещества в почве; $C_{\Phi i}$ – среднее фоновое содержание загрязняющих веществ, мг/кг почвы; $ПДК_{Ci}$ – содержание предельно допустимых количеств загрязняющих веществ.

$$Z_c = \sum K_{Ci} - (n-1) \quad (2)$$

где K_{Ci} – коэффициент концентрации элемента; n – число элементов с $K_{Ci} > 1$.

Таблица 1- Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения (Z_c)

Категория загрязнения почв	Величина (Z_c)	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16-32	Увеличение общей заболеваемости
Опасная	32-128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	Более 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикоза беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофий новорожденных)

Таблица 2 - Содержание химических веществ в почвах городов Беларуси, мг/кг

Город	pH	SO ₄ ²⁻	NO ₃	Нефте- продукты	Тяжелые металлы					
					Cd	Zn	Pb	Cu	Ni	Mn
Борисов	<u>6,5–7,5*</u>	<u>8,1–111,7</u>	<u>2,8–97,7</u>	<u>0,0–53,3</u>	<u>0,08–0,92</u>	<u>10,5–93,3</u>	<u>6,7–88,5</u>	<u>2,9–16,8</u>	<u>3,1–6,3</u>	<u>52–202</u>
	7,0	50,2	22,6	22,9	0,38	52,4	23,1	6,4	4,6	130
Брест	<u>7,0–8,3</u>	<u>5,0–165,1</u>	<u>2,8–77,6</u>	<u>0,0–123,3</u>	<u>0,13–0,71</u>	<u>5,2–78,4</u>	<u>1,1–32,4</u>	<u>1,5–9,2</u>	<u>1,0–7,4</u>	<u>24–238</u>
	7,6	48,1	12,4	29,0	0,25	22,0	14,4	4,1	2,6	78
Гродно	<u>5,0–7,9</u>	<u>30,1–188,6</u>	<u>2,8–95,5</u>	<u>0,0–383,3</u>	<u>0,18–0,42</u>	<u>0,3–48,4</u>	<u>7,4–41,8</u>	<u>3,3–19,8</u>	<u>2,9–5,3</u>	<u>5–172</u>
	6,6	82,8	35,1	66,2	0,30	22,7	11,7	5,6	4,2	115
Ельск	<u>5,9–7,9</u>	<u>17,4–97,3</u>	<u>4,2–109,0</u>	<u>6,7–406,7</u>	<u>0,11–0,26</u>	<u>5,1–15,4</u>	<u>3,8–12,7</u>	<u>1,7–8,7</u>	<u>1,1–9,4</u>	<u>12–215</u>
	6,7	48,2	32,4	136,5	0,17	11,5	7,9	3,7	2,7	99
Калинковичи	<u>5,8–7,96</u>	<u>20,6–124,4</u>	<u>2,8–36,3</u>	<u>10,0–310,0</u>	<u>0,10–0,39</u>	<u>8,9–93,1</u>	<u>3,4–29,1</u>	<u>1,3–11,4</u>	<u>1,7–6,1</u>	<u>25–209</u>
	6,6	71,3	11,0	72,8	0,16	39,3	10,8	5,1	3,3	108
Костюковичи	<u>4,8–7,3</u>	<u>32,1–120,4</u>	<u>0,0–11,5</u>	<u>19,4–178,6</u>	<u>0,27–1,29</u>	<u>17,8–63,8</u>	<u>3,6–28,5</u>	<u>3,0–22,1</u>	<u>2,4–10,6</u>	<u>83–575</u>
	6,57	66,5	4,1	57,6	0,40	35,4	10,1	5,7	4,1	193
Лида	<u>6,9–8,0</u>	<u>20,7–183,9</u>	<u>3,4–60,3</u>	<u>0,0–236,7</u>	<u>0,13–0,41</u>	<u>20,9–81,3</u>	<u>8,7–53,0</u>	<u>1,4–20,0</u>	<u>2,4–10,9</u>	<u>02–291</u>
	7,3	81,8	16,9	26,9	0,25	37,2	21,9	5,0	5,1	171
Пинск	<u>7,0–8,6</u>	<u>14,4–249,8</u>	<u>2,8–55,0</u>	<u>10,0–356,7</u>	<u>0,11–0,59</u>	<u>14,1–118,6</u>	<u>4,3–42,7</u>	<u>2,0–22,5</u>	<u>1,7–10,4</u>	<u>26–283</u>
	7,9	75,6	8,2	53,8	0,23	47,0	18,4	7,1	4,5	162
Полоцк	<u>6,0–7,9</u>	<u>19,1–113,3</u>	<u>2,8–64,6</u>	<u>0,0–243,3</u>	<u>0,12–0,72</u>	<u>5,7–121,9</u>	<u>3,2–148,0</u>	<u>0,7–37,4</u>	<u>0,9–11,7</u>	<u>23–416</u>
	6,9	57,7	15,9	38,7	0,30	49,6	18,6	8,0	5,6	188
Светлогорск	<u>5,6–7,2</u>	<u>16,0–215,4</u>	<u>4,8–97,7</u>	<u>13,3–253,3</u>	<u>0,10–1,60</u>	<u>5,9–295,6</u>	<u>2,6–175,1</u>	<u>1,1–20,8</u>	<u>1,6–6,7</u>	<u>34–208</u>
	6,4	69,7	24,5	91,4	0,27	57,5	18,2	5,0	3,4	132
Чаусы	<u>5,6–7,8</u>	<u>26,8–90,9</u>	<u>0,0–17,4</u>	<u>11,7–459,2</u>	<u>0,21–0,69</u>	<u>22,6–344,3</u>	<u>3,8–22,5</u>	<u>3,9–12,0</u>	<u>3,5–7,8</u>	<u>130–493</u>
	6,6	56,5	4,1	119,2	0,43	46,4	9,7	7,0	5,2	245
Чериков	<u>5,4–7,2</u>	<u>29,4–91,0</u>	<u>0,0–6,9</u>	<u>14,0–477,1</u>	<u>0,37–1,43</u>	<u>20,7–69,3</u>	<u>8,7–26,0</u>	<u>4,3–10,8</u>	<u>3,0–6,3</u>	<u>145–315</u>
	6,4	53,2	2,8	91,1	0,49	42,4	14,6	6,8	4,9	217
Фоновые значения**		48,3	39,1	–	0,22	18,0	6,8	3,6	3,4	157
ПДК (ОДК)		160,0	130,	50,0	1,00	110,0	32,0	66,0	40,0	1500

* В числителе – минимальное и максимальное значения, в знаменателе – среднее значение. ** Фоновые значения получены на фоновых территориях

Лабораторная работа № 16.
**Оценка качества поверхностных вод
по гидрохимическим показателям**

Цель: освоить методы анализа качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям.

Контрольные вопросы:

1. *Критерии оценки качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям.*
2. *Критерии оценки качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям.*
3. *Принципы нормирования качества поверхностных вод. Категории водопользования.*
4. *Дать определение понятий ПДК, ПДКв, ПДКв.р.*
5. *Перечислите лимитирующие признаки вредности для различных категорий водопользования.*
6. *Определение ИЗВ (индекс загрязнения вод), шкала для оценки качества поверхностных вод по ИЗВ.*

Качество воды - это характеристика состава и свойств воды, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования. Государственная политика в области использования и охраны вод ориентирована на обеспечение безопасного и бесперебойного снабжения водой населения, промышленности и сельского хозяйства при соблюдении интересов других водопользователей с сохранением водно-ресурсного потенциала.

Юридической основой управления использованием и охраной вод являются законы Республики Беларусь: "Закон об охране окружающей среды", "Водный Кодекс Республики Беларусь", "Закон о питьевом водоснабжении", "Закон о налоге за пользование природными ресурсами", "Правила охраны поверхностных вод", Государственная программа по водоснабжению и водоотведению "Чистая вода". Разработка и реализация водохозяйственных и водоохраных мероприятий координируется Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды и его территориальными органами. С целью наблюдения за состоянием окружающей среды в районах расположения и влияния источников вредного воздействия на окружающую среду ведётся локальный мониторинг.

Сеть мониторинга поверхностных вод насчитывает 301 пункт наблюдений. Оценка состояния водных объектов в бассейнах Западной Двины, Немана, Западного Буга, Днепра и Припяти и уровня их загрязнения проводится по среднегодовым концентрациям приоритетных загрязняю-

щих веществ, используемых в расчетах индекса загрязненности вод (ИЗВ), – растворенного кислорода, органических веществ, нормируемых по БПК₅, азота аммонийного, азота нитритного, фосфора фосфатного и нефтепродуктов.

Индекс загрязнения вод (ИЗВ) - комплексный показатель степени загрязнения вод, рассчитываемый как сумма приведенных к ПДК фактических значений шести основных показателей качества воды. Оценка качества воды по ИЗВ проводится по шкале (Таблица 2).

Задание 1. Провести анализ динамики загрязнения поверхностных вод на примере реки З.Двина по шести ингредиентам, обнаруживаемым в воде, на участке Витебск - Полоцк в 2007-2015 годах (исходные данные см. таблица 1). Построить график, отражающий динамику загрязнения по каждому из веществ, с учетом ПДК. Рассчитать индекс загрязнения воды, построить график динамики ИЗВ. Оценить качество воды на исследуемом участке по показателям ИЗВ, используя таблицу 2. Полученные результаты оформить в виде выводов.

Таблица 1 – База данных по шести ингредиентам, обнаруживаемым в воде реки З.Двины на участке Витебск - Полоцк в 2007–2015 годах

Года	Растворенный O ₂ мг/дм ³	Органич. вещество (БПК ₅) мг O ₂ /дм ³	Азот аммонийный мг N/дм ³	Азот нитритный мг N/дм ³	Фосфаты мг P/дм ³	Нефтепродукты мг/дм ³
2007	10,68	3,17	0,60	0,021	0,023	0,06
2008	10,4	2,51	0,76	0,029	0,044	0,04
2009	10,3	2,49	0,39	0,038	0,050	0,075
2010	8,85	2,40	0,63	0,018	0,047	0,075
2011	9,40	2,40	0,66	0,018	0,038	0,03
2012	8,2	2,2	0,57	0,033	0,05	0,048
2013	7,1	2,5	0,3	0,014	0,054	0,01
2014	8,9	2,17	0,29	0,009	0,043	0,01
2015	9,0	1,02	0,55	0,02	0,06	0,01
ПДК	6	3,00	0,39	0,02	0,066	0,05

$$ИЗВ = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{ПДК_i}, \quad (1)$$

где, $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация по i -му показателю, C_i – концентрация i -го показателя.

В основе определения ИЗВ лежат среднегодовые концентрации шести ингредиентов, два из которых обязательны (растворенный кислород и БПК₅), а остальные четыре выбираются по приоритетности, исходя из превышения их содержания в воде ПДК.

Таблица 2 – Классификация качества поверхностных вод по показателям ИЗВ

Класс качества воды	Величина ИЗВ	Характеристика качества
I	менее или равно 0,3	чистая
II	более 0,3-1,0	относительно чистая
III	более 1,0-2,5	умеренно загрязненная
IV	более 2,5-4,0	загрязненная
V	более 4,0-6,0	грязная
VI	более 6,0-10,0	очень грязная
VII	более 10,0	чрезвычайно грязная

Лабораторная работа № 17.

Экологический анализ атмосферного воздуха городов Беларуси

Цель: произвести анализ и оценку динамики загрязнения атмосферного воздуха областных центров Беларуси. Освоить методику расчетов индекса загрязнения атмосферы (ИЗА).

Контрольные вопросы:

1. Перечислить основные примеси, определяемые в городах Беларуси.
2. Понятие приоритетного специфического вещества. Приоритетные специфические вещества в атмосфере городов Беларуси, основные факторы при выборе приоритетного перечня специфических примесей.
3. Дайте определение ПДК, ПДКс.с., ПДКм.р.
4. Определение ИЗА, шкала для оценки среднегодового уровня загрязнения.
5. Критерии оценки качества атмосферного воздуха в городах.

Государственная сеть мониторинга атмосферы в городах Беларуси включает 51 станцию. В Минске имеется 10 станций, в Могилеве – 5, Гомеле, Витебске, Бресте, Гродно по 4 станции, в остальных промышленных центрах – по 1-3 станции. При расчете количества станций используется такой показатель, как численность населения города. Дополнительные критерии: промышленный потенциал, степень концентрации источников эмиссии, сложный рельеф местности, наличие природных или исторических объектов и т.д.

Во всех городах определяется концентрация основных примесей (взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота); а также концентрация приоритетных специфических веществ: формальдегида, аммиака, фенола, сероводорода, сероуглерода. При выборе приоритетного перечня специфических примесей учитывается, прежде всего,

выбросы каждого вещества, размеры города, ПДК, коэффициенты рассеивания.

Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) - комплексный показатель степени загрязнения атмосферы, рассчитываемый как сумма средних концентраций в единицах ПДК с учетом класса опасности соответствующего загрязняющего вещества. В соответствии с существующими методами оценки среднегодового уровня, загрязнение считается низким, если $ИЗА < 5$, повышенным при $5 < ИЗА < 7$, высоким при $7 < ИЗА < 14$.

Основные критерии оценки качества атмосферного воздуха: $q_{м.}$ - максимальная из разовых концентраций, сравнивается с ПДК_{м.р.}; $q_{ср.}$ - среднегодовая концентрация вещества, сравнивается с ПДК_{с.с.}; количество дней в году, в течение которых установлены превышения среднесуточных ПДК; повторяемость (доля) проб с концентрациями выше максимально разовых ПДК.

Задание 1. Проанализировать динамику загрязнения атмосферы городов Беларуси основными и специфическими вредными веществами по табл. 1-8. На основе полученных данных выделить города, для которых характерны максимальные и минимальные средние за год концентрации загрязняющих веществ. Сделать вывод о динамике загрязняющих веществ в областных центрах республики: отметить вещества, по которым наблюдалось существенное уменьшение загрязненности; рост средних концентраций; динамика уровня загрязнения не устойчива. Рассчитать ИЗА для основных и специфических вредных веществ в г. Витебске (Табл.1-8).

Проанализировать годовую динамику комплексного показателя ИЗА в областных центрах Беларуси. Построить график, отражающий динамику ИЗА за последние 8 лет. Сделать вывод о различиях ИЗА в областных центрах Республики Беларусь в 2015г.

Расчет ИЗА для одного вещества производят по формуле:

$$I_i = \frac{q_{ср.i}}{ПДК_{с.с.i}} K_i, \quad (1)$$

где $q_{ср.i}$ - среднегодовая концентрация i -го вещества, $ПДК_{с.с.i}$ - его среднесуточная предельно допустимая концентрация, K_i - безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень загрязнения воздуха i -м веществом к степени загрязнения воздуха диоксидом серы. Значения K_i равны соответственно 0,85; 1,0; 1,3; 1,5 соответственно для 4,3,2 и 1 классов опасности вещества.

Для оценки состояния загрязнения атмосферного воздуха в исследуемых городах рассчитать комплексный показатель – индекс загрязнения атмосферы.

$$ИЗА = \sum (q_{ср.i} / ПДК_{с.с.i}) K_i \quad (2)$$

где $q_{ср.i}$ - среднегодовая концентрация i -го вещества, $мг/м^3$;
 $ПДК_{с.с.i}$ – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в воздухе, $мг/м^3$.

Таблица 1 - Динамика уровня загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами в областных центрах Беларуси

Город	Средние за год концентрации суммарных твердых частиц, $мкг/м^3$											
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Брест	32	26	28	23	28	28	27	18	27	33	35	35
Витебск	36	84	110	97	109	117	116	115	112	113	52	42
Гомель	33	45	29	61	51	63	52	45	23	29	33	37
Гродно	81	40	33	53	57	51	37	40	37	26	31	26
Минск	13	11	–	–	–	15	15	15	15	15	21	25
Могилев	28	42	55	43	46	42	37	47	44	27	15	15

Таблица 2 - Динамика уровня загрязнения атмосферного воздуха сероводородом в областных центрах Беларуси

Город	Средние за год концентрации сероводород, $мкг/м^3$											
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Брест	1,1	1,0	<1,0	<1,0	1,0	0,4	0,4	0,1	-	-	-	-
Витебск	<1,0	<1,0	1,0	<1,0	<1,0	<п/о	<п/о	<0,1	-	-	-	-
Гомель	3,3	5,0	<1,0	7,3	8,3	4,6	7,5	1,7	-	-	-	-
Гродно	<1,0	<1,0	6,1	<1,0	<1,0	0,2	0,2	0,4	-	-	-	-
Минск	<1,0	<1,0	1,0	<1,0	<п/о	0,1	0,1	<0,1	-	-	-	-
Могилев	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	0,3	0,1	<0,1	1,8	1,0	1,0	1,16

Таблица 3 – Динамика уровня загрязнения атмосферного воздуха оксидом углерода в областных центрах Беларуси

Город	Средние за год концентрации оксида углерода, мкг/м ³											
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Брест	687	708	1207	800	593	544	511	613	797	913	938	934
Витебск	710	793	795	1042	658	523	757	675	610	517	530	519
Гомель	422	441	1003	436	439	451	496	444	422	452	500	530
Гродно	1596	1608	427	1672	771	611	583	665	720	664	509	567
Минск	766	680	1513	586	472	439	414	386	434	499	470	430
Могилев	930	1098	677	972	1188	943	879	875	670	661	495	479

Таблица 4 - Динамика уровня загрязнения атмосферного воздуха диоксидом азота в областных центрах Беларуси

Город	Средние за год концентрации диоксида азота, мкг/м ³											
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Брест	27	27	31	29	26	23	24	26	33	34	39	36
Витебск	28	39	40	40	45	41	32	36	35	32	41	37
Гомель	27	21	23	20	19	21	17	20	21	17	26	27
Гродно	32	35	33	33	31	24	30	28	19	17	26	30
Минск	40	40	39	33	31	34	34	32	37	39	37	35
Могилев	45	49	50	57	57	53	52	55	49	49	51	57

Таблица 5 - Среднегодовые концентрации фенола в атмосферном воздухе областных центров Республики Беларусь

Город	Средние за год концентрации фенола в мкг/м ³											
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Брест	–	–	2,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Витебск	1,9	2,8	1,7	1,8	1,4	1,3	1,2	1,1	1,2	1,4	1,4	1,18
Гомель	2,4	1,8	–	1,5	1,4	1,3	1,1	2,5	1,7	0,6	0,6	1,0
Гродно	–	–	0,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Минск	0,2	0,3	2,6	0,4	0,5	0,5	0,5	3,0	0,4	0,3	0,3	0,55
Могилев	2,1	2,5	2,1	2,7	1,5	1,7	1,7	33,0	1,6	1,8	1,8	1,66

Таблица 6 - Среднегодовые концентрации аммиака в атмосферном воздухе областных центров Республики Беларусь

Город	Средние за год концентрации аммиака в мкг/м ³											
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Брест	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	25
Витебск	33	19	19	20	21	17	23	25	23	29	29	29
Гомель	26	20	23	18	16	20	24	36	15	12	12	14
Гродно	14	14	17	27	12	12	14	17	19	15	15	14
Минск	37	35	35	36	39	35	25	13	14	14	14	8
Могилев	30	38	33	48	27	18	27	24	20	18	18	31

Таблица 7 - Среднегодовые концентрации формальдегида в атмосферном воздухе областных центров Республики Беларусь

Город	Средние за год концентрации формальдегида в мкг/м ³											
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Брест	9,3	9,5	10,7	12,4	11,2	9,9	11,5	11,9	13	10,3	10,3	15,7
Витебск	8,4	14,7	13,4	13,5	11,0	10,9	13,2	10,5	9,1	10,5	10,5	8,7
Гомель	12,8	11,8	14,8	11,1	7,1	7,6	8,0	10,7	6,6	6,8	6,8	11,9
Гродно	6,9	7,8	4,5	5,7	5,2	5,5	5,5	4,8	4,7	5,4	5,4	15,7
Минск	6,9	4,3	9,9	7,8	7,1	5,9	7,1	4,9	5,1	6,4	6,4	5,7
Могилев	9,3	3,5	4,4	7,6	5,6	6,4	8,2	7,9	7,3	6,6	6,6	17

Таблица 8 – Среднегодовые концентрации свинца в атмосферном воздухе областных центров Республики Беларусь

Город	Средние за год концентрации свинцом в мкг/м ³										
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2012	2013	2014	2015
Брест	0,10	0,084	0,056	0,054	0,069	0,055	0,040	0,018	0,031	0,031	-
Витебск	0,08	0,066	0,073	0,064	0,078	0,102	0,045	0,016	0,037	0,037	-
Гомель	0,09	0,041	0,174	0,070	0,124	0,119	0,074	0,046	0,030	0,03	-
Гродно	0,12	0,067	0,119	0,066	0,087	0,118	0,048	0,022	0,026	0,026	-
Минск	0,08	0,063	0,065	0,050	0,077	0,042	0,040	0,098	0,017	0,017	-
Могилев	0,07	0,037	0,031	0,034	0,039	0,016	0,022	0,005	0,007	0,017	-

Таблица 9 – Значения ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

Вещество	ПДК, мкг/м ³	Класс опасности веществ
Твердые частицы	150	3
Оксид углерода	3000	4
Диоксид азота	100	2
Аммиак	200	4
Свинец и его соединения	0,3	1
Сероводород	8	2
Фенол	7	2
Формальдегид	12	2

Лабораторная работа № 18.
**Рациональное природопользование.
Красная книга Республики Беларусь**

Цель: охарактеризовать основные принципы охраны окружающей природной среды и проанализировать структуру Красной книги Республики Беларусь.

Контрольные вопросы:

1. Государственная экологическая политика.
2. Основные принципы охраны окружающей природной среды.
3. Природные ресурсы Беларуси.
4. Понятие о рациональном природопользовании.
5. Защита биотических сообществ. Природоохранное законодательство в Республике Беларусь.

Задание 1. Ознакомиться со структурой Красной книги Республики Беларусь. Выписать основные разделы и определить их назначение. Сколько и какие категории охраны организмов выделяются в Красной книге.

Задание 2. По каким признакам животные (растения) относят к той или иной категории. Рассмотреть структуру статей о животных и растениях, занесенных в Красную книгу. Выписать основные положения, отражаемые в каждой статье. Является ли структура статей общей для всех или каждая статья о животном (растении) имеет свою структуру. Сравнить структуру статей двух томов.

Задание 3. Сравнить 1-ое - 4-е издания Красной книги. Какие сходства и различия имеют книги по общей структуре и содержанию статей.

Задание 3. Найти по 2 примера организмов относящихся к каждой категории, обитающих в Витебской области. Выписать по несколько примеров животных и растений исключенных из последнего издания Красной книги. По каким причинам животные (растения) исключались из последнего издания?

Задание 4. Дать краткое описание животного и растения отнесенных к первой категории охраны и обитающих на территории Витебской области.

Задания для самостоятельной работы (СР).

Подготовить сообщения по темам:

1. Особо охраняемые природные территории Беларуси (по категориям на выбор).
2. Особо охраняемые природные территории Туркменистана (по категориям на выбор).
3. Охраняемые виды животных, занесенных в Красную книгу Беларуси.
4. Охраняемые виды растений, занесенных в Красную книгу Беларуси.

5. Охраняемые виды животных, занесенных в Красную книгу Туркменистана.
6. Охраняемые виды растений, занесенных в Красную книгу Туркменистана.

РАЗНОУРОВНЕВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО КОНТРОЛИРУЕМОЙ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ (КУСР)

Уровень 1. На уровне узнавания. Подготовка рефератов. Тематика.

1. Концепция экологической системы А. Тенсли.
2. Основные типы природных экосистем и их характеристика.
3. Учение о биогеоценозе В.Н. Сукачева.
4. Видовая структура биогеоценозов (на примере любых произвольно взятых сообществ).
5. Демографическая структура популяций растений (на примере отдельных видов).
6. Демографическая структура популяций животных (на примере отдельных видов).
7. Этологическая структура популяций насекомых (на примере нескольких разных видов).
8. Этологическая структура популяций рыб (на примере нескольких разных видов).
9. Этологическая структура популяций амфибий (на примере нескольких разных видов).
10. Этологическая структура популяций рептилий (на примере нескольких разных видов).
11. Этологическая структура популяций птиц (на примере нескольких разных видов).
12. Этологическая структура популяций млекопитающих (на примере нескольких разных видов).

Форма контроля: реферат.

Уровень 2. На уровне воспроизведения. Выполнение тестовых заданий.

Сборник тестов по специальности «Биоэкология»: в 3 ч. / сост.: И.А. Литвенкова, Г.Г. Сушко, А.А. Лакотко. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2013.-Ч.1. -С. 4 – 37.

Форма контроля: письменное задание.

Уровень 3. На уровне применения полученных знаний. Решение биологических задач. Задачи берутся из раздела «Задания для самостоятельной работы», предложенных в конце каждой лабораторной работы по соответствующим темам.

Форма контроля: письменное задание.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Акимова, Т.А. Экология. Человек - Экономика - Биота - Среда: Учебник для студ. вузов / Т. А. Акимова, В.В. Хаскин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.:ЮНИТИ-ДАНА, 2006. - 566 с.
2. Бродский, А.К. Краткий курс общей экологии: Учеб. пособие / А.К. Бродский. - 4-е изд. - СПб. : ДЕАН, 2000. - 224 с.
3. Гиляров, А.М. Популяционная экология: учеб. пособие для биол. спец. ун-тов / А.М. Гиляров. - Москва: Изд-во МГУ, 1990. - 190 с.
4. Маглыш, С.С. Общая экология: Учеб. пособие для студ. спец. Н.06.01.00 - Экология / С. С. Маглыш; ГрГУ им. Я. Купалы. - Гродно: ГрГУ, 2001. - 111 с.
5. Сергейчик, С.А. Экология: Учеб. пособие / С.А. Сергейчик, - Минск: Современная школа, 2010. – 400 с.
6. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень 2014 год. Под общ. ред. академика НАН Беларуси В.Ф. Логинова. – Минск. – 2015. - 328с.
7. Федорук, А.Т. Экология: учеб. пособие для студентов учреждений высш. Образования по биол. спец. / А.Т. Федорук. – 2-е изд., испр. – Минск: Вышэйшая школа, 2013. – 462 с.
8. Шилов, И.А. Экология: Учеб. для студ. биол. и мед. спец. вузов / И.А. Шилов. - 2-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 2001. - 512 с.

Учебное издание

ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Методические рекомендации

Составители:

ЛИТВЕНКОВА Инна Александровна
ШАМАТУЛЬСКАЯ Елена Владимировна

Технический редактор

Г.В. Разбоева

Компьютерный дизайн

И.В. Волкова

Подписано в печать .2018. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 3,89. Уч.-изд. л. 2,94. Тираж экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

Свидетельство о государственной регистрации в качестве издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/255 от 31.03.2014 г.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.