



ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ

Кызыл
2017

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ТУВИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ

Учебно-методическое пособие

КЫЗЫЛ
2017

УДК 574.4(075.8)
ББК 28.08я73.3
Э40

Печатается по решению Учебно-методического совета
Тувинского государственного университета

Рецензенты

Назын Ч.Д., - к.б.н., доцент кафедры биологии и экологии
ТувГУ

Самдан А.М., - к.б.н., с.н.с. Убсунурского международного
центра биосферных исследований Республики Тыва

Экологический практикум: учебно-методическое
пособие / сост. Д.К. Куксина, Ш.С. Севелей. – Кызыл: Изд-во
ТувГУ, 2017. – 140 с.

*Учебно-методическое пособие подготовлено в соответствии с
рабочей программой по курсу «Общая экология».*

*Пособие содержит задания для практических и лабораторных
занятий и самостоятельной работы студентов естественно-
географического факультета по направлениям подготовки: 44.03.05
«Педагогическое образование, с профилями подготовки: «Биология» и
«Химия», «География» и «Биология», 06.03.01 Биология, 05.03.01
География».*

© Куксина Д.К., Севелей Ш.С., 2017
© Тувинский государственный университет, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Экология в настоящее время приобретает огромное значение как наука, позволяющая найти пути выхода из возникающего кризиса. Она позволяет познать закономерности существования живых организмов со средой обитания. Именно раскрытие законов взаимосвязей, на которых основана устойчивость жизни, позволяет человечеству, вооруженное техникой и использующее огромное количество энергии понять, каким образом организовать отношения со средой обитания, по каким принципам развивать и использовать технический потенциал человечества, тем самым свести к минимуму негативное воздействие человека на экосистему.

Основной целью изучения дисциплины «Общая экология» в вузах является формирование экологической культуры будущего специалиста, который должен не только иметь определенную сумму экологических знаний, но и хорошо владеть навыками практической работы в лаборатории и природе.

Учебно-методическое пособие содержит практическую часть общей экологии, которая помогает глубже понять теоретический материал и получить ряд навыков:

- искать и анализировать экологическую информацию;
- подбирать материал по определённой теме;
- научно обосновывать наблюдаемые явления, опираясь на основные теоретические положения;
- представлять найденную информацию в устной и письменной форме;
- аргументировано дискутировать на заданную тему;
- использовать знания по общей экологии в приложении к наблюдаемым явлениям.

В результате освоения курса экологии студенты должны обладать следующими специальными компетенциями: применять базовые представления об основах общей, системной и прикладной экологии, о принципах рационального природопользования и охраны природы, мониторинга и оценки состояния природной среды.

Учебно-методическое пособие включает основные

разделы изучаемой дисциплины: среда обитания и экологические факторы, основы биоценологии, учение о биосфере, популяционная экология, основные принципы рационального природопользования. Включает 15 практических, 3 лабораторных и 3 семинарских работы, список литературы и электронных ресурсов к каждому разделу.

РАЗДЕЛ 1. СРЕДА ОБИТАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Практическая работа №1 Окружающая среда и ее факторы

Вопросы для обсуждения

1. Среда обитания и организмы.
2. Классификация факторов среды.
3. Закономерности действия факторов среды.

Теоретическая часть

Среда обитания - это та часть природы, которая окружает живой организм и с которой он непосредственно взаимодействует. На нашей планете живые организмы освоили четыре основные среды обитания, сильно различающиеся по специфике условий. Водная среда была первой, в которой возникла и распространилась жизнь. В последующем живые организмы овладели наземно-воздушной средой, затем создали и заселили почву. Четвертой специфической средой жизни стали сами живые организмы, каждый из которых представляет собой целый мир для населяющих его паразитов или симбионтов.

Отдельные свойства или элементы среды, воздействующие на организмы, называются **экологическими факторами**. Факторы среды многообразны. Они могут быть необходимы или, наоборот, вредны для живых существ, способствовать или препятствовать выживанию и размножению. Экологические факторы имеют разную природу и специфику действия. Экологические факторы делятся на *абиотические, биотические и антропогенные*. По обобщенному варианту И.Н. Пономаревой и др. (2009) классификация экологических факторов выглядит следующим образом (табл. 1).

Таблица 1

Экологические факторы среды

Абиотические	Биотические	Антропогенные
Климатические: свет, температура, воздух, ветер, снег и др.	Фитогенные (всевозможное влияние растений)	Плановые (осознанные) влияния человека, общества
Эдафические, т.е. почвенные и грунтовые: механический, химический состав, влагоемкость, воздухопроницаемость, окраска почвы и др.	Зоогенные (всевозможное влияние животных)	Непредвиденные (случайные) влияния человека, общества
Орографические: рельеф, экспозиция	Микогенные (всевозможные влияния грибов)	Влияния, обусловленные жизнедеятельностью человека как живого организма
Химические: газовый состав, солевой состав воды, воздуха и др.	Микробогенные (влияние различных микроорганизмов)	Влияния результатами социокультурной деятельности человека
Физические: магнетизм, шум, теплопроводность, радиоактивность, космическое излучение, давление и др.		
Пирогенные: природные и антропогенные		

Каждый фактор имеет определенные пределы влияния на организм растений и животных. Благоприятное воздействие отражает зону оптимума экологического фактора (зону нормальной жизнедеятельности). За их пределами начинается зона угнетения и даже гибели. Для разных видов зона оптимума отличаются. Таким образом, воздействие даже одного фактора за пределами своего оптимума приводит к стрессовому состоянию организма и вероятной его гибели (рис.1).



Рис. 1. Схема действия экологического фактора среды на живые организмы: П — порог, Уг. — зона угнетения, Опт. — зона оптимума

Несмотря на большое разнообразие экологических факторов, в характере их воздействия на организмы и в ответных реакциях живых существ можно выявить ряд общих закономерностей. Приведем наиболее известные.

Закон минимума Ю. Либиха (1873):

а) выносливость организма определяется слабым звеном в цепи его экологических потребностей;

б) все условия среды, необходимые для поддержания жизни, имеют равную роль (закон равнозначности всех условий жизни), любой фактор может ограничивать возможности существования организма.

Закон ограничивающих факторов, или закон Ф. Блехмана (1909): факторы среды, имеющие в конкретных условиях максимальное значение, особенно затрудняют (ограничивают) возможности существования вида в данных условиях.

Закон толерантности В. Шелфорда (1913): ограничивающим фактором жизни организма может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия, диапазон

между которыми определяет величину выносливости организма к этому фактору.

Неоднозначность действия фактора на разные функции. Каждый фактор неодинаково влияет на разные функции организма. Оптимум для одних процессов может являться пессимумом для других.

Правило взаимодействия факторов. Сущность его заключается в том, что одни факторы могут усиливать или смягчать силу действия других факторов. Например, избыток тепла может в какой-то мере смягчаться пониженной влажностью воздуха, недостаток света для фотосинтеза растений - компенсироваться повышенным содержанием углекислого газа в воздухе и т.п. Из этого, однако, не следует, что факторы могут взаимозаменяться, они не взаимозаменяемы.

Правило лимитирующих факторов: фактор, находящийся в недостатке или избытке вблизи критических точек, отрицательно влияет на организмы и, кроме того, ограничивает возможность проявления силы действия других факторов, в том числе и находящихся в оптимуме. Лимитирующие факторы обычно обуславливают границы распространения видов (популяций), их ареалы. От них зависит продуктивность организмов и сообществ. Поэтому крайне важно своевременно выявлять факторы минимального и избыточного значения, исключать возможности их проявления. Знание ограничивающих факторов, - ключ к управлению жизнедеятельностью организмов.

Задание 1. Заполните таблицу 2. Охарактеризуйте требования сред жизни к строению и жизнедеятельности организмов.

Таблица 2

Адаптации организмов к среде обитания

Требования к организмам	Среда обитания			
	водная	наземно-воздушная	почвенная	тела организмов
Форма, размеры, покровы тела				
Органы и способы передвижения				
Развитие органов чувств				
Защита от неблагоприятных факторов				
Представители				

Задание 2. В таблице 3 представлена классификация экологических факторов. Приведите примеры факторов среды, окружающей любой вид организма (полевой воробей и т. д.). При этом антропогенные факторы можно так же, как и природные, классифицировать на абиотические и биотические. Какие из приведенных факторов можно назвать факторами-условиями, а какие – факторами-ресурсами?

Таблица 3

Классификация экологических факторов

Экологические факторы			Примеры
Природные	Абиотические	Климатические	
		Эдафические (почвенные)	
		Гидрологические	
		Топографические	
	Биотические	Зоогенные	
		Фитогенные	
		Микробогенные	
Антропогенные	Абиотические	Физические	
		Химические	
	Биотические		

Задание 3. Какой из приведенных факторов можно считать лимитирующим (ограничивающим) для организмов в определенных условиях:

а) для травянистых растений в густом лесу: влага, свет, плодородие почвы, рН среды;

б) для темноокрашенных насекомых на меловом субстрате: наличие пищи, температура, влажность, рН среды;

в) для травянистых растений в горах на высоте более 6 км: влага, свет, температура, плодородие субстрата, концентрация углекислого газа;

г) для дождевых червей в песчаных субстратах: температура, влажность, содержание гумуса;

д) для рыб, зимующих в замерзающих водоемах: температура, наличие пищи, содержание кислорода в воде.

С позиции закона лимитирующего фактора обоснуйте необходимость введения экологических нормативов – предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ, предельно допустимых уровней (ПДУ) воздействия излучений.

Какие факторы, на ваш взгляд, могут компенсировать неблагоприятное действие:

а) низких температур на зимующих птиц;

б) высоких температур на животных пустыни;

в) отсутствия дождей на растения;

г) низкого содержания натрия в кормах на травоядных животных?

Задание 4. По данным таблицы 4 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. Проанализируйте графики, установите 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. Как можно охарактеризовать совместное действие света, тепла и влаги на растения?

Таблица 4

**Величины суммарной солнечной радиации, средних
месячных температур и сумм атмосферных осадков**

Месяцы	Суммарная рад. (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

Вопросы для контроля

1. Что такое среда обитания?
2. Приведите разные типы классификации экологических факторов.
3. Какие кардинальные точки определяют зону жизнедеятельности организмов?
4. В чем отличие в жизнедеятельности организмов в зонах оптимума и пессимума?
5. Каково отличие стенобионтов и эврибионтов?
6. Что определяет толерантность организмов?

Практическая работа № 2

Температура как экологический фактор

Вопросы для обсуждения

1. Тепловой режим как экологический фактор.
2. Адаптации организмов к температурному фактору.

Теоретическая часть

Температура – один из основных экологических факторов на Земле. Она меняется в широком диапазоне в зависимости от природных зон и конкретных условий (вулканическая деятельность, горячие источники, выброс тепла энергетическими установками и др.). Организмы могут выживать только в определенных температурных пределах, к которым приспособлены его обмен веществ. Если температура живой клетки падает ниже точки замерзания, клетка физически повреждается и гибнет в результате образования кристаллов льда. Если же температура слишком высока, происходит денатурация белков. Между этими крайними точками скорость реакции, а значит, и интенсивность метаболизма удваиваются с повышением температуры на каждые 10 градусов. Например, птицы и млекопитающие способны контролировать температуру своего тела благодаря теплокровности. В водной среде из-за высокой теплоемкости воды не происходит резких изменений температуры, и поэтому условия более стабильны, чем на суше. Температура в большей мере, так же как и свет, зависит от географической широты, сезона, времени суток и экспозиции склона и высоты.

По отношению к тому, в каких пределах организмы способны переносить колебания температур, они делятся на две группы – стенотермы и эвритермы. **Стенотермные организмы** — растения и животные, приспособленные к жизни в узком интервале температур и не выносящие резких колебаний температуры. Наиболее типичными их представителями являются обитатели экваториального пояса, арктических и антарктических широт и глубинных слоёв морей и океанов. Например, это водоросли полярных льдов и высокогорных участков, живущие только при температуре около 0 °С. Среди

животных представителем этой группы можно назвать ледяную рыбу, которая обитает в холодных водах Антарктики, где колебания температур составляют всего 2—3 °С. У этой рыбы имеется ещё одна удивительная особенность — кровь у неё прозрачная или белая из-за отсутствия эритроцитов. Такая особенность позволяет понижать вязкость крови, а это обеспечивает необходимое кровообращение в ледяных водах (отсюда и название рыбы).

Эвритермные организмы — растения и животные, приспособленные к жизни в широком интервале температур. Из животных к ним относится большинство представителей птиц и млекопитающих, а из растений — обитатели высоких и умеренных широт, где чётко прослеживаются сезонные колебания температур.

Оборудование: таблицы действия температуры на организмы, гербарии теплолюбивых и холодостойких растений (земляника лесная, ковыль перистый, чий блестящий, лапчатка бесстебельная, багульник, брусника, голубика, карагана гривастая, береза карликовая, карликовая ива), таблицы и иллюстрации теплолюбивых и холодостойких растений, карты климатических поясов, распределение температур в январе и июле.

Задание 1. Определение температурных границ основных тепловых поясов и регионов максимального и минимального поступления тепла на земную поверхность.

Рассмотреть карту климатических поясов, распределения средних месячных температур января и июля (рис.1,2), определить температурные границы поясов и районы, получающие минимальное и максимальное количество тепла в теплый и холодные периоды года северного и южного полушария.

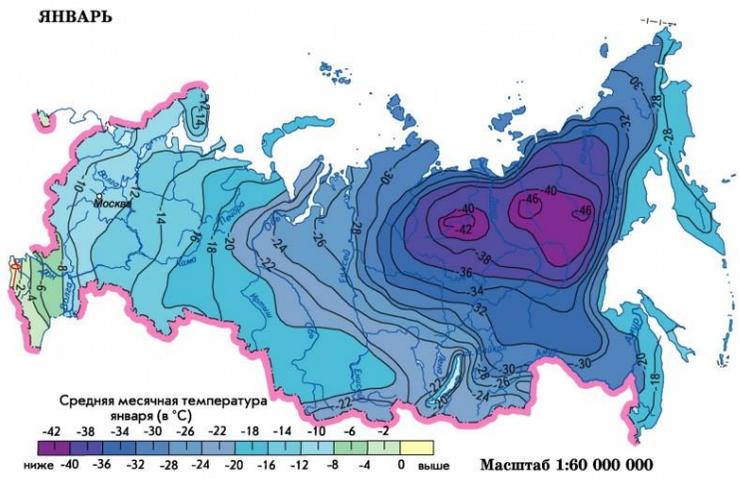


Рис. 1. Распределение температур в январе

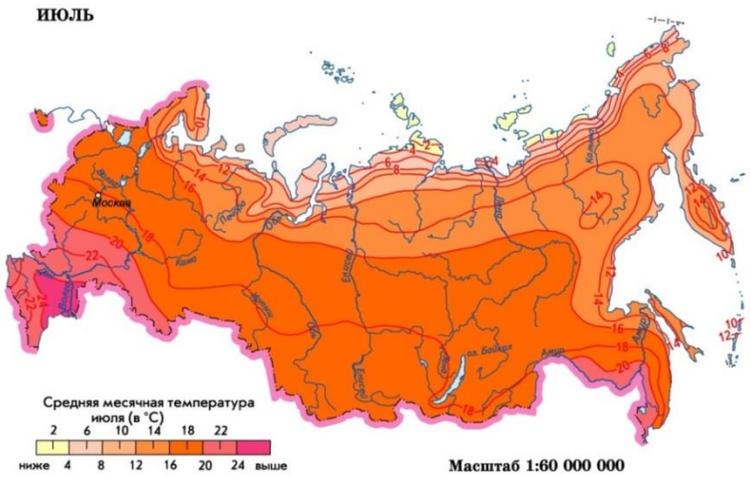


Рис. 2. Распределение температур в июле
(<https://geographyofrussia.com>)

Задание 2. Определение температурных потребностей насекомых.

Проанализировать таблицу 1, определить 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 тепла
1	Платяная моль	893,0
2	Капустная моль	377,0
3	Луговой мотылек	450,0
4	Озимая совка	100,0
5	Шелкопряд-монагиенка	1240,0
6	Рисовый долгоносик	358,0
7	Плодовая муха	250,0

Задание 3. Определение стенотермных и эвритермных растений.

Изучить таблицу 2 и определить эвритермные и стенотермные растения. Пользуясь источниками, выпишите анатомо-морфологические и физиологические адаптации.

Таблица 2

Термоустойчивость листьев (по А. Лархеру, 1978)

Растения	Температура, при которой наступают повреждения, °С	
	Низкая	Высокая
Вечнозеленые древесные прибрежных районов с мягкой зимой	-6...-15	50-55
Летнезеленые деревья и кустарники с широким ареалом	-20...-40	Около 50
Травянистые	-10...-20	40-50
Вечнозеленые хвойные	-40 и ниже	44-50
Альпийские кустарники	-20...-70	48-54
Растения травянистых высокогорий и Арктики	-30...-196	44-54

Задание 4. Работа с гербариями растений.

Особую группу составляют организмы, приспособленные к обитанию в условиях высоких температур — тропиков, субтропиков, горячих источников, жарких пустынь (Сахара, Калахари, пустыни Австралии). Их называют *термофильными* (любящими тепло). К термофилам относят бактерии, сине-зелёные водоросли, растения степей и пустынь.

Термофилы делятся на облигатных и факультативных: облигатные термофилы (также известные как крайние термофилы) постоянно требуют таких высоких температур для роста, но факультативные термофилы (умеренные термофилы) могут расти как при высоких температурах, так и при низких (ниже 50°C). Для некоторых экстремальных термофилов или их называют *гипертермофилами*, оптимальные температуры выше 80°C . К ним относят кипарис, эвкалипт, пробковый дуб, магнолии, шелковую акацию, тополь итальянский, орех грецкий, каштан съедобный (рис.3,4).



Рис. 3. Эвкалипт в Абхазии



Рис. 4. Кипарис вечнозеленый

Организмы, обитающие в условиях устойчиво низких температур называют *криофилами*. Растения называются криофитами. К ним относят виды лиственниц, сосну обыкновенную, ель сибирскую, сосны кедровую сибирскую и стланиковую, можжевельники обыкновенный и ложноказацкий (рис. 5), тополь, осину, березы — повислую и пушистую, ольху серую, рябину обыкновенную, иву козью, тополь душистый. Например, в Якутии лиственница даурская не вымерзает при -70°C (рис. 6). За полярным кругом при такой же температуре выживают лишайники и некоторые виды водорослей. Семена и споры многих растений переносят замораживание при -271°C .



Рис. 5. Можжевельник ложноказацкий



Рис. 6. Лиственница даурская

Рассмотреть гербарии и фотоматериалы термофилов (теплолюбивых) и криофилов (холодостойких). Определить морфологические адаптации к переносу высоких и низких температур. Например, у растений холодного климата адаптации проявляются в виде формирования стелющихся (кедровый стланик) и подушковидных жизненных форм (нанофитон ежовый). Такие растения меньше подвержены воздействию ветра, лучше укрыты снегом зимой, полнее используют тепло почвы летом.

Вопросы для контроля

1. От чего зависят температурные условия местообитания?
2. Какими адаптациями обладают теплолюбивые и холодостойкие растения?
3. Какова роль температуры в процессе фотосинтеза?

Практическая работа № 3

Солнечная радиация как экологический фактор

Вопросы для обсуждения

1. Свет и его экологическое значение.
2. Состав солнечного излучения.
3. Фотопериодизм у организмов.

Теоретическая часть

Свет необходим для жизни, так как это источник энергии для фотосинтеза. Интенсивность света, его качество (длина волны) и продолжительность освещения (фотопериод) могут оказывать различное влияние. На интенсивность света влияет угол падения солнечных лучей на земную поверхность; она изменяется в зависимости от широты, сезона, времени дня и экспозиции склона. Например, в Северном полушарии склоны, обращенные на юг, получают больше солнечного света и температура здесь выше, чем на дне котловин и на склонах северной экспозиции (в Южном полушарии имеет место обратная ситуация). Это оказывает большое влияние на растительность.

Солнечная радиация — поступающая на Землю энергия солнечного излучения в виде потока электромагнитных волн. Солнце распространяет вокруг себя мощное электромагнитное излучение. Всего одна двухмиллиардная его доля попадает в верхние слои атмосферы Земли, но и она составляет огромное число калорий в минуту. Далеко не весь энергетический поток достигает поверхности Земли — большая его часть отбрасывается планетой в мировое пространство. Земля отражает атаку тех лучей, которые губительны для живого вещества планеты. На дальнейшем пути к Земле солнечные лучи встречают препятствия в виде наполняющих атмосферу водяного пара, молекул углекислого газа и частичек пыли, взвешенных в воздухе. Атмосферный «фильтр» поглощает значительную часть лучей, рассеивает их, отражает. Особенно велика отражательная способность облаков. В результате непосредственно земная поверхность получает лишь 2/3 той

радиации, которая пропускается озоновым экраном. Но и из этой части многое отражается в соответствии с отражательной способностью различных поверхностей. На всю поверхность Земли поступает чуть более 100000 калорий на 1 см² в минуту. Эта радиация поглощается растительностью, почвой, поверхностью морей и океанов. Она превращается в тепло, которое расходуется на прогревание слоев атмосферы, движение воздушных и водных масс, на создание всего великого разнообразия форм жизни на Земле (<https://geographyofrussia.com/solnechnaya-radiaciya>).

Солнечная радиация поступает на земную поверхность различными путями: *прямая радиация*: поступление радиации непосредственно от Солнца, если оно не закрыто облаками; *рассеянная радиация*: поступление радиации от небесного свода или облаков, рассеивающих солнечные лучи; *тепловая*: поступление радиации происходит от атмосферы, нагретой в результате воздействия радиации. Прямая и рассеянная радиация поступает только днем. Вместе они составляют суммарную радиацию. Та солнечная радиация, которая остается после потери на отражение от поверхности, называется *поглощенной*.

Фотопериодизм (греч. photos- "свет" и periodos- "круговорот", "чередование") реакция живых организмов (растений и животных) на суточный ритм освещенности, продолжительность светового дня и соотношение между темным и светлым временем суток (фотопериодами).

Термин «фотопериодизм» предложили в американские учёные селекционеры У. Гарнер и Г. Аллард, которые открыли данную реакцию у растений. Оказалось, что многие растения очень чувствительны к изменению длины дня. Под действием реакции фотопериодизма растения переходят от вегетативного роста к зацветанию. Эта особенность является проявлением адаптации растений к условиям существования, и позволяет им переходить к цветению и плодоношению в наиболее благоприятное время года.

За восприятие фотопериодических условий у растений отвечают особые рецепторы листьев (например, фитохром). Растения делят на *длиннодневные*, зацветающие при

непрерывной суточной освещенности более 12 часов, такие как рожь, морковь, лук и *короткодневные*, зацветающие при непрерывной суточной освещенности менее 12 часов, такие как хризантемы, георгины, астры, капуста. Есть и *нейтральные*, для цветения им необходимо 12 часов, например виноград, одуванчики, сирень (Аскенова, 2003). Фотопериодизм известен также у животных — насекомых, рыб, птиц, млекопитающих. Реакция на длину светового дня регулирует начало брачного периода, линьки, зимней спячки и т. д. (Саулич, 2004).

Задание 1. Построение и анализ графиков притока солнечной радиации на земную поверхность.

Для построения 2-х графиков использовать таблицы 1 и 2. На оси абсцисс откладываются показатели годового количества солнечной радиации ($\text{ккал}/\text{см}^2$), а на оси ординат - географическая широта (градусы).

Для анализа графиков изучить карту природных зон (биомов) мира (рис.1), определяя, какие биомы располагаются на указанных широтах. Для анализа использовать также показатели суммарной радиации различных сезонов года.

Таблица 1

Количество солнечной радиации ($\text{ккал}/\text{см}^2$ поступающей на земную поверхность на разных широтах северного полушария, полученное в предположении отсутствия атмосферы (по Б.П. Алисову).

Широта	Летнее полугодие	Год
90 с.ш.	133	133
80 с.ш.	134,5	137,5
70 с.ш.	138,5	152
60 с.ш.	149	182,5
50 с.ш.	161	220
40 с.ш.	170	254
30 с.ш.	175	283
20 с.ш.	174,5	303,5
10 с.ш.	170	317
0	160,5	321

Биологические ритмы организмов

Биологические ритмы	Периодичность	Приспособления организмов
Суточные ритмы		
Годичные ритмы		
Приливо-отливные ритмы		
Фотопериодизм		

Вопросы для контроля

1. Как изменяется приток солнечной радиации на различных широтах при отсутствии и наличии атмосферы?
2. Как характер подстилающей поверхности влияет на поступление солнечной радиации?

Практическая работа № 4**Адаптивные особенности энергетического обмена кедровки в зимний период***Вопросы для обсуждения*

1. Понятие об адаптации организмов.
2. Экологические адаптации живых организмов.

Теоретическая часть

Под **адаптацией** (лат. adaptatio — приспособление, прилаживание) понимается совокупность морфофизиологических, поведенческих, популяционных и других особенностей данного биологического вида, обеспечивающая возможность специфического образа жизни организмов в определенных условиях внешней среды. Адаптации обеспечивают уравнивание свойств живого организма с постоянными или изменяющимися условиями среды. В зависимости от длительности и повторяемости этих изменений адаптации могут носить циклический характер и

быть более или менее стойкими. Сам термин «адаптация» характеризует наличие приспособлений, а не выявление механизмов, лежащих в его основе. Однако все адаптации формируются только путем эволюции при участии естественного отбора в процессе взаимодействия организмов со средой обитания.

Организмы выживают в природе благодаря способности быстро реагировать на воздействие окружающей среды и изменять свои свойства, если изменения условий среды длятся на протяжении большого периода времени.

Среди адаптации, наблюдаемых у растений и животных, различают морфологические, анатомические, физиологические, ритмологические, поведенческие и другие приспособления организмов к условиям среды обитания. Все они, в том числе поведение организма, проявляются как составляющие физиологических адаптаций — наследственно обусловленных и возникающих в процессе индивидуальной жизни организма.

Некоторые экологи, исходя из времени воздействия среды на организм, различают три типа адаптации (цит. по А.Д. Слониму, 1971):

1. Быстрые («острые») изменения в регуляции функций, возникающие в ответ на внешние и внутренние сдвиги, продолжительностью от нескольких секунд до нескольких минут, а иногда и часов.

2. Слабые адаптивные ответы организма на изменения во внешней среде; они включают острые и обратимые процессы и те, что протекают в течение всей индивидуальной жизни организма. Продолжительность этих сдвигов — от 1-2 часов до нескольких лет.

3. Адаптации в эволюционном аспекте, т.е. черты приспособленности, обусловленные генетическими свойствами организмов, выработавшимися у них в процессе эволюции — чрезвычайно медленного процесса, вовлекающего ряд поколений и растянутого во времени на миллионы лет.

В этой классификации сделана попытка отделить элементы адаптации врожденных от приобретенных в течение онтогенеза — индивидуальной жизни организма (Пономарева, 2009).

Экологические факторы в своем воздействии на живые организмы могут: являться *раздражителями*, вызывающими приспособительные изменения физических, биохимических и поведенческих реакций; выступать *ограничителями*, обуславливающими невозможность существования в данных условиях; служить *модификаторами*, вызывающими анатомические и морфологические изменения организмов. Существует два типа приспособления к внешним факторам. Первый - *пассивная адаптация* (по принципу толерантности или выносливости) – подчинение ухудшению внешних условий, жизнедеятельность замедляется или прекращается, но сохраняется способность восстановить экологическую потенцию при возвращении благоприятных условий. Пассивная адаптация присуща растениям и низшим животным.

Активная адаптация – (по принципу резистентности или устойчивости) – при изменении внешних условий внутренняя среда живых организмов остается постоянной – поддерживается гомеостаз внутренней среды. Активная адаптация присуща млекопитающим, птицам, это гомойосмотические или гомойотермные животные.

Задание 1. Исходя из данных по массе тела и калорийности переваренного корма (за сутки) определите специфику энергетического обмена кедровки в ряду зимующих вместе с нею птиц (табл.1).

Таблица 1

Экологические характеристики зимующих птиц

Вид	Средняя масса, г	Перемещение, км/сутки	Калорийность потребленной пищи, ккал	Кол-во калорий на 1 г массы
Каменный глухарь	3079	0,5	680	0,22
Белая куропатка	660	2,1	289	0,43
Гундряная куропатка	476	1,3	281	0,59
Рябчик	403	0,2	252	0,63
Кедровка	168	9,0	64	0,38
Кукша	99	4,0	82	0,83

Поведение кедровки зимой. Распределение времени при длительности светового дня 5,5 ч следующее: поиск и добывание орешков 2,5-3 ч; время на перелеты – 10-15 мин; отдых – 25-30 мин; ночевка – 18,5-20,5 ч. Кедровка делает в августе – сентябре запасы семян кедровой сосны (до 600 кладовых по 100-120 орешков). Суточная потребность птицы примерно 200 орешков. Ночует зимой на одном месте, над головой защита из веток и снега; прижимается к стволу дерева. При морозах ниже -45° С температура кожи снижается на $5-6^{\circ}$ С. Возможна гипотермия тела.

Экологические задачи:

1. Объясните причины действия закона покровов тела: плотность покровов тела млекопитающих и птиц достигает максимума в холодных и засушливых областях.

2. Согласно правилу К. Глогера (1833) виды животных северных и влажных географических зон имеют более интенсивную окраску, чем обитатели южных сухих регионов. В то же время многие виды млекопитающих и птиц Севера имеют белую окраску. Объясните это противоречие.

3. Согласно правилу К. Бергмана (1847), наблюдается зависимость между температурой среды и размерами тела теплокровных животных: в районах сурового арктического и антарктического климата размеры тела больше, чем в тропической зоне. Приведите примеры.

Вопросы для контроля

1. В чем проявляются приспособительный характер деталей поведения кедровки, распределения времени в течение суток, выбора места ночевки и гипотермии тела при сильных морозах?
2. В чем адаптивный смысл избыточности запасов кормов?
3. Охарактеризуйте остальные виды по приведенным данным, в чем их различие?

Лабораторная работа № 1 **Адаптации растений к влажности**

Цель работы: выявление особенности анатомического строения листьев растений различных экологических групп по отношению к водному режиму.

Оборудование: микроскоп, предметные и покровные стекла, препаровальная игла, скальпели или лезвия бритвы, образцы растений различных экологических групп.

Теоретическая часть

Вода — обязательный компонент всех жизненных процессов. Она выступает как составная часть живых клеток, как метаболит, как растворитель. При обезвоживании клетки впадают в анабиоз, в худшем случае гибнут. Особенно много влаги в сочных плодах (85 — 95 % сырой массы), молодых листьях (80—90%), молодых корнях (70 — 90%). Около 50% приходится на долю воды в сырой древесине. Семена содержат от 5 —15 % воды. Вода — один из главных компонентов, участвующих в самом важном физиологическом процессе — фотосинтезе. Четко проявляется климатообразующая роль воды (влажность воздуха и почвы, континентальность климата, регулирование температуры атмосферы). Для водных растений вода — среда обитания.

Естественные источники влаги — атмосферные осадки в виде дождя, снега, тумана, изморози и грунтовые воды. Распределение осадков по территориям определяется близостью океанов, морей, циркуляцией атмосферы, рельефом. Есть районы Земли, где годовая сумма осадков достигает 20 — 30 тыс. мм, и в то же время районы, где годовая сумма не превышает 100 мм (тропические пустыни). Влагообеспеченность территорий зависит не только от годовой суммы осадков, но и от их испаряемости. Если испаряемость превышает годовую сумму осадков, то эту область относят к аридной (сухой), где растения испытывают дефицит влаги — или постоянный (пустыни), или временный (степи). Области с достаточным обеспечением влагой относят к гумидным (влажным). Условия увлажнения

способствовали возникновению у растений различного рода приспособлений, приведших к экологической дифференциации. По отношению древесных пород к влаге их делят на три основные экологические группы — гигрофиты, мезофиты и ксерофиты.

Гигрофиты — растения избыточно увлажненных местообитаний. Корни их или погружены в воду или расположены в избыточно влажной почве (берега рек, озер, морей, сырые прибрежные луга). Для этих растений характерны широкие листья, интенсивное испарение влаги, поверхностная корневая система, часто наличие воздушных корней. К древесным гигрофитам можно отнести ольху черную, ольху бородастую, многие виды ив. Гигрофиты в тропиках образуют мангровые леса (рис.1).

Наиболее характерный признак гигрофитов — отсутствие приспособлений, ограничивающих расходование влаги: незначительное утолщение эпидермиса, слабо развитая сетка жилок, устьица у листьев крупные, но их удельное количество на единицу площади невелико. Часто листья на поверхности имеют волоски из живых клеток эпидермиса для увеличения площади листа. За счёт крупных устьиц растения достигают оптимального регулирования транспирации.



Рис. 1. Мангровые леса в Австралии

Мезофиты — растения среднеувлажненных местообитаний. У них много приспособлений для перенесения в отдельные периоды жизни дефицита влаги в виде завядания, снижения интенсивности транспирации, опушенности органов, частичного сбрасывания листьев и способности продолжать вегетацию после завершения засушливого периода.

К мезофитам относят большинство наших древесных пород: кедровые сосны, лиственницы, пихты, ели, осину, березы, клены, липы, яблони, рябины, луговые и многие лесные травы, сорняки, большая часть культурных растений (рис.2).



Рис. 2. Вороний глаз четырехлистный

Ксерофиты – растения, обитающие в условиях постоянного или сезонного дефицита влаги (рис.3). У них есть целый ряд приспособлений для переживания засушливого периода. Это морфологические, анатомические особенности, особые физиологические свойства, обеспечивающие получение воды из почвы, воздуха и очень экономное ее расходование. К таким приспособительным свойствам можно отнести: – высокое (до 8 106 кПа) осмотическое давление клеточного сока, мощную корневую систему, уменьшение испаряемой площади за счет превращения листьев в чешуйки или их полной потери (эфедра, саксаул, джужгун), свертывание листовой пластинки (каркас),

густое опушение, восковой налет, глубокое заложение устьиц листа.



Рис. 3. Псоралея костянкoвая. Кыргызстан,
(фото В. Колбинцева)

Наземные органы ксерофитов также отличаются своеобразными (так называемыми ксероморфными) чертами, которые носят отпечаток трудных условий водоснабжения. У них сильно развита водопроводящая система, что хорошо заметно по густоте сети жилок в листьях (рис. 4), подводящих воду к тканям. Эта черта облегчает ксерофитам пополнение запасов влаги, расходуемой на транспирацию.

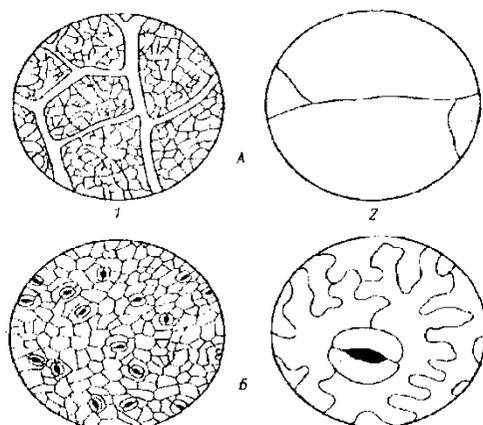


Рис. 4. Различие жилкования (А) размеров и числа устьиц (Б) у ксерофитов и мезофитов (по Келлер Э.Ф., из Шенникова А.П., 1950): 1 - пустынный ксерофит - псоралея костянковая *Psoralea drupacea*, 2 - лесной мезофит – вороний глаз четырехлиственный *Paris quadrifolia*

Устьица у ксерофитов обычно защищены от чрезмерной потери влаги, например, расположены в специальных углублениях в ткани листа («погруженные устьица»), иногда снабженных волосками и прочими дополнительными защитными устройствами.

Ход работы

Для изготовления препарата, препаровальной иглой снять небольшой участок эпидермиса листьев предложенных растений, относящихся к различным экологическим группам. Рассмотреть препарат, зарисовать, отметить особенности строения клеток эпидермы и устьиц (Калашникова, 2013).

Изготовить тонкий поперечный срез листьев водных растений, ксерофитов и мезофитов. Рассмотреть срезы под микроскопом, зарисовать. Сделать выводы.

Вопросы для контроля

1. За счет чего растения могут приспосабливаться к неблагоприятным условиям среды?

2. Охарактеризуйте разные приспособления растений к переживанию одних и тех же неблагоприятных условий среды.

Практическая работа № 5 **Жизненные формы животных**

Вопросы для обсуждения

1. Понятие «жизненная форма».
2. Классификация жизненных форм животных.

Теоретическая часть

Понятие «жизненная форма» определил в 1884 г. при исследовании растительности датский ботаник Й. Варминг: форма, в которой вегетативное тело растения находится в гармонии с внешней средой в течение всей жизни. Термин стал применяться в зоологии лишь в 20-х гг. XX в. У животных жизненные формы поразительно разнообразны, поскольку, во-первых, животные, в отличие от растений, более лабильны (растениям присущ главным образом оседлый способ существования) и, во-вторых, форма их существования непосредственно зависит от поиска и способа добывания ими пищи. Исключения составляют отдельные животные водной среды.

Жизненная форма животных определяется как группа особей со сходными морфоэкологическими приспособлениями для обитания в одинаковой среде. К одной жизненной форме могут относиться разные, иногда систематические далекие виды, например крот и представитель хомяковых — цокор.

Жизненная форма организма — внешний облик, отражающий его приспособленность к определенным условиям среды. Общий вид организма, определяющий ту или иную жизненную форму, является результатом адаптации в процессе эволюции к определенным аспектам окружающей среды. Разнообразные типы строения отражают отношение различных видов к среде обитания. Все виды сообщества (как систематически близкие, так и далекие) могут быть объединены

в группы по жизненным формам — сходству типов приспособления (адаптации) к сходным условиям среды. Многообразие классификаций жизненных форм отражает ту или иную особенность среды обитания организмов и их приспособленности к ней.

В этой работе следует отметить, что иерархические группировки высокого ранга (сборные) могут включать группы животных сходного приспособительного типа адаптаций без сходства габитуса. Предложенная схема демонстрирует примеры конвергенции и параллелизма, приведшие отдаленные филогенетически виды к единой жизненной форме. В качестве примера сходства по морфотипу могут быть использованы формы клювов у колибри, кроншнепа, стенолаза и удода с длинными загнутыми вниз клювами (рис.1).



а) колибри мечеклювый
Ensifera ensifera;



б) кроншнеп большой
Numenius arquata



в) стенолаз краснокрылый
Tichodroma muraria;



г) удода *Урира еропс*:
Фото А. Куксина

Рис. 1. Сходство формы при функциональном различии клювов.

Задание 1. Анализ жизненных форм птиц.

Материал и оборудование: чучела, тушки, фото с изображением птиц.

Выполнение работы. Для анализа жизненных форм можно рекомендовать следующих птиц из разных экологических групп курса зоологии.

Воздухорен:

Парящие высоко в небе: степной орел, бородач, беркут, мохноногий курганник, коршун.

Патрулирующие на небольшой высоте: полевой, луговой, степной и болотный луни.

Орнитофаги: кречет, балобан, сапсан, чеглок, дербник.

Инсектофаги: черный, белопоясный стрижи, скальная и береговая ласточки.

Рассмотрите чучела, тушки и изображения перечисленных выше групп. Проанализируйте набор общих признаков, свойственных видам каждой группы. Заполните таблицу 1.

Таблица 1

Общие признаки разных групп птиц

Признаки	Парящие высоко в небе	Патрулирующие на небольшой высоте	Орнитофаги	Инсектофаги
Крылья				
с большой несущей поверхностью				
широкие				
узкие				
с острыми вершинами				
с тупыми вершинами				
Клюв				
мощный, загнутый, с острым крючком на подклювье				
прямые, слабые				

Ноги				
мощные, когти острые, загнутые				
слабые, когти не острые				

Кустарниково-лесные птицы:

Древолазы.

Способные долбить твердую древесину: черный, большой пестрый, белоспинный, седой, трехпалый дятлы.

Способные долбить мягкую кору и гнилую древесину: красноватый древолаз, самец разноклювой гуйи, поползень.

Отыскивающие насекомых только в щелях и трещинах коры: длинноклювый древолаз, самка разноклювой гуйи, пищуха.

Кронники:

Насекомоядные: теньковка, зарничка, бурая, индийская, зеленая пеночки, серая славка, славка-мельничек, королек.

Семянояды: седоголовый щегол, дубонос, щур, чечевица, снегирь, клест-сосновик.

Водоплавающие птицы:

Специализированные нырцы: гагара чернозобая, поганка большая, баклан большой, крохаль большой.

Факультативные нырцы: чирок-трескунок, чирок-свистун, широконоска, красноголовый нырок.

Наземно-водные: лебедь-кликун, горный гусь, гуменник, пеганка, огарь.

Надводные воздухореи: серебристая чайка, черноголовый хохотун, речная крачка, альбатросы, буревестники, фрегаты.

Околоводные птицы:

Бродные: серый журавль, цапля серая, черный аист.

Болотно-луговые: обыкновенный и азиатский бекасы, лесной и горный дупели.

Болотные лазающие: лысуха, камышница, коростель, пастушок, погоньш.

Работу следует начать с подбора модельных видов для каждой из выделенных группировок. Для этой цели подойдет любой из перечисленных видов каждой группировки. На

примере модельных видов выявите наборы признаков, характеризующих каждую из приведенных жизненных форм. По набору выявленных признаков определите принадлежность каждого вида к определенной жизненной форме. Отметьте степень развития морфологических признаков, указанных в таблице 2.

Таблица 2

Отличительные признаки разных групп птиц

Признаки	Способные долбить твердую древесину	Способные долбить мягкую кору и гнилую древесину	Отыскивающие насекомых только в щелях	Насекомоядные	Семенояды	Водоплавающие	Околоводные
Размеры							
Строение и форма ног, пальцев и когтей							
Строение и форма клюва							
Строение и форма рулевых перьев							

Задание 2. Анализ жизненных форм млекопитающих.

На морфологии млекопитающих, в наибольшей степени сказывается характер их передвижения в разных средах. А.Н. Формозов выделил на этом основании среди зверей следующие адаптивные типы: 1) наземные формы; 2) подземные (землерои); 3) древесные; 4) воздушные; 5) водные.

В пределах каждой группы особенности поступательного движения и образа жизни формируют более специфические приспособительные формы. Так, наземные млекопитающие

передвигаются в основном посредством ходьбы, бега и прыжков, что проявляется в их внешнем облике. Например, прыгающие животные: кенгуру, тушканчики, прыгунчики – отличаются компактным телом с удлиненными задними конечностями и значительно укороченными передними. Очень сильно развиты мышцы – разгибатели спины, увеличивающие мощность толчка. Длинный хвост играет роль балансира и руля, позволяющего резко изменять направление движения. Он служит также дополнительной точкой опоры.

Материал и оборудование: чучела и тушки млекопитающих; фотоматериалы с изображением млекопитающих (крот, цокор, сибирский горный козел, кабарга, волк, лиса, норка, сурок, тушканчик, рукокрылые, бурундук, белка, летяга).

Выполнение работы: рассмотрите чучела, тушки и изображения млекопитающих. Выявите на примерах млекопитающих их жизненные формы в зависимости от среды обитания животных (суша, вода, почва, воздух) и способа передвижения (бег, ходьба, прыганье, лазанье, рытье, полет, плавание). Если животное имеет несколько способов передвижения или сред обитания, укажите их. Результаты занесите в таблицу 3. Проанализируйте признаки, свойственные видам, использующим определенные среды обитания. Сделайте выводы по работе.

Таблица 3

Жизненные формы млекопитающих

Названия животных	Способы передвижения	Среды обитания	Черты приспособления к среде обитания

Вопросы для контроля

1. По каким признакам отличаются животные, ведущие наземно-подземный, наземно-древесный, древесно-воздушный образ жизни?
2. Каковы адаптивные признаки животных, ведущих наземный образ жизни бегущих (хищников, копытных), прыгающих и лазающих?

Практическая работа № 6 Жизненные формы растений

Вопросы для обсуждения

1. Жизненные формы по К. Раункиеру.
2. Классификация жизненных форм покрытосеменных растений по И.Г. Серебрякову.

Теоретическая часть

Одна из первых классификаций жизненных форм была сделана для растений датским ботаником К. Раункиером по одному из признаков, имеющих большое приспособительное значение – положению почек или верхушек побегов в течение неблагоприятного периода года по отношению к поверхности почвы или снежного покрова:

- *эпифиты* (эпифиты были включены в перечень позднее) – воздушные растения, не имеющие корней в почве (мхи, лишайники и др.);

- *фанерофиты* – почки возобновления высоко над землей (деревья, кустарники, лианы);

- *хамефиты* – почки возобновления не выше 20-30см над землей (травянистые растения с побегами, уходящими зимой под снег и не отмирающими);

- *гемикриптофиты* – почки возобновления на поверхности почвы или в ее поверхностном слое, в подстилке (многие луговые растения);

- *криптофиты* – почки возобновления скрыты в почве или под водой, на подземных органах (клубневые или корневищные растения);

- *терофиты* – возобновление после неблагоприятного времени года только семенами (однолетние растения).

Основатель отечественной биоморфологии Иван Григорьевич Серебряков (1914-1969), утверждал, что многие особенности жизненной формы вида унаследованы им от его предков, и габитус растений отражает не только современные экологические условия, но и условия прошлых эпох. Согласно его определению, *жизненная форма* – это своеобразный габитус растений, формирующийся в онтогенезе в результате роста и развития в определенных условиях среды и исторически сложившийся в конкретных почвенно-климатических и ценологических условиях как выражение приспособленности к этим условиям.

И.Г. Серебряков по структуре и длительности жизни наземных осей разделил покрытосеменные растения на 4 отдела (древесные растения, полудревесные растения, наземные травы, водные травы) и 8 типов.

Деревья. К этой жизненной форме относятся многолетние растения с одним одревесневевшим стволом, сохраняющимся на протяжении всей жизни растения. Среди них можно выделить деревья с прямостоячими стволами, «кустовидные» (не многоствольные) и одноствольные с низкими стволами», стланцы с лежащими стволами.

Кустарники представлены большим числом видов. У этих растений одновременно развито много равных по размеру стволов. Главный ствол, имеющийся в начале жизни, живет недолго, и когда он есть, то почти не выделяется по длине среди боковых.

Кустарнички – это третий тип жизненных форм древесных растений. Для них характерен низкий рост стеблей (от 5-7 см до 50-80 см). К ним относятся брусника, черника, вереск, багульник и др.

Полукустарники и полукустарнички – полудревесные растения (степные полыни, прутняк, терескен, эфедра, астрагал и др.). Характерным признаком для этой жизненной формы

является регулярное отмирание верхних частей надземных побегов. Оставшиеся части стеблей одревесневают и в таком виде сохраняются на протяжении нескольких лет. Длина стеблей у полукустарников достигает 30-200 см (у полукустарничков – 50-30 см), тогда как одревесневающая часть у каждого из них измеряется лишь 3-5 или 10-320 см.

Травы. Очень большой и разнообразной группой жизненных форм являются наземные травянистые растения. Их разделяют на две группы: травянистые поликарпики и травянистые монокарпики.

Травянистые поликарпики. Для них характерно то, что их надземные ортотропные побеги ежегодно в конце вегетационного периода отмирают.

Травянистые монокарпики. Многолетние и двулетние монокарпики (морковь, сельдерей, дудник, дорема песчаная, редис, свербига восточная и др.) часто имеют утолщенный корень, в котором содержатся запасные питательные вещества. Среди однолетних монокарпиков есть растения длительного вегетирующие (пастушья сумка, василек синий, дымянка, мак и др.), эфемеры (крупка весенняя, вероника весенняя, проломник), полупаразиты (очанка, погремки, марьяники, мытники и др.) и паразиты (повилика).

Жизненные формы, доминирующие в том или ином сообществе, могут выступать индикаторами условий обитания.

Работа 1. Анализ жизненных форм многолетних растений

Задание 1. Изучите классификацию жизненных форм растений Кристена Раункиера (1905, 1907). Выделите критерий в основе его классификации.

А) Зарисуйте рисунок 1 «Жизненные формы растений по Раункиеру»;

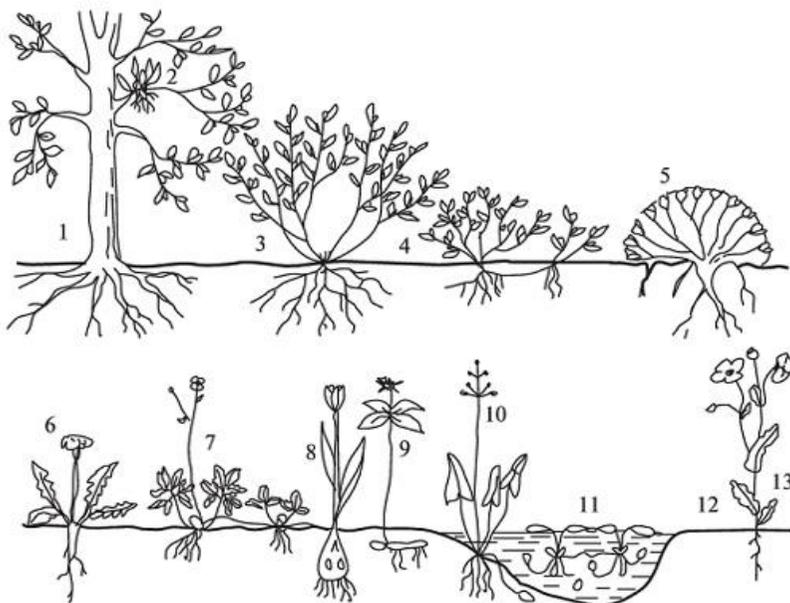


Рис. 1. Жизненные формы растений по Раункиеру:
 1,3 – фанерофиты; 4, 5 – хамефиты;
 6, 7 – гемикриптофиты; 8-11 – криптофиты;
 12 – семя с зародышем; 13 – терофит

Б) Отметьте и обозначьте на рисунке зимующие почки возобновления, уровень их расположения и соотношения отмирающих и перезимовывающих частей растений;

В) заполните таблицу 1. «Жизненные формы растений по К. Раункиеру». Сделать вывод о том, какие принципы лежат в основе этой классификации.

Таблица 1

Жизненные формы растений по К. Раункиеру

Название жизненной формы	Особенности	Представители
Фанерофиты Ph		
Хамефиты Ch		
Гемикриптофиты НК		
Криптофиты К		
Терофиты Th		

Работа 2. Классификация жизненных форм покрытосеменных растений по И.Г. Серебрякову

Задание 1. Зарисуйте рисунок 2, заполните таблицу 2 и ответьте на следующие вопросы:

1. Какие принципы положены в основу разделения на жизненные формы травянистых многолетних растений по данной системе?

2. Каковы адаптивные преимущества растений с вегетативным размножением при помощи надземных и подземных столонов или стелющихся побегов?

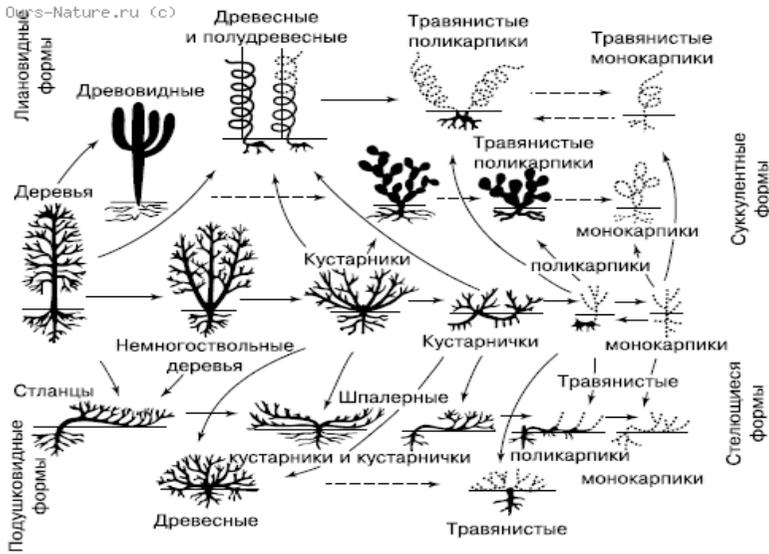


Рис. 2. Параллельные ряды жизненных форм покрытосеменных растений и их предполагаемые связи (по И. Г. Серебрякову, 1955)

Таблица 2

**Характеристика основных типов жизненных форм
цветковых растений**

Отдел Тип Форма	Морфологический признак	Условия среды (экологическая приуроченность)	Представители

Задание 2. Внимательно рассмотрите внешний облик растений. Особое внимание обратите на строение подземных органов. На основе внешнего строения распределите исследуемые виды по категориям жизненных форм, указанных ниже по И.Г. Серебрякову.

Гербарный материал: козлобородник козелецовидный – *Scorzonera Marchalliana* C., смолевка енисейская – *Silene jennisseensis*, качим бурятский – *Gypsophila paniculata* L., подушковидные – нанофитон ежовый *Nanophyton erinaceum*, ветреница дубравная – *Anemone nemorosa*, ковыль Крылова – *Stipa krylovii*, овсяница луговая – *Festuca pratensis* Huds., осока стоповидная – *Carex pediformis*, земляника лесная – *Fragaria vesca* L., лапчатка бесстебельная – *Potentilla acaulis* и т.д.

Стержнекорневые травянистые поликарпики: длинностержнекорневые (шалфей, люцерна, василек, верблюжья колючка), короткостержнекорневые (сон-трава, одуванчик, горечавки, водосбор и др.).

Кистекокорневые и короткокорневищные травянистые поликарпики: кистекокорневые (лютики, подорожники, купальница европейская, сивец луговой, примулы и др.), короткокорневищные (манжетка, купена, ветреница, копытень, горец змеиный, незабудка, ирис и др.).

Дерновинные травянистые поликарпики: плотнокустовые (ковыль, типчак, житняк, чий, белоус, кобрезии, некоторые осоки, пушица и др.), рыхлокустовые (лисохвост, тимофеевка,

овсяница луговая, ежа сборная, душистый голосок), длиннокорневищные (пырей, костер безостый и др.).

Столонообразующие травянистые поликарпики: майник двулистный, фиалка удивительная, адокса мускусная, земляника, клубника, камнеломка пучковатая, живучка ползучая.

Ползучие травянистые поликарпики: луговой чай, вероника лекарственная, зеленчук и др.

Клубнеобразующие травянистые поликарпики: любка двулистная, ятрышники, борец круглолистный, таволга шестилепестковая, хлорофитум комковатый и др.

Корнеотпрысковые травянистые поликарпики: льнянка обыкновенная, осот полевой, бодяк, щавелек и др.

Подушковидные растения. Для всех них характерны чрезвычайно маленький годичный прирост главной оси и очень сильное ветвление боковых побегов, которые, располагаясь радиально или этажами, создают компактную форму «подушки».

Вопросы для контроля

1. В каких условиях адаптивна форма растений перекасти-поле?
2. Почему подушковидные растения распространены преимущественно в высоких широтах и высокогорье?
3. Почему плотнодерновинные злаки характерны в основном для степей и болот?
4. В каких условиях проявляется преимущественно длинностержнекорневых растений?
5. В каких условиях водоснабжения обитают обычно кистекорневые растения?
6. Какие почвы наиболее удобны для длиннокорневищных трав – рыхлые и увлажненные или плотные и сухие?

Литература к разделу

1. Алисов Б.П., Полтораус Б.В. Климатология: учебник для геогр. фак. ун-тов, специализирующихся по метеорологии и климатологии. — М.: Издательство Московского университета, 1974. — 299 с.
2. Аксенова Л. А. Физиология растений. — М. Изд-во ОЛ ВЗМШ, 2003. – 95 с.

3. Житина Ю.И. Экология: учебное пособие для студ. ВУЗ. – М: Академ. проект: Трикса, 2008. – 283 с.
4. Кондратьев К.Я., Дьяченко Л.Н., Козодеров В.В. Радиационный баланс Земли. – Л.: Гидрометеоздат, 1988. — 350 с.
5. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология: учебник. – 12-е изд. – Ростов на Дону: «Феникс», 2007. – 602 с.
6. Лархер, В. Экология растений / Перевод с нем. Д.П. Викторова; Под ред. Т.А. Работнова. – Москва : Мир, 1978. - 384 с.
7. Пономарева И.Н. Общая экология: учебное пособие / И.Н. Пономарева, В.П. Соломин, О.А. Корнилова. – Ростов н / Д: Феникс, 2009. – 538 с.
8. Саулич А.Х., Волкович Т.А. Экология фотопериодизма насекомых (уч. пособие). - СПб: Изд-во СПбГУ, 2004. – 281 с.
9. Чернова Н.М., Былова А.М. Общая экология: учебник. – М.: Дрофа, 2004. – 411 с.
10. Чернова Н.М. Лабораторный практикум по экологии: учебное пособие для студентов пед. ин-тов по биолог. спец. – М.: Изд-во Просвещение, 1986. – 97 с.
11. Слоним А.Д. Экологическая физиология животных. – М.: Высшая школа, 1971. – 448 с.

Интернет-ресурсы

1. <https://.lektsii.org/>
2. <http://ggf.bsu.edu.ru/EIBook/Ekologia/>
3. <https://geographyofrussia.com/>

РАЗДЕЛ 2. ОСНОВЫ БИОГЕОЦЕНОЛОГИИ

Практическая работа № 7 Экологические системы

Вопросы для обсуждения

1. Понятие об экосистемах.
2. Поток энергии в экосистемах.
3. Биологическая продуктивность экосистем.

Теоретическая часть

Термин «*экосистема*» был предложен в 1935 г. английским фитоценологом Артуром Тенсли, который подчеркивал, что при таком подходе неорганические и органические факторы выступают как равноправные компоненты и мы не можем отделить организмы от конкретной окружающей их среды. А. Тенсли рассматривал экосистемы как основные единицы природы на поверхности Земли, хотя они и не имеют определенного объема и могут охватывать пространство любой протяженности.

Экосистема – совокупность растений, животных и микроорганизмов, обитающих на определенной территории неопределенно долгое время при наличии круговорота веществ и энергии. Для поддержания круговорота веществ в системе необходимо наличие запаса неорганических молекул в усвояемой форме и трех функционально различных экологических групп организмов: продуцентов, консументов и редуцентов.

Продуцентами выступают автотрофные организмы, способные строить свои тела за счет неорганических соединений. *Консументы* – это гетеротрофные организмы, потребляющие органическое вещество продуцентов или других консументов и трансформирующие его в новые формы. *Редуценты* живут за счет мертвого органического вещества, переводя его вновь в неорганические соединения. Классификация эта относительная, так как и консументы, и сами продуценты выступают частично в роли редуцентов, в течение

жизни выделяя в окружающую среду минеральные продукты обмена веществ.

Поддержание жизнедеятельности организмов и круговорот вещества в экосистемах возможны только за счет постоянного притока энергии (рис.1). В конечном счете, вся жизнь на Земле существует за счет энергии солнечного излучения, которая переводится фотосинтезирующими организмами в химические связи органических соединений.

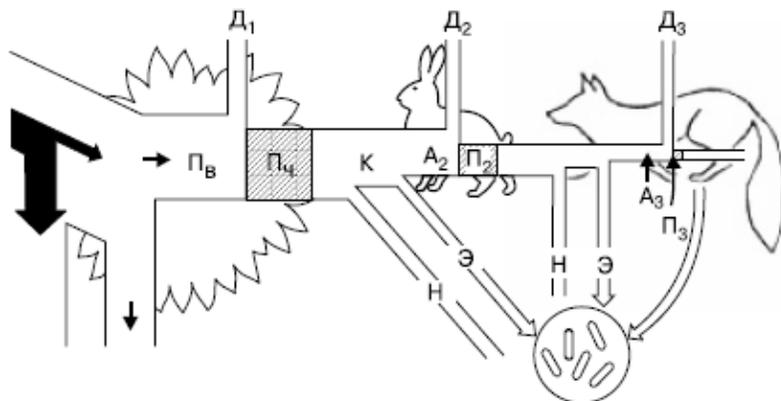


Рис. 1. Поток энергии через три уровня простой пищевой цепи (по П. Дювиньо и М. Тангу, 1968): P_v – продукция валовая; P_n – продукция чистая; K – продукция, использованная на корм; A_2, A_3 – корм, ассимилированный консументами; n – неиспользованная часть продукции; P_2 – вторичная продукция (травоядные); P_3 – прирост хищников; D_1 - D_3 – траты энергии на обмен веществ (траты на дыхание) на разных уровнях пищевой цепи

Путь каждой конкретной порции энергии, накопленной зелеными растениями, короток. Она может передаваться не более чем через 4–6 звеньев ряда, состоящего из последовательно питающихся друг другом организмов. Такие ряды, в которых можно проследить пути расходования изначальной дозы энергии, называют **цепями питания**. Место каждого звена в цепи питания называют **трофическим уровнем**.

Скорость, с которой продуценты экосистемы фиксируют солнечную энергию в химических связях синтезируемого органического вещества, определяет **продуктивность** сообществ. Органическую массу, создаваемую растениями за единицу времени, называют **первичной продукцией** сообщества. Продукцию выражают количественно в сырой или сухой массе растений либо в энергетических единицах – эквивалентном числе джоулей.

Валовая первичная продукция – количество вещества, создаваемого растениями за единицу времени при данной скорости фотосинтеза. Часть этой продукции идет на поддержание жизнедеятельности самих растений (траты на дыхание). Эта часть может быть достаточно большой. В тропических лесах и зрелых лесах умеренного пояса она составляет от 40 до 70 % валовой продукции. Планктонные водоросли используют на метаболизм около 40 % фиксируемой энергии. Такого же порядка траты на дыхание у большинства сельскохозяйственных культур. Оставшаяся часть созданной органической массы характеризует **чистую первичную продукцию**, которая представляет собой величину прироста растений. Чистая первичная продукция – это энергетический резерв для консументов и редуцентов. Перерабатываясь в цепях питания, она идет на пополнение массы гетеротрофных организмов. Прирост за единицу времени массы консументов – это **вторичная продукция** сообщества. Вторичную продукцию вычисляют отдельно для каждого трофического уровня, так как прирост массы на каждом из них происходит за счет энергии, поступающей с предыдущего.

Задание 1. Используя данные таблицы 1, определите участие (в %) различных типов экосистем Земли в формировании биомассы и чистой первичной продукции (ЧПП) биосферы.

Таблица 1

Чистая первичная продукция и растительная биомасса Земли
(Уиттекер, 1980)

Тип экосистемы	Площадь, 10^6 км^2	ЧПП, $\text{г/м}^2 \cdot \text{год}$	Мировая ЧПП, 10^9 т/год	Биомасса, кг/м^2	Глобальная биомасса, 10^9 т
Тропический дождевой лес	17	2200	37,4	45	765
Тропический сезонный лес	7,5	1600	12,0	35	260
Вечнозеленый лес умеренной зоны	5,0	1300	6,5	35	175
Листопадный лес умеренной зоны	7,0	1200	8,4	30	210
Бореальный лес	12,0	800	9,6	20	240
Редколесье и кустарники	8,5	700	6,0	6	50
Саванна	15,0	900	13,5	4	60
Злаковники умеренной зоны	9,0	600	5,4	1,6	14
Тундра и альпийская растительность	8,0	140	1,1	0,6	5
Пустынная и полупустынная растительность (полукустарники и кустарники)	18	90	1,6	0,7	13
Экстремальные пустыни, скалы, пески и лед	24,0	3	0,07	0,02	0,5

Возделываемые земли	14,0	650	9,1	1	14
Болота	2,0	2000	4,0	15	30
Озера и реки	2,0	250	0,5	0,02	0,05
Все континенты	149,0	773	115	12,3	1837
Открытый океан	332,0	125	41,5	0,003	1,0
Зоны подъема глубинных вод на поверхность	0,4	500	0,2	0,02	0,008
Континентальный шельф	26,6	360	9,6	0,01	0,27
Заросли водорослей и рифы	0,6	2500	1,6	2	1,2
Речные дельты	1,4	1500	2,1	1	1,4
Мировой океан	361	152	55,0	0,01	3,9
Всего	510	333	170	3,6	1841

Проведите оценку продуктивности экосистем Земли, приняв за 100 баллов продуктивность тропического дождевого леса.

Сравните экосистемы континентов и океана по показателям биомассы и продуктивности. Объясните причину различия показателей биомассы и продуктивности экосистем Мирового океана и континентов.

Задание 2. В табл. 2 приведены показатели, характеризующие продуктивность основных биомов Земли. Используя эти данные, а также привлекая данные из табл. 1, оцените:

1) эффективность формирования чистой первичной продукции ($\text{г}/\text{м}^2$ листовой поверхности в год);

2) эффективность продуктивности хлорофилла разных типов экосистем ($\text{г}/\text{г}$ хлорофилла);

3) скорость биологического круговорота в наземных экосистемах по отношению массы подстилки к массе чистой первичной продукции;

4) степень использования чистой первичной продукции животными (%);

5) степень перехода органического вещества растений в животное органическое вещество (%).

Таблица 2

**Характеристика продуктивности биосферы по основным экосистемам земного шара
(Уиттекер, 1980)**

Тип экосистемы	Хлорофилл, 106 т	Листовая поверхность, 106 км ²	Масса подстилки, 109 т	Потребление животными, 106 т/год	Продукция животных, 106 т/год	Биомасса животных, 106 т
Тропический дождевой лес	51	136	3,4	2600	260	330
Тропический сезонный лес	18,8	38	3,8	720	72	90
Вечнозеленый лес умеренной зоны	17,5	60	15,0	260	26	50
Листопадный лес умеренной зоны	14,0	35	14	420	42	110
Бореальный лес	36,0	144	48,0	380	38	57
Редколесье и кустарники	13,6	34	5,1	300	30	40
Саванна	22,5	60	3,0	2000	300	220
Злаковники умеренной зоны	11,7	32	3,6	540	80	60
Тундра и альпийская растительность	4,0	16	8,0	33	3	3,5

Пустынная и полупустынная растительность (полукустарники и кустарники)	9,0	18	0,36	48	7	8
Экстремальные пустыни, скалы, пески и лед	0,5	1,2	0,03	0,2	0,02	0,02
Возделываемые земли	21,0	56	1,4	90	9	6
Болота	6,0	14	5,0	320	32	20
Озера и реки	0,5			100	10	10
Все континенты	226	644	111	7810	909	1005
Открытый океан	10,0			16600	2500	800
Зоны подъема глубинных вод на поверхность	0,1			70	11	4
Континентальный шельф	5,3			3000	430	160
Заросли водорослей и рифы	1,2			240	36	12
Речные дельты	1,4			320	48	21
Мировой океан	18,0			20230	3025	997
Всего	244			28040	3934	2002

Задание 3. Было установлено, что на альпийских лугах Кавказа общая надземная фитомасса луга составляет 230 г/м^2 , запас подстилки – 120 г/ м^2 , в течение вегетационного периода успевают разложиться около 110 г/ м^2 опада. Длительность пищевой активности кивсяков – 4 месяца в году.

Кивсяки – одна из самых распространённых и богатых видами групп многоножек (рис.2). Они распространены практически всесветно, за исключением Антарктиды и полярных областей. Кивсяки очень разнообразны, их размеры варьируют от 3 миллиметров до 28 сантиметров. Все кивсяки – сапрофитофаги: потребляют преимущественно травяной, листовой и древесинный опад. В лесах кивсяки играют полезную роль как активные разрушители спада, который они измельчают и перемешивают с минеральными частицами верхнего горизонта почвы. В кишечнике кивсяков начинается минерализация органических веществ, которая заканчивается в их экскрементах при участии почвенной микрофлоры. Кивсяки способствуют формированию мягкого гумуса.



Рис. 2. Кивсяки

Рассчитайте, какую долю общей массы разлагающихся за год гниющих остатков способны разрушить кивсяки в данной экосистеме.

Таблица 3

Роль сапрофитов в биологическом круговороте веществ

Группа	Масса, мг	Число особей на 1 м ²	Суточный рацион, мг/ особь	Усвояемость, %
I	ДО 25	17	3,0	84,6
II	26-50	34	3,2	81,2
III	51-75	34	2,8	84,6
IV	76-100	34	3,0	83,3
V	101-150	34	9,1	77,5
VI	151-200	5	9,1	77,5

На основании полученных данных оцените роль популяции кивсяков в разложении подстилки на лугах Кавказа (табл.3). Сделайте вывод об участии данного вида в круговороте веществ.

Задание для самостоятельной работы

Подготовить выступления по следующим темам:

1. Пустыни: тропические пустыни (например, Южная Сахара); пустыни умеренных широт (например, Мохаве в Южной Калифорнии), холодные пустыни (Гоби).
2. Травянистые экосистемы: тропические травянистые экосистемы (например, равнина, Серенгети в Африке), травянистые системы умеренных широт (например, Северная и Южная Америка, Европа, Азия), полярные травянистые экосистемы или тундры
3. Лесные экосистемы: влажные тропические леса, листопадные леса умеренных широт, северные и хвойные леса.
4. Водные экосистемы: мирового океана, континентальных стоячих водоемов (озера, болота), экосистема водотоков (реки, ручьи)

Вопросы для контроля

1. Что такое экологическая система? Из каких компонентов состоят экосистемы?
2. Что такое продуктивность экосистемы?

3. Чем отличаются большой и малый круговороты веществ?
4. Какие процессы лежат в основе круговорота азота и фосфора?
5. Как влияет человек на биогеохимический цикл фосфора?

Практическая работа № 8

Структура биоценоза

Вопросы для обсуждения

1. Понятие о биоценозе.
2. Структура биоценоза:
 - А) видовая;
 - Б) пространственная;
 - В) экологическая.

Теоретическая часть

Понятие «биоценоз» – одно из важнейших в экологии. Этот термин был предложен в 1877 г. немецким гидробиологом К. Мёбиусом, изучавшим места обитания устриц в Северном море. Он установил, что устрицы могут жить лишь в определенных условиях (глубина, течения, характер грунта, температура воды, соленость и т. п.) и что вместе с ними постоянно обитает определенный набор других видов – моллюсков, рыб, ракообразных, иглокожих, червей, кишечнополостных, губок. Мёбиус обратил внимание на закономерность такого сожительства: все они связаны между собой и подвержены влиянию окружающих условий.

Биоценоз (от гр. *bios* – жизнь, *koinos* – общий) – совокупность растений, грибов, животных и микроорганизмов, имеющая определенный состав и сложившийся характер взаимоотношений как между собой, так и со средой. Дальнейшее изучение закономерностей сложения и развития биоценозов привело к возникновению особого раздела общей экологии – биоценологии.

В состав биоценоза входят такие компоненты, как растительный, он представлен тем или иным растительным сообществом — *фитоценозом*; животный компонент —

зооценоз; микроорганизмы образуют в почве, в водной или воздушной среде микробные биоконплексы — *микробиоценозы*. Конкретные сообщества складываются в строго определенных условиях окружающей среды (почва и грунтовые воды, климат, осадки). Взаимодействуя с компонентами биоценоза (растениями, микроорганизмами и др.), почва и грунтовые воды образуют *эдафотон*, а атмосфера — *климатон*. Компоненты, относящиеся к неживой природе, образуют косное единство — *экотон*. Относительно однородное по абиотическим факторам среды пространство, занятое биоценозом, называют *биотопом*.

Видовая структура определяется видовым составом биоценоза и соотношением численности (или биомасс как суммарной массы особей конкретного вида, отнесенной к единице площади или объема) всех входящих в него популяций. Видовая структура отражает видовое богатство и видовое разнообразие. *Видовое богатство* — это общий набор видов сообщества, который выражается списками представителей разных групп организмов. *Видовое разнообразие* — это показатель, отражающий не только качественный состав биоценоза, но и количественные взаимоотношения видов. Видовой состав биоценозов, кроме того, зависит от длительности их существования, истории каждого биоценоза.

Пространственная структура наземного биоценоза определяется прежде всего сложением его растительной части — фитоценоза, распределением наземной и подземной массы растений. Например, ярусность леса (травянистый, кустарниковый и древесный ярусы) часто оказывается следствием межвидовой конкуренции за свет и воду у растений. Ярусность в распределении животных — межвидовая конкуренция за пищу. Например, среди птиц есть виды, гнездящиеся только на земле (куриные, тетеревиные, коньки, овсянки и др.), другие — в кустарниковом ярусе (дрозды, горихвостки, жуланы, славки) или в кронах деревьев (зяблики, щеглы, крупные хищники и др.).

Разные типы биоценозов характеризуются определенным соотношением экологических групп организмов, которое выражает экологическую структуру сообщества. Биоценозы со сходной экологической структурой могут иметь разный видовой

состав. Экологическую структуру сообществ отражает также соотношение таких групп организмов, как гигрофиты, мезофиты и ксерофиты среди растений или гигрофилы, мезофилы и ксерофилы среди животных, а также спектры жизненных форм. Например, в сухих аридных условиях растительность характеризуется преобладанием склерофитов (мирт, маслины, саксаул, ковыль, типчак) и суккулентов (молочай, очиток, агавовые).

Структура биоценозов поддерживается во времени. Такое устойчивое состояние структуры биоценоза за счет взаимодействия всех его элементов называется гомеостазом.

Задание 1. Приведенные ниже сокращенные видовые составы сообществ широколиственного леса и луговой степи дифференцируйте в виде схемы согласно их вертикальной структуре (ярусности).

Выявите доминирующие виды растений в травянистом ярусе двух фитоценозов. Составьте гистограммы спектров жизненных форм растений в травянистом ярусе широколиственного леса и пойменного луга: по соотношению видов, по обилию.

При этом виды расположите в порядке снижения их значимости, ориентируясь на оценки обилия по шкале Друде. Растения и животных обозначайте условными знаками. Обозначения приводите по шкале обилия О. Друде (табл. 3).

Таблица 1

Видовой состав сообщества смешанного леса

Растения (высота; обилие [*])	Беспозвоночные	Птицы	Млекопитающие
Боярышник (1,8 м; сор ₁) Лиственница сибирская (20 м; сор ₃) Звездчатка жестколистная (20 см; сор ₁)	Дождевые черви; Жуки- мервоеды; Жуки-листоеды; Комары; Мокрицы; Муравьи;	Славка- завирушка; Зяблик; Неясыть бородатая; Певчий дрозд; Пестрый дятел;	Ящерица живородящая; Заяц беляк; Бурозубка; Косуля; Крот; Лесная полевка; Белка

Береза повислая – подрост (до 3 м; сор ₂) Вороний глаз (10 см; sol) Шиповник (до 3 м; сор ₂) Осока волосистая (30 см; сор ₁) Сныть обыкновенная (30 см; сор ₃) Фиалка удивительная (15 см; sp) Черемуха обыкновенная (10 м; сор ₁) Малина (12 м; сор ₁)	Пауки; Осы; Шелкопряд сибирский (гусеницы).	Пищуха обыкновенная; Поползень.	обыкновенная; Медведь; Волк.
--	---	------------------------------------	------------------------------------

Таблица 2

Видовой состав сообщества настоящей степи

Растения (высота; обилие)	Беспозвоночные	Птицы	Млекопитающие
Костер безостый (до 70 см, сор ₁) Ковыль перистый (50-60 см, сор) Тимофеевка луговая (50-60 см, sp) Живокость клинолистная (50-60 см, sol) Шалфей	Жуки-чернотелки; Жуки-шелкуны; Бабочки; Муравьи; Клопы; Жуки-жужелицы; Долгоносики; Саранча.	Жаворонок полевой; Трясогузка желтая; Конек степной; Каменка-плясунья; Куропатка бородатая; Лунь полевой; Пустельга обыкновенная.	Полевка-экономка; Суслик длиннохвостый; Тарбаган; Заяц-толай; Волк.

луговой (40-50 см, сор ₂) Подмаренник настоящий (40-50 см, сор ₁)			
--	--	--	--

Для каждого яруса биоценозов определите ведущий процесс функционирования (формирование микроклимата сообщества, усвоение солнечной энергии, образование первичной продукции, ее потребление, разложение органического вещества, возобновление сообщества и др.). Дайте название растительной ассоциации, используя классификацию по доминантным видам. Какой абиотический фактор определяет вертикальную структуру биоценозов? Приведите примеры.

Таблица 3

Шкала обилия Друде

Обозначение	Расстояние между растениями	Оценка обилия	Виды растений (примеры)
Soc (Socials)	0 см	Растительность образует сплошной покров	Мох
Сор 3	От 0 до 20 см	Очень обильно	Вороний глаз
Сор 2	От 20 до 40 см	Обильно	Земляника
Сор 1	От 40 до 100 см	Довольно обильно по окраине	Пихта, ива
Sp. (sparsae)	От 100 до 150 см	Рассеяно	Малина, черемша
Sol (solitariae)	Более 150 см	Единично	Рябина
Rr (rarissime)		Очень редко	Сосна, смородина
Un (unicum)		Единственный экземпляр	Боярышник

Задание 2. При обследовании двух фитоценозов, первый располагался на территории заповедника, второй в соседнем лесу, где отдыхают люди выявили следующие виды:

А) Список видов первого фитоценоза: лиственница сибирская, береза, осока волосистая, мужской щитовник, горец птичий, сныть обыкновенная, земляника лесная, эдельвейс бледно-желтый, венерин башмачок настоящий.

Б) Список видов нарушенного фитоценоза: лиственница сибирская, береза, одуванчик лекарственный, подорожник большой, осока волосистая, земляника лесная, сныть обыкновенная, крапива двудомная, лопух большой.

Рассчитайте индекс сходства двух фитоценозов, используя формулу Жаккара

$$K = C \times 100\% / (A + B) - C,$$

где А — число видов данной группы в первом сообществе, В — во втором, а С — число видов, общих для обоих сообществ. Индекс выражается в процентах сходства.

Составьте гистограммы спектров жизненных форм растений в травянистом ярусе двух фитоценозов. Выпишите названия видов, которые исчезли из второго сообщества под действием вытаптывания. Выпишите названия видов, которые появились в дубраве благодаря вытаптыванию и другим процессам, сопутствующим отдыху людей в лесу. Используя дополнительную литературу, запишите против каждого названия вида растений его краткую экологическую характеристику: биотопы, жизненные формы, толерантность (терпимость к факторам).

Вопросы для контроля

1. Что такое биоценоз? Кто ввел в экологию это понятие?
2. Какие термины используют для обозначения разновидовых объединений организмов, более мелких, чем биоценоз?
3. Что такое структура биоценоза? Как ее изучают и описывают?
4. В чем разница между видовым богатством и видовым разнообразием биоценоза?
5. Что такое пространственная структура биоценоза? Что называют ярусностью и мозаичностью?

6. Приведите примеры растений и животных, входящих в разные ярусы биоценоза.

7. Что такое экологическая структура биоценоза? Какие критерии обычно используют при выделении экологических групп организмов?

Практическая работа № 9 **Динамика экосистем**

Вопросы для обсуждения

1. Циклические изменения.
2. Поступательные изменения.
3. Агрэкосистемы.

Теоретическая часть

Любой биоценоз динамичен, в нем постоянно происходит изменение в состоянии и жизнедеятельности его членов и соотношении популяций. Все многообразные изменения, происходящие в любом сообществе, можно отнести к двум основным типам: циклические и поступательные.

Циклические изменения сообществ отражают суточную, сезонную и многолетнюю периодичность внешних условий и проявления эндогенных ритмов организмов.

Суточные преобразования в биоценозах обычно выражены тем сильнее, чем значительнее разница температур, влажности и других факторов среды днем и ночью. Так, в песчаных ландшафтах Убсунурской котловины жизнь летом в полуденные часы замирает. Ночью пустыня оживает. Ночных и сумеречных животных здесь больше, чем дневных. Активно действуют жуки-копрофаги, вылетают козодои, домовые сычи, кормятся тушканчики, корсаки.

Сезонные ритмы сообществ наиболее отчетливо выражены в климатических зонах и областях с контрастными условиями лета и зимы. На определенное время года многие виды практически полностью выключаются из жизни сообщества, переходя в состояние глубокого покоя (оцепенения,

спячки, диапаузы), переживая неблагоприятный период на стадии яиц и семян, перекочевывая или улетаая в другие биотопы или географические районы.

Многолетняя изменчивость зависит от изменения по годам метеорологических условий (климатических флюктуации) или других внешних факторов, действующих на сообщество (например, степени разлива рек). Кроме того, многолетняя периодичность может быть связана с особенностями жизненного цикла растений-эдификаторов, с повторением массовых размножений животных или патогенных для растений микроорганизмов.

Поступательные изменения в экосистеме приводят в конечном итоге к смене одного биоценоза другим, с иным набором доминирующих видов. Различают *экзо* – и *эндогенетические смены*. Причинами *экзогенетических смен* являются внешние по отношению к биоценозу факторы, действующие длительное время в одном направлении (загрязнение водоема, иссушение болотных почв в результате мелиорации, усиленный выпас скота и др.).

Агроэкосистемы (сельскохозяйственные экосистемы), создаваемые человеком для получения высокой чистой продукции автотрофов (урожая). В настоящее время пахотными землями и пастбищами занято свыше 30 % суши, и деятельность людей по поддержанию этих систем превращается в глобальный экологический фактор.

Несмотря на значительную упрощенность агроэкосистем, в них все же сохраняется множество биоценологических связей, в конечном счете влияющих на судьбу урожая. Условия, которым в идеале должны соответствовать поля сельскохозяйственных культур, – быть высокопродуктивными и вместе с тем стабильными – с экологической точки зрения несовместимы.

В природных экосистемах первичная продукция растений потребляется в многочисленных цепях питания и вновь возвращается в виде минеральных солей и углекислого газа в систему биологического круговорота. Ограждая урожай от его природных потребителей, отчуждая его и заменяя естественный опад органическими и минеральными удобрениями, мы

обрываем множество цепей питания и дисбалансируем сообщество.

По существу, все усилия по созданию высокой чистой продукции отдельных культур в пользу человека есть борьба «против природы», которая требует большой затраты труда и материальных средств. Все искусственно создаваемые в сельскохозяйственной практике экосистемы полей, садов, пастбищных лугов, огородов, теплиц и других агроценозов представляют собой системы, специально поддерживаемые человеком на начальных стадиях сукцессионных преобразований. В агроценозах используется именно свойство пионерных сообществ производить высокую чистую продукцию. Но такие сообщества и в природе неустойчивы, не способны к самовозобновлению и саморегулированию, подвержены угрозе гибели от массового размножения вредителей или болезней. Они требуют неустанной деятельности по их поддержанию со стороны человека.

Задание 1. На рис. 1 показано изменение степных сообществ под влиянием выпаса разных видов скота (зоогенная сукцессия). Определите, как изменяются структурные и функциональные характеристики сообществ при разном уровне воздействия выпаса.

Как различаются эти изменения, в зависимости от вида выпасаемых животных? Попытайтесь объяснить направленность изменений.

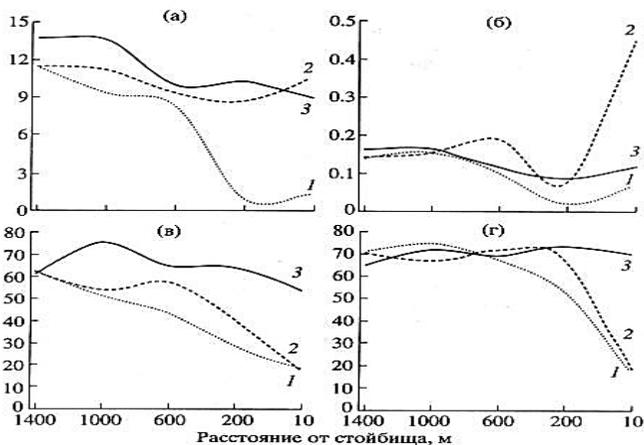


Рис. 1. Изменение степных сообществ под влиянием выпаса разных видов скота (по: Юнусбаев, Мусина, Суяндуклов, 2003): 1 – выпас овец, 2 – выпас коров, 3 – выпас лошадей; а – запас надземной фитомассы в сухом весе, ц/га;

б – отношение надземной фитомассы к подземной; в – видовое богатство, число видов на 100 м²; г – доля видов, слагающих естественные степные сообщества, %

Задание 2. В равнинных ландшафтах реки, меандрируя, формируют отложения песка, на которых начинаются первичные сукцессии. Изобразите схему этого явления, расположив последовательно серийные сообщества: пионерные, с доминированием тополя, ивы, липы, вяза, ольхи черной. Как повлияет на протекание данного явления: а) вырубка лесов в водосборе реки; б) облесение водосбора; в) вырубка леса в пойме?

Задание 3. В экосистеме солоноватого озера в конце июня – начале июля наблюдается массовое размножение («цветение») сине-зеленых водорослей (*Cyanophyta*). 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.

Задание 4. Для восстановления таежной экосистемы после рубки потребуется около 150-250 лет. Тот же процесс на равнинах занимает 100-150 лет. С чем это связано?

Задание 5. Приведите соотношение видов в разных типах агроэкосистем. Заполните таблицу 1.

Виды растений: чайный куст, дерево какао, плодовые сады, сахарный тростник, ягодники, технические и лекарственные культуры, отгонные пастбища: тундровые, пустынные, горные; виноградники; территории интенсивного «индустриализованного» производства молока, мяса, яиц и другой продукции на основе снабжения системы веществом и энергией извне; лесные пастбища; ротации зерновых, бобовых, фуражных культур; улучшенные пастбища: сенокосы, окультуренные луга; корнеплодные и овощные культуры.

Таблица 1

Классификация агроэкосистем по видам землепользования

№	Агроэкосистемы	Их компоненты
1	Богарные, орошаемые и бахчевые	
2	Плантационные	
3	Садовые	
4	Пастбищные	
5	Агропромышленные	

Вопросы для контроля

1. Что такое сукцессия и причина её возникновения? В чём сущность первичной и вторичной сукцессии?
2. Каковы последствия антропогенной эвтрофикации водоёмов?
3. Что представляют собой агроэкосистемы?
4. К чему приведет обогащение удобрениями сельскохозяйственных угодий?
5. Кто замыкает пищевую цепь агроэкосистемы?

Лабораторная работа № 2

Сукцессии простейших в сennom настое

Вопросы для обсуждения

1. Понятие сукцессии.
2. Типы сукцессий.

Теоретическая часть

Сукцессия (от лат. *successio* — преемственность, наследование) — это постепенная, необратимая, направленная смена одних биоценозов другими на одной и той же территории под влиянием природных факторов или воздействия человека.

Термин «сукцессия» впервые употребил французский ботаник Д. Люк в 1806 г. для обозначения смен растительности. Это один из ключевых терминов современной экологии.

Примерами сукцессий являются постепенное зарастание сыпучих песков, каменистых россыпей, отмелей, заселение растительными и животными организмами заброшенных сельскохозяйственных земель (пашни), залежей, вырубок и др. Бывшие поля быстро покрываются разнообразными однолетними растениями. Сюда же попадают семена древесных пород: сосны, ели, березы, осины. Они легко и на большие расстояния разносятся ветром и животными. В слабозадерненной почве семена начинают прорастать. В наиболее благоприятном положении оказываются светолюбивые мелколиственные породы (береза, осина). В ходе сукцессии на основе конкурентных взаимодействий видов происходит постепенное формирование более устойчивых комбинаций, соответствующих конкретным абиотическим условиям среды.

Последовательный ряд постепенно и закономерно сменяющих друг друга в сукцессии сообществ называется **сукцессионной серией**.

Сукцессии со сменой растительности могут быть *первичными*; они начинаются на лишенных жизни местах, и *вторичными* — восстановительными

Классический пример сукцессии — зарастание озера или речной старицы и превращение ее сначала в болото, а затем,

через длительный промежуток времени, в лесной биоценоз. Вначале водная гладь мелеет, затягивается со всех сторон сплавной, на дно опускаются отмершие части растений. Постепенно зеркало воды затягивается травой. Этот процесс будет длиться несколько десятков лет, а затем на месте озера или старицы образуется верховое торфяное болото. Еще позже болото постепенно начнет зарастать древесной растительностью, скорее всего сосной. По прошествии какого-то периода времени процессы торфообразования на месте бывшего водоема приведут к созданию избыточного увлажнения и к гибели леса. Наконец, появится новое болото, но уже отличное от того, что было прежде.

На водных культурах простейших в лабораторных условиях можно поставить ряд опытов по сукцессионным изменениям группировок, конкурентному вытеснению видов и взаимоотношениями популяций хищник – жертва, повторив в доступном варианте классические опыты Г. Ф. Гаузе. Наиболее легко осуществимы сукцессии простейших в сенном настое. Будучи еще студентом, Г.Ф. Гаузе начал эксперименты с инфузориями, в которых показал, что два экологически близких вида не могут существовать совместно – один из видов инфузорий обязательно исчезал из «микрокосмоса». На основе этих исследований он сформулировал принцип конкурентного исключения – так называемое «правило Гаузе», являющееся одним из основных положений современной экологии. В экспериментах с мирной тифелькой *Paramecium* и хищной инфузурией *P. aurelia* Г.Ф.Гаузе обнаружил синусоидальные волны численности, подтвердив математические модели поведения системы хищник-жертва А. Лотка и В. Вольтера.

Методические указания к организации занятия. Сенной настоей приготавливают кипячением в течение 10—15 мин порции сухих трав (лучше брать сено с участием бобовых и разнотравья) в воде, после чего жидкость охлаждают, наливают в колбы или химические стаканы и выдерживают 2—3 дня до образования на поверхности бактериальной пленки. Затем настоей заражают малым объемом воды 1—2 мл, взятой из естественного водоема (лучше стоячего) или из аквариума, для инокуляции обитающими в воде простейшими. Для занятия

готовят серию стаканов с санным настоем разных сроков экспозиции: за 2, 3, 5, 7, 14, 30 и 60 дней. При проведении занятия следует учесть, что размножающиеся простейшие распределены в стакане крайне неравномерно. Стаканы с настоем следует выдерживать на свету при комнатной температуре. На стороне, обращенной к свету, обычно концентрируется основная масса зеленых жгутиковых, тогда как в теневой части преобладают бесхлорофилльные формы. Неоднородность распределения разных групп выявляется при взятии капли настоя из разных частей объема жидкости: под поверхностной пленкой, у стенок и дна стакана, возле скоплений остатков растений, из-толщи воды. Поэтому для получения общей картины последовательности смен массовых размножений простейших следует придерживаться определенных правил отбора капель: создавать смешанную пробу, помещая в отдельный стаканчик по несколько капель из разных частей сосуда, и перемешивать жидкость или, наоборот, отбирать пробные капли из строго определенных частей сосуда, например, в центре стакана под поверхностной пленкой.

При интерпретации полученных результатов следует учитывать, что сукцессия, хотя и детерминированная, но в значительной степени вероятностный процесс, поэтому, при повторяющейся общей последовательности массового размножения отдельных групп (жгутиковые, инфузориинкольпеды, инфузории-туфельки и т. д.) детали этих смен (уровень обилия отдельных видов, степень отставания во времени и т. п.) значительно варьируют и, в принципе вероятность получить точную копию названного процесса в разных сериях сходного опыта низкая.

Вследствие трудностей идентификации простейших к занятию рекомендуется приготовить настенную или раздаточные таблицы с изображением массовых видов, с указанием их видовой или родовой принадлежности.

При количественной оценке степени размножения отдельных видов из-за разноразмерности форм рекомендуется отмечать не обилие их относительно друг друга, а степень обилия каждой формы в сосудах разной экспозиции.

Задание. Учет обилия разных групп простейших в сенном настое

Материал и оборудование: микроскопы, предметные и покровные стекла, пипетки, пустые химические стаканчики. Серия стаканов с сенным настоем разных сроков экспозиции. Мягкие салфетки для протирания стекол.

Выполнение работы. Отберите пипеткой по капле жидкости из стаканов на предметные стекла. Накройте покровными стеклами в порядке увеличения экспозиции настоя. Просматривая под малым увеличением микроскопа, найдите отличия в заселенности каплей из разных стаканов. Продолжите просмотр под большим увеличением, определите, используя вспомогательные таблицы, массовые формы простейших. Оцените обилие каждой формы простейших и мелких многоклеточных, сравнив численность этой формы в разных каплях, и выразите ее в баллах, для чего используйте относительную шкалу: очень много — 5, много — 4, средне — 3, мало — 2, очень мало — 1. Заполните таблицу 1.

Таблица 1

Обилие разных групп простейших в сенном настое

Группа	Баллы по экспозициям						
	1	3	5	7	14	30	60

Составьте схематический график смены доминирующих форм простейших. Сравните с графиком, полученным Г. Ф. Гаузе (рис. 1).

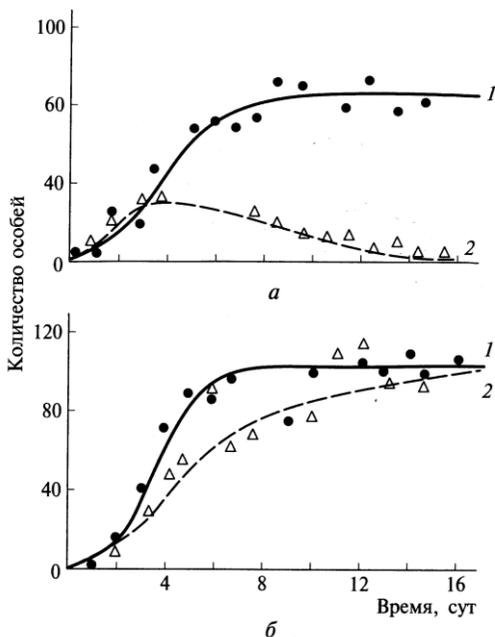


Рис.1. Конкурентное исключение на примере двух видов инфузорий (по Г.Ф. Гаузе, 1934): а - *Paramecium caudatum*; б - *P. Aurelia*; 1 – в изолированной культуре; 2 – в смешанной культуре

Вопросы для контроля

1. Какой процесс называется сукцессией?
2. В чем причины сукцессионных изменений сообществ?
3. В чем причины смен простейших в сennom настое?
4. Как изменяется в ходе сукцессии видовое разнообразие обитателей сennого настоя?
5. Откуда появляются простейшие в сennom настое?
6. Какие этапы можно выделить в этом процессе?

Практическая работа № 10

Типы взаимодействий организмов

Вопросы для обсуждения

1. Типы взаимодействий организмов.
2. Внутри и межвидовая конкуренция.

Теоретическая часть

Основу возникновения и существования биоценозов представляют отношения организмов, их связи, в которые они вступают друг с другом, населяя один и тот же биотоп (местообитание биоценоза, от греч. *bios* - жизнь, *topos* - место). Эти связи определяют основное условие жизни в сообществе, возможность добывания пищи и завоевывания нового пространства. Живые организмы поселяются друг с другом не случайно, а образуют определенные сообщества, приспособленные к совместному обитанию. По направленности действия на организм все воздействия подразделяются на положительные, отрицательные или негативные и нейтральные. Одни организмы могут служить пищей для других или являться для них средой обитания, другие настолько связаны между собой, что не могут существовать по отдельности. Не менее сложны отношения между особями в пределах популяции.

В 1939 г. учёные Клементс и Шелфорд дали таким взаимодействиям наименование «коакции», т.е. взаимодействия. Выделяют 2 типа взаимодействий, или реакций: внутривидовые, или гомотипические (от греч. *homoios* – «одинаковый»), и межвидовые, или гетеротипические (от греч. *heteros* – «разный»).

Конкуренция – это взаимоотношения видов со сходными экологическими требованиями существующих за счет общих ресурсов, имеющих в недостатке. Когда такие виды обитают совместно, каждый из них находится в невыгодном положении, так как присутствие другого уменьшает возможности в овладении пищей, убежищами и прочими средствами к существованию, которыми располагает местообитание. Конкуренция – единственная форма экологических отношений,

отрицательно сказывающаяся на обоих взаимодействующих партнерах.

Формы конкурентного взаимодействия могут быть самыми различными: от прямой физической борьбы до мирного совместного существования. Тем не менее, если два вида с одинаковыми экологическими потребностями оказываются в одном сообществе, рано или поздно один конкурент вытесняет другого.

Задание 1. Проанализируйте результаты опыта с жуками двух видов: мукоед рыжий *Laemophloeus testaceus* и малый мучной хрущак *Tribolium confusum* конкурирующих в небольшом объеме муки. Для этих видов характерна внутри- и межвидовая конкуренция за пищу. Опыты с данными жучками были начаты с равным числом самцов и самок. Какой из этих видов более конкурентоспособен в данных условиях? Исходя из таблицы 1, составьте график зависимости численностей от исходной плотности каждого вида.

Мукоед рыжий *Laemophloeus (Cryptolestes) testaceus* (рис. 1) распространен повсеместно. Тело узкое, ржаво-желтое, покрыто шелковистыми волосками, длиной 1,5—2,5 мм (рис. 1). Крылья развиты хорошо, летает. Жуки живут около 6 мес, за это время откладывают несколько десятков яиц. Усики по длине почти равны телу жука и широко расставлены. Из яиц через несколько дней выходят личинки, покрытые длинными волосками. Длина взрослой личинки до 4 мм. Куколка длиной до 2,5 мм, светло-желтая, тело широкое, с длинными волосками, на заднем конце имеется два шиповидных выроста. Вредитель обитает в основном на мельницах, крупяных и комбикормовых предприятиях, хлебозаводах, макаронных и кондитерских фабриках, реже в зернохранилищах. Для питания рыжий мукоед предпочитает гниющую муку, крупу повышенной влажности и поврежденные другими вредителями зерна. Зерно с влажностью ниже 15 % повреждать не может.



Рис. 1. Мукоед рыжий *Laemophloeus (Cryptolestes) testaceus*

В течение года при благоприятной температуре (20—23 С°) вредитель может давать 3—5 поколений. Снижение влажности переносит плохо, при этом может голодать до 2,5 мес. Скапливаясь большими колониями в хранящихся продуктах, жуки повышают их влажность, загрязняют личинными шкурками, экскрементами и другими вредными веществами. Особенно значительный вред рыжий мукоед причиняет на мельницах, где он забивается в глубокие труднодоступные для очистки щели; иногда прогрызает сита.

Малый мучной хрущак *Tribolium confusum* (рис.2) встречаются во всех частях света. В местностях с холодным климатом живут лишь в отапливаемых помещениях. Завезен из тропических стран. Длина жука 3—4 мм длины, одноцветной окраски от красновато-коричневого до черно-коричневого цвета. Свободно двигающиеся в субстрате личинки, 5—6 мм длиной (рис. 2). Самка плодовита в течение, примерно, до 1 года и за это время откладывает в среднем от 350 до 400 яиц. В зависимости от температуры, общий цикл развития длится от 7 недель до 3 месяцев, причем личинки окукливаются в заселенном продукте каждая отдельно. Они чувствительны к

холоду, высокая влажность благоприятствует их развитию. Жучок летает редко, продолжительность его жизни до трёх лет.



Рис. 2. Малый мучной хрущак *Tribolium confusum*

Жуки и личинки питаются всевозможными сухими растительными веществами, так например, пищевыми продуктами из зерновых культур, сухими фруктами. Этот вредитель часто заселяет мельницы; сильно зараженная им мука имеет резкий запах, приобретает коричневатый цвет и хлебопекарные качества её страдают. Жук может портить и неповрежденные зёрна пшеницы.

Таблица 1

Добавление жуков *Cathartus* в популяции другого вида

Исходное число жуков <i>Cryptolestes</i>	Число жуков в потомстве в чистой культуре	Число жуков в потомстве при добавлении 8 пар	
		<i>Cryptolestes</i>	<i>Cathartus</i>
8	101	86	208
4	180	260	185
16	276	208	164
32	427	414	121
64	411	430	78

Задание 2. В опытах с мучными хрущачами *Tribolium castaneum* и *Tribolium confusum* жуков содержали в муке, подсчитывая каждые 60 дней число взрослых особей. В одном из вариантов в культуре присутствовали микроспоридии *Adelina* — внутриклеточные паразиты жуков. *Adelina* размножаются преимущественно в клетках средней кишки хозяина. Споры выводятся из организма с экскрементами и затем могут быть проглочены другими личинками, которые таким образом заражаются.

Начертите график численности жуков двух видов в культуре без паразита. Используя данные таблицы, примените три дополнительных способа графического представления конкуренции между двумя видами: начертите график, откладывая на оси абсцисс время в днях, а на оси ординат — логарифмы числа жуков в культуре.

Таблица 2

Количество жуков двух видов в присутствии и отсутствии паразита *Adelina*

Вид жуков	Условие опыта	Количество жуков через определенное время									
		60	120	180	240	300	360	420	480	540	600
<i>T. castaneum</i>	Без паразита	80	76	70	88	92	120	142	210	172	120
<i>T. confusum</i>		16	52	52	42	35	24	15	11	8	3
<i>T. castaneum</i>	С паразитом	42	120	104	52	8	4	3	3	5	3
<i>T. confusum</i>		50	46	42	44	50	70	46	68	52	50

Булавоусый хрущак *Tribolium castaneum* (рис.3) распространен повсеместно, очень похож на большого мучного хрущача, отличаясь от него блестящим красно-коричневым цветом и значительно меньшей величиной. Жук длиной 3-3,5 мм, по форме тела подобен малого мучного хрущача, отличается наличием булавы на верхушках усиков. Личинки не отличаются от личинок малого мучного хрущача.



Рис. 3. Булавоусый хрущак *Tribolium castaneum*

Родиной его являются тропики, откуда он был завезен во все страны мира. Предпочитает продовольственное и фуражное зерно с битыми зернами и семенами сорняков, которыми питаются жуки и личинки. Этим он отличается от малого мучного хрущака, который чаще попадает в мучной пыли. В неотапливаемых помещениях зимуют только жуки, а в отапливаемых вредитель развивается целый год, давая до четырех поколений. Весной оплодотворенные самки откладывают до 1000 яиц, в среднем 350-400. Жуки живут до двух лет, но полноценные яйца откладывают только в первый год жизни. Яйца откладываются на второй год, стерильны. При температуре минус 6 °С погибает в течение суток. В условиях скученности жуки и личинки способны к каннибализму.

В России активно вредит в южных областях, где повреждает муку, крупу, отруби, мучные изделия, сушеные фрукты, битое семян арахиса, бобов, какао, фасоли, гороха, семена льна, подсолнечника. Целое сухое зерно пшеницы и ржи почти не повреждает.

Жук имеет резкий стойкий карболовый запах, который передается поврежденной муке и другим продуктам и остается в

них в течение шести месяцев. Такие продукты из-за неприятного запаха нельзя использовать на продовольственные цели.

Ответьте на следующие вопросы:

1. Какой вид более конкурентоспособен при этих условиях?
2. Сколько времени жуки могут существовать совместно?
3. Какие закономерности можно отметить в динамике численности конкурентоспособного вида?
4. Чем можно объяснить ход численности обоих видов в другой экологической ситуации — при распространении в культуре паразита?
5. Каковы особенности кривой численности более конкурентоспособного в этих условиях вида?

Задание 3. В тундре изначальная численность популяции оленя составляет 1000 особей. Оленями питаются волки. Выжившая к концу каждого года часть популяции оленей увеличивает свою численность на 40 %. Начальная численность популяции волков составляет 10 особей, один волк потребляет по 30 оленей ежегодно, годовой прирост популяции волков составляет 10 %. В отсутствие волков естественная смертность оленей от заболеваний составляет 30 %. Рассчитайте, какой будет численность оленей через 3 года и 10 лет при полном отсутствии хищников. Отобразите изменения численности оленей в течение данного периода времени графически. Рассчитайте, какой будет численность оленей через 3 года и 10 лет с учётом влияния волков.

Задание 4. Основываясь на литературные и электронные источники информации дайте обоснование всем возможным экологическим причинам, лежащим в основе взаимоотношений особей в сообществах. Почему близкородственные виды часто обитают вместе, хотя принято считать, что между ними существует наиболее сильная конкуренция. Почему в этих случаях не происходит вытеснения одним видом другого? Примеры близкородственных видов: обыкновенная пустельга

(*Falco tinnunculus*) – степная пустельга (*Falco naumanni*); обыкновенная кукушка (*Cuculus canorus*) – глухая кукушка (*Cuculus saturatus*); городская ласточка (*Delichon urbica*) – восточный воронка (*Delichon dasypus*); полевой конек (*Anthus campestris*) – степной конек (*Anthus richardi*) – забайкальский конек (*Anthus godlewskii*); сибирский жулан (*Lanius cristatus*) – рыжехвостый жулан (*Lanius isabellinus*).

Задание 5. Заполните таблицу 4, приведите примеры отношений между видами.

Таблица 3

№	Типы межвидовых взаимодействий	Вид А	Вид Б	Примеры
1	Нейтрализм	0	0	
2	Конкуренция	—	—	
3	Мутуализм (симбиоз)	+	+	
4	Комменсализм (соотрапезничество, нахлебничество, квартирантство)	+	0	
5	Аменсализм	—	0	
6	Хищничество	+	—	
7	Паразитизм			
8	Протокооперация	+	+	

Вопросы для контроля

1. Назовите основные типы биотических связей в сообществе.
2. В чем причина конкурентной борьбы за экологическую нишу и суть принципа Гаузе?
3. Почему дифференциация ниш ведет к снижению конкуренции?
4. В чем состоят отрицательные взаимодействия между видами? Козволюция системы «хищник – жертва» или «паразит – хозяин».

Лабораторная работа № 3 Типы биотических отношений

Вопросы для обсуждения

1. Аменсализм.
2. Аллелопатия, формы ее проявления.
3. Фитонциды, их химическая природа и свойства.

Теоретическая часть

Аменсализм — это такие биотические отношения, при которых происходит торможение роста одного вида (аменсала) продуктами выделения другого. Эти отношения обычно относят к прямой конкуренции и называют антибиозом.

Частным случаем аменсализма является аллелопатия (антибиоз) — влияние одного организма на другой, при котором во внешнюю среду выделяются продукты жизнедеятельности одного организма, отравляя ее и делая непригодной для жизни другого. Аллелопатия распространена у растений, грибов, бактерий. Например, гриб-пеницилл продуцирует вещества, подавляющие жизнедеятельность бактерий.

Термин «аллелопатия» был предложен австрийским физиологом растений Х. Молишем в 1937 году. Под аллелопатией он понимал как вредные, так и благоприятные биохимические взаимодействия (Гродзинский 1990).

Аллелопатия (от греч. *allelon* – взаимно и *pathos* – страдание) – свойство одних организмов (микроорганизмов, грибов, растений, животных) выделять химические соединения, которые тормозят или подавляют развитие других. Также иногда под аллелопатией понимают как отрицательные, так и положительные взаимодействия между растениями в фитоценозах.

Различают четыре группы веществ, ответственных за аллелопатию:

антибиотики – выделяются микроорганизмами, служат для подавления жизнедеятельности других микроорганизмов;

маразмины – выделяются микроорганизмами, служат для подавления жизнедеятельности высших растений;

фитонциды – выделяются высшими растениями, служат для подавления жизнедеятельности микроорганизмов;

колины – выделяются высшими растениями, служат для подавления жизнедеятельности других высших растений.

Аллелопатию можно рассматривать как форму экологической конкуренции между организмами в биоценозах (<https://ru.wikipedia.org/>).

Важным фактором химического воздействия растений в сообществах с другими организмами являются фитонциды.

Фитонциды — это продуцируемые растениями бактерицидные, фунгицидные и протистоцидные вещества, являющиеся одним из факторов иммунитета растений и играющие важную роль во взаимоотношениях организмов в биогеоценозах. Это явление свойственно всему растительному миру.

Фитонцидные свойства растений были открыты в 1929 году видным советским исследователем профессором Б.П. Токиным. Ученый измельчал свежие листья различных деревьев, натирал на терке хрен или редьку, лук или чеснок, смешивал их с водой и наблюдал под микроскопом, как ведут себя бактерии и простейшие, живущие в этой воде. Они на глазах меняли характер своего движения, форму тела и наконец, погибали. Так было открыто действие фитонцидов растений. Впоследствии же выяснилось, что фитонциды обладают не только губительным воздействием на бактерии и простейшие организмы, но и целым рядом других функций. Им принадлежит важная роль в создании иммунитета растений.

В данной работе предлагаются методы оценки фитонцидной активности растений по их влиянию на простейших.

Цель работы: изучение фитонцидной активности растений в опытах с простейшими и насекомыми.

Оборудование и материалы: микроскоп; предметные и покровные стекла; часовые стекла или предметные с выемкой; пипетки; стаканчики на 100 мл; чашки Петри; маленькие ступки с пестиками; свежие листья растений (комнатных, черемухи, хвойных), сухие листья можжевельника, календулы, полыни,

почки сосны для приготовления вытяжек; настой сена; насекомые.

Выполнение работы. Проба с простейшими. Для опытов возьмите культуру простейших, приготовленную заранее.

а) Висячую каплю культуры простейших поместите над часовым стеклом с кашицей или вытяжкой исследуемого материала, чтобы они не соприкасались и, наблюдая в микроскоп при увеличении 300 или 600 (в зависимости от цели), отметьте по секундомеру время прекращения движения простейших. Фитонцидную активность (А) выразите в единицах, рассчитанных по формуле, где Т - время.

$$A = 100/T$$

Картина гибели простейших под влиянием фитонцидов разных растений различна. Это растворение (лизис), образование вздутий и пузырей, сморщивание, просто прекращение движения и т.д.

б) В каплю культуральной жидкости с простейшими в середине часового стекла добавьте меньшую каплю вытяжки растений с сильной фитонцидной активностью. Наблюдается сначала усиление движения, затем избегание простейшими фитонцидной вытяжки (рассредоточение по краям), далее обнаруживаются уменьшение и вовсе прекращение движения.

Через некоторое время можно видеть и морфологические изменения, указанные в предыдущем разделе данной работы.

Для работы возьмите три-четыре вида растений и исследуйте их фитонцидные свойства по времени гибели простейших, данные занесите в таблицу. Сделайте выводы.

Таблица 1

Фитонцидные свойства растений и различных видов

Вид растения	Время гибели после начала опыта	Вывод

Вопросы для контроля

1. В чем состоит сущность аллелопатии, и каковы ее особенности у высших растений?
2. Чем обусловлен механизм действия фитотоксичных соединений, выделяемых высшими растениями? Какое практическое значение имеют фитотоксичные соединения высших растений?

Литература к разделу

1. Баранов А.А. Птицы Алтай-Саянского экорегиона: пространственно-временная динамика биоразнообразия: монография. Т.1 /под общ. ред. д-ра биол. наук, профессора Ц.З. Доржиева; Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. – Красноярск, 2012. – 464 с.
2. Бродский А.К. Общая экология: Учебник для вузов. – 2-е изд., стер. – М.: Академия, 2007. – 253с.
3. Вернадский В.И. Живое вещество. - М: Наука, 1978. – 385 с.
4. Гродзинский А. М. Аллелопатия и продуктивность растений. – Киев: Наук.думка, 1990. – 146 с.
5. Доржиев. Ц.З. Симпатрия и сравнительная экология близких видов птиц (бассейн озера Байкал). – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского университета, 1997. – 370 с.
6. Иванова Н.А., Сторчак Т.В., Юмагулова Э.Р. Практикум по экологии: учебно-методическое пособие / Н.А. Иванова, Т.В. Сторчак, Э.Р. Юмагулова. – Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2014. – 144 с.
7. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология: учебник для вузов. — Изд. 12-е, доп. и переработ. – Ростов н/Д: Феникс 2007. — 602 с.
8. Пономарева И.Н. Общая экология: учебное пособие / И.Н. Пономарева, В.П. Соломин, О.А. Корнилова. – Ростов н / Д: Феникс, 2009. – 538 с.
9. Розанов С. И. Общая экология: учеб. для вузов. - 6- е изд., стер. - СПб.: Лань, 2005. - 434 с.
10. Степановских А.С. Общая экология: учеб.для студентов вузов по эколог.спец. - М.:ЮНИТИ, 2001.-509 с.

11. Чернова Н.М. Лабораторный практикум по экологии / учебное пособие для студентов пед. ин-тов по биолог. спец. – М.: Изд-во Просвещение, 1986. – 97 с.
12. Чернова Н.М., Былова А.М. Общая экология: учеб.для студентов пед. вузов.-М.: Дрофа, 2004.- 411с.
13. Федорова Т.А., Козлов О.В. Сборник задач по экологии и рациональному природопользованию: учебно-методическое пособие. – Курган: Изд-во Курганского гос. Ун-та, 2011. – 64 с.

Интернет-ресурсы

1. <https://.lektsii.org/>
2. <http://ggf.bsu.edu.ru/ElBook/Ekologia/>
3. (<https://ru.wikipedia.org/>)

РАЗДЕЛ 3. УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ

Практическая работа № 11 Биосфера – глобальная экосистема

Вопросы для обсуждения

1. Сущность понятия «биосфера».
2. Живое вещество биосферы его функции.
3. Структура и границы, геосферные оболочки Земли.

Теоретическая часть

Биосфера – особая оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть веществ планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами.

Термин «Биосфера» был впервые введен в 1875 г. австрийским геологом Э. Зюссом для обозначения всего того пространства атмосферы, гидросферы и литосферы, где обитают живые организмы. Целостное учение о биосфере было создано академиком В.И. Вернадским (1863 – 1945 гг.), который определил биосферу как область существования и функционирования живого вещества – совокупности всех живых организмов на планете.

В учении В.И. Вернадского впервые была раскрыта роль живых организмов в процессах планетарного масштаба, показано, что живые организмы и продукты их жизнедеятельности являются наиболее мощной геологической силой, играющей первостепенную роль в механизмах разрушения горных пород, круговорота веществ, изменения водной и воздушной оболочек планеты, эволюции верхних слоев литосферы.

Основные компоненты биосферы:

- *Живое вещество* – вся сумма живых организмов, находящихся на планете в данный исторический период.

- *Биогенное вещество* – органическое или органоминеральное вещество, созданное организмами далекого прошлого и представленное в виде каменного угля, горючих сланцев, горючих газов, торфа, сапропеля, нефти.

- *Биокосное вещество* – неорганические вещества, преобразованные деятельностью организмов (вода, воздух, железная и марганцевая руды).

Биосфера включает нижнюю часть атмосферы (аэриобиосферу), всю гидросферу (гидробиосферу) – океаны, моря, поверхностные воды суши, террабиосферу – поверхность самой суши, а также литосферу (литобиосферу) – верхние горизонты твердой земной оболочки. В пределах биосферы выделяют две категории слоев: собственно биосферу, где живое вещество локализовано постоянно (эубиосферу), а также расположенные выше и ниже ее соответственно парабиосферу и метабиосферу. В эти слои живые организмы могут попадать лишь случайно. Общая протяженность эубиосферы по вертикали – 12-17 км, хотя у разных авторов эти оценки несколько варьируют. Верхней границей биосферы (включая парабиосферу) является озоновый экран (или слой). Озоновый экран (озоносфера) – это слой атмосферы в пределах стратосферы, расположенный на разной высоте от поверхности Земли и имеющий наибольшую плотность (концентрацию молекул) озона на высоте 22-26 км. Высота озонового слоя у полюсов оценивается в 7-8 км, у экватора – 17-18 км, а максимальная высота присутствия озона – 45-50 км. Выше озонового экрана существование жизни без специальной защиты невозможно из-за жесткого ультрафиолетового излучения Солнца.

Метабиосфера не опускается ниже 10-15 км, а нижней границей эубиосферы считаются донные отложения океана и верхние горизонты литосферы, подвергающиеся ныне (или подвергавшиеся в прошлом) воздействию живых организмов. К биосфере, например, относятся некоторые полезные ископаемые, в частности каменный уголь – продукт фотосинтеза растений в прошлые геологические эпохи. С учетом протяженности всех названных слоев по вертикали общая мощность биосферы оценивается в 33-35 км.

Процессы, протекающие в биосфере и обеспечивающие ее функционирование как глобальной экосистемы, связаны с активным обменом веществом и энергией между ее компонентами.

Задание 1. В.И. Вернадский выделяет в биосфере живое вещество – живые организмы; биогенное вещество — продукты жизнедеятельности живых организмов (каменный уголь, нефть и т.п.); косное вещество – горные породы (минералы, глины); биокосное вещество – продукты распада и переработки горных и осадочных пород живыми организмами (почвы, ил, природные воды); радиоактивные вещества, получающиеся в результате распада радиоактивных элементов (радий, уран, торий и т.д.); рассеянные атомы (химические элементы), находящиеся в земной коре в рассеянном состоянии; вещество космического происхождения — метеориты, протоны, нейтроны, электроны.

Ознакомьтесь с данными, приведенными в таблице 1 и сформулируйте соответствующие выводы. Каков химический состав живого вещества? Отличается ли он от химических элементов Вселенной? Согласны ли вы с тем, что на основе данных этой таблицы можно сформулировать по крайней мере три вывода?

Таблица 1

Элементарный состав звездного и солнечного вещества в сопоставлении с составом растений и животных

Химический элемент	Содержание, %			
	Звездное вещество	Солнечное вещество	Растения	Животные
Водород (H ₂)	81,76	87,00	10,00	10,00
Гелий (He)	18,17	12,90		
Азот (N ₂)		0,28	3,00	
Углерод (C)	0,33	0,33	3,00	18,00
Магний (Mn)		0,08	0,05	
Кислород (O ₂)	0,03	0,25	79,00	65,00
Кремний (Si)	0,01	0,04	0,15	0,254
Сера (S)				
Железо (Fe)	0,001	0,04	7,49	3,696
Другие элементы				

Задание. 2. Не менее значимым является обобщение В.И. Вернадского о биосферных функциях живого вещества как средстве организованности биосферы. Все живое вещество нашей планеты приблизительно составляет 1/1000000 (0,01%) часть массы земной коры. Однако, по активному воздействию на

окружающую среду оно занимает особое место, как участник биогеохимического цикла. Подтвердите примерами каждую из функций живого вещества в геологических процессах.

Таблица 2

Функции живого вещества

№	Функция	Процессы	Примеры
1	Энергетическая		
2	Концентрационная		
3	Газовая		
4	Деструктивная		
5	Средообразующая		
6	Транспортная		

Задание 3. Составьте характеристику любой из природных зон Земли. Покажите размещение зоны на контурной карте. Проиллюстрируйте зависимость между компонентами экосистемы в пределах одной из зон на разных континентах в табличной форме или с помощью схемы. Укажите названия типичных представителей растительного и животного мира. Объясните взаимосвязи между ними.

Задание 4. Заполните таблицу 2, описав экосистемы на различных высотах. Сравните полученные данные и сделайте вывод о причинах различий в высотной поясности Тянь-Шаня, Саян, Кавказа, ответив на нижеперечисленные вопросы. Почему в горах высотная поясность представлена по-разному? Где и почему лучше представлена высотная поясность? Какие общие пояса и почему выявлены для всех этих гор?

Таблица 2

Высотные пояса Тянь-Шаня, Саян, Кавказа

Высотный пояс, м	Тянь-Шань	Саяны	Кавказ
5000			
4000			
3500			
2000			
1500			

1000			
500			
0			

Самостоятельная работа студентов

Пользуясь схемами круговорота азота и углерода, составьте последовательность химических превращений атомов азота и углерода. Сформулируйте закон биогенной миграции атомов и докажите его справедливость. Приведите примеры других круговоротов веществ и соединений фосфора, серы в биосфере.

Вопросы для контроля

1. Как определяются границы биосферы?
2. Почему В.И. Вернадский уделял много внимания живому веществу планеты?
3. Какова роль круговорота веществ в биосфере?

Семинарское занятие № 1

Глобальные экологические проблемы биосферы

Вопросы для обсуждения:

1. Демографическая проблема.
2. Энерго-сырьевая проблема.
3. Земельные ресурсы.
4. Водные ресурсы.
5. Продовольственная проблема.
6. Пути решения экологических проблем.

Особенностью нашего времени является интенсивное и глобальное воздействие человека на окружающую среду, что сопровождается интенсивными и глобальными негативными последствиями. Противоречия между человеком и природой способны обостряться из-за того, что не существует предела росту материальных потребностей человека, в то время как способность природной среды удовлетворять их – ограничена.

Противоречия в системе «человек – общество – природа» приобрели планетарный характер.

Выделяют два аспекта экологической проблемы:

– экологические кризисы, возникающие как следствие природных процессов;

– кризисы, вызываемые антропогенным воздействием и нерациональным природопользованием.

Основной проблемой является невозможность планеты справиться с отходами человеческой деятельности, с функцией самоочищения и ремонта. Разрушается биосфера. Поэтому велик риск самоуничтожения человечества в результате собственной жизнедеятельности.

Природа испытывает влияние по следующим направлениям:

– использование компонентов окружающей среды в качестве ресурсной базы производства;

– воздействие производственной деятельности людей на окружающую среду;

– демографическое давление на природу (сельскохозяйственное использование земель, рост населения, рост крупных городов).

Здесь переплетаются воедино многие глобальные проблемы человечества – ресурсная, продовольственная, демографическая – все они имеют выход на экологическую проблематику.

Воздействие человека на биосферу сводится к 4 главным формам (направлениям):

1. изменение структуры земной поверхности (распашка степей, вырубка лесов, мелиорация, пожары и т.д.);

2. изменение состава биосферы, круговорота и баланса составляющих ее веществ (изъятие ископаемых, создание техногенных отвалов, выбросов, изменение влагооборота и т.д.);

3. изменение энергетического, в частности, теплового баланса отдельных районов Земного шара и всей планеты;

4. изменения, вносимые в биоту в результате истребления видов, создание новых пород животных и сортов растений, штаммов микроорганизмов, перемещение их в пространстве.

Единственный путь выживания – максимализация стратегии бережливости в отношении с окружающим миром. В этом процессе должны участвовать все члены мирового сообщества.

Задание 1. Сделайте обзор и заполните таблицу глобальных изменений в биосфере планеты. Необходимо каждое из этих направлений подтвердить конкретным фактическим материалом из докладов студентов, а также свои примеры.

Таблица 1

Глобальные изменения в биосфере

Компонент биосферы	Тенденции изменений
Атмосфера	Загрязнение чуждыми аэрозолями, антропогенной пылью, водой, сажей, газами
Пресные воды	
Океан и ледники	
Почвенный покров	
Растительность	
Живые организмы	
Климат и погода	

Вопросы для контроля

1. В чем причина кислотных осадков?
2. Какова связь между потеплением и похолоданием климата.
3. Антропогенный фактор, его роль в биосфере.
5. Какие, по вашему мнению, существуют на территории Тувы экологические проблемы? Приведите примеры.

Тематика рефератов

1. Проблемы сокращение биоразнообразия на планете.
2. Создание атомных электростанций и их угроза для человека и окружающей среды.
3. Загрязнение Мирового океана нефтепродуктами.
4. Изменение климата: предпосылки и последствия.
5. Мировые ресурсы полезных ископаемых.

6. Сущность парникового эффекта.
7. Разрушение озонового слоя.
8. Кислотные дожди.
9. Проблема пресной воды.
10. Демографическая и продовольственная проблемы.
11. Эрозия почв.
12. Вырубка лесов.
13. Влияние мировых войн на окружающую среду.
14. Пестициды и химические удобрения.
15. Проблема опустынивания планеты.

Структура реферата должна включать:

Введение (с обоснование выбора темы)

Основная часть (может быть разбита на несколько разделов и обязательно должна содержать иллюстративный материал)

Заключение

Список литературы (не менее 3-х литературных источников)

Работа должна быть оформлена по следующим требованиям: формат – А4; поля: левое – 3 см, остальные – 2 см; шрифт – Times New Roman, размер 12, интервал – полуторный. Объем – 10-12 страниц.

Литература к разделу

1. Бродский А.К. Общая экология: Учебник для вузов. – 2-е изд., стер. – М.: Академия, 2007. – 253с.
2. Вернадский В.И. Живое вещество. – М: Наука, 1978. – 385 с.
3. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология: учебник для вузов. – Изд. 12-е, доп. и переработ. – Ростов н/Д: Феникс 2007. – 602 с.
4. Пивоварова Ж.Ф. Биосфера и человек: учебное пособие. – 2-е Изд. – Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2000. – 112 с.
5. Пономарева И.Н. Общая экология: учебное пособие / И.Н. Пономарева, В.П. Соломин, О.А. Корнилова. – Ростов н/Д: Феникс, 2009. – 538 с.
6. Розанов С. И. Общая экология: учеб. для вузов. – 6-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2005. – 434 с.

7. Степановских А.С. Общая экология: учеб. для студентов вузов по эколог. спец. - М.:ЮНИТИ, 2001. – 509 с.

8. Чернова Н.М., Былова А.М. Общая экология: учеб. для студентов пед. вузов. – М.: Дрофа, 2004. – 411 с.

Интернет-ресурсы

1. <http://ecoportal.ru/news>
2. http://geographer.ru/lecture/az_eco/
3. <http://window.edu.ru>
4. <http://clean-ecology.ru>
5. <http://ecology-portal.ru>

РАЗДЕЛ 4. ПОПУЛЯЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Практическая работа № 12 Структура популяции

Вопросы для обсуждения

1. Популяция как форма существования вида.
2. Структурные характеристики популяции.

Теоретическая часть

Термин «*популяция*» был применен В.Л. Иогансенем в 1903 году лишь для обозначения «естественной смеси особей одного и того же вида, неоднородной в генетическом отношении» (Пономарева, 2009).

Подчеркивая экологический аспект, И.А. Шилов (1997) отмечает, что популяция – это группировка особей одного вида, населяющих определенную территорию и характеризующихся общностью морфобиологического типа, специфичностью генофонда и системой устойчивых функциональных взаимосвязей.

Структурными элементами популяции являются особи и группы особей (семья, прайд, стая, колония, стадо).

Популяция, как форма существования вида, имеет определенные свойства: самовоспроизводство, изменчивость, взаимодействие с другими популяциями, устойчивость.

Популяция – это надорганизменная биосистема, которая состоит из разных групп особей как компонентов системы. Среди них различают группы по полу, возрасту, размещению в ареале, поведению. Поэтому, рассматривают их половые, возрастные, территориальные (пространственные) и поведенческие (этологические) особенности.

Половая структура имеет прямое отношение к воспроизводству популяции и ее устойчивости. Она свидетельствует о соотношении полового состава, их роли в популяции, когда наступает половозрелость особей.

Возрастная структура связана с соотношением особей различных возрастов в популяции. Особи одного возраста

принято объединять в *когорты*, то есть возрастные группы. На примере растений, Т.А. Работнов (1950) выделяет следующие возрасты (возрастные группы организмов):

- латентный период – состояние семени;
- виргинильный период (включает состояния проростка, ювенильного растения);
- генеративный период (обычно подразделяется на три подпериода - молодых, зрелых и старых генеративных особей);
- постгенеративный период (включает состояния субсенильного растения, сенильного растения и фазу отмирания).

В популяциях животных Г.А. Новиков (1979) выделяет пять возрастных групп:

1. новорождённые (до момента созревания).
2. молодые – подрастающие, не достигшие половой зрелости.
3. полувзрослые – близкие к половой зрелости.
4. взрослые – половозрелые животные.
5. старые – переставшие размножаться.

Территориальная или пространственная структура популяции отражает характер размещения особей в пространстве. Выделяют три основных типа распределения особей в пространстве:

- единообразное (особи размещены в пространстве равномерно, на одинаковых расстояниях друг от друга), тип также носит название равномерного распределения;
- конгрегационное, или мозаичное (то есть "пятнистое", особи размещаются в обособленных скоплениях);
- случайное, или диффузное (особи распределены в пространстве случайным образом).

Определенный тип использования территории позволяет популяции эффективно использовать ресурсы среды и снизить внутривидовую конкуренцию, обеспечивает взаимодействие особей внутри популяции. Без определенного уровня внутривидовых контактов популяция не сможет выполнять как свои видовые функции (размножение, расселение), так и функции, связанные с участием в экосистеме

(участие в круговоротах веществ, создание биологической продукции и так далее).

Этологическая (поведенческая) структура – это система взаимоотношений между членами одной популяции. Поведение животных по отношению к другим членам популяции зависит, прежде всего, от того, одиночный или групповой образ жизни свойствен виду. Формы совместного существования особей в популяции чрезвычайно различны. При одиночном образе жизни особи популяции не зависимы и обособлены друг от друга. При групповом образе жизни животные образуют семьи, колонии, стаи и стада, которые организованы иерархически. Иерархия у животных представляет собой систему поведенческих связей между особями группы, регулирующую их взаимоотношения и доступ к пище, убежищу, особям противоположного пола (<http://ours-nature.ru/b/book/>).

Задание 1. Исходя из приведенных данных, начертите возрастную пирамиду популяции. На площади 50 га насчитывалось 44 особей тарбагана, распределенных по возрасту следующим образом: новорожденных – 11, годовалых – 11, двухлетних – 7, трехлетних и старше – 15. Спустя два года на участке было 68 особей, и среди них новорожденных – 12, годовалых – 8, двухлетних – 8, остальные – старше.

Сделайте анализ изменения численности особей за данный период. Изменилась ли возрастная структура популяции? Какова смертность молодых особей за этот период? Какие факторы могут повлиять на данную популяцию?

Задание 2. На рис. 1. показано процентное соотношение половозрелых самцов и самок различного возраста в популяции остромордой лягушки. Изучив рисунок, сравните скорость полового созревания самцов и самок. Объясните различия в соотношении полов половозрелых особей разных возрастов. В каком возрасте, преимущественно, особи остромордой лягушки достигают половой зрелости?

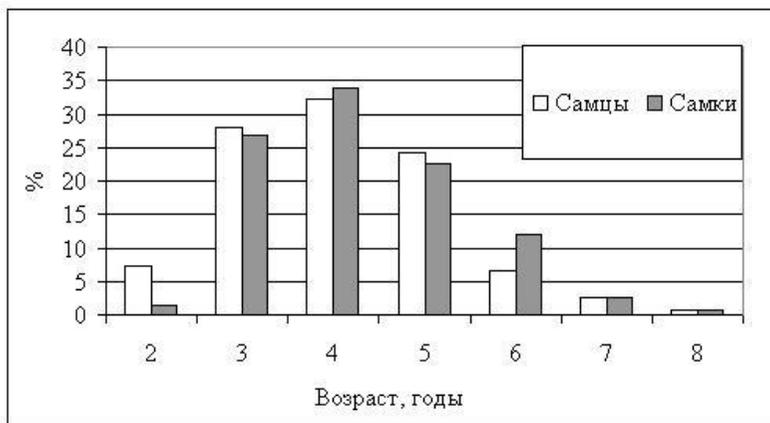


Рис. 1. Соотношение половозрелых самцов и самок разных возрастов в популяции остромордой лягушки

Задание 3. Емкость среды (K) для популяции обыкновенной белки составляет 5000 особей. Максимальная численность выводков обыкновенной белки – 7 детенышей (при $N = K/2$), минимальная – 3 детеныша (при $3750 \leq N < 5000$). При численности популяции меньше K и больше $0,5 K$ размножаются 50 % особей. Смертность популяции (d) составляет при $N < 1250$ $d = 5\%$, при $1250 \leq N < 2500$ $d = 25\%$, при $2500 \leq N < 3750$ $d = 50\%$, при $3750 \leq N < 5000$ $d = 75\%$.

Определите абсолютный и удельный (на 1 особь) прирост популяции при ее численности (N):

а) 1000 особей; б) 2000 особей; в) 3000 особей; г) 4000 особей; д) 5000 особей.

При достижении какой численности популяции прирост ее «перекрывается» смертностью?

Задание 4. На рис. 2. приведены результаты эксперимента по изучению выживаемости личиночной стадии (головастиков) остромордой лягушки поодиночке и в группах с разным уровнем популяции до момента метаморфоза – превращения в молодых лягушат-сеголеток. Оптимальная плотность населения головастиков составляет 1 особь на 0,6 л. воды.

Выявите зависимость выживаемости головастиков от плотности населения. С чем связана более высокая выживаемость при метаморфозе головастиков с плотностью населения 1 ос./0,6 л. воды при их выращивании в группе? Почему выживаемость снижается при увеличении плотности популяции?

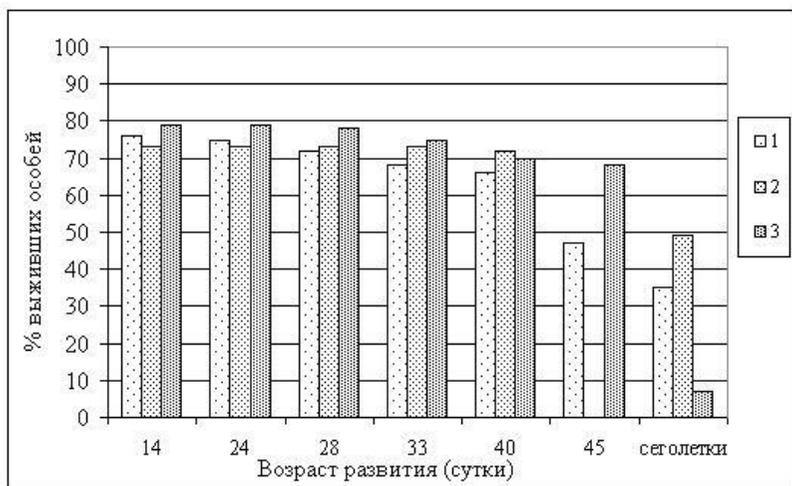


Рис. 2. Выживаемость головастиков остромордой лягушки при различных уровнях плотности населения (по Северцову, 1999): 1 – «одиночки» с плотностью 1 ос./0,6 л.; 2 – группа с плотностью 1 ос./0,6 л.; 3 – группа с плотностью 1 ос./0,13 л.

Задание 5. При учете плотности популяции длиннохвостого суслика район исследования в 1 га был разбит на 100 квадратов 10×10 м, в каждом из которых подсчитывалось количество гнездовых нор. В итоге были получены следующие данные: 50 площадок не имели нор, 9 – по 1 норе, 12 – по 2 норы, 7 – по 3 норы, 3 – по 4 норы.

Определите тип пространственного распределения популяции суслика по отношению дисперсии (S^2) к среднему числу особей на площадке.

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

где m – среднее количество особей на площадке;
 n – число площадок.

При $S^2/m < 1$ – распределение равномерное;

$S^2/m = 1$ – распределение случайное;

$S^2/m > 1$ – групповое (контагиозное) распределение.

Задание 6. У березы радиус распространения семян ветром достигает 100 м. Плодоносить это дерево начинает с 6-8 лет. На какое расстояние может продвинуться граница популяции березы за 50 лет? Сравните этот показатель со скоростью продвижения границ популяции сосны обыкновенной, у которой семена распространяются в радиусе 30-60 м, а плодоношение начинается в 15 лет.

Вопросы для контроля

1. Какие типы популяций наблюдаются у вида?
2. В чем заключается биологический и экологический смысл территориальности у популяций?
3. Какие преимущества дает групповой образ жизни? Приведите примеры.

Практическая работа № 13

Демографические показатели населения

Вопросы для обсуждения

1. Демографические показатели популяции.
2. Типы роста численности.

Теоретическая часть

Последние 150 лет население Земли росло и продолжает расти взрывоопасными темпами. В настоящее время составляет более 7,5 миллиардов человек. Однако, прогноз не учитывает углубляющиеся экологические проблемы, ставящие под сомнение существования такого количества людей в земной биосфере. Поскольку в ней произойдут серьёзные климатические сдвиги, ресурсы быстро истощаются и деградируют под давлением увеличивающегося населения.

Демографические показатели характеризуются следующими параметрами:

- половозрастной состав;
- рождаемость;
- смертность;
- естественный прирост населения.

Демографические показатели являются важнейшей характеристикой населения. Они отражают влияние социально-экономических процессов на здоровье общества. Демографические процессы существенно зависят от уровня здравоохранения и от качества окружающей среды.

Ключевой фактор, определяющий диспропорции в темпах прироста населения – суммарный коэффициент рождаемости (СКР).

СКР – это среднее число детей, которое рождает женщина в течение жизни (статические данные). Если $СКР=2$, то это обеспечивает неизменную численность населения, так как два ребёнка заменяют отца и мать, когда те умрут. Если $СКР < 2$, то это приведёт к снижению численности населения, потому что родительское поколение будет замещено не полностью. А $СКР$

>2, обусловит рост населения, так как число родителей будет возрастать с каждым поколением.

Половозрастной состав населения обычно изображают с помощью половозрастных пирамид, которые отображают возрастной и половой (количество мужчин и женщин) состав населения. Пирамида показывает количество людей в каждой возрастной группе, обычно с разницей в 5 или 10 лет. Полосы, соответствующие мужской части населения располагаются с одной стороны, а женской - с другой.

Мужчины					Возраст	Женщины				
					Более 80					
					71 – 80					
					61 – 70					
					51 – 60					
					41 – 50					
					31 – 40					
					21 – 30					
					11 – 20					
					0 – 10					
Тыс. чел.	120	90	60	30	0	0	30	60	90	120 тыс. чел.

Рис. 1 Половозрастная пирамида.

Во всех странах рождение и смерть регистрируются. Для сравнения прироста в разных странах рассчитывают среднее число рождений и смертей на 1000 человек в год. Эти показатели называются *общим коэффициентом рождаемости (ОКР)* и *смертности (ОКС)* соответственно. Общий – здесь означает, что данные цифры не учитывают, какую часть

населения страны составляют пожилые и молодые люди, мужчины и женщины.

ОКР определяется как соотношение количества детей, родившихся за определённый период времени, к средней численности населения.

$$ОКР = \frac{\text{Количество детей}}{\text{Средняя численность населения}} \times 1000$$

ОКС определяется как отношение количества умерших людей за определённый период времени, к средней численности населения.

$$ОКС = \frac{\text{Количество умерших людей}}{\text{Средняя численность населения}} \times 1000$$

Естественный прирост определяется как разность между ОКР и ОКС.

$$ЕПр = ОКР - ОКС$$

Пример расчета практической работы

Дано: страна Англия

СКР=1,75

Δ СКР=-0,02

Национальный доход 8920 дол.

По таблице 4 выбираем исходный состав населения для высокоразвитых стран (Англия, национальный доход 8920 дол.)

Таблица 1

Исходный состав населения

Количество людей возрастом, тыс. человек						
0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
6	6	6	6	5	5	3

Количество женщин возрастом 21-30 лет составляет $6:2=3$ тыс. человек. У них родится за 10 лет детей: СКР $\times 3$ тыс. чел. $=1,75 \times 3=5,25$ тыс. чел.

За этот же период умерло 3 тыс. чел.

Общая численность населения: $5,25+6+6+6+6+5+5=39,25$

5,25

3,0

ОКР = ----- $\times 1000 = 134$

ОКС = ----- $\times 1000 = 76$

39,25

39,25

ЕПр= $134 - 76 = 58$

Дети (6 тыс. чел) из возрастной группы 0 - 10 лет через 10 лет перейдут в возрастную группу 11 - 20 лет, а из возрастной группы 11 - 20 (6 тыс. чел) перейдут в возрастную группу 21 - 30 лет и т. д.

В следующие 10 лет СКР уменьшится на величину СКР и составит: $1,75-0,02 = 1,73$

Количество женщин: $6 : 2 = 3$ тыс. чел.

Родится детей: $1,73 \times 3 = 5,19$ тыс. чел.

Умерло людей – 5 тыс. чел.

Общая численность – 39,44 тыс. чел.

5,19

5,0

ОКР = ----- $\times 1000 = 132$

ОКС = ----- $\times 1000 = 127$

39,44

39,44

ЕПр= $132 - 127 = 5$

Результаты расчётов приведены в табл. 2.

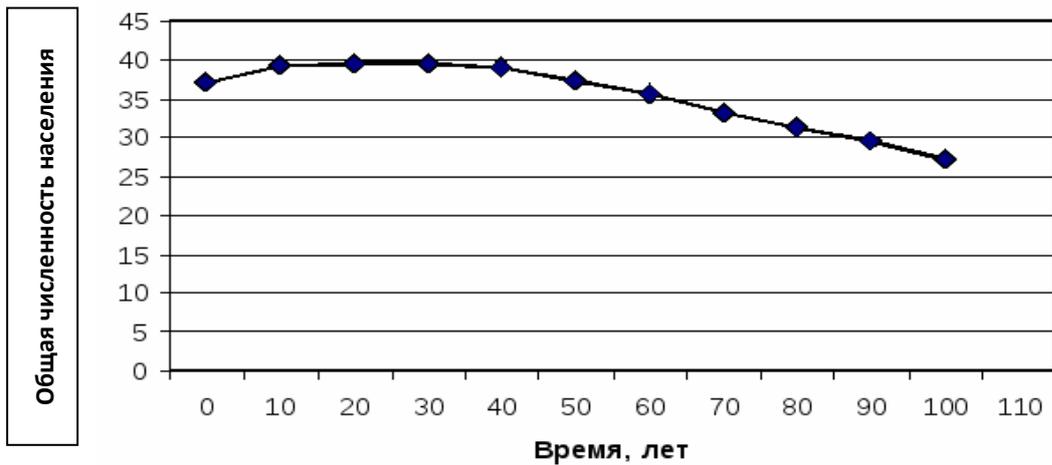


Рис. 2. График зависимости общей численности населения от количества прошедших лет

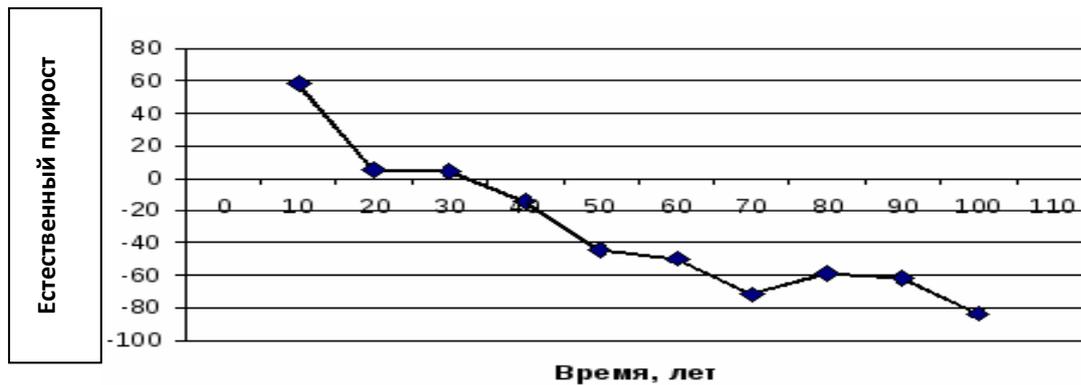


Рис. 3. График зависимости естественного прироста от количества прошедших лет

Таблица 2

Общая численность населения и естественный прирост через 100 лет

Время лет	СКР	Количество людей возрастом, тыс. чел							Общая числ., тыс. чел.	Умер-ло тыс. чел.	ОКР	ОКС	ЕПр
		0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70					
0	1,75	6	6	6	6	5	5	3	37	-	-	-	-
10	1,73	5,25	6	6	6	6	5	5	39,25	3	134	76	58
20	1,71	5,19	5,25	6	6	6	6	5	39,44	5	132	127	5
30	1,69	5,13	5,19	5,25	6	6	6	6	39,57	5	130	126	4
40	1,67	4,44	5,13	5,19	5,25	6	6	6	39,01	6	114	128	-14
50	1,65	4,33	4,44	5,13	5,19	5,25	6	6	36,34	6	116	160	-44
60	1,63	4,23	4,33	4,44	5,13	5,19	5,25	6	34,57	6	119	169	-50
70	1,61	3,62	4,23	4,33	4,44	5,13	5,19	5,25	32,19	6	109	181	-72
80	1,59	3,40	3,62	4,23	4,33	4,44	5,13	5,19	30,34	5,25	108	167	-59
90	1,57	3,36	3,40	3,62	4,23	4,33	4,44	5,13	28,51	5,19	114	176	-62
100	1,55	2,84	3,36	3,40	3,62	4,23	4,33	4,44	26,22	5,13	104	188	-84

Половозрастную пирамиду строим, считая, что в каждой возрастной группе число мужчин и женщин одинаково.

Мужчины, женщины

Таблица 3

Численность и состав населения

Возраст	Состав населения, %	
	Исходный	Через 100 лет
0 – 20	$(6+6)/37*100=32,43$	$(2,84+3,36)/26.22*100=23,65$
20 – 60	$(6+6+5+5)/37*100=59,4$ 6	$(3,40+3,62+4,23+4,33)/26.22*100=59,4$ 2
60 - 70	$3/37*100=8,11$	$4,44/26.22*100=16,93$

Выводы:

1. Численность населения Англии за 100 лет уменьшилось в 1,4 раза. Государство проводит правильную демографическую политику.
2. Изменение состава населения: дети – количество уменьшилось, работающие – практически не изменилось, пенсионеры – увеличилось.
3. Исходный национальный доход: 8920\$. Национальный доход через 100 лет: $8920 \times 1,4=11893$ \$. Государство будет выделять деньги на решение экологических проблем.

Задание 1. Сделайте прогноз общей численности населения и естественного прироста через 100 лет при заданном СКР. Результаты расчётов занесите в табл. 6.

Исходные данные: состав населения разного возраста. Считать, что дети рождаются у женщин возрастом 21-30 лет. Женщины составляют в этой возрастной группе половину. Считать, что люди живут до 70 лет. Расчет вести через 10 лет.

Задание 2. Постройте графики зависимости общей численности населения и естественного прироста от количества прошедших лет. Постройте половозрастную пирамиду исходную и через 100 лет.

Сделайте выводы о тенденции изменения численности и составе населения, о влиянии на природу в заданной стране и решению экологических вопросов.

Варианты заданий

Исходный состав населения приведен в таблице 4, величина СКР в таблице 5.

Исходный состав населения выбирается исходя из уровня развития страны. Страна относится к высокоразвитым (ВР) - национальный доход более 6000 \$, умеренно развитым (УР) – от 1000 до 6000 \$, слаборазвитыми (СР) - менее 1000 \$ (таблица 4).

Таблица 4

Исходный состав населения

Уровень развития страны	Количество людей возрастом, тыс. чел.						
	0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70
ВР	6	6	6	6	5	5	3
УР	11	9	7	6	5	4	3
СР	15	13	11	8	6	4	3

Таблица 5

Номер варианта и данные для расчетов

Вариант	Страна	Национальный доход	СКР	$\Delta_{СКР}$
1	Германия	12080	1,31	+0,01
2	Япония	12850	1,37	+0,01
3	США	17500	2,06	-0,01
4	Сингапур	5200	1,5	-0,01
5	Австралия	11910	1,77	-0,02
6	Гонконг	5050	2,05	-0,03
7	Ю.Корея	2370	2,1	-0,04
8	Греция	4150	2,2	-0,03
9	Китай	1300	1,69	-0,01
10	Аргентина	2350	2,33	-0,05
11	Бразилия	1810	2,05	-0,02
12	Шри-Ланка	300	3,5	-0,13
13	Колумбия	700	3,8	-0,16
14	Мексика	1850	2,58	-0,03

15	Индия	270	2,98	-0,06
16	Нигерия	850	5,9	-0,3
17	Филиппины	800	3,35	-0,15
18	Пакистан	350	4,25	-0,2
19	Эфиопия	120	7,0	-0,5
20	Кения	300	8,0	-0,6
21	Перу	2200	4,5	-0,25
22	Испания	7200	1,25	+0,02
23	Австрия	9300	1,4	+0,01
24	Франция	10100	1,89	-0,01
25	Сальвадор	900	5,5	-0,35

Таблица 6

**Общая численность населения и естественный прирост
через 100 лет**

Время лет	СКР	Количество людей возрастом, тыс.чел						Общ. числ., тыс.чел.	Умерло тыс.чел.	ОКР	ОКС	ЕПр
		0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60					
0									-			
10									3			
20									5			
30									5			
40									6			
50									6			
60									6			
70									6			
80									5,25			

Вопросы для контроля

1. Назовите основные демографические характеристики популяции.
2. Чем отличается численность от плотности?
3. Как определяется выживаемость популяции?

Практическая работа № 14

Динамика численности популяции и экологические стратегии

Вопросы для обсуждения

1. Колебания численности.
2. Экологические стратегии выживания.
3. Механизмы саморегуляции численности популяции.

Теоретическая часть

Численность и биомасса популяций обычно подвержены большим колебаниям во времени. Периодические и непериодические изменения количества особей в популяции, возникшие под влиянием внутренних свойств вида или внешних экологических факторов среды обитания, называют динамикой численности.

Существуют два основных типа динамики численности – периодическая и непериодическая. Периодические колебания происходят главным образом под влиянием закономерно изменяющихся факторов среды. У некоторых видов млекопитающих, птиц, рыб, насекомых наблюдаются четкие периодические изменения численности, то есть ее вспышки чередуются со спадами. Однако численность особей в популяциях может колебаться во времени без определенной периодичности. Большое влияние на популяции, такие их свойства как продолжительность жизни особей, плодовитость, которые определяют численность, оказывают температура, освещенность, влажность. В динамике численности популяций большую роль играют межвидовые отношения (конкуренция, хищничество, паразитизм).

Почти всегда вызывают изменения численности популяций антропогенные воздействия: в сельском и лесном хозяйствах, при рыболовстве и других видах промысла, при разрушении местообитаний человек способствует уменьшению их численности; при охране каких-то видов, наоборот, их численность возрастает. Эти колебания («волны жизни»)

вызываются, таким образом, многими воздействиями со стороны как живой, так и неживой природы.

Стремление организмов к выживанию носит название **экологической стратегии выживания**. Экологических стратегий выживания множество. Например, среди растений различают три основных типа стратегий выживания, направленных на повышение вероятности выжить и оставить после себя потомство: *виоленты*, *пациенты* и *эксплеренты*.

Виоленты (силовики) – подавляют всех конкурентов (например, деревья, образующие коренные леса).

Пациенты – виды, способные выжить в неблагоприятных условиях («тенелюбивые», «солелюбивые»).

Эксплеренты (наполняющие) – виды, способные быстро появляться там, где нарушены коренные сообщества, - на вырубках и гарях (осины), на отмелях.

Все многообразие экологических стратегий заключено между двумя типами эволюционного отбора, которые обозначаются константами логического уравнения: **r** – стратегия и **K** – стратегия.

Тип **r - стратегия**, или **r -отбор**, определяется отбором, направленным, прежде всего, на повышение скорости роста популяции, и, следовательно, таких качеств, как высокая плодовитость, ранняя половозрелость, короткий жизненный цикл, способные быстро распространяться на новые местообитания и пережить неблагоприятное время в покоящейся стадии.

K-стратегия или (**K-отбор**) направлена на повышение выживаемости в условиях уже стабилизировавшейся численности. Это отбор на конкурентоспособность, повышение защищенности от хищников и паразитов, повышение вероятности выживаемости каждого потомка, на развитие более совершенных внутривидовых механизмов численности.

Саморегуляция обеспечивается механизмами торможения роста численности. Таких гипотетических механизмов три:

1. при возрастании плотности и повышенной частоте контактов между особями возникает стрессовое состояние, уменьшающее рождаемость и повышающее смертность;

2. при возрастании плотности усиливается миграция в новые местообитания, краевые зоны, где условия менее благоприятны и повышается смертность;

3. при возрастании плотности происходят изменения генетического состава популяции – замена быстро размножающихся на медленно размножающихся особей.

Каждая популяция занимает определенную территорию (часть ареала вида). В течение многих поколений, за продолжительное время популяция успевает накопить те аллели, которые обеспечивают высокую приспособленность особей к условиям данной местности. Например, северные популяции млекопитающих обладают более густым мехом, а южные чаще темноокрашенные. Обмен генами между популяциями способствует большей изменчивости организмов, что обеспечивает более высокую приспособленность вида в целом к условиям обитания. Иногда изолированная популяция в силу различных случайных причин (наводнение, пожар, массовое заболевание) и недостаточной численности может полностью погибнуть.

Задание 1. По данным табл. 1. постройте следующие графики колебания численности охотничьих животных Республики Тыва по годам:

- а) для каждого вида животных;
- б) для совокупности крупных хищников и совокупности их потенциальных жертв;
- в) для совокупности некрупных хищников и совокупности их потенциальных жертв.

Таблица 1

**Динамика численности охотничьих животных
в Республике Тыва**

(Гос. доклад о состоянии окружающей среды в 2015 г.)

Годы	Виды, численность по годам, особей							
	Лось	Косуля	Марал	Кабан	Кабарга	Соболь	Рысь	Волк
2013	3819	14514	8935	3586	12049	12515	367	1970
2014	4823	20283	10317	8402	15192	22407	705	1374
2015	3562	23097	11357	8020	11311	19205	375	1512

Обоснуйте выбранную группировку видов по системам «совокупность крупных хищников – совокупность их потенциальных жертв», «совокупность некрупных хищников – совокупность их потенциальных жертв».

Проведите анализ кривых динамики численности отдельных видов и групп видов животных. Определите долю численности каждого вида рассмотренных охотничьих животных в их общей численности. Качественно оцените долю рассмотренных видов консументов первого порядка в рационе представленных хищных видов. Обоснуйте полученные наблюдения, сделайте выводы.

Задание 2. В охотничьем хозяйстве обитало 5000 зайцев и 3400 лис (Жердев, Успенский, Дорогань, 2001). Каждая пара лис в год приносит 7 детенышей, каждая пара зайцев – 12 детенышей. Как будет изменяться численность животных в течение шести лет, если учесть, что каждая лиса добывает за год 20 зайцев? До какого уровня возможно сокращение популяции зайцев, чтобы поддерживать численность популяции лис на исходном уровне?

Задание 3. На момент организации кластерного участка «Арысканныг» заповедника «Убсунурская котловина», расположенного на южных склонах хребта Восточный Танну-Ола в бассейне р. Арысканныг-Хем в Тес-Хемском районе в 1993 г. на его территории был отмечен 1 выводок обыкновенной лисицы (рис. 1). Через 5 лет ее численность увеличилась до 12-18 особей. Еще через 5 лет количество лисиц уменьшилось до 5-7 особей и стабилизировалось на этом уровне.

Объясните, почему сначала численность лисиц резко возросла, а позже упала и стабилизировалась?



Рис. 1. Обыкновенная лисица (фото А. Куксина)

Задание 4. Очевидно, что каждый организм испытывает на себе комбинацию **r** - и **K**- отбора, но **r**-отбор преобладает на ранней стадии развития популяции, а **K**-отбор – уже характерен для стабилизированных систем. Но все-таки оставляемые отбором особи должны обладать достаточно высокой плодовитостью и достаточно развитой способностью выжить при наличии конкуренции и «пресса» хищников. Конкуренция **r**- и **K**-отбора позволяет выделять разные типы стратегий и ранжировать виды по величинам **r** и **K** в любой группе организмов. Два типа популяций представляют собой только крайние точки континуума. Некоторые признаки **r**- и **K**-отбора приведены в таблице 2. Заполните пропущенные ячейки.

Таблица 2

Характерные признаки **r** и **K**-отбора

Характеристики	r -отбор	K –отбор
Размер популяций	Изменчивый во времени, не равновесный; обычно значительно ниже предельной емкости среды; сообщества или их части не насыщены; экологический вакуум:	Довольно постоянный во времени; равновесный, близкий к предельной емкости среды;

	ежегодное заселение	насыщенные сообщества; повторные заселения не являются необходимыми
Смертность		
Внутри- и межвидовая конкуренция		
Отбор благоприятствует	Быстрому развитию; высокой максимальной скорости увеличения популяции: раннему размножению; не-большому размеру тела; единственному в течение жизни акту размножения; большому числу мелких потомков	Более медленному развитию: большой конкурентоспособности: более позднему размножению: более крупному размеру тела; повторяющимся в течение жизни актам размножения; меньшему числу более крупных потомков
Продолжительность жизни		
Стадии сукцессии		
Примеры		

Задание 5. Структура биотического сообщества складывается из нескольких показателей: обилия и распределения (частоты) видов в населении. В выборке видового состава ранневесеннего аспекта птиц села Алды-Ишкин (С.О. Монгуш, 2017) насчитывается 11 видов, с общей плотностью 1042 ос/км². Рассчитайте долю участия каждого вида в населении птиц. Сделайте выводы, к какой категории относятся виды птиц.

Обилие – это число особей на единицу площади или объема. *Доля участия видов или частота* - отношение числа особей одного вида (n) к общей численности особей (N), выраженное в процентах:

$$Ч (\text{доля}) = (n \cdot 100) / N$$

Для оценки показателей обилия и распределения видов птиц используйте шкалу балльных оценок обилия птиц, предложенную А.П. Кузьякиным (1962).

- 1) весьма многочисленны (более 100 ос/10 км²),
- 2) многочисленные (10,1-100 ос/10 км²),
- 3) фоновые (1,1-10,0 ос/10 км²),
- 4) малочисленные (0,1-1,0 ос/10 км²),
- 5) редкие (менее 0,1 ос/10 км²),

По доле участия видов в населении выделяются:

- 1) доминантные – 10% и более
- 3) субдоминантные – 1,0-9,9%,
- 4) второстепенные – 0,1-0,9%,
- 5) третьестепенные – менее 0,1%.

Таблица 3

Численность и доля участия видов

№	Виды	Плотность, ос/км ²	Доля, %
1	Домовой воробей (<i>Passer domesticus</i>)	562	
2	Черная ворона (<i>Corvus corone</i>)	211,2	
3	Черный коршун (<i>Milvus migrans</i>)	78,4	
4	Журавль-красавка (<i>Anthropoides virgo</i>)	56	
5	Урагус (<i>Uragus sibiricus</i>)	47,6	
6	Сизый голубь (<i>Columba livia</i>)	28	
7	Полевой воробей (<i>Passer montanus</i>)	28	
8	Сорока (<i>Pica pica</i>)	22,4	
9	Большая синица (<i>Parus major</i>)	2,8	
10	Ворон (<i>Corvus corax</i>)	2,8	
11	Мохноногий курганник (<i>Buteo hemilasius</i>)	2,8	
	Всего (суммарная плотность):	1042	100

Вопросы для контроля:

1. Почему толерантность популяции к факторам среды значительно шире, чем у особи, и каково экологическое значение этого явления?
2. Каковы экологические причины, вызывающие рост численности популяции по экспоненте и логистической кривой?
3. В чём суть экологической стратегии выживания?
4. Какие экологические факторы вызывают саморегуляцию плотности популяции?

Литература к разделу

1. Бродский А.К. Общая экология: учебник для вузов. — 2-е изд., стер. — М.: Академия, 2007. — 253 с.
2. Иванова Н.А., Сторчак Т.В., Юмагулова Э.Р. Практикум по экологии: учебно-методическое пособие / Н.А. Иванова, Т.В. Сторчак, Э.Р. Юмагулова. — Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2014. — 144 с.
3. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология: учебник для вузов /. — Изд. 12-е, доп. и переработ. — Ростов н/Д: Феникс 2007. — 602 с.
4. Пономарева И.Н. Общая экология: учебное пособие / И.Н. Пономарева, В.П. Соломин, О.А. Корнилова. — Ростов н/Д: Феникс, 2009. — 538 с.
5. Розанов С. И. Общая экология: учеб. для вузов. - 6-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2005. - 434 с.
6. Степановских А.С. Общая экология: учеб. для студентов вузов по эколог. спец. - М.: ЮНИТИ, 2001.-509 с.
7. Чернова Н.М. Лабораторный практикум по экологии / учебное пособие для студентов пед. ин-тов по биолог. спец. М.: Изд-во Просвещение, 1986. — 97 с.
8. Чернова Н.М., Былова А.М. Общая экология: Учеб. для студентов пед. вузов.-М.: Дрофа, 2004.- 411 с.

Интернет-ресурсы

1. <https://.lektsii.org/>
2. <http://ggf.bsu.edu.ru/EIBook/Ekologia/>
3. <https://ru.wikipedia.org/>
4. <http://ours-nature.ru/b/book/>

РАЗДЕЛ 5. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Практическая работа № 15 Экологические основы природопользования

Вопросы для обсуждения

1. Понятие природопользования.
2. Классификация природных ресурсов.
3. Общие принципы рационального природопользования.

Теоретическая часть

Природопользование — это использование полезных для человека свойств окружающей природной среды — экологических, экономических, культурных, оздоровительных. Природопользование осуществляется в различных формах — экономической (ведущая форма), экологической, культурно оздоровительной. Выделяют общее и специальное природопользование. Общее природопользование не требует никаких разрешений, оно осуществляется любым гражданином на основе его права, возникшего в результате рождения и существования.

Специальное природопользование осуществляется физическими и юридическими лицами на основании разрешения уполномоченных государственных органов.

Природные ресурсы — это природные объекты и явления, которые человек использует для создания материальных благ, обеспечивающих не только поддержание существования человечества, но и постепенное повышение качества жизни. Природные объекты и явления — это различные тела и силы природы, используемые человеком как ресурсы. Организмы, кроме человека и в значительной степени домашних животных, — черпают живые энергетические ресурсы непосредственно из окружающей природной среды, являясь частью биогеохимических циклов. Эти ресурсы по своему действию можно рассматривать и как экологические факторы, в том числе

и как лимитирующие, например большая часть пищевых ресурсов.

Природные ресурсы, используемые человеком, многообразны, многообразно их назначение, происхождение, способы использования и т. п.

В основу классификации положено три признака: по источникам происхождения, по использованию в производстве и по степени истощаемости ресурсов (табл.1).

Таблица 1

Классификация природных ресурсов
(по Хван Т.А., 2011 г.)

Неисчерпаемые природные ресурсы	Исчерпаемые природные ресурсы	
Солнечная энергия Энергия морских приливов и волн Энергия ветра	Животный мир Растительный мир Плодородие почв	Восполняемые
Энергия земных недр Атмосферный воздух Вода	Пространство обитания Полезные ископаемые	Невосполняемые

Для создания необходимой продукции человек находит, добывает и перемещает к местам переработки необходимые природные ресурсы, вовлекая их в ресурсный цикл. Ресурсный цикл – это совокупность превращений и пространственных перемещений определенного вещества или группы веществ, происходящих на всех этапах использования его человеком. К таким ресурсным циклам относятся: цикл почвенно-климатических ресурсов и сельскохозяйственного сырья, цикл энергетических ресурсов, цикл ресурсов живой природы. Совершенствование ресурсных циклов базируется на ряде общих принципов, на основе которых строится природопользование. К ним относятся:

1. Принцип системного подхода.
2. Принцип оптимизации природопользования.
3. Принцип опережения.

4. Принцип гармонизации отношений природы и производства

5. Принцип комплексного использования природных ресурсов.

Задание 1. Закон ограниченности природных ресурсов.

Поскольку планета Земля представляет собой естественное ограниченное целое, то на ней не могут существовать бесконечные части, поэтому все природные ресурсы Земли являются конечными. К неисчерпаемым ресурсам можно отнести энергетические, полагая, что энергия Солнца дает практически вечный источник получения полезной энергии. Приведите примеры неисчерпаемых и возобновимых ресурсов. Обоснуйте, насколько они неистощимы.

Задание 2. Приведите примеры рационального и нерационального природопользования в России.

Рациональное природопользование	Нерациональное природопользование

Задание 3. Нерациональное природопользование приводит к трансформации, а затем к уничтожению природных экосистем. Тенденцию в изменениях восполняемости природных ресурсов можно проследить на примере лесов. Лес значительно пострадал еще в период древних цивилизаций. Оголение горных лесов Ливана началось 5000 лет назад, когда по приказу царя Соломона 80 000 египетских дровосеков вырубали для строительства дворца и храмов рощи ливанских кедров на значительной территории (рис. 1, 2). На большей части Китая и Индии, Мадагаскара леса были почти полностью вырублены уже в прошлом тысячелетии.

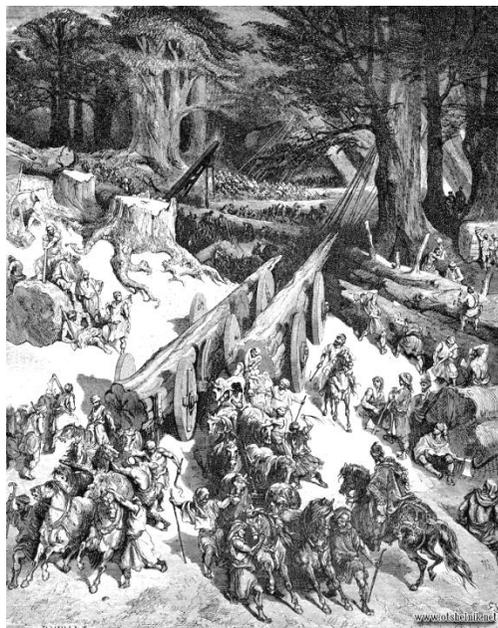


Рис. 1. Вырубка ливанских кедров



Рис. 2. Ливанский кедр

Приведите примеры уничтожения лесов на разных континентах планеты. Объясните на примерах необходимость сохранения человеком биологического разнообразия видов в лесных экосистемах. К чему приводит уничтожение баобабов, эвкалиптов, хвойных бореальных лесов. Приведите другие доводы в пользу сохранения лесов.

Задание 4. В «Конвенции о биологическом разнообразии», принятой в 1992 году на Конференции ООН в Рио-де-Жанейро, отмечается: «Биологическое разнообразие представляет собой большую ценность по экологическим, генетическим, социальным, экономическим, научным, образовательным, культурным, рекреационным и эстетическим причинам. Биологические ресурсы кормят и одевают нас, обеспечивают жильем, лекарствами и духовной пищей». Оно необходимо также для сохранения систем жизнеобеспечения биосферы, так как является необходимым условием поддержания устойчивости биосферы как среды жизни человечества и всего живого мира.

Начертите график темпа вымирания птиц на Земле. С 1700 по 1749 гг. исчезло 6 видов; с 1750 по 1799 гг. – 10 видов; с 1800 по 1849 гг. – 15 видов; с 1850 по 1899 гг. – 26 видов; с 1900 по 1949 гг. 33 вида; с 1950 по 2000 гг. – 37 видов. Объясните тенденцию исчезновения видов птиц за последние 300 лет. Назовите основные причины вымирания птиц. Какие последствия для окружающей среды имеет вымирание птиц?

Задание 5. Объясните законы экологии, сформулированные Б. Коммонером, с точки зрения рационального природопользования:

- 1) все связано со всем;
- 2) все должно куда-то деваться;
- 3) ничто не дается даром;
- 4) природа знает лучше.

Вопросы для контроля

1. По каким принципам классифицируются природные ресурсы? Назовите основные классификации.

2. Как вы понимаете рациональное природопользование? Каковы его основные принципы, раскройте их на примерах.

Семинарское занятие № 2 **Формы природоохранной работы**

Вопросы для обсуждения

1. Мониторинг окружающей среды: виды мониторинга.
2. Система особо охраняемых природных территорий в России.

Мониторинг окружающей среды – комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды. Этим термином называют регулярные, выполняемые по единообразной заданной программе наблюдения природных сред, природных ресурсов, растительного и животного мира, позволяющие выделить изменения их состояния и происходящие в них процессы под влиянием антропогенной деятельности.

В 1974 г. в Найроби была образована межправительственная комиссия по системе глобального мониторинга, разработана первая схема организации мониторинга антропогенных загрязнителей. Следует отметить, что еще до этого в нашей стране под руководством известного ученого Ю. А. Израэля были разработаны научные основы мониторинга, которые доложены на заседании Совета управляющих Программ ООН по проблемам окружающей среды (ЮНЕП) в Найроби, а затем и на других международных симпозиумах и совещаниях (Хван, 2011).

В настоящее время в России создана и функционирует Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ). Таким образом, объектом мониторинга является окружающая природная среда.

Задачи и цели мониторинга окружающей природной среды включают:

- наблюдение за состоянием окружающей среды;
- выявление факторов и источников антропогенного воздействия на окружающую среду;

- определение степени антропогенного воздействия на окружающую среду;

- оценку и прогнозирование состояния окружающей среды.

Различают довольно много видов мониторинга как по характеру, так и по методам или целям наблюдения. В соответствии с тремя типами загрязнений различают мониторинг глобальный, региональный, импактный; по способам — авиационный, космический, дистанционный, по задачам — прогностический.

Глобальный мониторинг предусматривает слежение за общемировыми процессами и явлениями в биосфере и осуществление прогноза возможных изменений. *Региональный мониторинг* охватывает отдельные регионы, в пределах которых наблюдаются процессы и явления, отличающиеся по природному характеру или по антропогенным воздействиям от естественных биологических процессов. *Импактный мониторинг* обеспечивает наблюдения в особо опасных зонах и местах, непосредственно примыкающих к источникам загрязняющих веществ. *Базовый мониторинг* — это слежение за состоянием природных систем, на которые практически не накладываются региональные антропогенные воздействия. Для осуществления базового мониторинга используют удаленные от промышленных регионов территории, в том числе биосферные заповедники.

Согласно ФЗ РФ «Об особо охраняемых природных территориях», особо охраняемыми природными территориями (ООПТ) считаются участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, которые имеют особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение. Все они изъяты решениями органов государственной власти полностью или частично из хозяйственного использования и переданы под охрану.

В Российской Федерации создание особо охраняемых природных территорий (ООПТ) является традиционной и весьма эффективной формой природоохранной деятельности. Современная сеть ООПТ формировалась на протяжении 100 последних лет, у ее истоков стояли выдающиеся русские ученые-

естествоиспытатели и энтузиасты — экологи. В целом сложившаяся сеть ООПТ является одним из крупнейших природоохранных достижений нашего Отечества. Экологическая доктрина России рассматривает развитие системы особо охраняемых природных территорий как одно из ключевых направлений государственной политики в области экологии. Миссия всех ООПТ разных уровней и категорий едина – это сохранение биологического и ландшафтного разнообразия как основы биосферы. На сегодняшний день в России более **13000** ООПТ различных категорий.

Законом определены и основные категории ООПТ:

- Государственные природные и биосферные заповедники;
- Национальные парки;
- Природные парки;
- Государственные природные заказники;
- Памятники природы;
- Дендрологические парки и ботанические сады;
- Лечебно-оздоровительные местности и курорты.

Наиболее ценные природные комплексы и объекты представлены именно в масштабах федеральной системы ООПТ, представленной в первую очередь государственными природными заповедниками, национальными парками и федеральными заказниками.

Задание 1. В некоторой местности проводился экологический мониторинг – оценка состояния сообществ разных типов. Результаты исследований за 2 года приведены в таблице 1. Пользуясь приведенной таблицей 2, оцените, как изменилась экологическая обстановка в данной местности.

Таблица 1

Данные исследований сообществ

№	Площадь сообществ	Годы исследований	
		1-й год	2-й год
1	Лесные биоценозы, га	5 000	4 900
2	Агроценозы, га	12 000	11 780
3	Степные биоценозы, га	25 000	24 990
4	Пойменные луга, га	14 000	14 000

Таблица 2

Оценка состояния территории (в %)

№	Изменение площади, занимаемой сообществом	Оценка состояния территории
1	Менее 0,5 % в год	Экологическая норма
2	От 0,5 до 2 % в год	Экологический риск
3	От 2 до 4 % в год	Экологический кризис
4	Более 4 % в год	Экологическое бедствие

Задание 2. На приведенной территории провели оценку качества воды методом биоиндикации – на основе анализа сообщества водных беспозвоночных (рис.1). Точки отбора проб обозначены на плане. Как согласуется разнообразие встреченных видов живых организмов в пробах с местами забора проб на реке в разных точках? Вспомните, какие виды водных беспозвоночных способны выдерживать загрязнение воды. Какие основные загрязнители можно ожидать обнаружить в воде в районе точки 5. Полученные данные внесены в таблицу 3.

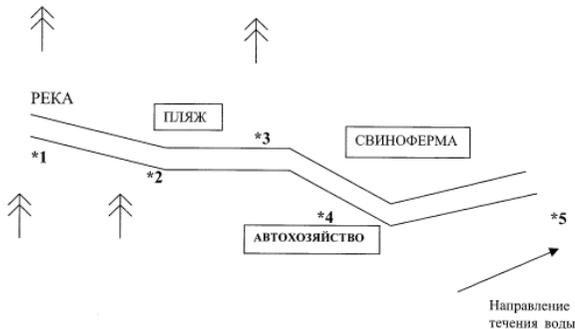


Рис. 1. Схема отбора проб

Таблица 3

Точки отбора и оценка обилия видов

№	Оценка обилия видов-индикаторов по 3-балльной шкале	Точки отбора проб воды				
		1	2	3	4	5
1	Личинки поденок	2	2	1	-	-
2	Личинки ручейников	2	1	1	-	-

3	Личинки стрекоз	3	3	2	2	1
4	Улитковая пиявка	2	2	2	1	1
5	Паук серебрянка	2	1	1		
6	Личинки комаров из семейства хирономид (мотыль)	2	2	3	3	3
7	Малый прудовик	2	2	2	1	1

Задание 3. Стоит вопрос об охране редкого вида млекопитающего на одной из двух территорий. На одной из них живут взрослые плодовитые особи, но нет молодых. На другой – существуют молодые, но погибли взрослые. Какой из двух участков вы решили бы выбрать для заповедника?

Задание 4. Найдите определения всех категорий ООПТ, запишите в тетрадь. Приведите примеры биосферных заповедников по федеральным округам Российской Федерации.

Задание 5. Зная характеристику заказников и заповедников, проведите сравнение. Занесите в следующую таблицу 4.

Таблица 4

Сравнительная характеристика ООПТ

Признаки	Заказник	Заповедник	Национальные парки	Природные парки	Памятники природы	Дендрологические парки и ботанические сады
Определение понятия						
Особенности						
Характер научной деятельности						
Сколько всего на территории России						
Сколько всего на территории Тувы.						

Задание 6. На контурную карту Тувы нанесите заповедники и заказники Тувы. Составьте их характеристику, данные занесите в таблицу 5.

Таблица 5.

Основные заказники и заповедники Республики Тыва

№	Название	Место нахождения	Год организации	Площадь	Основные охраняемые растения и животные

Вопросы для контроля

1. Что такое мониторинг, виды мониторинга?
2. Какие виды принято называть редкими?
3. Сколько растений и животных подлежат охране в Республике Тыва?

Семинарское занятие № 3

Международное сотрудничество в области охраны природы

Вопросы для обсуждения

1. Национальные и международные объекты охраны окружающей среды.
2. Международные организации в области охраны окружающей среды (ООС).
3. Основные международные программы ООС.

Объекты охраны окружающей среды подразделяются на национальные (внутригосударственные) и международные (общемировые).

К национальным (внутригосударственным) объектам относятся земля, воды, недра, дикие животные и другие элементы природной среды, которые находятся на территории государства. Национальными объектами государства распоряжаются свободно, охраняют и управляют ими на основании собственных законов в интересах своих народов.

Международные объекты охраны окружающей среды – это объекты, которые находятся в пределах международных пространств: Космос, атмосферный воздух, Мировой океан и Антарктида, либо перемещаются по территории различных стран (мигрирующие виды животных). Эти объекты не входят в юрисдикцию государств и не являются чьим-либо национальным достоянием. Они осваиваются и охраняются на основании различных договоров, конвенций, протоколов, отражающих совместные усилия международного сообщества.

Существует еще одна категория международных объектов природной среды, которая охраняется и управляется государствами, но взята на международный учет. К ним относятся: во-первых, природные объекты уникальной ценности и принятые на международный контроль (заповедники, национальные парки, резерваты, памятники природы); во-вторых, исчезающие и редкие виды, занесенные в международную Красную книгу; в-третьих, разделяемые природные ресурсы, постоянно или значительную часть года находящиеся в пользовании двух или более государств (река Дунай, Балтийское море и др.).



Международные организации, занимающиеся охраной окружающей среды можно разделить на следующие категории:

– специализированные учреждения **ООН**, в которых охрана окружающей среды является одной из многочисленных направлений деятельности;

- программы и комиссии ООН;
- собственно международные экологические организации.

Специализированные учреждения ООН:

– **ЮНЕСКО** (Организация объединенных наций по вопросам образования, науки и культуры) – специализированное учреждение ООН, созданное в 1946 г. с целью способствовать миру и безопасности, развитию



сотрудничества стран в области науки, образования и культуры для поощрения всеобщего соблюдения справедливости, правопорядка, прав человека и основных свобод, предусмотренных уставом ООН для всех народов мира.

Одним из главных направлений деятельности является охрана окружающей среды и памятников культуры;

– **ВОЗ** (Всемирная организация здравоохранения) – специализированное учреждение ООН, основанное в 1946 г., основной целью которого является достижение всеми народами Земли наиболее высокого уровня здоровья.



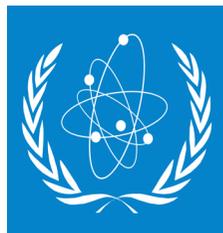
ВОЗ организует борьбу с наиболее опасными болезнями, оказывает помощь странам в медицинском просвещении населения, организует научные исследования (в том числе по охране среды), создает справочные центры по своей тематике, подготовку медицинских кадров и кадров специалистов экологов. Штаб-квартира в Женеве;

– **ФАО** (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН) – специализированное учреждение ООН, образованное в 1945 г. с целью улучшения питания и повышения уровня жизни народов.



Основное внимание уделяет продовольственным ресурсам Земли и развитию в мире сельского хозяйства;

– **МАГАТЭ** (Международное агентство по атомной энергии) – международная организация в системе ООН, являющаяся центром содействия международному сотрудничеству в области мирного использования атомной энергии и охраны окружающей среды от радиоактивного загрязнения.



Учреждена в 1957 г. Разрабатывает правила строительства и эксплуатации атомных электростанций, проводит экспертизу проектируемых и действующих АЭС и т.д.;

– Научный комитет по действию атомной радиации – международная организация, созданная ООН в 1955 г. Занимается вопросами изучения действия ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, особенно связанных с выпадением радиоактивных осадков.

Программы и комиссии ООН, занимающиеся охраной окружающей среды, и международные экологические организации:

– **ЮНЕП** (Программа ООН по окружающей среде) – специализированное учреждение системы ООН, созданное по рекомендации Стокгольмской конференции ООН в 1972 г. по окружающей среде.



Основная задача ЮНЕП – координация усилий государств в борьбе с загрязнением и деградацией окружающей природной среды, с опустыниванием земель, потерей почвой плодородия, ухудшением качества вод. Координирует программу глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГМОС), в которую входят ВМО, ВОЗ, ФАО, ЮНЕСКО. Штаб-квартира расположена в Найроби (Кения);

– **ГРИНПИС** (Зеленый мир) – международная неправительственная организация, созданная в 1971 г. с целью сохранения природной среды Земли от разрушения.



Основные цели: привлечение широкой общественности к вопросам охраны окружающей среды. Является самым влиятельным экологическим движением;

– **ВМО** (Всемирная метеорологическая организация) – международная межправительственная организация, учрежденная в 1947 году, начала деятельность с 1951 года в качестве специализированного учреждения ООН,



созданная для сотрудничества в области метеорологических наблюдений и исследований, обмена информацией.

В настоящее время (2013) в ВМО входит 191 государство, в том числе Россия. Штаб-квартира ВМО находится в Женеве. Главные цели ВМО: содействие всемирному сотрудничеству в создании сети станций для проведения метеонаблюдений, а также центров, обеспечивающих деятельность метеослужб; способствование созданию системы оперативного обмена метеоинформацией, стандартизации метеонаблюдений и обеспечению единообразия публикуемых наблюдений и статистических данных, применению метеорологии в авиации, мореплавании, сельском хозяйстве; поощрение исследований по метеорологии и подготовку метеорологов; содействие координации международных аспектов этих проблем.

– **ВХП** (Всемирная хартия природы) – совокупность программных положений, принятых в 1982 г., отражающих основные принципы взаимоотношений человечества с окружающей природной средой и предлагающих меры по их осуществлению;



– **ВСЕМИРНЫЙ ФОНД ДИКОЙ ПРИРОДЫ (WWF)** – международная общественная организация, основная цель которой обеспечение охраны всех биологических ресурсов Земли в экосистемах, поддерживающих свое существование в условиях рационального природопользования. Организация предоставляет финансовую поддержку в виде грантов на охрану природных территорий, природоохранное образование и природоохранные научные исследования. Штаб-квартира расположена в Швейцарии;



– **МСОП** (Международный союз охраны природы и природных ресурсов) – межправительственная научно-консультативная организация, созданная в



1948 г. по инициативе ЮНЕСКО. Основные цели деятельности – сохранение природных богатств и их рациональное использование.

В составе имеет шесть комиссий: по экологии, природоохранному просвещению и образованию, редким видам, национальным паркам и охраняемым территориям, законодательству, природоохранным стратегиям и планированию. По инициативе МСОП созданы и постоянно переиздаются Красные и Зеленые книги редких и исчезающих видов растений и животных. В союз входят 952 члена из 139 стран (74 правительства, 111 правительственных организаций, 731 НПО, 36 ассоциированных члена). Штаб-квартира расположена в Швейцарии;

– Программа «**ЧЕЛОВЕК И БИОСФЕРА**», МАВ (Man and Biosphère) – международная научно-исследовательская программа ЮНЕСКО, принятая в 1970 г. Цели: проведение междисциплинарных исследований, подготовка специалистов в области управления природными ресурсами.



Занимается решением ряда экологических вопросов, сформулированных в виде 14 подпрограмм-проектов, направленных на многолетние исследования о взаимовлиянии человека и экосистем. В работе участвуют около 110 стран. В соответствии с этой программой в разных странах мира создаются биосферные заповедники. Штаб-квартира находится в Париже;

– **ГЭФ** – Глобальный Экологический Фонд был учрежден как уникальная международная организация и одновременно, как механизм международного сотрудничества, финансируемый по преимуществу странами-членами Организации экономического сотрудничества и развития.



Главная миссия ГЭФ - направление финансовых средств на покрытие затрат, связанных с деятельностью по достижению

глобального природоохранного эффекта. Исполнительными организациями ГЭФ являются: Программа Развития ООН (ПРООН, UNDP), Всемирный Банк (ВБ, WB), Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП, UNEP). На них возложена функция подготовки и реализации финансируемой ГЭФ деятельности в пределах компетенции каждой из них. Программа малых грантов Глобального экологического Фонда является корпоративной программой ГЭФ исполняемой ПРООН и выполняемой Службой ООН по содействию реализации проектов (ЮНОПС, UNOPS).

Главная цель программы малых грантов Глобального Экологического Фонда состоит в том, чтобы обеспечить пользу и выгоды глобальной окружающей среде через деятельность, основанной на инициативах местных сообществ. Программа дает возможность местным сообществам через их организации сделать свой вклад в сохранение глобальной природы в месте своего проживания и хозяйственной деятельности.

К семинарскому занятию необходимо подготовить доклады по программам охраны окружающей среды ЮНЕСКО ООН. Освещая вопросы необходимо раскрыть суть программ.

Работа должна быть выполнена на компьютере. Формат – А 4; поля: левое – 3 см, остальные – 2 см; шрифт – Times New Roman, размер 12, интервал – полуторный. Объем – 3 страницы.

Тематика докладов по программам (проектам) охраны окружающей среды ЮНЕСКО ООН

1. Экологическое воздействие деятельности человека на тропические и субтропические экосистемы.
2. Экологическое воздействие различных видов землепользования и практики хозяйствования на леса умеренной зоны и Средиземноморья.
3. Влияние деятельности человека на динамику экосистем засушливых и полузасушливых зон с особым учетом последствий ирригации.

4. Экологическое воздействие деятельности человека на ресурсы озер, болот, рек, дельт, эстуариев и прибрежных районов.
5. Влияние деятельности человека на горные и тундровые экосистемы.
6. Экология и рациональное использование островных экосистем.
7. Экологическая оценка борьбы с сельскохозяйственными вредителями и использования удобрений в земных и водных экосистемах.
8. Влияние основных видов инженерно-технических работ на человека и окружающую среду.
9. Экологические аспекты городских систем с особым упором на использование энергии.

Литература к разделу

1. Авраменко И.М. Природопользование.- СПб.: Изд-во «Лань», 2003. – 128 с.
2. Емельянов А.Г. Основы природопользования: учебник для студ.вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 304 с.
3. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология: учебник для вузов. — Изд. 12-е, доп. и переработ. – Ростов н/Д: Феникс 2007. — 602 с.
4. Степановских А.С. Общая экология: Учеб.для студентов вузов по эколог.спец. - М.: ЮНИТИ, 2001.-509 с.
5. Природопользование: учебник. Под ред. Э.А. Арустамова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский Дом «Дашков и К», 2002. – 276 с.
6. Хван Т.А. Экология. Основы рационального природопользования: учеб. пособие / Т.А Хван, М.В. Шинкина. – 5 -е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 319 с. – Серия: Основы наук.
7. Федорова Т.А., Козлов О.В. Сборник задач по экологии и рациональному природопользованию: учебно-методическое пособие.- Курган: Изд-во Курганского гос. Ун-та, 2011.- 64 с.

Интернет-ресурсы

1. Федеральный закон от 14 марта 1995 г. N 33-ФЗ "Об особо охраняемых природных территориях" Система ГАРАНТ:
<http://base.garant.ru/10107990/#ixzz4ifEDpk2m>
2. <http://ecoportal.ru/news>
3. <http://greenwaves.com/Russian/indexrus.html>.
4. http://ecoaid/secondmenu/prirodooxrannaja_dokumentatsija/
5. <http://clean-ecology.ru>
6. <http://ecology-portal.ru>
7. <http://news.zapoved.ru>
8. <http://ecodelo.org>

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
РАЗДЕЛ 1. СРЕДА ОБИТАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ	
Практическая работа №1. Окружающая среда и ее факторы.....	5
Практическая работа № 2. Температура как экологический фактор.....	12
Практическая работа № 3. Солнечная радиация как экологический фактор.....	19
Практическая работа № 4. Адаптивные особенности энергетического обмена кедровки в зимний период.....	23
Лабораторная работа № 1. Адаптации растений к влажности..	27
Практическая работа № 5. Тема Жизненные формы животных	32
Практическая работа № 6. Жизненные формы растений	38
Литература к разделу	44
РАЗДЕЛ 2. ОСНОВЫ БИОЦЕНОЛОГИИ	
Практическая работа № 7. Экологические системы	46
Практическая работа № 8. Структура биоценоза	56
Практическая работа № 9. Динамика экосистем.....	62
Лабораторная работа № 2. Сукцессии простейших в сенном настое.....	67
Практическая работа № 10. Типы взаимодействий организмов	72
Лабораторная работа № 3. Типы биотических отношений	80
Литература к разделу	83

РАЗДЕЛ 3. УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ

Практическая работа № 11. Биосфера-глобальная экосистема	85
Семинарское занятие № 1. Глобальные экологические проблемы биосферы	89
Литература к разделу	92

РАЗДЕЛ 4. ПОПУЛЯЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Практическая работа № 12. Структура популяции	94
Практическая работа № 13. Демографические показатели населения.....	100
Практическая работа № 14. Динамика численности популяции и экологические стратегии	111
Литература к разделу	118

РАЗДЕЛ 5. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Практическая работа №15. Экологические основы природопользования	119
Семинарское занятие № 2. Формы природоохранной работы.....	124
Семинарское занятие № 3. Международное сотрудничество в области охраны природы	129
Литература к разделу	136

Учебное издание

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ

Учебно-методическое пособие

Составители

**Куксина Долаана Кызыл-ооловна
Севелей Шончалай Сергеевна**

Редактор М.Н. Донгак

Дизайн обложки К.К. Сарыглар

Сдано в набор: 05.10.2017.

Подписано в печать: 26.11.2017.

Формат бумаги 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Физ. печ.л. 8,8. Усл. печ.л. 8,2.

Заказ № 1330. Тираж 50 экз.

667000, г. Кызыл, Ленина, 36
Тувинский государственный университет
Издательство ТувГУ