

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.Б 11.Экология

Направление подготовки 35.03.01 Лесное дело

Профиль подготовки Лесное хозяйство

Форма обучения заочная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций	3
1.1 Лекция 1 (Л-1) Среда и факторы среды. Действия факторов среды на организмы	
1.2 Лекция 2 (Л-2) Учение о биосфере. Типы межвидовых взаимоотношений	
1.3 Лекция 3 (Л-3) Организация (структура) экосистем. Структура и развитие экосистем	
1.4 Лекция 4 (Л-4) Популяционно-видовой уровень жизни	
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ	63
Не предусмотрено РУП.	
3. Методические указания по проведению практических занятий	63
3.1 Практическое занятие 1 (ПЗ-1) Действие факторов среды на организм	
3.2 Практическое занятие 2 (ПЗ-2) Описание особенностей действия экологических факторов в разных природных зонах России. Анализ видовой структуры биоценозов	
3.3 Практическое занятие 3 (ПЗ-3) Типы межвидовых взаимоотношений	
3.4 Практическое занятие 4 (ПЗ-4) Описание биогеохимических циклов. Характеристика основных типов экосистем	
3.5 Практическое занятие 5 (ПЗ-5) Характеристика свойств популяции	
4. Методические указания по проведению семинарских занятий	74
Не предусмотрено РУП.	

1. КОНСПЕКТЫ ЛЕКЦИЙ

Лекция 1 (Л-1) Среда и факторы среды. Действия факторов среды на организмы

Вопросы:

1. Экологическая среда
2. Факторы среды, их классификация
3. Ресурсы среды
1. Общие закономерности действия факторов среды на организмы
2. Комплексное действие факторов среды на организм
3. Концепция лимитирующих факторов

Основные вопросы:

1. Экология как наука, ее предмет, задачи, цели и методы

Термин «экология» впервые был введен в 1866 году немецким ученым Э. Геккелем в его книге «Всеобщая морфология организмов». Он состоит из двух латинских слов: «oikos» - дом, местообитание, жилище, и «logos» - наука. В дословном переводе - это наука об организмах у себя дома.

Экология - это биологическая наука, изучающая формирование, структуру и функционирование биологических систем всех уровней от организма до биосферы и их взаимодействие с окружающей средой. Из данного определения вытекают задачи экологии.

Экология как наука должна решать следующие задачи:

1. Изучить законы и закономерности взаимодействия организмов со средой их обитания;
2. Изучить формирование, структуру и функционирование надорганизменных биологических систем (популяция, биоценоз (сообщество), биогеоценоз (экосистема), биом, биосфера).
3. Изучить законы и закономерности взаимодействия надорганизменных биологических систем (популяция, биоценоз (сообщество), биогеоценоз (экосистема), биом, биосфера) с окружающей средой.

Решение задач, стоящих перед экологией, позволит достичь поставленных перед ней целей. Цели экологии можно сформулировать следующим образом.

1. Разработка оптимальных путей взаимодействия общества и природы с учетом законов существования природы;
2. Прогнозирование последствий воздействия общества на природу с целью предотвращения негативных результатов.

Для решения задач, стоящих перед экологией, она использует как свои собственные методы, так и методы других наук. Собственные методы экологии можно разделить на три группы.

1. Полевые методы - это методы, позволяющие изучить влияние комплекса факторов естественной среды на естественные биологические системы и установить общую картину существования и развития системы.

2. Лабораторные методы - это методы, позволяющие изучить влияние комплекса факторов моделированной в лабораторных условиях среды на естественные или моделированные биологические системы. Эти методы дают возможность получить приблизительные результаты, которые требуют дальнейшего подтверждения в полевых условиях.

3. Экспериментальные методы - это методы, позволяющие изучить влияние отдельных факторов естественной или моделированной среды на естественные или моделированные биологические системы. Они применяются в сочетании как с полевыми, так и с лабораторными методами. Кроме собственных методов экология широко использует методы таких наук, как биохимия, физиология, микробиология, генетика, цитология, гистология, физика, химия, математика и др.

В зависимости от типа изучаемой биологической системы в экологии выделяют

следующие разделы: факториальная экология (аутэкология), учение о популяциях (демэкология), учение о сообществах (синэкология), учение об экосистемах (биогеоценология) и учение о биосфере (глобальная экология).

2. История развития экологии

Первый этап - зарождение и становление экологии как науки (до 60-х гг. XIX в.). На этом этапе накапливались данные о взаимосвязи живых организмов со средой их обитания, делались первые научные обобщения. В XVII-XVIII вв. экологические сведения составляли значительную долю во многих биологических описаниях. Элементы экологического подхода содержались в исследованиях русских ученых И. И. Лепехина, А. Ф. Миддендорфа, С. П. Крашенникова, французского ученого Ж. Бюффона, шведского естествоиспытателя К. Линнея, немецкого ученого Г. Йегера и др.

В этот же период Ж. Ламарк и Т. Мальтус впервые предупреждают человечество о возможных негативных последствиях воздействия человека на природу.

Второй этап - оформление экологии в самостоятельную отрасль знаний.

Начало этапа ознаменовалось выходом работ русских ученых К. Ф. Рулье, Н. А. Северцова, В. В. Докучаева, впервые обосновавших ряд принципов и понятий экологии, которые не утратили своего значения и до настоящего времени. Не случайно поэтому американский эколог Ю. Одум считает В. В. Докучаева одним из основателей экологии. В конце 70-х гг. XIX в. немецкий гидробиолог К. Мебиус вводит важнейшее понятие о биоценозе как о закономерном сочетании организмов в определенных условиях среды.

Неоценимый вклад в развитие основ экологии внес Ч. Дарвин, вскрывший основные факторы эволюции органического мира. То, что Ч. Дарвин называл «борьбой за существование», с эволюционных позиций можно трактовать как взаимоотношение живых существ с внешней, абиотической средой и между собой, т. е. с биотической средой.

Немецкий биолог-эволюционист Э. Геккель первый понял, что это самостоятельная и очень важная область биологии, и назвал ее экологией. В своем капитальном труде «Всеобщая морфология организмов» он писал: «Под экологией мы понимаем сумму знаний, относящихся к экономике природы: изучение всей совокупности взаимоотношений животного с окружающей его средой, как органической, так и неорганической, и прежде всего - его дружественных или враждебных отношений с теми животными и растениями, с которыми он прямо или косвенно вступает в контакт. Одним словом, экология - это изучение всех сложных взаимоотношений, которые Дарвин назвал «условиями, порождающими борьбу за существование».

Как самостоятельная наука экология окончательно оформилась в начале XX в. В этот период американский ученый Ч. Адамс создает первую сводку по экологии, публикуются другие важные обобщения и сводки. Крупнейший русский ученый XX в. В. И. Вернадский создает фундаментальное учение о биосфере.

В 30-е и 40-е гг. экология поднялась на более высокую ступень в результате нового подхода к изучению природных систем. Сначала А. Тенсли выдвинул понятие об экосистеме, а несколько позже В. Н. Сукачев обосновал близкое этому представление о биогеоценозе. Следует отметить, что уровень отечественной экологии в 20-40-х гг. был одним из самых передовых в мире, особенно в области фундаментальных разработок. В этот период работали такие выдающиеся ученые, как академик В. И. Вернадский и В. Н. Сукачев, а также крупные экологи В. В. Станчинский, Э. С. Бауэр, Г. Г. Гаузе, В. Н. Беклемишев, А. Н. Формозов, Д. Н. Кашкаров и др.

Во второй половине XX в. в связи с загрязнением окружающей среды и резким усилением воздействия человека на природу экология приобретает особое значение.

Начинается третий этап - превращение экологии в комплексную науку, включающую в себя науки об охране природной и окружающей человека среды. Из строгой биологической науки экология превращается в «значительный цикл знания, вобрав в себя разделы географии, геологии, химии, физики, социологии, теории культуры, экономики...».

Первые природоохранные акты на Руси известны с IX-XII вв. В XIV-XVII вв. на южных границах Русского государства существовали «засечные леса», своеобразные охраняемые территории, на которых были запрещены хозяйственные рубки. История сохранила более 60 природоохранных указов Петра I. При нем же началось изучение богатейших природных ресурсов России. В 1805 г. в Москве было основано общество испытателей природы. В конце XIX - начале XX в. возникло движение за охрану редких объектов природы. Трудami выдающихся ученых В. В. Докучаева, К. М. Бэра, Г. А. Кожевникова, И. П. Бородинa, Д. Н. Анучина, С. В. Завадского и других были заложены научные основы охраны природы.

Начало природоохранной деятельности Советского государства совпало с рядом первых декретов, начиная с «Декрета о земле» от 26 октября 1917 г., который заложил основы природопользования в стране. Именно в этот период зарождается и получает законодательное выражение основной вид природоохранной деятельности - охрана природы.

В период 30-40-х гг., в связи с эксплуатацией природных богатств, вызванных, главным образом, ростом масштабов индустриализации в стране, охрана природы стала рассматриваться как «единая система мероприятий, направленная на защиту, развитие, качественное обогащение и рациональное использование природных фондов страны» (из резолюции Первого Всероссийского съезда по охране природы, 1929 г.).

Таким образом, в России возникает новый вид природоохранной деятельности - рациональное использование природных ресурсов.

В 50-е гг. дальнейшее развитие производительных сил в стране, усиление негативного влияния человека на природу обусловило необходимость создания еще одной формы, регулирующей взаимодействие общества и природы, - охраны среды обитания человека. В этот период принимаются республиканские законы об охране природы, которые провозглашают комплексный подход к природе не только как к источнику природных ресурсов, но и как к среде обитания человека. К сожалению, еще торжествовала лысенковская псевдонаука, канонизировались слова И. В. Мичурина о необходимости не ждать милости у природы.

В 60-80-е гг. практически ежегодно принимались правительственные постановления об усилении охраны природы (об охране бассейна Волги и Урала, Азовского и Черного морей, Ладожского озера, Байкала, промышленных городов Кузбасса и Донбасса, Арктического побережья). Продолжался процесс создания природоохранного законодательства, издавались земельные, водные, лесные и иные кодексы.

Эти постановления и принятые законы, как показала практика их применения, не дали необходимых результатов - губительное антропогенное воздействие на природу продолжалось.

3. Основные понятия экологии

Предмет экологии разделяется тремя способами. Во-первых, выделяют аутоэкологию, которая исследует взаимодействие отдельных организмов и видов со средой, и синэкологию, которая изучает сообщество. Во-вторых, разделение идет по типам сред, или местообитаний, - экология пресных вод, моря, суши, океана. В-третьих, экология разделяется на таксономические ветви - экологию растений, экологию насекомых, экологию позвоночных и т. д., вплоть до экологии человека. Рассматриваются также различные области практического приложения экологии - природные ресурсы, загрязнение среды и т. п.

Основные понятия экологии: популяция, сообщество, местообитание, экологическая ниша, экосистема. Популяцией называется группа организмов, относящихся к одному виду и занимающих определенную область, называемую ареалом. Сообществом, или биоценозом, называют совокупность растений и животных, населяющих участок среды обитания. Совокупность условий, необходимых для существования популяций, носит название экологической ниши. Экологическая ниша определяет положение вида в цепях питания.

Совокупность сообщества и среды носит название экологической системы, или биогеоценоза (различия между этими понятиями для нас пока несущественны). Ю. Одум дает такое определение:

«Любое единство, включающее все организмы на данном участке и взаимодействующее с физической средой таким образом, что поток энергии создает четко определенную трофическую структуру, видовое разнообразие и круговорот веществ внутри системы, представляет собой экологическую систему, или экосистему». Термин «экосистема» был введен английским экологом А. Тэнсли в 1935 году. В 1944 году В. Н. Сукачевым предложен термин «биогеоценоз», а В. И. Вернадский использовал понятие «биокосное тело». Главное значение этих понятий состоит в том, что они подчеркивают обязательное наличие взаимоотношений, взаимозависимости и причинно-следственных связей, иначе говоря, объединение компонентов в функциональное целое. В качестве примера экосистемы можно привести озеро, лес и т. п. Экосистемы очень различны. Всю биосферу можно рассматривать как совокупность экосистем от голубого океана, в котором преобладают мелкие организмы, но плотность биомассы велика, до высокого леса с крупными деревьями, но меньшей общей плотностью биомассы.

Выделяют два подхода к изучению экологической системы: аналитический, когда изучают отдельные части системы, и синтетический, рассматривающий всю систему в целом. Оба подхода дополняют друг друга. В зависимости от характера питания в экосистеме строится пирамида питания, состоящая из нескольких трофических уровней. Низший занимают автотрофные (буквально: самостоятельно питающиеся) организмы, для которых характерны фиксация световой энергии и использование простых неорганических соединений для синтеза сложных органических веществ. К этому уровню относятся прежде всего растения. На более высоком уровне располагаются гетеротрофные (буквально: питающиеся другими) организмы, использующие в пищу биомассу растений, для которых характерны утилизация, перестройка и разложение сложных веществ. Затем идут гетеротрофы второго порядка, питающиеся гетеротрофами первого порядка, т. е. животными. Экологическая пирамида, или пирамида питания, хорошо запоминается со школьных уроков биологии.

В целом в составе экосистемы выделяют три неживых и три живых компонента:

1) неорганические вещества (азот, углекислый газ, вода и др.), включающиеся в природные кругообороты;

2) органические соединения (белки, углеводы и т. д.);

3) климатический режим (температура, свет, влажность и другие физические факторы);

4) продуценты (автотрофные организмы, главным образом зеленые растения, которые создают пищу из простых неорганических веществ);

5) макроконсументы – гетеротрофные организмы, главным образом животные, которые поедают другие организмы;

6) микроконсументы, или редуценты, – гетеротрофные организмы, преимущественно бактерии и грибы, «которые разрушают сложные соединения мертвой протоплазмы, поглощают некоторые продукты разложения и высвобождают неорганические питательные вещества, пригодные для использования продуцентами, а также органические вещества, способные служить источниками энергии, ингибиторами или стимуляторами для других биотических компонентов экосистемы». Взаимодействие автотрофных и гетеротрофных компонентов – один из самых общих признаков экосистемы, хотя часто эти организмы разделены в пространстве, располагаясь в виде ярусов:

4. Структура общей экологии, ее место в системе естественных наук

Экология – наука об организации и функционировании надорганизменных биологических систем всех уровней – экосистем, сообществ, биосферы.

Экология превратилась из частного раздела биологии, знакомого узкому кругу специалистов, в обширный и еще окончательно не сформировавшийся комплекс фундаментальных и прикладных дисциплин – мегаэкологию.

Геккель рассматривал экологию как науку, изучающую взаимодействие организмов со средой их обитания. В тот период организм считался самым сложным уровнем организации жизни. В ходе развития экологии выяснилось, что жизнь существует и в виде надорганизменных уровней организации. В этой связи представление об экологии как науке в настоящее время существенно расширилось. Чтобы ответить на вопрос, что является предметом экологии, необходимо рассмотреть уровни организации живой материи. С точки зрения современной биологии жизнь на планете Земля представлена следующими уровнями организации живой материи: ген - клетка - ткань - орган - организм - популяция - биоценоз (сообщество) - биогеоценоз (экосистема) - биом - биосфера. В этом жизненном спектре предметом экологии являются биологические системы от организма до биосферы. Исходя из этого, можно дать современное определение экологии как науки.

1. Экологическая среда

Экологическая среда - **система взаимодействий человека и мира (по У.Бронфенбреннеру). Представляет собой систему из четырех концентрических структур. Микросистема-структура деятельности, ролей и межличностных взаимодействий в данном конкретном окружении. Мезосистема - структура взаимоотношения двух и более сред. Экосистема - среда, в пространстве которой происходят значимые события. Макросистема - ценности, законы и традиции культуры, в которой живет субъект.**

2. Факторы среды, их классификация

Среда обитания – природные тела и явления, находящиеся в прямых и косвенных взаимоотношениях с организмом (организмами). Отдельные элементы среды являются **факторами**.

1. Окружающая среда – среда, измененная человеком. Природная среда, окружающая природа – это среда, измененная в малой степени.

2. Или не измененная человеком.

3. Местообитание – среда жизни организма или вида, в которой проходит весь цикл его развития.

Влияние среды на организмы оценивают через экологические факторы (любой элемент или условие среды, на которые организм реагирует приспособительными реакциями).

Классификация факторов.

1. Факторы неживой природы (абиотические): климатические, атмосферные, почвенные и др.

2. Факторы живой природы (биотические) – влияние одних организмов на другие: со стороны растений (фитогенные), животных (зоогенные) и т. п.

3. Факторы человеческой деятельности (антропогенные): прямое влияние на организмы (промысел) или косвенное – на местообитание (загрязнение среды).

Современные экологические проблемы и возрастающий интерес к экологии связаны с действием антропогенных факторов.

Существует классификация факторов степени адаптации к ним организмов по периодичности (смена суток, сезонов года, приливоотливные явления и т. п.) и направленности действия (потепление климата, заболачивание территорий и т. п.). Организмы легче всего адаптируются к четко изменяющимся факторам (строго периодические, направленные). Адаптация к ним часто является наследственно обусловленной. Даже если фактор меняет периодичность, то организм продолжает некоторое время сохранять адаптацию к нему, действовать в ритме биологических часов (при смене часовых поясов). Наибольшие трудности для адаптации представляют факторы неопределенные, например антропогенные факторы. Многие из них выступают как вредные

(загрязняющие вещества). Из быстроизменяющихся факторов большое беспокойство сегодня вызывают изменения климата (в частности, из-за парникового эффекта), изменение водных экосистем (из-за мелиорации и т. п.). В некоторых случаях по отношению к ним организмы используют механизмы преадаптаций, т. е. адаптаций, выработанных по отношению к другим факторам. Например, устойчивости растений к загрязнению воздуха в некоторой степени способствуют структуры, замедляющие процессы поглощения веществ, которые также благоприятны и для засухоустойчивости, в частности плотные покровные ткани листьев. Это нужно учитывать например при подборе видов для выращивания в районах с высокой промышленной нагрузкой, а также для озеленения городов.

Все экологические факторы делят на группы:

1. Абиотические факторы включают компоненты и явления неживой природы, прямо или косвенно воздействующие на живые организмы. Среди множества абиотических факторов главную роль играют:

- **климатические** (солнечная радиация, свет и световой режим, температура, влажность, атмосферные осадки, ветер, атмосферное давление и др.);
- **эдафические** (механическая структура и химический состав почвы, влагоемкость, водный, воздушный и тепловой режим почвы, кислотность, влажность, газовый состав, уровень грунтовых вод и др.);
- **орографические** (рельеф, экспозиция склона, крутизна склона, перепад высот, высота над уровнем моря);
- **гидрографические** (прозрачность воды, текучесть, проточность, температура, кислотность, газовый состав, содержание минеральных и органических веществ и др.);
- **химические** (газовый состав атмосферы, солевой состав воды);
- **пирогенные** (воздействие огня).

2. Биотические факторы — совокупность взаимоотношений живых организмов, а также их взаимовлияний на среду обитания. Действие биотических факторов может быть не только непосредственным, но и косвенным, выражаясь в корректировке абиотических факторов (например, изменение состава почвы, микроклимата под пологом леса и т.д.). К биотическим факторам относятся:

- **фитогенные** (влияние растений друг на друга и на окружающую среду);
- **зоогенные** (влияние животных друг на друга и на окружающую среду).

3. Антропогенные факторы отражают интенсивное влияние человека (непосредственно) или человеческой деятельности (опосредованно) на окружающую среду и живые организмы. К таким факторам относятся все формы деятельности человека и человеческого общества, которые приводят к изменению природы как среды обитания и других видов и непосредственно сказываются на их жизни. Каждый живой организм испытывает влияние неживой природы, организмов других видов, в том числе человека, и в свою очередь оказывает воздействие на каждую из этих составляющих.

Влияние антропогенных факторов в природе может быть как сознательным, так и случайным, или неосознанным. Человек, распахивая целинные и залежные земли, создает сельскохозяйственные угодья, выводит высокопродуктивные и устойчивые к заболеваниям формы, расселяет одни виды и уничтожает другие. Эти воздействия (сознательные) часто носят отрицательный характер, например необдуманное расселение многих животных, растений, микроорганизмов, хищническое уничтожение целого ряда видов, загрязнение среды и др.

К случайным относятся воздействия, которые происходят в природе под влиянием деятельности человека, но не были заранее предусмотрены и запланированы им: распространение вредителей, паразитов, случайный завоз различных организмов с грузом, непредвиденные последствия, вызванные сознательными действиями в природе, например осушением болот, постройкой плотин, распашкой целины и др.

Биотические факторы среды проявляются через взаимоотношения организмов, входящих в одно сообщество. В природе многие виды тесно взаимосвязаны, их отношения

друг с другом как компонентами окружающей среды могут носить чрезвычайно сложный характер. Что касается связей между сообществом и окружающей неорганической средой, то они всегда являются двусторонними, обоюдными. Так, характер леса зависит от соответствующего типа почв, но сама почва в значительной мере формируется под влиянием леса. Подобно этому температура, влажность и освещенность в лесу определяются растительностью, но сформировавшиеся климатические условия в свою очередь влияют на сообщество обитающих в лесу организмов.

3. Ресурсы среды

В современном понимании под ресурсами, поддающимся качественному и количественному описанию, подразумеваются все природные источники, на которые осуществляется воздействие человека, причём знак этого воздействия бывает как положительным, так и отрицательным.

Обеспеченность ресурсами является основой функционирования теплоэнергетики и всей энергетики в целом в конкретных условиях. До настоящего времени обычно рассматривалась в различных аспектах обеспеченность теплоэнергетики только первичными топливными ресурсами. Но влияние на энергетику оказывают и многие другие компоненты атмосферы, гидросферы, литосферы, которые тоже необходимо принимать во внимание.

Развитие теплоэнергетики, как общей системы использования природных ресурсов началось в начале текущего столетия. Долгое время основным источником тепловой энергии во всём мире были дрова, мускульная энергия людей и скота. Коренное изменение структуры теплопотребления произошло в 20 веке.

Применение двигателей внутреннего сгорания в промышленной теплоэнергетике, в морском и автомобильном транспорте, в сельском хозяйстве, а затем и в авиации вызвали развитие добычи и переработки нефти. Для бытовых и промышленных целей стало использоваться газовое топливо, как более дешёвое, удобное в эксплуатации и удешевляющее котельное оборудование. С середины текущего столетия прирост теплоэнергopotребления происходит преимущественно за счёт этих двух видов ресурсов (1990 год: Нефть-0,03 млрд.т.ут.; Уголь- 0,73 млрд.т.ут.; 1975 год: Нефть-4,04, Природный газ-1,69, Уголь-2,63 млрд.т.ут.).

Важнейшим событием явилось открытие путей использования ядерной энергии. Наряду с органическим топливом, ядерное топливо относится к категории невозобновляемых энергетических ресурсов, в отличие от возобновляемых, к которым относятся: лучистая энергия Солнца, механическая энергия речных стоков, приливов, волн и ветров, тепловая энергия земных недр (геотермальная энергия) и тепловая энергия, основанная на температурном градиенте разных слоёв воды мирового океана.

Органическое топливо- 70-90% приходится на угли (извлекаемость 30-60%). Геологические ресурсы каменного угля- 7,5-14,0 трлн.т., (извлекаемость 1,0-2,4 трлн.т.).

Наиболее динамично изменяются представления о ресурсах нефти и природного газа- (извлекаемость 80-110 млрд.т.) и (700-1100 млрд.т.- геологические ресурсы нефти, природного газа- 800 трлн.м³).

Ядерное топливо: суммарные запасы урана, доступные извлечению из недр, оцениваются в 66,16 млн.т., ресурсы дейтерия сосредоточенные в атмосфере практически неисчерпаемы. Потенциальные ресурсы ядерного топлива по тепловому эквиваленту значительно превосходят суммарные ресурсы всех видов органического топлива.

Возобновляемые ресурсы: энергия недр Земли, космического излучения и излучения Солнца, а также их производные в виде преобразованной или аккумулированной энергии. Из наиболее перспективных источников энергии этой группы могут быть названы: энергия Солнца, гидроэнергия (энергия стока рек- наиболее освоена и широко применяется), энергия ветра.

1. Общие закономерности действия факторов среды на организмы

В комплексе действия факторов можно выделить некоторые закономерности, которые являются в значительной мере универсальными (общими) по отношению к организмам. К

таким закономерностям относятся правило оптимума, правило взаимодействия факторов, правило лимитирующих факторов и некоторые другие.

Правило оптимума. В соответствии с этим правилом для организма или определённой стадии его развития имеется диапазон наиболее благоприятного (оптимального) значения фактора. Чем значительнее отклонение действия фактора от оптимума, тем больше данный фактор угнетает жизнедеятельность организма. Этот диапазон называется зоной угнетения. Максимально и минимально переносимые значения фактора – это критические точки, за пределами которых существование организма уже невозможно.

К зоне оптимума обычно приурочена максимальная плотность популяции. Зоны оптимума для различных организмов неодинаковы. Чем шире амплитуда колебаний фактора, при которой организм может сохранять жизнеспособность, тем выше его устойчивость, т.е. **толерантность** к тому или иному фактору (от лат. толерация – терпение). Организмы с широкой амплитудой устойчивости относятся к группе **эврибионтов** (греч. эури – широкий, биос – жизнь). Организмы с узким диапазоном адаптации к факторам называются **стенобионтами** (греч. стенос – узкий). Важно подчеркнуть, что зоны оптимума по отношению к различным факторам различаются, и поэтому организмы полностью проявляют свои потенциальные возможности в том случае, если существуют в условиях всего спектра факторов с оптимальными значениями.

Диапазон между минимумом и максимумом принято называть **диапазоном толерантности**. Организмы могут иметь широкий диапазон толерантности в отношении одного фактора и узкий в отношении другого. Организмы с широким диапазоном толерантности обычно наиболее широко распространены. Если условия по одному экологическому фактору не оптимальны, то может сузиться и диапазон толерантности к другим факторам. Пользоваться оптимальными физическими условиями среды во многих случаях организмам мешают биотические отношения (конкуренция, хищничество, паразитизм и т. д.). В период размножения многие факторы среды часто становятся лимитирующими.

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. Сущность этого правила заключается в том, что 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, их ареалы. От них зависит продуктивность организмов.

Человек своей деятельностью часто нарушает практически все из перечисленных закономерностей действия факторов. Особенно это относится к лимитирующим факторам (разрушение местообитаний, нарушение режима водного и минерального питания и т.п.).

2. Комплексное действие факторов среды на организм

Все факторы среды в природе воздействуют на организм одновременно, причем, не каждый сам по себе, т.е. в виде простой суммы, а как сложный взаимодействующий комплекс. При этом наблюдается усиление или ослабление силы одного фактора под влиянием другого, в результате чего абсолютная сила фактора, которую можно измерить с помощью соответствующих приборов, не будет равна силе воздействия фактора, которую можно определить по ответной реакции организма. Например, жару легче переносить при сухом, а не влажном воздухе, угроза замерзания выше при морозе с сильным ветром, чем в безветренную погоду. Эта закономерность взаимодействия факторов называется **конstellацией факторов**. Таким образом, один и тот же фактор в сочетании с другими

оказывает неодинаковое экологическое воздействие. И наоборот, один и тот же экологический эффект может быть достигнут разными путями. Например, компенсация недостатка влаги может быть осуществлена поливом или снижением температуры. Однако взаимная компенсация факторов имеет пределы и полностью заменить один фактор другим невозможно.

Организмы, живущие в разных частях своего ареала, имеют различные приспособительные особенности, поэтому виды с широким географическим распространением почти всегда образуют адаптированные к местным условиям популяции, называемые экотипами. Их оптимумы толерантности соответствуют местным условиям, а компенсация факторов может сопровождаться появлением генетически закрепленных приспособлений - адаптаций или может быть просто физиологической акклиматизацией без генетических изменений. Адаптациями называются эволюционно выработанные и наследственно закрепленные особенности живых организмов, обеспечивающие нормальную жизнедеятельность в условиях динамических экологических факторов. Адаптации бывают разных типов.

1. Биохимические адаптации - это наследственно закрепленные изменения в обмене веществ организма (появление изоферментов, изменение сродства фермента к субстрату, изменение константы ингибирования фермента к ингибиторам и т.д.).

2. Физиологические адаптации - это наследственно закрепленные изменения характера и скорости физиологических процессов (изменение набора пищеварительных ферментов в зависимости от состава пищи, изменение кислородной емкости крови в зависимости от концентрации кислорода в воздухе, изменение способа терморегуляции в зависимости от температурного режима среды и т.д.).

3. Морфологические адаптации - это наследственно закрепленные изменения морфологических признаков (приспособления к быстрому плаванию или нырянию у различных животных, приспособления к засушливым условиям у растений, приспособления к распространению плодов у покрытосеменных растений и т.д.).

4. Поведенческие (этологические) адаптации - это наследственно закрепленные различные формы поведения с целью приспособления к условиям среды (поведение животных, направленное на обеспечение нормального теплообмена с окружающей средой - строительство убежищ, суточные и сезонные кочевки; приспособительное поведение у хищника и жертвы, паразита и хозяина; брачные игры у птиц и млекопитающих в период размножения и т.д.). Живой организм при прочих равных условиях выбирает местообитание с минимальной амплитудой колебаний одного или нескольких лимитирующих факторов среды. Эта закономерность поведения организмов получила название «принцип минимальной амплитуды».

Для выяснения того, в какой степени образование приспособлений у экотипов сопровождается их генетическим закреплением, служит метод реципрокных пересадок. Если имеющиеся отличия сохраняются в новых условиях, значит, они закреплены генетически и являются адаптациями. В прикладной экологии часто оставляли без внимания возможности генетического закрепления особенностей местных линий организмов, вследствие чего попытка интродукции животных и растений с целью увеличения разнообразия популяций оказывалась неудачной.

При изучении влияния комплекса факторов среды на организм были установлены определенные закономерности в ответной реакции организмов, которые впоследствии были сформулированы в виде соответствующих правил или принципов.

«Правило предварения». В 1951 году В.В.Алехин для растений установил «правило предварения», согласно которому при продвижении с севера на юг в распределении растительности наблюдается закономерность. Это правило позволяет предсказать состав растительности на еще необследованной местности или восстановить прежний ее облик там, где она уже уничтожена.

«Принцип стациальной верности». Свойство видов избирательно занимать те или иные станции получило название «принцип стациальной верности». Это важнейшая экологическая

закономерность, имеющая значение при определении полезности или вредности воздействия факторов. Стацией называется участок территории, занятый популяцией вида и характеризующийся однородными экологическими условиями, а также определенным количеством корма.

«Правило смены местообитаний». «Принцип стациональной верности» применим в условиях ограниченного времени и пространства. Закономерное изменение видами своих местообитаний в широком диапазоне времени и пространства было сформулировано как «правило смены местообитаний» в 1966 году ученым Г.Я.Бей-Биенко. В пространстве «правило смены местообитаний» выражается в зональной и вертикальной смене стадий и в зональной смене ярусов, а во времени - в сезонной и годичной смене стадий.

«Правило смены ярусов». М.С.Гиляров ввел «правило смены ярусов», согласно которому в разных зонах одни и те же виды занимают неодинаковые ярусы. Это характерно для транзональных видов, т.е. видов, широко распространенных и встречающихся во многих природных зонах.

3. Концепция лимитирующих факторов

В 1840 г. немецкий ученый-агрохимик Юстус Либих выпустил небольшую книгу «Химия в приложении к земледелию и физиологии». В ней он описал процессы питания растений и влияние разнообразных факторов и элементов питания на их рост. Ученый установил, что урожай культур зачастую ограничивается (лимитируется) не теми элементами питания, которые требуются в больших количествах, такими, как, к примеру, углекислый газ и вода (обычно эти вещества присутствуют в среде в изобилии), а теми, которые необходимы в минимальных количествах, но которых и в почве очень мало (например, цинк). Он писал: «Веществом, находящимся в минимуме, управляется урожай и определяется величина и устойчивость последнего во времени».

Юстус Либих (1803-1873) родился в Дармштадте (Германия). Его отец, владелец аптекарского магазина, держал за городом небольшую примитивную мастерскую (точнее, лабораторию) для изготовления некоторых своих товаров. Поэтому юный Либих познакомился с химией довольно рано.

Осенью 1820 г. исполнилось его сокровенное желание: изучать химию в университете в Бонне. Еще через два года Либиху была присуждена стипендия, которая дала ему возможность продолжить образование в Париже.

Свою первую работу, посвященную связи между неорганической химией и химией растений, Либих опубликовал, будучи двадцатилетним парижским студентом. За эту работу ему присвоили докторскую степень.

Если считать, что гумус (перегной) и вода - основные источники питания растений, то можно объяснить колебания в урожайности и предсказать, как будет меняться плодородие почв. Это долгое время никем не подвергалось сомнению. Но однажды Либих выступил с новой трактовкой давно известных вопросов. Он подробно рассмотрел круговорот химических элементов в живой и неживой природе и сделал вывод: в растениях обязательно содержатся десять химических элементов - углерод, водород, кислород, азот, фосфор, кальций, калий, сера, магний и железо. Среди этих элементов лишь азот, кислород, водород и углерод всегда присутствуют в природе в достаточном растению количестве: ведь это элементы, которые входят в состав воды и воздуха.

Остальные шесть элементов растения черпают из почвы, и если хотя бы одного из них не хватает, срывает «закон минимума», согласно которому элемент, которого меньше, чем нужно, и определяет плодородие (или, наоборот, неплодородие) почвы.

Либих утверждал, что «основным принципом земледелия следует считать требование, чтобы почве в полной мере было возвращено то, что у нее было взято. В какой форме будет осуществлен этот возврат - в виде навоза животных, в виде золы или костей - это более или менее безразлично. Наступает время, когда пашня и каждое растение будет обеспечено необходимым для него удобрением, которое будет изготавливаться на химических заводах».

Либих считается одним из основоположников агрохимии и биохимии. Он обосновал

теорию минерального питания растений и создал научные основы повышения плодородия почвы. Исследовал роль углекислого газа и связанного азота в физиологии растений. Изучал проблемы питания, предложил делить пищевые продукты на жиры, белки и углеводы, установил, что жиры и углеводы служат для организма своего рода топливом. Человечество обязано Либиху многим. Своими открытиями он обеспечил основу пропитания населения планеты: изобрел минеральные удобрения, разработал рецепт хлеба из муки грубого помола с отрубями и мясной экстракт, изобрел пекарский порошок и кофейный экстракт, разработал некоторые виды детского питания.

Либих коренным образом перестроил существовавшую до него систему преподавания химии, введя в широком масштабе лабораторные занятия и самостоятельные исследования студентов. Его система распространилась за пределы Германии и до сих пор является общепринятой во многих странах.

Среди основных его трудов «Органическая химия в ее приложениях к физиологии и патологии» (*Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie*, 1842), и «Естественные законы земледелия» (*The natural laws of husbandry*, 1865).

Либих обобщил свои представления и результаты исследований в тезисах, вышедших в 1855 г. Тогда же и появилось выражение «закон минимума Либиха», хотя сам Либих ни о каком законе не говорил. Он писал: «Если в почве или в атмосфере один из элементов, участвующих в питании растений, находится в недостаточном количестве или не обладает достаточной усвояемостью, растение не развивается или развивается плохо. Элемент, полностью отсутствующий или не находящийся в нужном количестве, препятствует прочим питательным соединениям произвести их эффект, или, по крайней мере, уменьшает их питательное действие... Отсутствие или недостаток одного из необходимых элементов при наличии в почве всех прочих делает последнюю бесплодной для всех растений, для жизни которых этот элемент необходим».

В простейшем виде, применительно к конкретным опытам ученого, закон минимума Либиха гласит: «Рост растения зависит от того элемента питания, который присутствует в минимальном количестве (минимуме)». В современной формулировке закон минимума звучит так: выносливость организма определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей. Жизненные возможности лимитируют экологические факторы, количество и качество которых близки к необходимому организму или экосистеме минимуму. Отсюда следует важный вывод: дальнейшее снижение действия необходимого фактора ведет к гибели организма либо к разрушению экосистемы в целом.

Закон минимума Либиха можно пояснить на таких примерах. Пусть в почве содержатся все элементы минерального питания, необходимые для данного вида растений, кроме одного из них, например бора или цинка. Рост растений на такой почве будет сильно угнетен или вообще невозможен. Если же мы добавим в почву нужное количество бора (цинка), это приведет к увеличению урожая. Но если мы будем вносить любые другие химические соединения (например, азот, фосфор, калий) и даже добьемся того, что все они будут содержаться в оптимальных количествах, а бор (цинк) будет отсутствовать - это не даст никакого эффекта. Точно также если кислотность (pH) почвы отклоняется от оптимума, например для озимой ржи, то никакие агротехнические мероприятия, кроме снижающего кислотность известкования, не помогут существенно увеличить урожайность этой культуры.

Следует заметить, что наиболее четко закон минимума соблюдается тогда, когда речь идет о незаменимых ресурсах. Например, если растению не хватает фосфора, то повысить урожай этого растения выше некоторого предела невозможно, даже если фосфор заменить увеличенной дозой натрия, азота, калия, либо какого-нибудь другого элемента. Поскольку функции фосфора в биохимических процессах не могут выполняться никакими другими элементами, очевидно, что именно фосфор следует добавить, чтобы урожай превысил достигнутый ранее предел.

При формулировке своих обобщений Либих пользовался определением «лимитирующий» по отношению к факторам среды. В экологии под лимитирующим (ограничивающим)

фактором понимается любой фактор, который ограничивает процесс развития или существования организма, вида или сообщества. Им может быть любой из действующих в природе экологических факторов: вода, тепло, свет, ветер, рельеф, содержание в почве необходимых для жизнедеятельности растений солей и химических элементов, а в водной среде - химизм и качество воды, количество доступного кислорода и углекислого газа. Такими факторами могут быть конкуренция со стороны другого вида, присутствие хищника или паразита.

В Мировом океане, к примеру, развитие жизни лимитируется главным образом недостатком азота и фосфора. Поэтому любой подъем на поверхность донных вод, обогащенных этими минеральными элементами, оказывает благотворное влияние на развитие жизни. Особенно ярко это проявляется в тропических и субтропических районах. Такое явление подъема глубинных океанических вод к поверхности называется апвеллингом (от англ. up - вверх и to well - хлынуть). Зоны апвеллинга встречаются там, где ветры постоянно отгоняют воду от крутого берегового склона. Холодная вода, поднимаясь с глубин океана, несет с собой накопленные биогенные элементы. Именно поэтому в таких зонах продуктивность выше. Здесь наблюдается значительное увеличение численности популяций рыб. Процесс апвеллинга поддерживает также и многочисленные популяции морских птиц, которые откладывают на берегах и островах огромные массы так называемого гуано, богатого нитратами и фосфатами. Зоны апвеллинга - это наиболее рыбопродуктивные области океанов, где особенно развит рыбный промысел.

Изучая различное лимитирующее действие экологических факторов на насекомых, американский зоолог Виктор Шелфорд (1877-1968) пришел к выводу, что лимитирующим может быть не только недостаток, но и избыток таких факторов, как свет, тепло, вода. В экологии такое положение носит название закона толерантности Шелфорда, сформулированного им в 1913 г. Он гласит: «Лимитирующим фактором, ограничивающим развитие организма, может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия». Диапазон между этими величинами определяет величину выносливости организма. Каждый организм можно характеризовать экологическим минимумом и экологическим максимумом.

Диапазон толерантности по каждому фактору ограничен его минимальными и максимальными значениями, в пределах которых только и может существовать данный организм (рис. 3.5).

Благоприятный диапазон действия экологического фактора называется зоной оптимума (нормальной жизнедеятельности). Чем значительнее отклонение действия фактора от оптимума, тем больше данный фактор угнетает жизнедеятельность популяции. Этот диапазон называется зоной угнетения. Максимально и минимально переносимые значения фактора - это критические точки, за пределами которых существование организма или популяции уже невозможно.

Для выражения степени толерантности в экологии применяются термины, использующие приставки стено- (узкий) и эври- (широкий). Маловыносливые организмы, узкоограниченные каким-либо экологическим фактором и способные обитать только в условиях устойчивого постоянства этого фактора называют стенобионтами. К ним обычно принадлежат многие паразиты, виды, обитающие на океанических глубинах, в пещерах, тропических лесах. Напротив, организмы, способные существовать при широких амплитудах изменчивости факторов окружающей среды, называют эврибионтами. Они способны выносить широкую амплитуду интенсивности различных экологических факторов. К ним относятся многие наземные животные. Например, ареал обитания лисицы распространяется от лесотундры до степей.

Если хотят подчеркнуть отношение организма к конкретному фактору, то используют термины, первая часть которых образована приставками стено- или эври-, а вторая содержит указание на конкретный фактор, например: эвритермные организмы, имеющие широкий температурный интервал (многие насекомые), стенотермные организмы, приспособившиеся

к узкой амплитуде температур (для растений тропических лесов колебания температуры в пределах +5... +8 °С могут быть губительными) (рис. 3.6).

Таким образом, по отношению к определенным экологическим факторам организмы могут подразделяться:

- на stenотермные - эвритермные (по отношению к температуре);
- стеногидрические - эвригидрические (по отношению к воде);
- стеногалинные - эвригалинные (по отношению к солености);
- стенофагные - эврифагные (по отношению к пище);
- стеноойкные - эвриойкные (по отношению к местообитанию);
- стенобатные - эврибатные (по отношению к давлению воды).

Как отмечают многие экологи, смысл закона толерантности вполне понятен. Плохо как недокормить, так и перекормить растение либо животное. Из этого закона вытекает следующее: любой избыток вещества или энергии является загрязняющим среду компонентом. Например, в засушливых областях избыток воды вреден, и вода может рассматриваться как обычный загрязнитель.

Концепция лимитирующих факторов оказалась весьма важной и полезной для экологов, вынужденных принимать решения в экстремальных ситуациях. Как известно, взаимоотношения между средой и организмом в природе весьма сложны, многообразны и отличаются поливариантностью. Экологу подчас весьма трудно принять правильное решение, касающееся какой-либо ситуации или вида организма. Однако в каждой конкретной ситуации всегда возможно выделить наиболее слабые связи между организмами, составляющими сообщество, либо между организмами и средой. Следующий шаг - концентрация внимания на тех факторах внешней среды, которые с наибольшей вероятностью могут оказаться либо лимитирующими, либо критическими.

Изучая рыб, обитающих в пруду, который получает нагретую воду от электростанции, исследователи констатировали повышенную смертность в их популяции. Анализ показал, что температура воды является лимитирующим фактором, сдерживающим размножение и сохранение популяции. Рыбы вынуждены были тратить всю энергию или большую ее часть на преодоление теплового стресса. В связи с этим им не хватало энергии на добывание пищи и на деятельность, связанную с размножением.

Итак, для каждого вида существуют пределы значений жизненно необходимых факторов абиотической среды, которые ограничивают зону его толерантности (устойчивости).

Живой организм может существовать в некотором определенном интервале значений факторов. Чем шире этот интервал, тем больше устойчивость или толерантность данного организма. Закон толерантности является одним из основополагающих принципов современной экологии.

Лекция 2 (Л-2) Учение о биосфере. Типы межвидовых взаимоотношений

Вопросы:

1. Понятие биосферы, ее границы
2. Состав биосферы.
3. Живое вещество
4. Ноосфера
5. Симбиотические взаимоотношения
6. Антибиотические взаимоотношения
7. Конкуренция и сосуществование видов

1. Понятие биосферы, ее границы

Биосфера — оболочка Земли, заселённая живыми организмами, находящаяся под их воздействием и занятая продуктами их жизнедеятельности; «пленка жизни»; глобальная экосистема Земли.

Биосфера — оболочка Земли, заселённая живыми организмами и преобразованная ими. Биосфера сформировалась 500 млн. лет назад, когда на нашей планете стали зарождаться первые организмы. Она проникает во всю гидросферу, верхнюю часть

литосферы и нижнюю часть атмосферы, то есть населяет экосферу. Биосфера представляет собой совокупность всех живых организмов. В ней обитает более 3 миллионов видов растений, животных, грибов и бактерий. Человек тоже является частью биосферы, его деятельность превосходит многие природные процессы и, как сказал В. И. Вернадский: «Человек становится могучей геологической силой».

Термин «биосфера» был введён в биологии Жаном-Батистом Ламарком в начале XIX века.

А в геологии термин был предложен австрийским геологом Эдуардом Зюссом в 1875 году.

Целостное учение о биосфере создал биогеохимик и философ В. И. Вернадский. Он впервые отнёс живым организмам роль главной преобразующей силы планеты Земля, учитывая их деятельность не только в настоящее время, но и в прошлом.

Существует и другое, более широкое определение: Биосфера — область распространения жизни на космическом теле. Существование жизни на других космических объектах, помимо Земли пока неизвестно, считается, что биосфера может распространяться на них в более скрытых областях, например, в литосферных полостях или в подлёдных океанах. Так, например, рассматривается возможность существования жизни в океане спутника Юпитера Европы.

Границы биосферы

□ **Верхняя граница в атмосфере:** 15-20 км. Она определяется озоновым слоем, задерживающим коротковолновое УФ-излучение, губительное для живых организмов.

□ **Нижняя граница в литосфере:** 3,5—7,5 км. Она определяется температурой перехода воды в пар и температурой денатурации белков, однако в основном распространение живых организмов ограничивается вглубь несколькими метрами.

□ **Граница между атмосферой и литосферой в гидросфере:** 10—11 километров. Определяется граница биосферы дном Мирового Океана, включая донные отложения.

Состав биосферы

Биосферу составляют следующие типы веществ:

1. **Живое вещество** — вся совокупность тел живых организмов, населяющих Землю, физико-химически едина, вне зависимости от их систематической принадлежности. Живое вещество распределено в пределах биосферы очень неравномерно.

Живое вещество — вся совокупность тел живых организмов в биосфере, вне зависимости от их систематической принадлежности.

Это понятие не следует путать с понятием «биомасса», которое является частью биогенного вещества.

Термин введён В. И. Вернадским.

Выделяют пять основных функций живого вещества:

1. **Энергетическая.** Заключается в поглощении солнечной энергии при фотосинтезе, а химической энергии — путем разложения энергонасыщенных веществ и передаче энергии по пищевой цепи разнородного живого вещества.

2. **Концентрационная.** Избирательное накопление в ходе жизнедеятельности определенных видов вещества. Выделяют два типа концентраций химических элементов живым веществом: а) массовое повышение концентраций элементов в среде, насыщенной этими элементами, например, серы и железа много в живом веществе в районах вулканизма; б) специфическую концентрацию того или иного элемента вне зависимости от среды.

3. **Деструктивная.** Заключается в минерализации небиогенного органического вещества, разложении неживого неорганического вещества, вовлечении образовавшихся веществ в биологический круговорот.

4. **Средообразующая.** Преобразование физико-химических параметров среды (главным образом за счет небиогенного вещества).

5. **Транспортная.** Перенос вещества против силы тяжести и в горизонтальном направлении.

2. **Биогенное вещество** — вещество, создаваемое и перерабатываемое живым веществом. На протяжении органической эволюции живые организмы тысячекратно пропустили через свои органы, ткани, клетки, кровь всю атмосферу, весь объем мирового океана, огромную массу минеральных веществ. Эту геологическую роль живого вещества можно представить себе по месторождениям угля, нефти, карбонатных пород и т. д.

3. **Косное вещество** — продукты, образующиеся без участия живых организмов.

4. **Биокосное вещество**, которое создается одновременно живыми организмами и косными процессами, представляя динамически равновесные системы тех и других. Таковы почва, ил, кора выветривания и т. д. Организмы в них играют ведущую роль.

5. Вещество, находящееся в радиоактивном распаде.

6. Рассеянные атомы, непрерывно создающиеся из всякого рода земного вещества под влиянием космических излучений.

7. Вещество космического происхождения.

Современная биосфера наряду с живым веществом включает в себя полностью гидросферу, верхнюю часть литосферы и нижнюю часть атмосферы.

Гидросфера. Эта геосфера представляет собой совокупность океанов, морей, озер, рек, подземных вод и ледников. Она образует прерывистую водную оболочку Земли, занимающую более 70% ее поверхности. Масса гидросферы распределена крайне неравномерно: 98,3% ее составляет Мировой океан, 1,6% связана в материковых льдах и лишь 0,1% приходится на воды материков.

Мировой океан, являющийся основной частью гидросферы, служит средой обитания огромного количества самых разнообразных представителей растительного и животного мира и мира микроорганизмов. Все морские организмы делят на три большие группы: планктон, нектон и бентос. Планктон — самая большая по числу видов группа организмов, включающая в себя растения и животных, не способных самостоятельно передвигаться, «парящих» в толще воды и перемещаемых течениями. Планктон подразделяют на фито- и зоопланктон. Основная масса фитопланктона сосредоточена в поверхностном (50–80-метровом) слое воды океанов, где достаточно для фотосинтеза солнечного света. К нектону относятся животные, способные самостоятельно передвигаться в воде (рыбы, водные млекопитающие, кальмары и др.). Организмы, прикрепленные ко дну водоемов, ползающие по нему и зарывающиеся в него, относят к бентосу, который подразделяется на фитобентос (разнообразные многоклеточные водоросли) и зообентос (губки, черви, моллюски и другие беспозвоночные).

Масса живого вещества в гидросфере распределена крайне неравномерно. Наибольшую биомассу имеет фитопланктон, области концентрации которого занимают около 10% площади Мирового океана, и в основном расположены на шельфах. Так как для большинства представителей нектона и зообентоса фитопланктон является основным или единственным источником пищи, распределение областей их концентрации приурочено к ареалам фитопланктона.

Литосфера. В современном понимании литосфера — верхняя твердая оболочка Земли, толщина которой колеблется в пределах 50–200 км. Верхняя часть литосферы образует земную кору, а нижняя — верхнюю часть мантии Земли. Земная кора, представляющая собой, в отличие от гидросферы, сплошную оболочку планеты, состоит из трех слоев: осадочного, гранитного и базальтового. Осадочный слой в основном сложен осадочными породами (глинами, песчаниками, известняками, доломитами, гипсами и др.), образовавшимися на поверхности Земли в основном в результате отложения продуктов выветривания и разрушения более древних пород, химического и механического выпадения осадка из воды, а также продуктов жизнедеятельности организмов. Мощность осадочного слоя крайне изменчива: в одних местах он отсутствует, в других — достигает толщины 20–25

км. Общий объем этого слоя составляет около 10% от объема всей земной коры, причем основная часть слагающих его пород приходится на материки и шельфы океанов.

Нижняя граница биосферы проходит в самой верхней части земной коры. Отчетливое распространение жизни отмечается здесь лишь до глубины в несколько десятков метров, однако с подземными водами микроорганизмы распространяются до глубин 2–3 км, хотя известны случаи обнаружения микроорганизмов в нефтяных водах и нефти, добытых при бурении скважин с глубин более 4 км.

С точки зрения концентрации живого вещества биосферы особый интерес представляет почвенный слой, толщина которого в различных ландшафтных и климатических зонах изменяется в широких пределах (от нескольких сантиметров до 1–1,5 м). Практически вся растительность суши, а, следовательно, и весь ее животный мир связаны с почвой как необходимым источником пищи. Важнейшим свойством почвы является ее плодородие, т.е. способность обеспечить необходимые условия для жизни растений. Большое значение в плодородии почв играет гумус, состоящий преимущественно из продуктов биохимического разложения отмерших остатков организмов. Почва является местом обитания огромного количества микроорганизмов, водорослей, простейших, насекомых, червей и других беспозвоночных животных и большого количества позвоночных животных.

Атмосфера. Третья геосфера Земли, с которой связана биосфера – это атмосфера, представляющая собой газовую оболочку Земли, состоящую из азота (78,08% объема), кислорода (20,95%), аргона (0,93%) и углекислого газа (0,03%). На долю остальных газов приходится около 0,01% общего объема атмосферы. С удалением от поверхности Земли плотность атмосферы постепенно уменьшается до высоты около 3 тыс. км, где ее плотность становится равной плотности межпланетного пространства. Обычно атмосферу представляют в виде совокупности слоев – тропосферы, стратосферы и ионосферы. Тропосфера, заключающая в себе около 80% массы всей атмосферы и практически весь водяной пар, простирается до высоты приблизительно 9 км (на полюсах) – 17 км (на экваторе). В нижней части стратосферы, простирающейся от верхней границы тропосферы до высоты около 50 км, располагается озоновый слой, для которого характерно повышенное содержание озона. Концентрация озона на высотах расположения озонового слоя 15–26 км более чем в 100 раз превышает его концентрацию у поверхности Земли.

В качестве верхней границы биосферы принимается нижняя граница озонового слоя, почти полностью поглощающего губительные для всего живого ультрафиолетовые лучи. Вот почему часто озоновый слой называют “озоновым щитом”, защищающим жизнь на Земле. Здесь будет нелишним заметить, что включение в биосферу нижней атмосферы является несколько условным, так как нахождение организмов в ней на значительных высотах над земной поверхностью в большинстве случаев может быть временным, а истинной средой обитания их служит гидросфера, верхняя часть земной коры и тонкий слой приземной атмосферы.

Распределение биогеоценозов на Земле

Биогеоценоз — структурная и функциональная элементарная единица биосферы. Представляет собой устойчивую саморегулирующуюся экологическую систему, в которой органические компоненты (животные, растения) неразрывно связаны с неорганическими (вода, почва). Например, озеро, сосновый лес, горная долина. Учение о биогеоценозе разработано Владимиром Сукачёвым в 1940 году. Изучением закономерностей распределения биогеоценозов по поверхности Земли занимается биогеография.

Расположение биоценозов на Земле носит ярко выраженную зональную структуру, связанную с изменением тепловых условий на различных широтах. Природные зоны вытянуты в широтном направлении и сменяют друг друга при движении по меридиану. Собственная, высотная, зональность формируется в горных системах; в мировом же океане хорошо просматривается смена экологических сообществ с глубиной. Природные зоны тесно связаны с понятием ареала – области распространения данного вида организмов.

Земная суша разделена на 13 основных широтных поясов: арктический и антарктический, субарктический и субантарктический, северный и южный умеренные, северный и южный субтропические, северный и южный тропические, северный и южный субэкваториальные и экваториальный.

Рассмотрим основные биогеографические зоны суши. Территорию вокруг полюсов охватывают холодные арктические (в Южном полушарии – антарктические) пустыни. Они отличаются крайне суровым климатом, обширными ледниковыми покровами и каменистыми пустынями, неразвитыми почвами, скудостью и однообразием живых организмов.

Южнее арктических пустынь расположена тундра; в Южном полушарии тундра представлена лишь на некоторых субантарктических островах. Холодный климат и почвы, подстилаемые вечной мерзлотой, определяют здесь преобладание мхов, лишайников, травянистых растений и кустарничков. Вблизи морей и океанов тундра и лесотундра сменяются зоной океанических лугов.

Южнее лесотундры начинаются леса умеренной зоны; сначала хвойные, затем – смешанные, и наконец, широколиственные. Умеренные леса занимают громадные территории в Евразии и Северной Америке. Климат здесь значительно теплее, и видовое разнообразие больше в несколько раз, чем в тундре. На подзолистых почвах доминируют крупные деревья – сосна, ель, кедр, лиственница, южнее – дуб, бук, берёза. Среди животных распространены хищные (волк, лиса, медведь, рысь), копытные (олени, кабаны), певчие птицы, отдельные группы насекомых.

Зону умеренных лесов сменяют лесостепь и затем степь. Климат становится теплее и засушливее, среди почв наибольшее распространение получают чернозёмы и каштановые почвы. Преобладают злаки, среди животных – грызуны, хищные (волк, лисица, ласка), хищные птицы, пресмыкающиеся, жуки. Большой процент степей занят сельскохозяйственными угодьями. Степи распространены на Среднем западе США, на Украине, **в Казахстане**.

Следующей за степью зоной является зона умеренных полупустынь и пустынь. Пустынный климат характеризуется малым количеством осадков, большими суточными колебаниями температуры. Водоёмы в пустынях, как правило, отсутствуют; лишь изредка пустыни пересекают крупные реки. Фауна отличается достаточным разнообразием, большинство видов приспособлены к обитанию в засушливых условиях.

При приближении к экватору умеренный пояс сменяют субтропики. В прибрежной полосе распространены вечнозелёные субтропические леса; вдали от моря находится лесостепь, степь и пустыни. Животный мир субтропиков характеризуется смешением умеренных и тропических видов.

Тропические влажные леса в значительной степени распаханы и используются под плантации. Крупные животные практически истреблены. Западный Индостан, Восточная Австралия, бассейн Параны в Южной Америке и Южная Африка – зоны распространения более засушливых тропических саванн и редколесий. Самая же обширная зона тропического пояса – пустыни. Огромные пространства галечных, песчаных, каменистых и солончаковых поверхностей здесь лишены растительности. Животный мир малочисленен.

Субэкваториальные влажные леса сосредоточены в долине Ганга, южной части Центральной Африки, на северном побережье Гвинейского залива, северной части Южной Америки, в Северной Австралии и на островах Океании. В более засушливых районах их сменяют саванны. Характерные представители животного мира субэкваториального пояса – жвачные парнокопытные, хищники, грызуны, термиты.

Ближе всего к экватору расположен экваториальный пояс. Обилие осадков и высокая температура обусловили здесь наличие вечнозелёных влажных лесов. Экваториальный пояс – рекордсмен по разнообразию видов животных и растений.

Похожие закономерности наблюдаются и в смене биогеографических зон в горах – высотной поясности. Она обусловлена изменением температуры, давления и влажности воздуха с увеличением высоты местности. Полного тождества между высотными, с одной

стороны, и широтными, с другой стороны, поясами, однако, нет. Так, присущей типичной тундре смены полярных дня и ночи лишены её высокогорные аналоги в более низких широтах, а также альпийские луга.

Наиболее сложные спектры высотных поясов свойственны высокогорьям, находящимся близ экватора. К полюсам уровни высотных поясов снижаются, а их разнообразие уменьшается. Изменяется спектр высотных поясов и при удалении от берега моря.

Одни и те же природные зоны встречаются на разных материках, однако леса и горы, степи и пустыни имеют свои особенности на различных континентах. Различаются и растения и животные, приспособившиеся к существованию в этих природных зонах.

Живые организмы населяют не только сушу, но и Мировой океан. В океане обитает порядка десяти тысяч видов растений и сотни тысяч видов животных (в том числе более 15 тысяч видов позвоночных). Растения и животные заселяют в мировом океане две сильно отличающиеся друг от друга области – пелагиаль (поверхностные слои воды) и бенталь (морское дно). Широтные зоны хорошо выражены только в приповерхностных водах океана; с увеличением глубины влияние солнца и климата уменьшается, а температура воды приближается к характерным для толщи океана +4 °С.

И как было сказано, распределение биогеоценозов имеет именно зональную структуру со своими особенностями в каждой природной зоне

2. Состав биосферы.

Газовая оболочка складывается в основном с азота и кислорода. В невеликих количествах в ней удерживается диоксид углерода (0,03%) и озон. Состояние атмосферы оказывает большое влияние на физические, химические и биологические процессы на поверхности Земли и в водной среде. Для биологических процессов наибольшая значимость имеют: кислород, используемый для дыхания и минерализации мертвого органического вещества, диоксид углерода, который участвует в фотосинтезе, и озон, экранирующий земную поверхность от твердого ультрафиолетового излучения. Азот, диоксид углерода, пары воды образовались в значительной мере благодаря вулканической деятельности, а кислород - в результате фотосинтеза.

Биологический спектр **структуры биосферы** имеет ступенчатый характер: сообщество, популяция, организм, орган, клетка, ген.

3. Живое вещество

Специфика живого вещества заключается в следующем:

1. Живое вещество биосферы характеризуется огромной свободной энергией. В неорганическом мире по количеству свободной энергии с живым веществом могут быть сопоставлены только недолговечные незастывшие лавовые потоки.

2. Резкое отличие между живым и неживым веществом биосферы наблюдается в скорости протекания химических реакций: в живом веществе реакции идут в тысячи и миллионы раз быстрее.

3. Отличительной особенностью живого вещества является то, что слагающие его индивидуальные химические соединения – белки, ферменты и пр. – устойчивы только в живых организмах (в значительной степени это характерно и для минеральных соединений, входящих в состав живого вещества).

4. Произвольное движение живого вещества, в значительной степени саморегулируемое. В. И. Вернадский выделял две специфические формы движения живого вещества: а) пассивную, которая создается размножением и присуща как животным, так и растительным организмам; б) активную, которая осуществляется за счет направленного перемещения организмов (она характерна для животных и в меньшей степени для растений). Живому веществу также присуще стремление заполнить собой все возможное пространство.

5. Живое вещество обнаруживает значительно большее морфологическое и химическое разнообразие, чем неживое. Кроме того, в отличие от неживого абиогенного

вещества живое вещество не бывает представлено исключительно жидкой или газовой фазой. Тела организмов построены во всех трех фазовых состояниях.

6. Живое вещество представлено в биосфере в виде дисперсных тел — индивидуальных организмов. Причем, будучи дисперсным, живое вещество никогда не находится на Земле в морфологически чистой форме — в виде популяций организмов одного вида: оно всегда представлено биоценозами.

7. Живое вещество существует в форме непрерывного чередования поколений, благодаря чему современное живое вещество генетически связано с живым веществом прошлых эпох. При этом характерным для живого вещества является наличие эволюционного процесса, т. е. воспроизводство живого вещества происходит не по типу абсолютного копирования предыдущих поколений, а путем морфологических и биохимических изменений.

4. Ноосфера

Ноосféра — сфера взаимодействия общества и природы, в границах которой разумная человеческая деятельность становится определяющим фактором развития (эта сфера обозначается также терминами «антропосфера», «биосфера», «биотехносфера»).

Ноосфера — предположительно новая, высшая стадия эволюции биосферы, становление которой связано с развитием общества, оказывающего глубокое воздействие на природные процессы.

В ноосферном учении человек предстаёт укоренённым в природу, а «искусственное» рассматривается как органическая часть и один из факторов (усиливающийся во времени) эволюции «естественного». Обобщая с позиции натуралиста человеческую историю, Вернадский делает вывод о том, что человечество в ходе своего развития превращается в новую мощную геологическую силу, своей мыслью и трудом преобразующую лик планеты. Соответственно, оно в целях своего сохранения должно будет взять на себя ответственность за развитие биосферы, превращающейся в ноосферу, а это потребует от него определённой социальной организации и новой, экологической и одновременно гуманистической этики.

Ноосферу можно охарактеризовать как единство «природы» и «культуры». Сам Вернадский говорил о ней как о реальности будущего, как о действительности наших дней, что неудивительно, поскольку он мыслил масштабами геологического времени. Таким образом, понятие «ноосфера» предстаёт в двух аспектах:

1. ноосфера в стадии становления, развивающаяся стихийно с момента появления человека;
2. ноосфера развитая, сознательно формируемая совместными усилиями людей в интересах всестороннего развития всего человечества и каждого отдельного человека

1. Симбиотические взаимоотношения

Симби́оз (греч. συμ-βίωσις — «совместная жизнь»^[1] от συμ- — совместно + βίος — жизнь) — форма взаимоотношений, при которой оба партнёра или только один извлекает пользу из другого.

В природе встречается широкий спектр примеров взаимовыгодного симбиоза (мутуализм). От желудочных и кишечных бактерий, без которых было бы невозможно пищеварение, до растений (примером служат некоторые орхидеи, чью пыльцу может распространять только один, определённый вид насекомых). Такие отношения успешны всегда, когда они увеличивают шансы обоих партнёров на выживание. Осуществляемые в ходе симбиоза действия или производимые вещества являются для партнёров существенными и незаменимыми. В обобщённом понимании такой симбиоз — промежуточное звено между взаимодействием и слиянием.

В более широком научном понимании симбиоз — это любая форма взаимодействия между организмами разных видов, в том числе паразитизм (отношения, выгодные одному, но вредные другому симбионту). Обоюдно выгодный вид симбиоза называют мутуализмом. Комменсализмом называют отношения, полезные одному, но

безразличные другому симбионту, а аменсализмом — отношения, вредные одному, но безразличные другому.

Разновидность симбиоза — эндосимбиоз (см. симбиогенез), когда один из партнёров живёт внутри клетки другого.

Наука о симбиозе — симбиология. Основы учения о взаимопомощи (в том числе симбиозе) во второй половине XIX века заложили независимо друг от друга российские естествоиспытатели П. А. Кропоткин и К. Ф. Кесслер, а также немецкий учёный Генрих Антон де Бари, предложивший термины «симбиоз» и «мутуализм».

Мутуализм

Мутуализм — широко распространённая форма взаимопользовного сожительства, когда присутствие партнёра становится обязательным условием существования каждого из них. Более общим понятием является симбиоз, который представляет собой сосуществование различных биологических видов. Но в отличие от мутуализма, симбиоз может быть и не выгоден одному из партнёров, например, в случае паразитизма.

Преимущества, которые получает организм, вступающий в мутуалистические отношения, могут быть различны. Часто по крайней мере один из партнёров использует другого в качестве пищи, тогда как второй получает защиту от врагов или благоприятные для роста и размножения условия. В других случаях вид, выигрывающий в пище, освобождает партнёра от паразитов, опыляет растения или распространяет семена. Каждый из участников мутуалистической пары действует эгоистично, и выгодные отношения возникают лишь потому, что получаемая польза перевешивает затраты, требуемые на поддержание взаимоотношений.

Взаимовыгодные связи могут формироваться на основе поведенческих реакций, например, как у птиц, совмещающих собственное питание с распространением семян. Иногда виды-мутуалисты вступают в тесное физическое взаимодействие, как при образовании микоризы (грибокорня) между грибами и растениями.

Тесный контакт видов при мутуализме вызывает их совместную эволюцию. Характерным примером служат взаимные приспособления, которые сформировались у цветковых растений и их опылителей. Часто виды-мутуалисты совместно расселяются.

Комменсализм

В зависимости от характера взаимоотношений видов-комменсалов выделяют три вида комменсализма:

- комменсал ограничивается использованием пищи организма другого вида (например, в извивах раковины рака-отшельника обитает кольчатый червь из рода *Nereis*, питающийся остатками пищи рака);
- комменсал прикрепляется к организму другого вида, который становится «хозяином» (например, рыба-прилипала плавником-присоской прикрепляется к коже акул и др. крупных рыб, передвигаясь с их помощью);
- комменсал селится во внутренних органах хозяина (например, некоторые жгутиконосцы обитают в кишечнике млекопитающих).

Примером комменсализма могут служить бобовые (например, клевер) и злаки, совместно произрастающие на почвах, бедных доступными соединениями азота, но богатых соединениями калия и фосфора. При этом если злак не подавляет бобовое, то оно в свою очередь обеспечивает его дополнительным количеством доступного азота. Но подобные взаимоотношения могут продолжаться только до тех пор, пока почва бедна азотом и злаки не могут сильно разрастаться. Если же в результате роста бобовых и активной работы азотфиксирующих клубеньковых бактерий в почве накапливается достаточное количество доступных для растений соединений азота, этот тип взаимоотношений сменяется конкуренцией. Результатом её, как правило, является полное или частичное вытеснение менее конкурентоспособных бобовых из фитоценоза. Другой вариант комменсализма: односторонняя помощь растения-«няни» другому растению. Так, береза или ольха могут быть няней для ели: они защищают молодые ели от прямых солнечных лучей, без чего на

открытом месте ель вырасти не может, а также защищают всходы молодых ёлочек от выжимания их из почвы морозом. Такой тип взаимоотношений характерен лишь для молодых растений ели. Как правило, при достижении елью определённого возраста она начинает вести себя как очень сильный конкурент и подавляет своих нянь.

В таких же отношениях состоят кустарники из семейств губоцветных и сложноцветных и южно-американские кактусы. Обладая особым типом фотосинтеза (САМ-фотосинтез), который происходит днём при закрытых устьицах, молодые кактусы сильно перегреваются и страдают от прямого солнечного света. Поэтому они могут развиваться только в тени под защитой засухоустойчивых кустарников. Имеются также многочисленные примеры симбиоза, выгодного для одного вида и не приносящего другому виду ни пользы, ни вреда. Например, кишечник человека населяет множество видов бактерий, присутствие которых безвредно для человека. Аналогично, растения, называемые бромелиадами (к которым относится, например, ананас), обитают на ветвях деревьев, но получают питательные вещества из воздуха. Эти растения используют дерево для опоры, не лишая его питательных веществ. Растения питательные вещества делают сами, а не получают из воздуха. Комменсализм — способ совместного существования двух разных видов живых организмов, при которых одна популяция извлекает пользу от взаимоотношения, а другая не получает ни пользы, ни вреда (например, чешуйница обыкновенная и человек).

Симбиоз и эволюция

Помимо ядра в эукариотических клетках имеется множество изолированных внутренних структур, называемых органеллами. Митохондрии, органеллы одного типа, генерируют энергию и поэтому считаются силовыми станциями клетки. Митохондрии, как и ядро, окружены двухслойной мембраной и содержат ДНК. На этом основании предложена теория возникновения эукариотических клеток в результате симбиоза. Одна из клеток поглотила другую, а после оказалось, что вместе они справляются лучше, чем по отдельности. Такова эндосимбиотическая теория эволюции.

Эта теория легко объясняет существование двухслойной мембраны. Внутренний слой ведёт происхождение от мембраны поглощённой клетки, а наружный является частью мембраны поглотившей клетки, обернувшейся вокруг клетки-пришельца. Также хорошо понятно наличие митохондриальной ДНК — это не что иное, как остатки ДНК клетки-пришельца. Итак, многие органеллы эукариотической клетки в начале своего существования были отдельными организмами, и около миллиарда лет тому назад объединили свои усилия для создания клеток нового типа. Следовательно, наши собственные тела — иллюстрация одного из древнейших партнёрских отношений в природе.

Следует также помнить, что симбиоз — это не только сосуществование разных видов живых организмов. На заре эволюции симбиоз был тем двигателем, который свёл одноклеточные организмы одного вида в один многоклеточный организм (колонию) и стал основой разнообразия современной флоры и фауны.

Примеры симбиозов

- Эндофиты живут внутри растения, питаются его веществами, выделяя при этом соединения, способствующие росту организма-хозяина.
- Транспортировка семян растений животными, которые поедают плоды и выделяют непереваренные семена вместе с помётом в другом месте.

Насекомые/растения

- Опыление цветущих растений насекомыми, в ходе которого насекомые питаются нектаром.
- Некоторые растения, например табак, приманивают к себе насекомых, которые способны защитить их от других насекомых^[2].
- Так называемые «сады дьявола»: деревья *Duroia hirsuta* служат жилищами для муравьёв вида *Mutmelachista schumanni*, которые убивают появляющиеся в окрестностях зелёные ростки иных видов деревьев, давая тем самым возможность разрастаться *Duroia hirsuta* без конкуренции.

Грибы/водоросли

- Лишайник состоит из гриба и водоросли. Водоросль в результате фотосинтеза производит органические вещества (углеводы), используемые грибом, а тот поставляет воду и минеральные вещества.

Взаимоотношения водоросли и лишайникового (лихенизированного) гриба в большинстве случаев представляют собой пример эндопаразитосапрофитизма. Гриб паразитирует на водоросли, обитающей в слоевище лишайника и разлагает отмершие клетки водорослей.

Животные/водоросли

- Жёлтопятнистая амбистома уже с момента существования в икринке может содержать в себе одноклеточные водоросли. При этом водоросли, используя метаболиты животного, вырабатывают кислород, используемый для получения химической энергии в митохондриях^[3].

- Поселение зелёных водорослей в желобках волос ленивца, который таким образом маскируется под зелёный фон.

Грибы/растения

- Многие грибы получают от дерева питательные вещества и снабжают его минеральными веществами (микориза).

Насекомые/насекомые

- Некоторые муравьи защищают («пасут») тлю и получают от неё взамен выделения, содержащие сахар.

2. Антибиотические взаимоотношения

Хищничество - способ добывания пищи и питания животных (редко растений), при котором они ловят, умерщвляют и поедают пищу. В ходе эволюции животного мира хищничество способствовало, как правило, морфофизиологическому прогрессу. У хищников обычно хорошо развиты нервная система и органы чувств, позволяющие обнаружить и распознать свою добычу, а также средства овладения, умерщвления, поедания и переваривания добычи (острые втягивающиеся когти кошачьих, ядовитые железы паукообразных, стрекательные клетки актиний, ферменты, расщепляющие белки, у многих животных и др.).

По способу охоты хищников делят на засадчиков (подстерегающих жертву) и на преследователей. Иногда, например у волков, встречаются коллективные формы охоты. В некоторых группах животных (пиявки) можно найти разные степени перехода между хищничеством и паразитизмом. Встречаются также переходы между хищничеством и питанием трупами (некрофагия).

Хищники используются в биологической борьбе с видами, нежелательными для человека. Например, повреждающий цитрусовые австралийский желобчатый червец, проникший в конце XIX в. из Австралии в Северную Америку, а затем и в другие части света, практически везде был успешно ликвидирован с помощью его естественного врага хищного жука, специально завезенного из Австралии.

Снижая интенсивность конкуренции среди разных видов жертв, хищник способствует тем самым сохранению их высокого видового разнообразия. Взаимодействия между хищниками и их жертвами (т. е. отношения хищник - жертва) приводят к тому, что эволюция хищников и жертв происходит сопряженно, т. е. как коэволюция; в процессе ее хищники совершенствуют способы нападения, а жертвы - способы защиты. Следствием этих отношений являются сопряженные изменения численности популяций хищников и жертв. В 20-е гг. А. Лотка и В. Вольтерра независимо друг от друга предложили систему дифференциальных уравнений для описания отношений между хищником и жертвой. Математические модели, предсказывающие обычно колебания обоих компонентов системы (устойчивые, затухающие или с возрастающей амплитудой), широко используются для описания функционирования сообществ.

Хищничество в самом широком смысле, т. е. поглощение пищи, представляет собой главную

силу, обеспечивающую передвижение энергии и материалов в экосистеме. Поскольку причиной гибели является хищничество, эффективность, с которой хищники находят и схватывают свою добычу, определяет скорость потока энергии из одного трофического уровня к другому. В качестве одного из строительных блоков, образующих структуру сообщества и обеспечивающих его стабильность, хищничество отличается от конкуренции в одном важном аспекте: конкуренты оказывают друг на друга взаимное влияние, тогда как хищничество процесс односторонний. Правда, хищник и жертва воздействуют друг на друга, но изменения во взаимоотношениях, благоприятные для одного из них, наносят вред другому.

Конкурентное исключение и эволюция экологической дивергенции стабилизируют структуру трофических связей, сводя к минимуму взаимодействие между видами. И напротив, благоприятные либо для хищника, либо для жертвы условия не обязательно повышают присущую сообществу стабильность. Понимание явления хищничества, включая взаимоотношения между хищником и жертвой, паразитом и хозяином, растительноядными животными и растением представляет собой ключ к пониманию внутренних механизмов, лежащих в основе функционирования сообщества.

В этом аспекте необходимо затронуть такие вопросы, как, например, ограничивают ли хищники популяцию жертвы, удерживая ее на более низком уровне, чем это допускает емкость среды? Если хищники столь эффективны, что они могут существенно сокращать популяцию жертвы, то как они удерживаются от чрезмерного выедания? Какое влияние оказывают хищники на конкуренцию между видами жертвы? Направлена ли деятельность хищников на получение максимальных прибылей?

Следует различать два вида хищников. Хищники одного типа питаются главным образом «бесполезными» для популяции особями, вылавливая больных и старых, более уязвимых молодых, а также не нашедших себе территории особей низшего ранга, но не трогают особей, способных к размножению, которые составляют источник пополнения популяции. Хищники другого типа так эффективно питаются особями всех групп, что могут серьезно нарушить потенциал популяции. Сами жертвы и их места обитания определяют тип хищничества, которому они подвергаются. Популяции организмов с небольшой продолжительностью жизни и высокой скоростью размножения часто регулируются хищниками.

Стратегия таких видов жертвы состоит в том, чтобы до максимума увеличить свое потомство, с риском для жизни повысить свою уязвимость для хищников. Так, например, у тли нет иного выхода. Для того чтобы питаться соком из жилок листьев платана, она должна сидеть на плоской поверхности на виду у всех. Мельчайшим водорослям, образующим фитопланктон, вовсе негде укрыться. Их выживание полностью и целиком зависит от случая. У животных, у которых ограничен запас их собственной пищи, скорость размножения низкая и следовательно они должны приложить больше усилий на то, чтобы спастись от хищников. Только при таком распределении сил эти животные могут сдвинуть равновесие между хищником и жертвой в свою пользу. В достижении этой цели жертвам помогает наличие в их местах обитания подходящих укрытий.

Обоюдную адаптацию хищника и жертвы можно рассмотреть на примере скворца и сокола сапсана. Сапсан - замечательная и красивая птица. Чтобы оценить охотничье поведение сапсана, необходимо все это увидеть собственными глазами. Этот сокол нападает и на других птиц одинакового с ним размера; почти вся добыча ловится в воздухе. Сапсаны обладают чрезвычайно острым зрением. Охотящиеся особи поднимаются высоко в небо и парят над землей. Когда в поле зрения сапсана оказывается летящая ниже жертва, сапсан складывает крылья и камнем падает вниз.

Чтобы сделать свою «засаду» невидимой, сокол нередко подлетает к добыче так, чтобы оказаться против солнца. Измерения показали, что падающий сокол развивает скорость свыше 300 км/ч (около 100 м/с). Большинство жертв погибают мгновенно от внезапного удара когтей сокола. Крупным жертвам он дает упасть на землю и съедает их там, а мелких

может унести (не удивительно, что охотникам-соколятникам и их собакам крайне трудно поднять мелких птиц на крыло, когда в воздухе их «поджидает» сапсан! Иногда птицы предпочитают стать добычей собак на земле, нежели подняться в небо и оказаться на пути смертельного броска сокола).

Обычно скворцы летают неплотными стаями, но если они иногда со значительного расстояния замечают сапсана, то стая быстро сбивается в кучу. Уплотнение стаи - это специфическая реакция на появление сапсана, которая не возникает в присутствии других хищных птиц. Маловероятно, чтобы сокол атаковал плотную стаю, скорее он нападает на отдельную птицу. И действительно, немного отбившиеся от стаи скворцы-«бродяги» часто становятся жертвами сапсана.

Вероятно, сокол, падающий на плотную стаю, сам может получить увечья. Таким образом успех охоты даже такого незаурядного хищника, как сокол-сапсан, оказывается ослаблен надлежащими поведенческими реакциями жертвы.

Примеры того, как хищники подавляют популяцию жертвы, снижая их численность до уровня, не достигающего емкости среды, очень многочисленны. Приведем некоторые из них.

Эксперименты, проведенные с целью выяснить влияние морских ежей на популяции водорослей, выявили регулирующую роль хищников в некоторых естественных морских экосистемах. Был проведен простейший эксперимент, который состоял в том, чтобы удалить морских ежей, которые питаются прикрепленными водорослями, и проследить за последующим ростом этих водорослей. После того как морским ежам закрыли доступ в литоральные лужи и на поверхности скал, биомасса водорослей быстро увеличилась; следовательно, хищники удерживают популяцию на более низком уровне по сравнению с тем, который могла бы обеспечить среда.

Кроме того, после удаления хищников в этих местах появились другие виды водорослей. Крупные бурые водоросли, разрастаясь, начали замещать красные водоросли. На делянках, расположенных ниже приливной зоны и очищенных от хищников, крупные бурые водоросли образовали под поверхностью океана густой лес и вытеснили большинство мелких видов. Изменения, происшедшие в зарослях водорослей у берегов Южной Калифорнии, служат яркой демонстрацией влияния хищников морских ежей на популяцию водорослей. Большой интерес среди животных вызывают киты и дельфины. Хотя они живут в воде, они млекопитающие, а не рыбы. Толстый слой жира помогает им сохранять тепло, поэтому они могут жить в холодной воде. Кроме того, китообразные дышат легкими, а не жабрами. На темени у них есть два отверстия-дыхала, через которые животные дышат. И еще: китообразные не откладывают яиц, а рожают детенышей и вскармливают молоком. В наши дни существует около 76 видов китов, дельфинов и морских свиней. Все они принадлежат к отряду китообразных. У большинства китообразных есть зубы, но они ими не жуют, так как заглатывают добычу целиком. На самом деле зубатым китам зубы нужны лишь для того, чтобы хватать и держать добычу. Дельфины-белобоки очень резвые пловцы. Благодаря этому они ежедневно добывают от 4,5 до 9 кг съестного. Белуха например добывает пропитание на глубине больше 300 м. Здесь она кормится рыбой, кальмарами, крабами, креветками, двусторчатыми моллюсками и червями. Косатки свою жертву разрывают пятидесятью конусообразными зубами. Этих китов-хищников также называют орками по имени древнеримского бога подземного царства Орка. Косатки могут пополам перекусить тюленя. Мигрируя стадами, они охотятся не только на рыб, но и на крупных гладких китов, дельфинов, морских свиней, ламантинов, черепах и пингвинов. У кашалотов, например, можно наблюдать необычный способ добывания себе пищи. В голове у них образуются звуковые волны, способные парализовать живущих на глубине гигантских кальмаров. Это любимое лакомство кашалоты заглатывают целиком. У некоторых китов, представителей 10 родов, вообще нет зубов. С верхней челюсти у них свешивается китовый ус в виде рядов костяных пластин. Им киты как ситом отцеживают пищу из воды. Китовый ус и ногти человека состоят из похожего вещества. Любимая еда

большинства усатых китов криль похожие на креветок оранжевые морские организмы размером до 5 см. Ученые подсчитали, что лишь субантарктические морские воды содержат около 6,5 млрд т криля, а синий кит ежедневно поглощает более 9 т. Горбатые киты предпочитают рыбу, а не криль, и ловят они ее особым способом расставляя «сети» из пузырьков воздуха. Выдувая воздух из дыхала, горбачи плавают кругами ниже косяка рыб. Пузырьки воздуха поднимаются вверх, окружая косяк напуганных рыб. Тогда кит заплывает внутрь своей сети и вылавливает попавшую в нее добычу. Рассмотрим еще в качестве примеров основные черты поведения таких животных, как семейство кошачьих и семейство настоящих сов. Данные семейства не случайно выбраны для сопоставления. Они состоят исключительно из видов-охотников, вооруженных хватаящими конечностями, острыми когтями и ножеобразными зубами (клювами, челюстями), в общем, полным набором устрашающих признаков. Отметим, в частности, что совы со своим мягким оперением, бесшумным полетом, скрадывающей манерой охоты и территориальным поведением напоминают как бы летающих кошек. Кстати, рыси и совы похожи даже внешне, включая и кисточки на ушах у рысей и своеобразные перьевые «ушки», придающие рысий вид филинам, сплюшкам и ушастым совам. К тому же, американские филины и рыси имеют одну и ту же базовую жертву зайцев, так что и те и другие в течение более чем полувека являются классическим объектом для моделей сопряженной динамики численности хищника и жертвы. Семейство кошачьих включает в себя 26 видов и сравнительно мало изменилось за 30 млн лет своего существования. С самого начала это были одиночные хищники, нападающие главным образом из засады. Многие виды охотятся в сумерках или в темноте и обладают прекрасным зрением и слухом. Расчлененная, пятнистая или полосатая окраска делает большинство кошек незаметными для добычи. Самая маленькая кошечка в мире - это ржаво-пятнистый кот, обитающий в Индии и Шри-Ланке. По величине она вполонину меньше домашней кошки и весит от 1 до 3 кг. Самая большая кошка - это манчжурский тигр: самец весит около 300 кг и достигает в длину 4 м. Пропорции кошек различаются в зависимости от их мест обитания и характера добычи. Виды, лазающие по деревьям, такие как ягуар и леопард, более коренастые, у них более короткие конечности и короткое туловище. Обитатели саванн, такие как сервал и гепард, более напоминают борзых собак: они вытянуты в длину и ноги у них тоже длинные. Некоторые виды обладают специфическими адаптациями к жизни в экстремальных условиях. Например, песчаный, или барханный кот, один из самых мелких видов, различные подвиды которого обитают в пустынях Северной Африки, Центральной Азии, Пакистана, Прикаспия, имеет длинные конечности, покрытые длинной густой шерстью, вплоть до пяток, что помогает ему легко двигаться в сыпучих песках, а также рыть узкие норы, в которых он переживает жаркое время суток. Огромные треугольные уши песчаного кота способны улавливать ультразвуковые сигналы, издаваемые потенциальными жертвами. Этот вид способен обходиться без воды, извлекая необходимую жидкость из поедаемой добычи (птиц, грызунов, ящериц, змей и насекомых), в противоположность другому своему родственнику, тигру, который всегда селится около воды и любит плавать. Способы охоты у кошек различны, при этом одни и те же виды могут варьировать приемы поимки добычи. На мелкую дичь кошки бросаются с вытянутыми вперед лапами и схватывают ее когтями прежде, чем нанесут ей знаменитый свой укус в шею. Крупную добычу требуется валить на землю. Кошки хватают ее за шею либо вцепляются челюстями в морду. Так, гепард, известный как самый быстрый в мире хищник, является и самым грозным. Он весьма узко специализирован к охоте, главным образом на антилоп мелких видов и на телят их более крупных представителей. Он живет в саваннах и пустынях, на участках с глинистыми и щебнистыми почвами и в предгорьях пустынных гор. Для охоты гепард выбирает участки со слабо пересеченным рельефом и такие, где есть небольшие выходы скал, термитники, отдельно растущие деревья, а также густые небольшие кустарники. В этих условиях хищник может использовать укрытия для скрадывания добычи,

убежища от врагов и наблюдательные пункты. Гепард способен на короткой дистанции развивать скорость до 115 км/ч, и редкому животному удастся спастись от его стремительного броска, однако этот хищник может преследовать добычу только на твердом грунте и в течение короткого времени. Грозный для своих жертв, гепард уступает другим хищникам в конкурентных схватках, т. к. его узкое тело создано более для бега, а не для схватки. Убитую жертву гепард часто уступает львам или даже гиенам. Молодые гепарды часто становятся жертвами львов, и до взрослого возраста доживает лишь один из 20 котят. Что касается сов, то они являются главным образом подстерегающими хищниками. Однако эта стратегия опирается на разнообразные способы охоты: одни виды (неясыти, ушастая сова) способны подолгу терпеливо выжидать появления жертвы, другие (полярная и болотная совы, многие сычи) сочетают подкарауливание с поисковым полетом, а иглоногая сова добывает пищу преимущественно на лету. Совы схватывают и закалывают жертву когтями, а клюв служит для измельчения добычи. Они неоднократно возвращаются к недоеденной добыче и могут прятать ее, зарывая, например в листьях. Более того, мелкие совы, например, сычики, устраивают с осени целые склады, которые используют до конца зимы.

Очень опасным хищником для человека является медведь. До сих пор нередко случаи увечий у охотников, оплошавших при стрельбе по медведю. В 1972 г. в ВНИИОЗ от охотника кировчанина Н. Н. Кузнецова поступило сообщение, что в августе в лесу у деревни Сухие Прудки и в 4 км от села Верхотулье в Арбажском районе Кировской области медведь убил в малиннике 55-летнюю женщину. Спустя несколько дней этот же медведь дважды пытался нападать на людей и некоторым нанес небольшие царапины. Зверя - убийцу отстрелил местный охотовед. Лица, осмотревшие тушу медведя, обнаружили следы ранения картечью. Зверя признали старым; на нижней челюсти все зубы у него были съедены до десен, на верхней - половина зубов была нормальной величины. С 1972 по 1982 гг. в газете «Кировская правда» 6 раз помещались сообщения о нападении медведей на людей, поэтому необходимость расширения медвежьей охоты необходима. Хочется немного сказать о таком грозном хищнике, как медведь-гризли. Его выделили в отдельный вид. Сейчас ученые пришли к выводу, что это обычный бурый медведь. Среди гризли встречаются довольно одаренные особи, отличающиеся умом, коварством и силой. И чем свирепее и непримиримее становится к человеку такой зверь, тем большим умом и сообразительностью он отличается. В длительном поединке с гризли человеку не всегда достается роль победителя.

В поведении даже разъяренного медведя существуют свои закономерности. Замечали, например, что медведь оставляет свою жертву, как только та прекращает сопротивление и лежит неподвижно. На человека гризли бросается очень стремительно, при этом голова у него всегда опущена. На задние лапы гризли встает только тогда, когда его обуревают любопытство или же он испытывает неуверенность, но не страх. Такой зверь не так уж и опасен. Но вот когда медведь несется как «свинья», то он представляет большую угрозу. В такой ситуации охотник едва ли успевает сделать даже единственный выстрел. Этот гигант, неповоротливый на вид увалень, очень стремителен. Американский охотник Ральф Янг своей книге «Моя жизнь охотника на медведей Аляски» (1981) пишет, что гризли способен преодолеть за 2 с расстояние, равное 31 м. Охотник говорит, что нападение на оленя было столь стремительным, что жертва не успела даже поднять от земли голову. Ученые утверждают, что самые огромные и мощные медведи живут недалеко от Аляски, на небольшом острове Кадьяк (США). Их так и называют медведи-кадьяк. Об этих исполинах ходят легенды. Уверяют, что медведь одним ударом лапы может сломать хребет крупному самцу лося. Между питанием животных и питанием растений существует одно важное различие. Большинство хищников, питающихся животными, действуют по принципу «все или ничего», поскольку хищник полностью убивает жертву и съедает ее целиком или большую ее часть. При питании же растениями обычно только часть растения потребляется «хищником».

Поэтому «хищничество» на растениях (растительность) напоминает **паразитизм** на животных. Но даже неполное хищничество всегда должно уменьшать способность жертвы выжить и размножиться.

Колебания численности хищников и жертвы нередко производят впечатление тесно связанных между собой циклов. Классическим примером служат периодические колебания численности зайца-беляка, за которыми следуют очень сходные колебания численности рыси - одного из главных врагов зайца. Поскольку эти циклы наблюдаются на протяжении длительных периодов, они отражают некое стабильное взаимодействие между популяциями хищника и жертвы. Но экологи до конца еще не установили, действительно ли циклические колебания численности зайцев вызваны воздействием, оказываемым на популяцию хищником - рысью. Возможно, что численность зайцев колеблется в соответствии с изменением количества их собственной пищи, а колебания численности рыси просто пассивно следует за циклическими изменениями популяций жертвы. Проведенные в лаборатории эксперименты, в которых жертва постоянно получала обильное количество пищи, показали, что хищники могут вызывать циклические колебания численности жертвы. В таких случаях циклические колебания усиливаются под влиянием медленной реакции популяции хищника на изменение плотности жертвы. В случае высокой эффективности хищников популяция жертвы нередко выедается до полного исчезновения; при этом вскоре после исчезновения жертвы вымирают и сами хищники. Взаимодействия хищник - жертва такого типа могут стабилизироваться лишь в том случае, если некоторому числу особей жертвы удастся найти какое-то убежище и избежать уничтожения хищником. Этот принцип продемонстрировал Г. Ф. Гаузе в своих первых работах на простейших. Ученый использовал в качестве жертвы инфузорию *Paramecium*, а в качестве хищника - другое ресничное простейшее, *Didinium*. В данном эксперименте хищника и жертву помещали в обыкновенную пробирку, содержащую питательную среду. В этой простой среде хищники быстро уничтожали всех парамеций, после чего сами погибали от голода. В другом эксперименте Гаузе несколько усложнял среду, помещая на дно пробирки немного стеклянной ваты, в которой парамеции могли укрыться от хищника. В этом случае популяция *Didinium* погибла, уничтожив всех доступных ей особей жертвы, однако популяция *Paramecium* восстановилась за счет нескольких особей, которым удалось спрятаться от хищников в стеклянной вате. Так как хищничество очень тесно связано с конкуренцией, то в следующей главе обязательно нужно дать основные понятия об этом явлении.

Энергия протекает через сообщество, переходя от одного звена пищевой цепи к другому, с одного трофического уровня на следующий. Не следует забывать, что каждый трофический уровень занимают не один, а много разных видов. Каждый из этих видов соперничает с другими, стараясь удовлетворить свои потребности в энергии и питательных веществах. Организмы, которые могут использовать одни и те же ресурсы, называются конкурентами. Конкуренцию можно определить как использование некоего ресурса (пищи, воды, света, пространства) каким-либо организмом, который тем самым уменьшает доступность этого ресурса для других организмов. **Конкуренция** может возникать также в результате непосредственного воздействия конкурентов друг от друга, например, в результате продуцирования токсических веществ. Истощая или используя часть находящегося в недостатке ресурса, конкуренты прямым путем уменьшают его количество, доступное другим организменным единицам. Конкуренция посредством прямого влияния, например выделения токсинов или агрессивных столкновений, называется интерференционной конкуренцией. Косвенное подавляющее влияние, возникающее, например в результате уменьшения доступности общего ресурса, известно как эксплуатационная конкуренция. Если конкурирующие организмы принадлежат к одному и тому же виду, то взаимоотношения между ними называют внутривидовой конкуренцией; если же они относятся к разным видам, то их взаимоотношения называют межвидовой конкуренцией. В обоих случаях некий ресурс, потребляемый одной особью, уже

не может быть использован другой. Пример, когда лисица поймает кролика, то для других лисиц в популяции жертвы становится одним кроликом меньше, причем не только для лисиц, но и для рысей, ястребов и других хищников, которые охотятся на кроликов. Замедление роста популяции, по мере того как ее численность приближается к численности, соответствующей емкости среды, обусловлено конкуренцией между входящими в ее состав особями. Когда популяция невелика, внутривидовая конкуренция выражена слабо и ресурсы имеются в изобилии. При высоких плотностях популяции интенсивная внутривидовая конкуренция снижает наличные ресурсы до уровня, сдерживающего дальнейший рост, и тем самым регулирует численность популяции. Полевые наблюдения и лабораторные эксперименты создают противоположные впечатления о природе. Мы нередко наблюдаем в природе сосуществование ряда экологически сходных видов, явно использующих во многом одни и те же ресурсы. Часто несколько близкородственных видов деревьев растут в одном и том же месте, причем всем им нужны солнечный свет, вода и содержащиеся в почве питательные вещества. В прибрежных зонах и на внутренних болотах обитают разнообразные птицы, питающиеся рыбой, в том числе белые и другие цапли, крачки, зимородки и поганки. В отличие от этого в лабораторных условиях близкородственные виды существуют редко. Если два вида вынуждены жить за счет одного и того же ресурса, один из них неизбежно гибнет. Результаты лабораторных исследований по конкуренции привели к формулировке закона конкурентного исключения, называемого также законом Гаузе. Данный закон гласит: два вида не могут сосуществовать, если они зависят от одного и того же лимитирующего их ресурса. Сосуществование видов возможно благодаря их различным потребностям в ресурсах.

Экологи долгое время изучали группы близких видов, живущих в одном и том же месте. В ходе исследований они обнаружили небольшие различия в размерах или способах добывания пищи, дающие возможность каждому виду использовать несколько иные ресурсы, чем остальным, и тем самым избегать интенсивной конкуренции. К примеру, при наблюдении за большим бакланом и хохлатым бакланом (это крупные, темноокрашенные ныряющие морские птицы), которые питаются в одном и том же месте и одним и тем же способом, - оба плавают на поверхности воды и ныряют за рыбой, - создается впечатление, что два этих вида конкурируют за пищу. Но при детальном рассмотрении способа питания этих птиц можно увидеть, что один из них кормится на дне, а другой на средней глубине. Состав пищи перекрывается лишь в малой степени и поэтому между ними нет большой конкуренции. Этот факт точно подтвердился после анализа содержимого желудков обоих видов. 80 % пищи большого баклана состоит из угрей и сельди, которые плавают на значительном расстоянии от дна. Хохлатый баклан питается придонными формами, в частности камбалой и креветками.

Чрезвычайно интересен пример специализации у 8 близкородственных видов червей, паразитирующих в нижних участках пищеварительного тракта греческой черепахи. Все восемь видов червей питаются неассимилированными остатками пищи, но каждый из них предпочитает слегка отличающиеся от других по консистенции и составу, характерные для определенного участка толстой кишки. Межвидовая конкуренция имеет место между особями экологически близких видов. Она может быть пассивной, это когда происходит потребление ресурсов внешней среды, необходимых обоим видам. Она может быть и активной (подавление одного вида другим). Приведем пример. Так, в литературе тигра называют главным конкурентом леопарда, и бытует мнение, что где много тигров, нет леопардов. Известны случаи, когда тигр убивал леопарда, например в Индии. В Непале зафиксированы факты поедания тигром убитых им леопардов. Известен случай, когда тигрица убила и почти полностью съела самку леопарда, а затем убила и перетащила тигрятам двух котят этой семьи. Подробные исследования экологического разобщения тигра и леопарда, проведенные в Национальном парке Читаван в Непале, показали, что оно достигается благодаря различию в

использовании определенных типов растительных формаций, в суточной активности, а также в использовании добычи разных весовых категорий. В заповеднике Кедровая падь, по данным учета 1983-1984 гг., показано, что рост численности леопарда произошел в тех местах, где увеличилась численность тигра. Наблюдается явное тяготение обоих хищников к одним и тем же урочищам. Не установлена также биотопическая разобщенность. В долине р. Ананьевка замечено незначительное предпочтение леопардом скалистых участков, где тигр бывает реже, что, впрочем характерно и для тех мест, где эти хищники не контактируют. Здесь и леопардом и тигром используются одни и те же места переходов, охот, отдыха. Одной из главных причин, привлекающих тигра и леопарда в одни и те же биотопы, является обилие пятнистого оленя, предпочитаемого здесь ими вида добычи, а также сходство в манере использования территории. Часто межвидовая конкуренция возникает между близкородственными видами при установлении вторичного перекрывания ареалов, когда географическая изоляция нарушается уже после завершения процессов видообразования. Зачастую имеют место антагонистические отношения между родственными видами, когда один вид вытесняет другой (это и есть принцип конкурентного исключения Гаузе). Естественный отбор при межвидовой конкуренции направлен на увеличение экологических различий между конкурирующими видами и образование ими разных экологических ниш.

Паразитизм - это форма взаимоотношений двух различных организмов, принадлежащих к разным видам и носящих антагонистический характер, когда один из них (паразит) использует другого (хозяина) в качестве среды обитания (среда 1 порядка) или источника пищи, возлагая на него регуляцию своих отношений с внешней средой (среда 2 порядка). Паразитизм известен на всех уровнях организации живого, начиная с вирусов и бактерий и заканчивая высшими растениями и многоклеточными животными. Внешние проявления отношений в системе паразит - хозяин, степень их специализации (различные приспособления к паразитированию и приуроченность паразитов к различным органам и тканям) и специфичности (приуроченность определенного вида паразита к определенному виду хозяина) могут быть различными. Узкая специфичность говорит о древнем происхождении системы.

Антагонистичность отношений паразит - хозяин определяется тесным взаимодействием партнеров, при котором организм хозяина часто воспринимает паразита как антиген, вызывающий образование антител и др. иммуннобиологических реакций. В процессе эволюции этой системы проявляется тенденция к сглаживанию антагонистических отношений между партнерами (например, низкая патогенность многих паразитов в филогенетических древних системах). Однако даже в самых стабильных системах паразит-хозяин отношения между партнерами построены по принципу неустойчивого равновесия, нарушение которого может привести к распаду системы и гибели одного из обоих партнеров.

Паразиты принимают участие в регуляции численности популяций хозяев (на этом основаны многие биологические методы борьбы), а иногда и определяют направленность микроэволюции процессов. Например, у некоторых групп населения Африки как реакция на действие возбудителя малярии может сохраняться ген серповидноклеточной анемии. Паразитов подразделяют на облигатных (обязательных) и факультативных (необязательных). Различают временный паразитизм - это когда паразиты нападают на хозяев только для питания, и стационарный когда паразиты проводят на хозяине 6 ч жизни. Паразитов также делят на эктопаразитов, обитающих на поверхности тела хозяина, и эндопаразитов, живущих во внутренних полостях, тканях и клетках хозяина. Стационарные паразиты могут быть периодическими (у них в цикле развития сохраняются свободноживущие стадии) и постоянными (проходят полное развитие в организме хозяина). Характерная особенность паразитов - редукция у них органов (например, пищеварительного тракта, органов чувств, конечностей) и усложнение других (половой системы, органов прикрепления). С развитием паразитических свойств возрастает специализация паразита,

сужается круг его хозяев. У животных встречаются паразиты многих типов. Имеются отряды и классы, целиком представленные паразитами. Из простейших это споровики, из плоских червей это трематоды, моногенеи и цестоды, из насекомых блохи, вши. Как правило, хозяин бывает заражен несколькими видами паразитов, которые локализуются в различных органах и тканях и образуют своеобразное сообщество паразитов. Часто жизненный цикл паразита чрезвычайно сложен и связан не с одним, а с несколькими хозяевами, иногда далекими друг от друга в систематическом отношении. Пути проникновения паразитов в организм хозяина различны: они могут попадать в пищеварительный тракт с пищей, активно пробуравливать покровы и внедряться через них, передаваться при посредстве переносчиков и др. Известны такие формы паразитических взаимоотношений, когда сами паразиты служат хозяевами для других паразитов, например некоторые микроспоридии паразитируют в трематодах, цестодах и др. паразитах. Такое явление называется гипер или сверхпаразитизмом; у насекомых могут быть паразиты 2, 3 и 4-го порядков.

Географическое распространение паразитов связано с распространением их хозяев и с особенностями среды обитания.

Среди грибов и растений также известно много паразитических видов. Неизвестны лишь паразитические формы мхов, папоротникообразных и голосемянных растений. Одни растения - паразиты могут содержать хлорофилл и могут вырабатывать органические вещества в процессе фотосинтеза, другие питаются за счет хозяина. Большая часть грибов и растений эктопаразитов находятся вне хозяина (мучнисторосяные грибы, повилика), лишь органы питания - гаустории - контактируют с живыми клетками. Тело эндопаразитов погружено в живую ткань хозяина, снаружи остаются лишь органы размножения. Многие низшие грибы внутриклеточные паразиты. Облигатные и близкие к ним паразиты (ржавчинные, головневые и мучнисторосяные грибы) поражают преимущественно хорошо развитые растения; факультативные обычно поражают их изолированные части (например, овощи и плоды при хранении). Изучение паразитизма чрезвычайно важно для борьбы с паразитами возбудителями болезней человека, промысловых и домашних животных, а также диких и культурных растений. В заключение хочется отметить, что смысл данного реферата состоит в том, чтобы показать, как складываются отношения в мире животных, от чего зависит численность тех или иных популяций, как сосуществуют различные виды и что является главным, ведущим фактором прогресса.

3. Конкуренция и сосуществование видов

В естественных сообществах даже при асимметричной конкуренции вытеснение конкурентнослабых видов происходит достаточно редко. Устойчиво могут сосуществовать виды как с равной, так и с разной конкурентной способностью. Важным механизмом сосуществования видов является их расхождение по разным экологическим нишам (см. 7.3). Однако при сходной конкурентной способности видов они могут устойчиво сосуществовать в одной экологической нише.

При флуктуирующих ресурсах, что обычно наблюдается в природе (увлажнение или элементы минерального питания для растений, первичная биологическая продукция для разных видов фитофагов, плотность популяций жертв для хищников), преимущества поочередно получают разные конкурирующие виды. Это также ведет не к конкурентному исключению более слабого, а к сосуществованию видов, которые поочередно попадают в более выгодную и менее выгодную ситуацию. При этом ухудшение условий среды виды могут переживать при снижении уровня метаболизма или даже переходе в состояние покоя.

Наконец, конкуренция между видами протекает на фоне отношений с организмами других трофических уровней (хищниками и паразитами). Это также влияет на исход конкуренции, поскольку более привлекательный как пищевой ресурс вид имеет меньше шансов победить в конкуренции. В итоге в естественных экосистемах виды сосуществуют даже при наличии асимметричной конкуренции, которая должна была бы привести к вытеснению одного из

них. Конкурентное исключение чаще всего наблюдается только в искусственных условиях «микроскома», когда два конкурирующих вида изолированы и помещены в условия стабильной среды (например, в смешанном посеве двух культурных растений с разными конкурентными возможностями).

Лекция 3 (Л-3) Организация (структура) экосистем. Структура и развитие экосистем

Вопросы:

1. структура экосистемы
2. принципы функционирования
3. устойчивость экосистемы
4. Взаимосвязи разных компонентов наземных экосистем.
5. Полнота биотического круговорота.
6. Особенности сукцессии наземных экосистем.

1. Пространственная структура

Каждый организм живет в окружении множества других, вступает с ними в самые разнообразные отношения как с отрицательными, так и с положительными для себя последствиями и в конечном счете не может существовать без этого живого окружения. Связь с другими организмами – необходимое условие питания и размножения, возможность защиты, смягчения неблагоприятных условий среды, а с другой стороны – это опасность ущерба и часто даже непосредственная угроза существованию индивидуума. Всю сумму воздействий, которые оказывают друг на друга живые существа, объединяют названием **биотические факторы среды**.

Непосредственное живое окружение организма составляет его **биоценологическую среду**. Представители каждого вида способны существовать лишь в таком живом окружении, где связи с другими видами обеспечивают им нормальные условия жизни. Иными словами, многообразные живые организмы встречаются на Земле не в любом сочетании, а образуют определенные сожительства, или сообщества, в которые входят виды, приспособленные к совместному обитанию.

Группировки совместно обитающих и взаимно связанных видов называют **биоценозами** (от лат. «биос» – жизнь, «ценоз» – общий). Приспособленность членов биоценоза к совместной жизни выражается в определенном сходстве требований к важнейшим абиотическим условиям среды и закономерных отношениях друг с другом.

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 и т. п. (рис. 75). Все они связаны между собой и подвержены влиянию окружающих условий. Мёбиус обратил внимание на закономерность такого сожительства. «Наука, однако, не имеет слова, которым такое сообщество живых существ могло бы быть обозначено, – писал он. – Нет слова для обозначения сообщества, в котором сумма видов и особей, постоянно ограничиваемая и подвергающаяся отбору под влиянием внешних условий жизни благодаря размножению непрерывно владеет некоторой определенной территорией. Я предлагаю термин «биоценоз» для такого сообщества. Всякое изменение в каком-либо из факторов биоценоза вызывает изменения в других факторах последнего».

По Мёбиусу, возможность видов длительно сосуществовать друг с другом в одном биоценозе представляет результат естественного отбора и сложилась в историческом развитии видов. Дальнейшее изучение закономерностей сложения и развития биоценозов привело к возникновению особого раздела общей экологии – **биоценологии**.

Масштабы биоценологических группировок организмов очень различны, от сообществ подушек лишайников на стволах деревьев или разлагающегося пня до населения целых ландшафтов: лесов, степей, пустынь и т. п.

Тот участок абиотической среды, которую занимает биоценоз, называют **биотопом**, т. е., иначе, битоп – место обитания биоценоза (от лат. биос – жизнь, топос – место).

Пространственная структура наземного биоценоза определяется прежде всего сложением его растительной части – фитоценоза, распределением наземной и подземной массы растений.

При совместном обитании растений, разных по высоте, фитоценоз часто приобретает четкое **ярусное сложение**: ассимилирующие надземные органы растений и подземные их части располагаются в несколько слоев, по-разному используя и изменяя среду. Ярусность особенно хорошо заметна в лесах умеренного пояса. Например, в еловых лесах четко выделяются древесный, травяно-кустарничковый и моховый ярусы. Пять или шесть ярусов можно выделить и в широколиственном лесу: первый, или верхний, ярус образован деревьями первой величины (дуб черешчатый, липа сердцевидная, клен платановидный, вяз гладкий и др.); второй – деревьями второй величины (рябина обыкновенная, дикие яблони и груша, черемуха, ива козья и др.); третий ярус составляет подлесок, образованный кустарниками (лещина обыкновенная, крушина ломкая, жимолость лесная, бересклет европейский и др.); четвертый состоит из высоких трав (борцы, бор развесистый, чистец лесной и др.); пятый ярус сложен из трав более низких (сныть обыкновенная, осока волосистая, пролесник многолетний и др.); в шестом ярусе – наиболее низкие травы, такие, как копытень европейский. Подрост деревьев и кустарников может быть разного возраста и разной величины и не образует особых ярусов. Наиболее многоярусны дождевые тропические леса, наименее – искусственные лесные насаждения (рис. 81, 82).

В лесах всегда есть и **межьярусные (внеярусные) растения** – это водоросли и лишайники на стволах и ветвях деревьев, высшие споровые и цветковые эпифиты, лианы и др.

Ярусность позволяет растениям более полно использовать световой поток: под пологом высоких растений могут существовать теневыносливые, вплоть до тенелюбивых, перехватывая даже слабый солнечный свет.

Ярусность выражена и в травянистых сообществах (лугах, степях, саваннах), но не всегда достаточно отчетливо (рис. 83). Кроме того, в них обычно выделяют меньше ярусов, чем в лесах. Впрочем, и в лесах иногда насчитываются всего два четко выраженных яруса, например в бору-беломошнике (древесный, образованный сосной, и напочвенный – из лишайников).

Ярусы выделяют по основной массе ассимилирующих органов растений, оказывающих большое влияние на среду. Ярусы растительности могут быть разной протяженности: древесный ярус, например, толщиной в несколько метров, а моховой покров – всего несколько сантиметров. Каждый ярус по-своему участвует в создании фитолимата и приспособлен к определенному комплексу условий. Например, в еловом лесу растения травяно-кустарничкового яруса (кислица обыкновенная, майник двулистный, черника и др.) находятся в условиях ослабленного освещения, выровненных температур (более низких днем и более высоких ночью), слабого ветра, повышенных влажности и содержания CO₂. Таким образом, древесный и травяно-кустарничковый ярусы находятся в разной экологической обстановке, что сказывается на функционировании растений и на жизни животных, обитающих в пределах этих ярусов.

Подземная ярусность фитоценозов связана с разной глубиной укоренения растений, входящих в их состав, с размещением активной части корневых систем. В лесах нередко можно наблюдать несколько (до шести) подземных ярусов.

Животные также преимущественно приурочены к тому или иному ярусу растительности. Некоторые из них вообще не покидают соответствующего яруса. Например, среди насекомых выделяют следующие группы: обитатели почвы – геобий, наземного, поверхностного слоя – герпетобий, мохового яруса – бриобий, травостоя – филлобий, более высоких ярусов – аэробий. Среди птиц есть виды, гнездящиеся только на земле (куриные,

тетеревиные, коньки, овсянки и др.), другие – в кустарниковом ярусе (певчие дрозды, снегири, славки) или в кронах деревьев (зяблики, королики, щеглы, крупные хищники и др.).

Расчлененность в горизонтальном направлении – **мозаичность** – свойственна практически всем фитоценозам, поэтому в их пределах выделяют структурные единицы, которые получили разные названия: микрогруппировки, микроценозы, микрофитоценозы, парцеллы и т. п. Эти микрогруппировки различаются видовым составом, количественным соотношением разных видов, сомкнутостью, продуктивностью и другими свойствами.

Мозаичность обусловлена рядом причин: неоднородностью микрорельефа, почв, средообразующим влиянием растений и их биологическими особенностями. Она может возникнуть в результате деятельности животных (образование выбросов почвы и их последующее зарастание, образование муравейников, вытаптывание и стравливание травостоя копытными и др.) или человека (выборочная рубка, кострища и др.), вследствие вывалов древостоя во время ураганов и т. д.

А. А. Уранов обосновал понятие «фитогенное поле». Этот термин обозначает тот участок пространства, на который оказывает воздействие отдельное растение, затеняя его, изымая минеральные соли, меняя температуру и распределение влаги, поставляя опад и продукты обмена и т. п. Особи разных видов растений обладают различным фитогенным полем, что проявляется в пространственной структуре фитоценозов.

Изменения среды под влиянием жизнедеятельности отдельных видов растений создают так называемую фитогенную мозаичность. Она хорошо выражена, например, в смешанных хвойно-широколиственных лесах (рис. 84). Ель сильнее, чем лиственные породы, притеняет поверхность почвы, задерживает кронами больше дождевой влаги и снега, опад ели разлагается медленнее, способствует оподзоливанию почвы. В результате этого в елово-широколиственных лесах под широколиственными породами и осиной хорошо растут неморальные травы, а под елью – типичные бореальные виды.

Вследствие различий средообразующей деятельности разных видов растений отдельные участки в елово-широколиственном лесу различаются многими физическими условиями (освещенностью, мощностью снегового покрова, количеством опада и т. д.), поэтому жизнь в них идет по-разному: неодинаково развит травостой, подрост, корневые системы растений, мелких животных и т. д.

Мозаичность, как и ярусность, динамична: происходит смена одних микрогруппировок другими, разрастание или сокращение их в размерах.

2. Экологическая структура

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

Виды, выполняющие одни и те же функции в сходных биоценозах, называют **викарирующими** (т. е. замещающими). Явление экологического викариата широко распространено в природе. Например, сходную роль играют куница в европейской и соболь в азиатской тайге, бизоны в прериях Северной Америки, антилопы в саваннах Африки, дикие лошади и куланы в степях Азии. Конкретный вид для биоценоза в известной мере случайное явление, так как сообщества формируются из тех видов, которые есть в окружающей среде. Но экологическая структура биоценозов, складывающихся в определенных климатических и ландшафтных условиях, строго закономерна. Так, например, в биоценозах разных природных зон закономерно изменяется соотношение фитофагов и сапрофагов. В степных, полупустынных и пустынных районах животные-фитофаги преобладают над сапрофагами, в лесных сообществах умеренного пояса, наоборот, сильнее развита сапрофагия. Основной тип питания животных в глубинах океана – хищничество, тогда как в освещенной, поверхностной зоне пелагиали много фильтраторов, потребляющих фитопланктон, либо видов со смешанным характером питания. Трофическая структура таких сообществ различна.

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. Вполне естественно, что в сухих аридных условиях растительность характеризуется преобладанием склерофитов и суккулентов, а в сильно увлажненных биотопах богаче представлены гигро- и даже гидрофиты. Разнообразие и обилие представителей той или иной экологической группы характеризуют биотоп в неменьшей степени, чем точные измерения физических и химических параметров среды.

Такой подход к оценке биоценозов, при котором используются общие характеристики его экологической, видовой и пространственной структуры, экологи называют макроскопическим. Это обобщенная крупноплановая характеристика сообществ, позволяющая ориентироваться в свойствах биоценоза при планировании хозяйственных мероприятий, прогнозировать последствия антропогенных воздействий, оценивать устойчивость системы.

Микроскопический подход – это расшифровка связей каждого отдельного вида в сообществе, подробное изучение самых тонких деталей его экологии. Эта задача до сих пор еще не выполнена в отношении подавляющего большинства видов из-за чрезвычайного многообразия живых форм в природе и трудоемкости изучения их экологических особенностей.

3. Состав биогеоценоза

Состав биогеоценоза. Во всяком биогеоценозе можно выделить абиотические и биотические компоненты.

К абиотическим компонентам биогеоценоза относят:

неорганические вещества (углекислый газ, вода, кислород; ионы кальция, магния, калия, натрия и др.);

органические соединения, связывающие абиотическую и биотическую части биогеоценоза (белки, углеводы, липиды, гуминовые кислоты и др.);

климатический режим (температура, влажность, соленость воды, радиация, давление и др.).

Биотические компоненты представляют собой три взаимосвязанные функциональные группы организмов: продуценты, консументы, редуценты.

Продуценты (от лат. *producens* – производящий) – автотрофные организмы, синтезирующие органические вещества из неорганических. Это главным образом зеленые растения и в меньшей степени – фотосинтезирующие и хемосинтезирующие бактерии.

Консументы (от лат. *consumo* – потреблять) – гетеротрофные организмы, потребляющие готовые органические вещества как источник пищи и энергии. Это – все животные, грибы и многие бактерии (из последних в основном – паразиты).

Редуценты (от лат. *reducens* – возвращающий) – гетеротрофные организмы, преимущественно бактерии и грибы, они расщепляют сложные органические соединения до неорганических веществ (воды, углекислого газа, минеральных солей и др.), пригодных для использования продуцентами.

Продуценты улавливают энергию солнечных лучей (при фотосинтезе) или энергию химических связей неорганических веществ (при хемосинтезе) и переводят ее в энергию химических связей синтезированных ими органических веществ. Консументы, питаясь продуцентами, поглощают образованные ими органические вещества. Преобразованная в процессе питания энергия используется консументами для жизнедеятельности и построения тела. Наконец, редуценты, разлагающие органические вещества, высвобождают энергию, содержащуюся в их химических связях, и используют ее для осуществления процессов жизнедеятельности.

Таким образом, биотическую структуру биогеоценоза образуют три группы организмов: продуценты, консументы, редуценты. Они трансформируют энергию и обеспечивают биологический круговорот

1. Структура экосистемы

Сообщества организмов связаны с неорганической средой теснейшими материально-энергетическими связями. Растения могут существовать только за счёт постоянного поступления в них углекислого газа, воды, кислорода, минеральных солей. Гетеротрофы живут за счёт автотрофов, но нуждаются в поступлении таких неорганических соединений, как кислород и вода. В любом конкретном местообитании запасов неорганических соединений, необходимых для поддержания жизнедеятельности населяющих его организмов, хватило бы ненадолго, если бы эти запасы не возобновлялись. Возврат биогенных элементов в среду происходит как в течение жизни организмов, так и после их смерти, в результате разложения трупов и растительных остатков. 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 счёт неорганических соединений.

Консументы - это гетеротрофные организмы, потребляющие органическое вещество продуцентов или других консументов и, трансформирующие его в новые формы. Редуценты живут за счёт мертвого органического вещества, переводя его вновь в неорганические соединения. Классификация эта относительна, так как и консументы, и сами продуценты выступают частично в роли редуцентов, в течение жизни выделяя в окружающую среду минеральные продукты обмена веществ. В принципе круговорот атомов может поддерживаться в системе и без промежуточного звена - консументов, за счёт деятельности двух других групп. Однако такие экосистемы встречаются скорее как исключения, например в тех участках, где функционируют сообщества, сформированные только из микроорганизмов. Роль консументов выполняют в природе в основном животные, и их деятельность по поддержанию и ускорению циклической миграции атомов в экосистемах сложна и многообразна. Масштабы экосистем в природе чрезвычайно различны. Неодинакова также степень замкнутости поддерживаемых в них круговоротов вещества, т. е. многократность вовлечения одних и тех же атомов в циклы. В качестве отдельных экосистем можно рассматривать, например, и подушку лишайников на стволе дерева, и разрушающийся пень с его населением, и небольшой временный водоем, луг, лес, степь, пустыню, весь океан и, наконец, всю поверхность Земли, занятую жизнью. В подушке лишайников мы найдем все необходимые компоненты экосистемы. Продуценты - симбиотические водоросли, осуществляющие фотосинтез. В качестве консументов выступают некоторые мелкие членистоногие, питающиеся живыми тканями лишайника, а также грибные гифы, по существу паразитирующие на клетках водорослей. И гифы грибов, и большинство микроскопических животных, обитающих в лишайниковых подушках (клещи, коллемболы, нематоды, коловратки, простейшие), выступают и в роли продуцентов. Грибные гифы живут не только за счёт живых, но и за счёт погибших клеток водорослей, а мелкие животные-сапрофаги перерабатывают отмершие слоевища, в разрушении которых им помогают многочисленные микроорганизмы. Степень замкнутости круговорота в такой системе очень невелика: значительная часть продуктов распада выносится за пределы лишайника: вымывается дождевыми водами, осыпается вниз со ствола. Кроме того, часть животных мигрирует в другие местообитания. Тем не менее, часть атомов успевает пройти несколько циклов, включаясь в тела живых организмов и освобождаясь из них, прежде чем покинут данную экосистему.

В некоторых типах экосистем вынос вещества за их пределы настолько велик, что их стабильность поддерживается в основном за счёт притока такого же количества вещества извне, тогда как внутренний круговорот малоэффективен. Таковы проточные водоемы, реки, ручьи, участки на крутых склонах гор. Другие экосистемы имеют значительно более полный круговорот веществ и относительно автономны (леса, луга, озера и т. п.). Однако ни одна,

даже самая крупная, экосистема Земли не имеет полностью замкнутого круговорота. Материки интенсивно обмениваются веществом с океанами, причем большую роль в этих процессах играет атмосфера, и вся наша планета часть материи получает из космического пространства, а часть отдаст в космос. В соответствии с иерархией сообществ жизнь на Земле проявляется и в иерархичности соответствующих экосистем. Экосистемная организация жизни является одним из необходимых условий ее существования. Запасы биогенных элементов, из которых строят тела живые организмы, на Земле в целом и в каждом конкретном участке на ее поверхности неограниченны. Лишь система круговоротов могла придать этим запасам свойство бесконечности, необходимого для продолжения жизни. Поддержать и осуществлять круговорот могут только функционально различные группы организмов. Таким образом, функционально-экологическое разнообразие живых существ и организация потока извлекаемых из окружающей среды веществ в циклы - древнейшее свойство жизни.

2. Принципы функционирования

Основные структурные черты экосистем определяют три основных условия или принципа функционирования экосистем:

- наличие потока солнечной энергии;
- существование круговорота биологического вещества;
- снижение биомассы при повышении трофического уровня.

Первый принцип - экосистемы существуют за счет незагрязняющей среду и практически вечной солнечной энергии, количество которой относительно постоянно и избыточно. До промышленной революции люди обеспечивали свое существование, используя энергию домашних животных, дров, ветра и воды, т. е. все ту же солнечную энергию. Массовое использование ископаемых источников энергии, начавшееся примерно 250 лет назад, а также использование ядерной энергии, очевидно, нарушает первый принцип и ведет к неустойчивому развитию экосистем.

Второй принцип - в естественных экосистемах использование ресурсов и избавление от отходов осуществляются в рамках круговорота всех химических компонентов. Однако, их соотношение устоялось в течение огромного промежутка времени, в течение которого развивалась жизнь на Земле. Человеческая же деятельность вносит в экосистемы огромное количество химических соединений, переработать которые устоявшиеся экосистемы не в состоянии.

Третий принцип - чем больше биомасса популяции, тем ниже должен быть занимаемый ею трофический уровень. Однако численность людей увеличивается с огромной скоростью и превышает 90 млн человек в год. Поскольку огромная масса людей, особенно в развитых странах, относится к третьему трофическому уровню, т. е. ест мясо, то требуется огромная площадь сельскохозяйственных угодий, чтобы удовлетворить пищевые потребности. Более или менее естественно третий принцип реализуется немногими. Например, в Монголии, где население страны составляет 2,5 млн при численности скота 35 млн, последние вполне обеспечены пастбищными пространствами. В других же странах требуется непрерывное увеличение посевных площадей, что ведет к уничтожению лесов, разрушению почв и загрязнению среды несвойственными ей химическими элементами.

Поэтому при выработке экономических решений, особенно стратегических, следует в первую очередь обращать внимание на стимулирование безотходных технологий, развитие солнечной энергетики и поддержание плодородия почв.

3. Устойчивость экосистемы

Толерантность вида. Термин толерантность (от лат. *tolerantia* – терпение) означает выносливость вида по отношению к колебаниям какого-либо экологического фактора, или другими словами, способность организмов переносить отклонения экологических факторов среды от оптимальных для них величин. Изменения величин этих факторов для каждого организма допустимы только в определенных пределах, при которых сохраняется нормальное функционирование организма, т.е. его жизнеспособность. Допустимые пределы

изменений экологических факторов среды называются **границами толерантности**. Разные виды организмов отличаются более широкими или более узкими границами толерантности. Чем большие пределы изменения параметров среды безболезненно выдерживает конкретный организм, тем выше толерантность, или устойчивость этого организма к изменению экологических факторов среды.

Адаптация организмов к изменению экологических факторов. Показатели устойчивости организмов в изменяющихся условиях среды обитания определяются возможностями организмов приспосабливаться (адаптироваться) к изменениям биотических и абиотических факторов. Адаптациями называются эволюционно выработанные и наследственно (генетически) закрепленные свойства организмов, обеспечивающие их нормальную жизнедеятельность при изменениях экологических факторов. Адаптационные возможности у разных видов очень сильно различаются. Например, береза хорошо растет как на сухих, так и увлажненных почвах, а сосна – только на почвах с умеренным увлажнением.

Часто важны не только пределы изменения экологических факторов, но и скорость их изменения, т.е. динамика. Не все виды способны приспособиться к быстрым изменениям условий среды. Виды, которые не могут (или не успевают) приспособиться к изменившимся условиям, вымирают и их экологические ниши в экосистемах занимают другие, более пластичные виды.

Рассмотрим основные виды адаптаций организмов к изменениям экологических факторов. Наиболее важными из них являются:

- морфологические;
- физиологические;
- поведенческие.

К морфологическим адаптациям относятся видоизменения органов, например, развитие у баобаба колючек вместо листьев, а у китов и дельфинов – плавников вместо ног. Физиологические адаптации связаны с особенностями ферментативного набора в пищеварительном тракте. Так, потребность животных во влаге удовлетворяется в пустынях путем биохимического окисления жиров, а у растений биохимические процессы фотосинтеза позволяют создавать органическое вещество из неорганических соединений. Поведенческие адаптации проявляются, например, в способах обеспечения теплообмена у птиц путем сезонных перелетов, у животных – с помощью линьки; для обеспечения пищей хищники используют приемы затаивания (в засаде), а их жертвы – защитную окраску.

Устойчивость экосистем – это способность экосистем сохранять структуру и нормальное функционирование при изменениях экологических факторов. Рассмотренные выше адаптации организмов к изменениям факторов среды обитания в определенной степени обеспечивают устойчивость экосистем, в состав которых они входят, к изменению экологических факторов среды. Однако, как и всякая более сложная система, экосистема по сравнению с отдельными видами организмов имеет более высокую степень надежности функционирования в изменяющейся среде, так как на системном уровне формируются и развиваются новые, системные механизмы обеспечения устойчивости и живучести экосистем, которые отсутствовали у отдельных видов. Такие эволюционно выработанные механизмы приспособления экосистем к изменениям среды обитания называются **адаптациями экосистем**.

Рассмотрим адаптации экосистем, состоящие из адаптационных механизмов двух уровней: видовой уровень и интеграционный, или системный уровень. Видовой (низший) уровень соответствует ранее рассмотренным механизмам в подразделе «Адаптации организмов к изменению экологических факторов». Системный уровень образуют приспособительные механизмы, возникающие за счет видového взаимодействия по трофическим цепям и сетям. Природа этих интеграционных, системных механизмов обеспечения устойчивости экосистем основана на круговороте веществ, который осуществляется с помощью трофических цепей.

Существование биогеохимических круговоротов создает возможность для саморегуляции экосистем (или гомеостаза), что придает экосистеме устойчивость в течение длительных периодов. Например, показателем устойчивости глобальной экосистемы, связанной с круговоротом веществ, может служить следующий факт. Известно, что 93% массы тела человека составляют 4 химических элемента: кислород, углерод, водород и кальций, которые, во-первых, входят в перечень одиннадцати самых распространенных в геосферах Земли химических элементов, и, во-вторых, эти четыре элемента сами образуют более 56% массы геосфер.

Видовое разнообразие – также один из факторов устойчивости экосистем к неблагоприятным факторам среды. Разнообразие обеспечивает как бы подстраховку, дублирование устойчивости. Например, малочисленный вид при неблагоприятных условиях для другого широко представленного вида может резко увеличить свою численность и таким образом заполнить освободившееся пространство (экологическую нишу), сохранив экосистему как единое целое. Такая последовательная смена видов или замена одного биоценоза другим называется сукцессией (от лат. сукцедо – следую).

Чтобы лучше уяснить суть сукцессии в экосистеме, рассмотрим два примера:

1) известно, что после лесного пожара сначала появляются лиственные породы, а затем через 70–100 лет их сменяют хвойные;

2) в упавшем дереве сначала поселяются короеды, затем появляются пожиратели древесины, а бактерии и грибы завершают процедуру превращения упавшего дерева в гумус почвы.

Таким образом, увеличение степени разнообразия является основой того, что экосистемы с более длинными цепями питания формируют более интенсивный круговорот веществ и, следовательно, обладают повышенной устойчивостью благодаря возможностям саморегуляции (гомеостаза).

Гомеостаз. Природные экосистемы (например, лесные, степные) существуют в течение длительного времени и обладают определенной стабильностью, для поддержания которой необходима сбалансированность потоков вещества и энергии в процессах обмена между организмами и окружающей средой. Однако абсолютной стабильности в природе не бывает. Поэтому стабильность состояния природных экосистем является относительной, показателем которой может служить, например, периодически изменяющаяся численность популяций разных видов в экосистеме: численность одних видов увеличивается, других – уменьшается. Такое динамически равновесное состояние, или состояние подвижно-стабильного равновесия экосистем, называют гомеостазом (от греч. гомео – тот же; стазис – состояние).

Ключевой для понимания гомеостаза экосистем термин «подвижно-стабильное равновесие» означает, что устойчивое функционирование экосистем в изменяющихся условиях среды возможно именно вследствие того, что экосистема находится в квазиравновесном состоянии, принципиально отличающимся от понимания состояния равновесия в физике. Чтобы понять это различие, кратко рассмотрим составные части этого термина.

а) Стабильность означает, что природные экосистемы существуют в течение длительного времени и обладают определенной относительной стабильностью во времени и пространстве. Заметим, что особенностью искусственных (техногенных, созданных человеком) экосистем является то, что человек сам должен поддерживать равновесие в этих экосистемах, т.е. управлять процессами их функционирования, например, замена ила в региональных, муниципальных или производственных водоочистных сооружениях, в которых культивируются колонии бактерий, пожирающих, сорбирующих, разлагающих загрязняющие вещества в сточных водах.

б) Подвижность означает изменчивость свойств (например, численности популяций) и структуры экосистемы, т.е. совокупности видов. Последовательные изменения в состоянии равновесия в природных экосистемах отражаются в смене видов (например, в процессе

сукцессии), сопровождающейся и изменениями в структуре и свойствах трофических цепей (сетей). Разнообразие видов формирует сукцессию, обеспечивая заполненность пространства жизнью и увеличивая степень замкнутости биогеохимического круговорота в экосистеме.

Следовательно, гомеостатичность – общее свойство всех экосистем, зависящее от эффективности комплекса адаптационных механизмов, действующих как на уровне отдельных видов, так и на уровне экосистемы в целом. Гомеостатичность зависит от возраста и видового разнообразия экосистем и поэтому сильно различается как у разных сообществ, так и в естественных и искусственных экосистемах.

Лекция 4 (Л-4) Популяционно-видовой уровень жизни

Вопросы:

1. Вид. Ареал. Местообитание.
2. Свойства популяции.
3. Возрастная, половая, пространственная структуры популяций.

Основные вопросы:

1. Вид и его структура

Виды реально существуют, но развития нет (К. Линней, нач. XVIII в.).

Видов нет, они — плод воображения, но историческое развитие в природе есть (Ламарк, середина XVIII в.).

Виды реально существуют, относительно постоянны и являются результатом исторического развития (Дарвин, 1856г.)

Вид — это совокупность особей, обладающих наследственным сходством морфологических, физиологических и биологических особенностей, свободно скрещивающихся и дающих плодовитое потомство, приспособленных к определенным условиям жизни и занимающих в природе определенную область — ареал. (Современное определение вида)

Каждый вид занимает более или менее обширный ареал. Иногда он сравнительно невелик: для видов, обитающих в Байкале, он ограничивается озером. Черная и белая вороны занимают обширные территории.

Особи любого вида распределены внутри видовой ареала неравномерно. Поэтому вид рассматривается, как совокупность отдельных групп организмов — популяций.

Реально вид существует в виде популяции.

Критерии вида



Структура вида

Структура вида	
<p>Популяция — естественная элементарная структура вида, представляющая совокупность свободно скрещивающихся особей одного вида, занимающих определенную обособленную часть ареала.</p>	<p>Подвид — более крупная внутривидовая группировка, состоящая из популяций, близких по ареалу, или по своим экологическим особенностям. подвид более крупная внутривидовая группировка, состоящая из популяций, близких по ареалу, или по своим экологическим особенностям.</p>

Популяция — единица эволюции. В ней совершаются все первичные эволюционные процессы: дивергенция (расхождение признаков) и конвергенция (сходство признаков), что приводит к образованию новых группировок особей внутри вида, новых популяций, подвидов, видов.

2. Место вида в экосистеме (экологическая ниша)

Одним из основных в современной экологии является понятие экологической ниши. Впервые об экологической нише заговорили зоологи. В 1914 г. американский зоолог-натуралист Дж. Гриннелл и в 1927 г. английский эколог Ч. Элтон термином «ниша» определили самую мелкую единицу распространения вида, а также место данного организма в биотической среде, его положение в цепях питания.

Обобщенным определением экологической ниши является следующее: это место вида в природе, обусловленное совокупным набором факторов внешней среды. Экологическая ниша включает не только положение вида в пространстве, но и его функциональную роль в сообществе.

Экологическая ниша — это совокупность факторов среды, в пределах которых обитает тот или иной вид организмов, его место в природе, в пределах которого данный вид может существовать неограниченно долго.

Так как при определении экологической ниши следует учитывать большое число факторов, то место вида в природе, описываемое этими факторами, представляет собой многомерное пространство. Такой подход позволил американскому экологу Г. Хатчинсону дать следующее определение экологической ниши: это часть воображаемого многомерного пространства, отдельные измерения которого (векторы) соответствуют факторам, необходимым для нормального существования вида. При этом Хатчинсон выделял нишу **фундаментальную**, которую может занять популяция при отсутствии конкуренции (она определяется физиологическими особенностями организмов), и нишу **реализованную**, т.е. часть фундаментальной ниши, в пределах которой вид реально встречается в природе и которую он занимает при наличии конкуренции с прочими видами. Понятно, что реализованная ниша, как правило, всегда меньше фундаментальной.

Некоторые экологи подчеркивают, что в пределах своей экологической ниши организмы должны не только встречаться, но и быть способными к воспроизводству. Поскольку существует видовая специфичность к любому экологическому фактору, постольку и экологические ниши видов специфичны. Каждый вид имеет свою, свойственную ему экологическую нишу.

Большинство видов растений и животных могут существовать только в специальных нишах, в которых поддерживаются определенные физико-химические факторы, температура и источники питания. После того как в Китае, например, началось уничтожение бамбука, панда, чей рацион на 99 % состоит из этого растения, оказалась на грани вымирания.

Виды с общими нишами могут легко приспосабливаться к изменяющимся условиям среды обитания, поэтому опасность их вымирания невысока. Типичные представители видов с общими нишами — мыши, тараканы, мухи, крысы и люди.

Закон конкурентного исключения Г. Гаузе для близких по экологии видов в свете учения об экологической нише может быть сформулирован таким образом: **два вида не могут занимать одну и ту же экологическую нишу**. Выход из конкуренции достигается расхождением требований к среде или, другими словами, разграничением экологических ниш видов.

Конкурирующие виды, обитающие совместно, для ослабления конкуренции часто «разделяют» имеющиеся ресурсы. Типичный пример — деление на животных, активных днем, и проявляющих свою активность ночью. Летучие мыши (каждое четвертое в мире млекопитающее принадлежит к этому подотряду рукокрылых) делят воздушное пространство с другими охотниками на насекомых — птицами, используя смену дня и ночи. Правда, у летучих мышей есть несколько относительно слабых конкурентов, таких как совы и козодои, которые также активны ночью.

Похожее разделение экологических ниш на дневную и ночную «смены» наблюдается у растений. Одни растения распускают цветки днем (большинство дикорастущих видов), другие — ночью (любка двулистная, душистый табак). При этом ночные виды испускают еще и привлекающий опылителей запах.

Экологические амплитуды некоторых видов бывают очень малы. Так, в тропической Африке один из видов червей живет под веками гиппопотама и питается исключительно слезами этого животного. Более узкую экологическую нишу трудно себе представить.

Концепция экологической ниши вида

Положение вида, которое он занимает в общей системе биоценоза, включая комплекс его биоценологических связей и требований к абиотическим факторам среды, называют **экологической нишей вида**.

Концепция экологической ниши оказалась очень плодотворной для понимания законов совместной жизни видов. Понятие «экологическая ниша» следует отличать от понятия «местообитание». В последнем случае подразумевается та часть пространства, которая заселена видом и которая обладает необходимыми абиотическими условиями для его существования.

Экологическая ниша вида зависит не только от абиотических условий среды, но и в не меньшей мере от его биоценологического окружения. Это характеристика того образа жизни, который вид может вести в данном сообществе. Сколько на Земле видов живых организмов — столько же и экологических ниш.

Правило конкурентного исключения может быть выражено таким образом, что два вида не уживаются в одной экологической нише. Выход из конкуренции достигается благодаря расхождению требований к среде, изменению образа жизни, что является разграничением экологических ниш видов. В этом случае они приобретают способность сосуществовать в одном биоценозе.

Разделение совместно живущими видами экологических ниш с частичным их перекрыванием - один из механизмов устойчивости природных биоценозов. Если какой-либо из видов резко снижает свою численность или выпадает из состава сообщества, его роль берут на себя другие.

Экологические ниши растений, на первый взгляд, менее разнообразны, чем животных. Они четко очерчены у видов, различающихся по питанию. В онтогенезе растения, как и многие животные, меняют экологическую нишу. С возрастом они более интенсивно используют и преобразуют среду.

У растений имеет место перекрывание экологических ниш. Оно усиливается в отдельные периоды при ограничении ресурсов среды, но поскольку виды используют ресурсы индивидуально, избирательно и с разной интенсивностью, конкуренция в устойчивых фитоценозах ослабляется.

На богатство экологических ниш в биоценозе оказывают влияние две группы причин. Первая — условия среды, предоставляемые биотопом. Чем мозаичнее и разнообразнее биотоп, тем больше видов могут размежевать в нем свои экологические ниши.

Другой источник разнообразия ниш — сами виды, являющиеся ресурсом и создающие среду для других. Любой новый вид, внедряющийся в сообщество, увеличивает число имеющихся в нем экологических ниш не только за счет своего собственного положения среди других, но и предоставляя ресурсы для паразитов, хищников, норových и гнездовых сожителей и т.п.

3. Особь и окружающая среда

Следуя экологическому подходу, можно мысленно вычленить из мира живой природы, всего многообразия живых организмов только одну **особь**. Эта условно изолированная особь (например, заяц) будет находиться под воздействием только **факторов** окружающей среды, среди которых основными окажутся климатические. Именно они, прежде всего температура, влажность, освещенность и др., имеют определяющее значение в распространении тех или иных видов на Земле. Кроме того, для

водных организмов особое значение приобретает вода как единственная среда обитания, а для наземных растений огромную роль играют физические и химические свойства почвы. Изучение действия различных природных факторов на отдельный (искусственно изолированный организм) есть первое и наиболее простое подразделение экологии – **аутэкология** или **факториальная экология**.

Среда с позиции экологии. Организм является начальной, основной единицей обмена веществ. Именно с организма и начинается цепочка взаимоотношений живой материи, ее нельзя прервать ни на одном уровне. Очевидно, что существует глубокая связь между организмом и окружающей средой.

Среда – комплекс природных тел и явлений, с которыми организм находится в прямых или косвенных взаимоотношениях. В широком смысле это материальные тела, явления и энергия, воздействующие на организм.

Существует значительное разнообразие понятия «среда» в зависимости от степени конкретизации. Так, **внешняя среда** рассматривается как совокупность сил и явлений природы, ее вещество и пространство, любая деятельность человека (организма), находящаяся вне рассматриваемого объекта или субъекта и необязательно непосредственно контактирующая с ним. Понятие **окружающая среда** – то же, что и среда внешняя, но она находится в непосредственном контакте с объектом или субъектом. Термин, очевидно, требует определяющего дополнения: среда, окружающая кого? что? Поэтому более правильно говорить «окружающая человека среда» и т.д. Различают также **природную среду** (сочетание естественных и измененных деятельностью человека факторов живой и неживой природы, которые проявляют эффект воздействия на организм), **среду абиотическую** (все силы и явления природы, происхождение которых прямо не связано с жизнедеятельностью ныне живущих организмов) и **среду биотическую** (силы и явления природы, которые обязаны своим происхождением жизнедеятельности ныне живущих организмов).

Имеет место и конкретное пространственное понимание среды, как непосредственного окружения организма, – это его **среда обитания**. К ней относят только те элементы, с которыми данный организм вступает в прямые или косвенные отношения, т.е. это все то, среди чего он живет.

В условиях Земли живые организмы освоили четыре основные среды обитания. Первой была **водная среда**, в которой возникла и распространилась жизнь. В последующем живые организмы овладели **наземно-воздушной** средой, далее они создали и заселили **почву**. Четвертой специфической средой жизни стали **сами организмы**, тела которых использовались паразитами или симбионтами.

Влияние среды на организм. Организм, испытывая потребность в притоке вещества, энергии и информации, полностью зависит от среды. Уместно здесь привести закон, открытый российским ученым К.Ф. Рулье: **результаты развития (изменений) любого объекта (организма) определяются соотношением его внутренних особенностей и особенностей той среды, в которой он находится**. Этот закон, иногда называемый первым экологическим законом жизни, имеет общее значение, так как в равной мере относится к живой и неживой материи, а также социальной сфере.

Эволюционно возникшее приспособление организмов к условиям среды, выражающееся в изменении их внешних и внутренних особенностей, носит название **адаптации**.

Способность к адаптациям – одно из основных свойств жизни вообще, поскольку обеспечивает саму возможность ее существования, возможность организмов выживать и размножаться. При этом адаптации способны проявляться на самых разных уровнях: от биохимии клеток и поведения отдельных организмов до строения и функционирования сообществ и экосистем.

Каждый организм реагирует на окружающую среду в соответствии со своей генетической конституцией. **Правило соответствия** условий среды генетической

предопределенности организма гласит: до тех пор, пока среда, окружающая определенный вид организмов, соответствует генетическим возможностям приспособления этого вида к ее колебаниям и изменениям, этот вид может существовать. Резкое изменение условий среды обитания может привести к тому, что генетический аппарат вида не сможет приспособиться к новым условиям жизни. Сказанное в полной мере относится и к человеку.

Влияние живых организмов на среду. Организмы и сами способны существенно воздействовать на среду. Так, их жизнедеятельность значительно влияет на газовый состав атмосферы. Это связано, в частности, с тем, что в результате фотосинтеза зеленых растений в атмосферу поступает кислород. Диоксид углерода, напротив, извлекается из атмосферного воздуха растениями и вновь поступает туда в процессе разложения остатков погибших организмов.

На предел воздействия организмов на среду обитания указывает другой экологический закон жизни (Куражковский Ю.Н.): **каждый вид организмов, потребляя из окружающей среды необходимые ему вещества и выделяя в нее продукты своей жизнедеятельности, изменяет ее таким образом, что среда обитания становится непригодной для его существования.**

Таким образом, организмы испытывают воздействие постоянно меняющихся условий среды, но и сами способны изменять эти условия.

1. Взаимосвязи разных компонентов наземных экосистем.

Экосистема (экологическая система) - система совместно обитающих живых организмов и условий их существования, связанных потоком энергии и круговоротом вещества.

Экологические системы разных уровней представляют собой основные функциональные единицы биосферы. Эти надорганизменные объединения включают организмы и неживое (косное) окружение, находящиеся во взаимодействии, без которого невозможно поддержание жизни на нашей планете. Будучи энергетически и структурно открытыми системами, они находятся в статистическом, подвижном равновесии - гомеостаз(ис)е (от греч. homoіos - подобный, stasis - стояние) благодаря особой структурно-функциональной организации всех своих компонентов. При этом различают структурно-физическую организацию - пространственное размещение компонентов, и временную организацию - динамику деятельности отдельных частей. Очень важный функциональный аспект организации, или принципы взаимодействия компонентов. В целом организация проявляется в размещении, группировке и взаимосвязях масс и косных тел, что позволяет экосистеме оптимально осуществлять свою генеральную функцию - материально-энергетический обмен между составными частями экосистемы, а также взаимодействие с другими экосистемами.

В зависимости от природных и климатических условий можно выделить три группы и ряд природных экосистем. В основе квалификации для наземных экосистем лежит тип естественной (исходной) и растительности, для водных экосистем - гидрологические и физические особенности.

Наземные экосистемы:

1. Тундра: арктическая и альпийская;
2. Бореальные хвойные леса;
3. Листопадный лес умеренной зоны;
4. Степь умеренной зоны;
5. Тропические злаковники и саванна;
6. Чапараль (районы с дождливой зимой и засушливым летом);
7. Пустыня: травянистая и кустарниковая;
8. Полувечнозеленый тропический лес (районы с выраженным влажным и сухим сезонами);
9. Вечнозеленый тропический дождевой лес.

Пресноводные экосистемы:

1. Лентические (стоячие воды): озера, пруды, водохранилища и др.;
2. Лотические (текучие воды): реки, ручьи, родники и др.;
3. Заболоченные угодья: болота, болотистые леса, марши (приморские луга).

Морские экосистемы:

1. Открытый океан (пелагическая экосистема);
2. Воды континентального шельфа (прибрежные воды);
3. Районы апвеллинга (плодородные районы с продуктивным рыболовством);
4. Эстуарии (прибрежные бухты, проливы, устья рек, лиманы, соленые марши и др.);
5. Глубоководные рифтовые зоны.

Помимо основных типов природных экосистем (биомов) различают переходные типы - экотоны. Например, лесотундра, смешанные леса умеренной зоны, лесостепь, полупустыни и др.

БИОГЕОЦЕНОЗ — включает биоценоз и биотоп (экотоп). Биоценоз предоставляет собой совокупность растений, животных, микроорганизмов, населяющих определенный биотоп. Близким к понятию стация является биотоп, под которым понимают пространство с более или менее однородными почвенными и климатическими условиями, заселенные более или менее определенным сообществом организмов. Местообитание — пространственно ограниченная часть суши или водоема (биотоп или его часть) и совокупность абиотических и биотических условий среды, обеспечивающие весь цикл развития особи или популяции в целом. Биотическое сообщество — это любая совокупность популяций, населяющих определенную территорию (биотоп), это своего рода организационная единица в том смысле, что она обладает некоторыми особыми свойствами, не присущими слагающим ее компонентам — особям и популяциям. Биотическое сообщество постоянно меняет внешний облик (мысленно сравните осенний и зимний лес), при этом оно обладает собственной структурой и функциями. Биотическое сообществу — это любая совокупность популяций, населяющих определенную территорию или биотоп. Это своего рода организационная единица в том смысле, что она обладает некоторыми особыми свойствами, не присущими слагающим ее компонентам — особям и популяциям (принцип уровней интеграции, гл. Биотическое сообщество представляет собой живую часть экосистемы (гл. Термин биотическое сообщество следует понимать широко и использовать для обозначения естественных группировок различного размера — от биоты древесного ствола до биоты бескрайнего леса или океана. Биотопы фаунистических комплексов высоких водоразделов и расчленяющих их верховий рек и ручьев : - биотоп фаунистического комплекса темнохвойного (лиственнично-елово-пихтово — кедрового) леса ; 2- би отоп фаунистического комплекса темнохвойного леса с участием лиственных пород (березы и осины) ; 3- би отоп фаунистического комплекса гарей на месте темнохвойного леса, поросших осиново-березовым лесом различного возраста ; 4- би отоп фаунистического комплекса приручьевых участков темнохвойного (лист-веннично-пихтово-елово — кедрового) леса ; 5- би отоп фаунистического комплекса приручьевых участков темнохвойного леса с участием лиственных пород (березы) ; 6- би отоп фаунистического комплекса гарей на месте приручейных участков темнохвойного леса ; 7- би отоп фаунистического комплекса светлохвойных (лиственничных, сосново-лиственничных и лиственнично-сосновых) лесов. Как видим, понятие стация употребляется по отношению к популяции одного вида, а биотоп — относится к совокупности популяций разных видов, населяющих некоторую общую территорию, т.е. к биоте. Первич» структурной единицей биосферы является система, где сообщество (биоценоз) и неживая среда (биотоп) функционируют совместно. Экосистема — это система, в которой биотический компонент представлен биоценозом, абиотический — биотопом (биоценоз биотоп экосистема). В разделе «Методологические аспекты учения о биосфере» было показано, что физическая среда определенного географического района, т. е. биотоп, вместе с населяющими его зависящими друг от друга видами организмов, составляющими биоценоз, образуют биогеоценоз (экосистему). Предметом биогеоценологии и является изучение

взаимоотношений между особями, относящимися к разным популяциям данной группировки, а также между ними и окружающей средой. Биоценоз — совокупность животных, растений и микроорганизмов, населяющих участок среды обитания с более или менее однородными условиями жизни (биотоп). Биоценоз — сообщество из продуцентов, консументов и редуцентов, входящих в состав одного биогеоценоза и населяющих относительно однородное пространство (биотоп). Несколько видоизменяя смысл этого обобщения, предлагается принять формулировку очень близкого принципа (закона) формирования экосистемы (функционально-пространственной экологической целостности, связи биотоп — биоценоз) : длительное существование организмов возможно лишь в рамках экологических систем, где их компоненты и элементы дополняют друг друга и соответственно приспособлены друг к другу. Это обеспечивает воспроизводство среды обитаний каждого вида и относительно неизменное существование всех экологических компонентов. Совершенно очевидно, что принцип формирования экосистемы есть суммарное отражение принципа экологической комплементарности (дополнительности) и принципа экологической конгруэнтности (соответствия). Очевидна его связь со всей группой правил сохранения среды обитания — видовой (разд. Клементсу, в наиболее общем виде сукцессии проходят через фазы обнажения (появление незаселенного пространства), миграции (заселение его первыми, пионерными формами жизни), эцезиса (колонизация и приспособление к конкретным условиям среды), соревнования (конкуренция с вытеснением ряда первичных поселенцев), реакции (обратное воздействие сообщества на биотоп и условия существования) и стабилизации (формирование климаксового биоценоза). В водоемах имеются два наиболее различающихся между собой биотопа : пелагиаль (толща воды) и бенталь (дно). В соответствии с этим выделяются обитатели этих биотопов : пелагос — обитатели толщи воды и бентос — обитатели дна. По отношению к наземным животным данный термин используется как синоним стаии и биотопа. В процессе развития экосистемы происходит последовательная смена природных сообществ экосистемы, изменение среды обитания или биотопа. Этот процесс называется экологической сукцессией. Различают первичную и вторичную сукцессию. Первичная сукцессия начинается на участке, который не был занят перед заселением каким-либо сообществом. Вторичная сукцессия развивается на площади, с которой было предварительно удалено ранее существовавшее сообщество. Примером первичной сукцессии может служить развитие экосистемы на острове, возникшем в результате подводного извержения вулкана. Примером вторичной сукцессии может служить развитие экосистемы на вырубке леса или заброшенном поле. Вторичная сукцессия протекает обычно более быстро, так как в этом случае территория более благоприятна для развития сообщества, на ней имеются уже некоторые организмы. Наглядным примером сукцессии в водной среде является развитие искусственного водоема. Члены сообщества так тесно взаимодействуют со средой обитания, что биоценоз часто трудно рассматривать отдельно от биотопа. Провести четкую грань между биоценозом, всегда занимающим какой-то определенный биотоп, и экосистемой, представляющей единство биоценоза и биотопа, довольно трудно. Распределение экологических обобщений, касающихся этих двух классов образований, по «ячейкам» параграфов весьма условно. Вновь начать приходится с определения понятий, их объема и смысла. При этом в чистом виде ни фитоценоз, ни зооценоз, ни микробиоценоз в природе не встречаются, как и биоценоз в отрыве от биотопа. Провести четкую грань между биоценозом, всегда занимающим какой-то определенный биотоп, и экологической системой (экосистемой), представляющей собой единство биоценоза и биотопа, достаточно сложно. Так, биотопом популяций лесных видов животных и растений является лес. Более крупные территориальные единицы, являющиеся элементами географического ландшафта, носят название биохоров (от греч. Иначе говоря, биохор — это совокупность сходных биотопов. Например, любые пустыни относятся к биохору пустынь, а любые лесные массивы объединяются в биохор — лес. Любой биоценоз развивается на неорганическом субстрате, называемом биотопом, занимающим географические районы различной площади,

преобладающие условия которых отличаются однородностью. Биотоп характеризуется определенным сочетанием абиотических факторов : географическими условиями, солнечной радиацией, ветром, температурой, влажностью, течениями, концентрацией и количеством минеральных элементов. Каждый биотоп составляет физическую основу биоценоза, характеризующегося совокупностью экологических факторов, единство которых определяет его характеристику. Взаимодействие абиотических факторов и живых организмов экосистемы сопровождается непрерывным круговоротом вещества между биотопом и биоценозом в виде чередующихся то органических, то минеральных соединений. Обмен химических элементов между живыми организмами и неорганической средой, различные стадии которого происходят внутри экосистемы, называют биогеохимическим круговоротом, или биогеохимическим циклом. Бесконечное взаимодействие абиотических факторов и живых организмов экосистемы сопровождается непрерывным круговоротом веществ между биотопом и биоценозом в виде чередующихся то органических, то минеральных соединений. При изучении экосистем анализируют прежде всего поток энергии и круговорот веществ между соответствующими биотопом и биоценозом. Экосистемный подход учитывает общность организации всех сообществ независимо от местообитания. Это подтверждает сходство структуры и функционирования наземной и водной экосистем. Экосистема — это система, в которой биотический компонент представлен биоценозом, абиотический — биотопом (биоценоз биотоп экосистема). Биогеоценоз наземная экологическая система, объединяющая на основе обмена веществ, энергии и информации сообщество живых организмов (биоценоз) с пространственной совокупностью абиотических условий (биотопом). В биотопе обозначена педосфера. Можно ли утверждать, что она является чисто абиотическим компонентом экосистемы, как атмосфера, гидросфера и литосфера. ВОДНАЯ ЭКОСИСТЕМА — экосистема, в биотопе которой преобладает вода в жидком ее состоянии (например, озеро, пруд, болото). Биоценоз — совокупность популяций, которая функционирует в определенном пространстве абиотической среды — биотопе. Сукцессия — последовательная смена биогеоценозов, преемственно возникающих на одной и той же территории (биотопе) под влиянием природных факторов или воздействия человека. Под термином сукцессия подразумевается последовательная смена сообществ, преемственно возникающих на одной и той же территории (биотопе) под влиянием экологических факторов. Сукцессия связана с развитием и изменениями в экосистемах. Экологические сукцессии наблюдаются повсюду вокруг нас : во вторжении сорняков на заброшенные поля, в обрастании корпуса затопленных кораблей, в изменениях сообщества растений после прекращения выпаса и др. Сукцессия четко проявляется в захвате новой, ранее не заселенной среды обитания, а в зрелых экосистемах в восстановлении поврежденных участков. В процессе сукцессии происходит самоорганизация сообщества экосистемы. 1- ба лл численности — встречаются единичные особи ; 3- ба лл 2 численности — зверьки постоянно живут и размножаются в биотопе, и численность вида довольно значительна ; 4- ба лл 3 численности — максимальная населенность биотопа данным видом. Насекомоядные и грызуны в верхней Лены») касается относительной стабильности популяций как систем, то это свойство возвращает нас к правилу объединения в популяции, с которого начат этот раздел. БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ — массовые нарушения развития, роста и функционирования живых организмов, наблюдаемые на определенной территории (биогеохимической провинции) и вызванные недостаточным или избыточным содержанием в среде (биотопе) определенных элементов. Изменения в общей продуктивности, дыхании и биомассе в ходе типичной сукцессии показаны на По мере прохождения фаз сукцессии все большая доля доступных питательных веществ накапливается в биомассе сообщества и соответственно уменьшается их содержание в абиотической части экосистемы (биотопе). По мере возрастания количества образующегося детрита он становится основным источником питания. В результате роль пастбищных цепей становится менее существенной, а детритных — усиливается. Любой биоценоз занимает определенный участок абиотической среды. Биотоп — пространство с более или менее однородными условиями,

заселенное тем или иным сообществом организмов. Любой биоценоз развивается на неорганическом субстрате, называемом биотопом, занимающим географические районы различной площади, преобладающие условия которых отличаются однородностью. Биотоп характеризуется определенным сочетанием абиотических факторов : географическими условиями, солнечной радиацией, ветром, температурой, влажностью, течениями, концентрацией и количеством минеральных элементов. Каждый биотоп составляет физическую основу биоценоза, характеризующегося совокупностью экологических факторов, единство которых определяет его характеристику. Любая единица (биосистема), включающая все совместно функционирующие организации (биотическое сообщество) на данном участке и взаимодействующая с физической средой таким образом, что поток Энергии создает четко определенные биотические структуры и круговорот веществ между живой и неживой частями, представляет собой экологическую систему или экосистему (С. В. В этом случае биотоп состоит из водных, донных отложений и их физико-химических характерно — «и. Биоценоз включает в себя сосуществование растений», животных и микроорганизмов, находящихся в разных отношениях : мутуализм и взаимовыгодное сожительство разных видов), антагонизм (Хищник-жертва). Рассмотрим, который схематично иллюстрирует состав экосистемы. Верхний полукруг - биотоп — означает неживые абиотические компоненты : атмосферу, гидросферу, литосферу, педосферу (почву). Нижний полукруг — природное сообщество (биоценоз). Два больших полукруга и все полукруги меньших размеров соединены стрелками с двумя остриями. Однородные участки суши или воды, заселенные живыми организмами называются биотопами (местами жизни). Исторически сложившееся сообщество организмов разных видов, населяющих биотоп, называется биоценозом, или биомом. Любая экосистема — это прежде всего топографическая единица (территория или объем). Участок среды обитания живых организмов экосистемы, характеризующийся определенными экологическими условиями, называется биотоп. Биотоп — это абиотический компонент экосистемы. Экологические условия биотопа могут различаться как по характеру среды : суша, водоем, болото, пустыня, лес и т.д., так и по физико-химическим параметрам климата : температуре, давлению, влажности, ветрам и т.д. Биотическую часть экосистемы составляет биоценоз — сообщество живых организмов, населяющих участок среды обитания с определенными экологическими условиями (биотоп). Термин «биоценоз» впервые применил Мебиус (1877), изучая группу организмов устричной банки, т. е. с самого начала это сообщество организмов было ограничено неким «географическим» пространством, в данном случае границами отмели. В дальнейшем это пространство было названо биотопом, под которым понимаются условия окружающей среды на определенной территории : воздух, вода, почвы и подстилающие их горные породы. Именно в этой окружающей среде существуют растительность, животный мир и микроорганизмы, составляющие биоценоз. Экологические условия биотопа могут различаться как по характеру среды : суша, водоем, болото, пустыня, лес и т.д., так и по физико-химическим параметрам климата : температуре, давлению, влажности, ветрам и т.д. Биотическую часть экосистемы составляет биоценоз — сообщество живых организмов, населяющих участок среды обитания с определенными экологическими условиями (биотоп). Только наличие замкнутого круговорота вещества между биотопом и биоценозом делает их единым целым, т.е. системой, обеспечивает устойчивость экосистемы и позволяет существовать жизни в ней практически неограниченное время. Это изменение может быть достаточно заметным, экологические ниши иными, даже способны образоваться новые виды, скажем, вирусов (мы, как правило, рассматриваем крупнейших представителей флоры и фауны, забывая, что мир зиждется не только и не столько на них, сколько на микроорганизмах и ультрамикроорганизмах). Тишлера утверждает заменяемость частей ценоза и необязательную связь этих частей со всей системой, но лишь с общей основой их и ее существования — грубо говоря, с биотопом. Согласно правилу (принципу) экологического дублирования (разд. Однако в ходе сукцессии (разд. Заменяемость частей ценоза относительна и в процессе сукцессии : как правило, она детерминирована в

масштабах всего ценоза биотопом его развития. Конечно, лишь в случае моноклимакса. Термин введен немецким биологом К. Любей. Любой биоценоз развивается на неорганическом субстрате (биотопе), который характеризуется определенным сочетанием абиотических параметров. Сравним искусственную экосистему космического корабля с какой-либо естественной, например экосистемой пруда. Наблюдения показывают, что количество организмов в этом биотопе остается (с некоторыми сезонными колебаниями) в основном постоянным. Такую экосистему называют стабильной. Равновесие сохраняется до тех пор, пока не изменятся внешние факторы. Основные из них приток и отток воды, поступление различных питательных веществ, солнечное излучение. В экосистеме пруда живут различные организмы. Так, после создания искусственного водохранилища оно постепенно заселяется бактериями, планктоном, затем рыбами, высшими растениями. Когда развитие достигло определенной вершины и внешние воздействия остаются долгое время неизменными (приток воды, веществ, излучения, с одной стороны, и отток или испарение, вынос веществ и опок энергии — с другой), экосистема пруда стабилизируется. Между живыми существами устанавливается равновесие. Сравним искусственную экосистему космического корабля с какой-либо естественной, например, с экосистемой пруда. Наблюдения показывают, что количество организмов в этом биотопе остается (с некоторыми сезонными колебаниями) в основном постоянным. Такую экосистему называют стабильной. Биоценоз и биогеоценоз — более высокие уровни организации живой материи, — объединяющие разные по видовому составу организмы. В биоценозе они взаимодействуют друг с другом на определенном участке земной поверхности (или акватории) с однородными абиотическими факторами (биотопе). Советским геоботаником академиком Сукачевым (1860-1967) было создано учение о биогеоценозе как кирпичике биосферы, где связь биоценоза и биотопа выражена в виде взаимообмена веществом и энергией. Далее рассмотрим влияние загрязнителей на водоемы и водотоки. Водоемы и водотоки представляют собой сложные экологические системы (экосистемы) существования биоценоза (сообщества живых организмов — животных и растений) в биотопе (в окружающей неживой природе — рельеф дна водоема, температура и состав примесей в воде). Водоемы не только служат сборниками воды, в которых показатели качества вод усредняются, но в них непрерывно протекают процессы изменения состава примесей — приближение к равновесию, которое может быть нарушено по многим причинам, но особенно в результате сброса в водоем загрязненных (сточных) вод. Одум (1986) под экологической сукцессией понимает вообще весь процесс развития экосистемы. Более конкретное определение дает этому явлению Н. Ф. Реймерс (1990) : «Сукцессия — последовательная смена биоценозов, преемственно возникающая на одной и той же территории (биотопе) под влиянием природных факторов (в том числе и внутренних противоречий самих биоценозов) или воздействия человека». Изменения в сообществе в результате сукцессии носят закономерный характер и обусловлены взаимодействием организмов между собой и с окружающей абиотической средой. Одум (1986) под экологической сукцессией понимает вообще весь процесс развития экосистемы. Более конкретное определение дает этому явлению Н. Ф. Реймерс (1990) : «Сукцессия — последовательная смена биоценозов, преемственно возникающая на одной и той же территории (биотопе) под влиянием природных факторов (в том числе и внутренних противоречий самих биоценозов) или воздействия человека». Изменения в сообществе в результате сукцессии носят закономерный характер и обусловлены взаимодействием организмов между собой и с окружающей абиотической средой. Любая экосистема — это прежде всего топографическая единица (территория или объем). Участок среды обитания живых организмов экосистемы, характеризующийся определенными экологическими условиями, называется биотоп. Биотоп — это абиотический компонент экосистемы. Экологические условия биотопа могут различаться как по характеру среды : суша, водоем, болото, пустыня, лес и т.д., так и по физико-химическим параметрам климата : температуре, давлению, влажности, ветрам и т.д. Биотическую часть экосистемы составляет биоценоз —

сообщество живых организмов, населяющих участок среды обитания с определенными экологическими условиями (биотоп). Любой биоценоз развивается на неорганическом субстрате, называемом биотопом, занимающим географические районы различной площади, преобладающие условия которых отличаются однородностью. Биотоп характеризуется определенным сочетанием абиотических факторов : географическими условиями, солнечной радиацией, ветром, температурой, влажностью, течениями, концентрацией и количеством минеральных элементов. Каждый биотоп составляет физическую основу биоценоза, характеризующегося совокупностью экологических факторов, единство которых определяет его характеристику. Внешние водоемы как экосистемы усваивают извне часть солнечной энергии (в виде теплоты и света), в них поступают из атмосферы газ, воды, а также минеральные и органические вещества. Вместе с тем, экосистемы выделяют теплоту, газы (в основном кислород), органические и минеральные вещества, переносимые водой. В одном и том же водоеме может существовать одновременно несколько экосистем, каждая из которых имеет свой биоценоз и биотоп. Например, виды, составляющие экосистемы пустыни, с одной стороны, приспособлены к ее климатическим и другим абиотическим условиям, а с другой — к среде экосистемы и друг к другу. Это же характерно для организмов любого биома и другого более низко или высоко стоящего в иерархии систем подразделения биосферы. В связи с этим здесь уместно привести принцип (закон) формирования экосистемы (функциональнопространственной экологической целостности, связи биотоп — биоценоз) : длительное существование организмов возможно лишь в рамках экологических систем, где их компоненты и элементы дополняют друг друга и соответственно приспособлены друг к другу, что обеспечивает воспроизводство среды обитания каждого вида и относительно неизменное существование всех экологических компонентов. Совершенно очевидно, что принцип формирования экосистемы есть суммарное отражение принципа экологической комплементарности (дополнительности) и принципа экологической конгруэнтности (соответствия). При этом для суждения о путях эволюции полезно опустить «перископ» знания вглубь прошлых миллионов лет и тысячелетий и рассматривать жизнь тех периодов с уровня того времени, а не исходя из явлений современного мира. И с этого геологического «момента» начал действовать принцип Реди : живое происходит только от живого, между живым и неживым веществом существует непроходимая граница, хотя и имеется постоянное взаимодействие. Обобщение, сделанное итальянским естествоиспытателем и врачом Франциско Реди (1626- 1698), было заново сформулировано В. И. Вернадским в 1924 г. Именно этот принцип служит подосновой сложения экосистем в рамках трех первых закономерностей, сформулированных в разделе 3.9.1-разграничение между живым и неживым и взаимосвязь между ними формирует дополнительность и соответствие внутри биотического сообщества и связь биотоп — биоценоз. Компоненты биоценоза и их абиотическое окружение настолько тесно связаны между собой, что образуют единство, для которого А.Г. Тенсли в 1935 г. предложил термин «экосистема» ; в современной экологии соответствующий раздел называется учением об экосистемах. В отечественной и немецкой литературе распространено представление о биогеоценозе, введенное В.Н. Сукачевым. Биогеоценоз — единство биоценоза и биотопа, приуроченного к определенному участку земной поверхности, тогда как экосистема — более широкое понятие. Биоиндикаторы между ними и поэтому в совокупности образующие единый, внутренне взаимообусловленный комплекс». На показана структура биогеоценоза и схема взаимодействия между его компонентами. Видно, что биогеоценоз является совокупностью биоценоза и биотопа (экотопа). Биогеоценоз часто используется как синоним термина «экосистема», однако эти понятия не совсем совпадают, так как последний является более общим по сравнению с биогеоценозом. **ЭКОСИСТЕМА (ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА)** — Любое сообщество живых существ и его среда обитания, объединенные в единое целое из-за взаимозависимости и причинно-следственных связей, существующих между отдельными средообразующими компонентами. Выделяют микроэкосистемы (например, ствол гниющего дерева), мезоэкосистемы (лес, пруд и т.д.) и макроэкосистемы (

океан, континент и т. п.). Биогеоценоз правильнее рассматривать как иерархически элементарную, комплексную, т.е. состоящую из биотопа и биоценоза, а. Информационно саморазвивающаяся, термодинамически открытая совокупность вещества и энергии, единство и функциональная связь которых в пределах характерного для определенного участка биосферы времени и пространства обеспечивают превышение на этом участке внутренних закономерных перемещений вещества, энергии и информации над внешним обменом (в том числе между соседними аналогичными совокупностями) и на основе этого неопределенно долгую саморегуляцию и развитие целого под управляющим воздействием биотических и биогенных составляющих. Биоценоз представляет собой биологическую систему, которая является совокупностью популяций различных видов растений, животных и микроорганизмов, обитающих на определенной территории. Биоценоз включает в себя фитоценоз, зооценоз, микробиоценоз. Таким образом, биогеоценоз представляет собой единое целое биоценоза и его среды обитания - биотопа, причем биоценоз играет важную роль в формировании, создании среды своего обитания. Биоценоз и биогеоценоз — более высокие уровни организации живой материи, — объединяющие разные по видовому составу организмы. В биоценозе они взаимодействуют друг с другом на определенном участке земной поверхности (или акватории) с однородными абиотическими факторами (биотопе). Советским геоботаником академиком Сукачевым (1660-1967) было создано учение о биогеоценозе как кирпичике биосферы, где связь биоценоза и биотопа выражена в виде взаимообмена веществом и энергией. Целостность — обобщенная характеристика системы, свойства которой несводимы к сумме свойств ее элементов и невыводимы из этих свойств (целостность организмов более полной будет в популяции, популяции — в биоценозе и т. д., и свойства каждой системы несводимы к свойствам нижестоящих). Структурность — установление структуры и взаимозависимости структурных элементов, обусловленности поведения системы ее структурой (структура биоценоза, трофическая структура экосистемы и установление измеримых связей между трофическими уровнями, и др.). Взаимозависимость системы и среды выражается в формировании и проявлении ее свойств в результате их взаимодействия (взаимодействие биоценоза и биотопа, популяций в биоценозе и т. п.). Иерархичность — это когда каждый компонент системы может рассматриваться как самостоятельная система, а сама исследуемая система является составной частью более широкой системы (уровни биологической организации, вплоть до глобальной системы — биосферы). Целостность — обобщенная характеристика системы, свойства которой несводимы к сумме свойств ее элементов и невыводимы из этих свойств (целостность организмов более полной будет в популяции, популяции — в биоценозе и т. д., и свойства каждой системы несводимы к свойствам нижестоящих). Структурность — установление структуры и взаимозависимости структурных элементов, обусловленности поведения системы ее структурой (структура биоценоза, трофическая структура экосистемы и установление измеримых связей между трофическими уровнями, и др.). Взаимозависимость системы и среды выражается в формировании и проявлении ее свойств в результате этого взаимодействия (взаимодействие биоценоза и биотопа, популяций в биоценозе и т. п.). Иерархичность — это когда каждый компонент системы может рассматриваться как самостоятельная система, а сама исследуемая система является составной частью более широкой системы (уровни биологической организации, вплоть до глобальной системы — биосферы). Биоценоз — это надорганизменная система, состоящая из трех компонентов : растительности, животных и микроорганизмов. В такой системе отдельные виды, популяции и группы видов могут заменяться соответственно другими без особого ущерба для содружества, а сама система существует за счет уравнивания сил антагонизма между видами. Стабильность сообщества определяется количественной регуляцией численности одних видов другими, а его размеры зависят от внешних причин — от величины территории с однородными абиотическими свойствами, т. е. биотопа. Функционируя в непрерывном единстве биоценоз и биотоп образуют биогеоценоз, или экосистему. Границы биоценоза совпадают с границами биотопа и, следовательно, с

границами экосистемы. Биотическое сообщество (биоценоз) — это более высокий уровень организации, чем популяция, которая является его составной частью. Биоценоз обладает сложной внутренней структурой. Выделяют видовую и пространственную структуры биоценозов. Биоценоз — это надорганизменная система, состоящая из трех компонентов : растительности, животных и микроорганизмов. В такой системе отдельные виды, популяции и группы видов могут заменяться соответственно другими без особого ущерба для содружества, а сама система существует за счет уравнивания сил антагонизма между видами. Стабильность сообщества определяется количественной регуляцией численности одних видов другими, а его размеры зависят от внешних причин — от величины территории с однородными абиотическими свойствами, т. е. биотопа. Функционируя в непрерывном единстве биоценоз и биотоп образуют биогеоценоз, или экосистему. Границы биоценоза совпадают с границами биотопа и, следовательно, с границами экосистемы. Биотическое сообщество (биоценоз) — это более высокий уровень организации, чем популяция, которая является его составной частью. Биоценоз обладает сложной внутренней структурой. Выделяют видовую и пространственную структуры биоценозов.

Продуктивность биоценозов. Лучистая энергия солнца, усваиваемая зелеными автотрофными растениями, превращается в энергию химических связей синтезируемого вещества. Скорость фиксации солнечной энергии определяет продукцию биоценозов. Основным показателем продукции — биомасса организмов (растительных и животных), составляющих биоценоз. Биомасса — выраженное в единицах массы или энергии количество живого вещества организмов, приходящееся на единицу площади или объема (например, г/м², г/м³, кг/га, т/км² и др.). Используют массу либо сырого, либо, чаще всего, сухого вещества. Различают растительную биомассу — фитомассу, животную — зоомассу, бактериомассу, биомассу каких-либо конкретных групп или организмов отдельных видов. Величина биомассы меняется в зависимости от сезона года, миграций животных, степени ее потребления консументами разных порядков. Например, в условиях Республики Беларусь самая низкая величина биомассы травянистых многолетних растений бывает поздней осенью, зимой и ранней весной. В период с мая по октябрь ее величина значительно увеличивается за счет роста надземных частей растений. Продукция. Биологической продукцией называется биомасса, производимая биоценозом на единице площади за единицу времени. Она выражается в тех же величинах, что и биомасса, но с указанием времени, за которое она создана (например, кг/га за месяц). Различают два вида продукции — первичную и вторичную. Биомасса, произведенная автотрофными организмами (зелеными растениями) на единице площади за единицу времени, называется первичной продукцией. Ее величина определяет продуктивность всех звеньев гетеротрофных организмов экосистемы. Суммарная продукция фотосинтеза называется первичной валовой продукцией. Это вся химическая энергия в форме произведенного органического вещества. При этом часть энергии может идти на поддержание жизнедеятельности (дыхание) самих производителей продукции — растений. Если мы изыщем ту часть энергии, которая тратится растениями на дыхание, то получим чистую первичную продукцию. Ее можно легко учесть. Достаточно собрать, высушить и взвесить растительную массу, например, при уборке урожая. В природных биоценозах дыхание уменьшает продуктивность более, чем наполовину. По мере старения растения доля потребляемой на дыхание энергии растет. Несмотря на то, что растения активно поглощают солнечный свет, КПД этих маленьких зеленых фабрик невелик. К примеру, вся продукция хлебного поля в пересчете на сухое вещество составляет 8—10 т/га. В широколиственном лесу выход продукции еще меньше — 4—5 т/га. Экологи давно пытались оценить первичную продукцию экосистем земного шара. С одной стороны, нужно было знать достоверные цифры продуктивности зеленого покрова планеты, а с другой — попытаться прогнозировать увеличение выхода продукции в результате применения усовершенствованных технологий выращивания и улучшения посадочного материала. Численность населения растет, а площадь плодородной земли не увеличивается. Поэтому увеличение КПД наших зеленых друзей является наиболее насущной проблемой при

решении первейших задач жизнеобеспеченности человека. Вторичная продукция — это биомасса, созданная всеми консументами биоценоза за единицу времени. При ее подсчете вычисления производят отдельно для каждого трофического уровня, потому что при движении энергии от одного трофического уровня к другому она прирастает за счет поступления с предыдущего уровня. Общую продуктивность биоценоза нельзя вычислить как простую арифметическую сумму первичной и вторичной продукции, потому что прирост вторичной продукции всегда происходит не параллельно росту первичной, а за счет уничтожения какой-то ее части. Происходит как бы изъятие, вычитание вторичной продукции из общего количества первичной. Поэтому оценку продуктивности биоценоза всегда производят по первичной продукции. Если оценить соотношение первичной и вторичной продукции, то первая окажется во много раз больше второй. В целом вторичная продуктивность колеблется от 1 до 10%. Жизнь в экосистеме поддерживается благодаря непрерывающемуся необратимому прохождению энергии, передаваемой от одного трофического уровня к другому; при этом происходит превращение энергии из одних форм в другие. Вещества атмосферы, в отличие от энергии, используются многократно и совершают биологический круговорот. Скорость превращения энергии Солнца в энергию химических связей определяет продукцию биоценозов, которая выражается в биомассе организмов. Биомасса продуцентов представляет первичную продукцию, биомасса консументов — вторичную. Вторичная продукция в биоценозе значительно меньше первичной из-за потерь энергии при передаче ее с одного трофического уровня на другой.

4. Концепция продуктивности экосистем. Совокупность организмов в экосистеме в момент наблюдения называют биомассой, скорость продуцирования биомассы — продуктивностью. Различают первичную продуктивность — скорость, с которой продуценты (зеленые растения) в процессе фотосинтеза связывают энергию и запасают ее в форме органических веществ, и вторичную продуктивность — скорость образования биомассы консументами. Высокая продуктивность сельского хозяйства в развитых странах поддерживается ценой больших вложений энергии и селекционной работой, направленной на выведение высокоурожайных сортов растений и высокопродуктивных пород животных. Этот вспомогательный поток энергии называется энергетической субсидией. Если в XIX в. страны мира делились на промышленно развитые и аграрные, то в XX возникла ситуация, при которой чем более развита страна, тем выше продуктивность ее сельского хозяйства. Именно развитые страны могут себе позволить соответствующие энергетические субсидии в сельское хозяйство. Существует принципиальная разница в поведении энергии и материи. Материя циркулирует в системе; элементы и вещества, входящие в состав живого, имеют свои циклы, свои круговороты. Энергия, однажды использованная экосистемой, превращается в тепло и утрачивается для системы.

5. Внутреннее равновесие экосистем. Закон внутреннего динамического равновесия экосистем Реймерса Н.Ф.: вещество, энергия, информация и динамические качества отдельных природных систем и их иерархии взаимосвязаны настолько, что любое изменение одного из этих показателей вызывает сопутствующие функционально-структурные, количественные и качественные перемены, сохраняющие общую сумму вещественно-энергетических, информационных и динамических качеств системы, где эти изменения происходят, или в их иерархии. Данный закон раскрывает механизм экологического баланса. Окружающая среда находится в состоянии динамического равновесия. Она непрерывно балансирует, выравнивая рождение и смерть, микро- и макроэволюцию, разные энергетические и химические процессы. Из рассмотренного закона вытекают 4 важные следствия, 1. Любые изменения среды (вещества, энергии, информации, динамических качеств экосистемы) неизбежно приводят к развитию природных цепных реакций, идущих в сторону нейтрализации произведенного изменения или формирования новых природных систем, образование которых при значительных изменениях среды может принять необратимый характер. Под цепной реакцией в природе понимается цепь природных явлений, каждое из которых влечет за собой изменение других, связанных с ним явлений. Подтверждением действия рассматриваемой закономерности являются следующие примеры.

Распаханный луг через некоторое время при отсутствии дальнейшего воздействия возвращается в естественное исходное состояние, т.е. наблюдается нейтрализация произведенных изменений. При сильном загрязнении озеро теряет возможность самоочищения, развиваются анаэробные организмы, и оно превращается в болото, т.е. формируется новая природная система.

2. Взаимодействие вещественно-энергетических экологических компонентов (энергия, газы, жидкости, продуценты, консументы и т.д.), информации и динамических качеств природных систем нелинейно, т.е. слабое воздействие или изменение одного из показателей может вызвать сильные отклонения в других и во всей системе в целом. Например, малые отклонения в газовом составе атмосферы в связи с ее загрязнением оксидами серы и азота вызывают огромные изменения в экосистемах суши и водной среды. Именно они приводят к возникновению кислотных осадков, которые, в свою очередь, вызывают деградацию и гибель лесов, обезрыбление озер и т.п. Столь же абсолютно незначительное изменение концентрации углекислого газа в атмосфере ведет к усилению парникового эффекта.

3. Производимые в крупных экосистемах изменения относительно необратимы - проходя по иерархии экосистем снизу вверх, от места воздействия до биосферы в целом, они меняют глобальные процессы и тем самым переводят их на новый эволюционный уровень. Подтверждают данное следствие примеры, приведенные в предыдущем пункте. Изменения химического состава атмосферы, ее температуры, влажности, освещенности и т.п. приводят к возникновению новых, более приспособленных к новым условиям экологических систем, т.е. направляют эволюцию биосферы. При этом экологическая система не может снова вернуться к прежнему состоянию (даже при установлении исходных условий среды), как и организм (вид, популяция) не в состоянии повторить полностью своих предков или вернуться от старости к рождению.

4. Любое местное преобразование природы вызывает в биосфере и в ее крупных подразделениях ответные реакции, приводящие к относительной неизменности эколого-экономического потенциала, увеличение которого возможно лишь путем значительного возрастая, энергетических вложений. Сдвигая динамическое равновесное состояние природных систем с помощью значительных вложений энергии (например, путем распашки и других приемов) для увеличения получаемой полезной продукции (урожая) или создания благоприятного для жизни и деятельности человека состояния среды, люди нарушают соотношение энергетических компонентов. Если эти сдвиги гаснут в иерархии природных систем и не вызывают термодинамического разлада, положение благоприятно или, во всяком случае, терпимо. Однако излишнее вложение энергии и возникающий в результате вещественно-энергетический разлад ведут к снижению природно-ресурсного потенциала вплоть до опустынивания территории, происходящего без компенсации. Иногда возникают ситуации, когда "чем больше пустынь мы превращаем в сады, тем больше садов мы превращаем в пустыни". При этом в силу нелинейности процессов опустынивание по темпам значительно опережает создание "цветущих садов".

6. Климатическая зональность и типы наземных экосистем. Размещение по земной поверхности основных наземных экосистем определяют два абиотических фактора – температура и количество осадков. Климат в разных районах земного шара неодинаков, и поэтому существует климатическая зональность в размещении (распределении) экосистем. Выделяют три группы экосистем: 1) наземные; 2) пресноводные; 3) морские. Наземные экосистемы включают в себя девять видов: 1) тундра – арктическая и альпийская; 2) бореальные леса хвойные – тайга; 3) листопадный лес умеренной зоны – широколиственные леса; 4) степь умеренной зоны; 5) чапараль – районы с дождливой зимой и засушливым летом; 6) тропические злаковники (грасленд) и саванна; 7) пустыня – травянистая и кустарниковая; 8) полувечнозеленый сезонный (листопадный) тропический лес – районы с выраженными влажным и сухим сезонами; 9) вечнозеленый тропический дождевой лес. Тундры находятся в Северном полушарии к северу от хвойных лесов. Климат очень холодный с полярным днем и полярной ночью, среднегодовая температура -5 °С. Из растительности здесь господствуют медленно растущие лишайники, мхи, злаки и осоки, стелющиеся или карликовые кустарники (брусника, черника, карликовая

береза). Животный мир: крупные травоядные копытные (северный олень, мускусный бык), хищники – песец, рысь, горноста́й, полярная сова, мелкие млекопитающие (лемминги), Летом в тундре гнездятся перелетные птицы, в том числе водоплавающие. Заболоченные участки и болота бывают низинные (имеют, как правило, питание подземными водами) и верховые (питаются атмосферными осадками). Верховые болота могут встречаться в любом понижении (углублении рельефа) или даже на склонах гор, низинные возникают вследствие зарастания озер и речных стариц. Здесь распространены болотные растения (ряска, аир болотный, тростник, осока). Болотные почвы и торфяники содержат много углерода. Их сельскохозяйственная обработка приводит к выделению в атмосферу большого количества углекислого газа. Животный мир болот очень беден, представлен птицами – выпь, цапля, кулик и др.; земноводными – лягушки; насекомыми – комары. Тайга (бореальные хвойные леса) – северные районы Европы, Азии и Северной Америки. Климат: долгая и холодная зима, много осадков выпадает в виде снега. Растительность: преобладают вечнозеленые хвойные леса (ель, пихта, сибирская кедровая сосна, лиственница, сосна) с мощной лесной подстилкой, Животный мир: крупные травоядные копытные (лось, северный олень), мелкие растительноядные, млекопитающие (заяц-беляк, белка, грызуны), волк, рысь, лисица и другие хищники, многочисленные кровососущие насекомые в теплый период времени года. Почвы подзолистые и дерново-подзолистые – маломощные и бедные. 7. Понятие о биосфере как глобальной экологической системе. Биосфера – глобальная экологическая система планеты, включающая в себя все живые организмы вместе со средой их обитания. Биосфера представляет собой совокупность частей земных оболочек (лито-, гидро- и атмосферы), которая заселена живыми организмами, находится под их влиянием и занята продуктами их жизнедеятельности. В 20-е годы XIX – го столетия учение о биосфере было развито и преобразовано выдающимся естествоиспытателем академиком В.И. Вернадским. Он впервые подчеркнул исключительную роль живых организмов в образовании биосферы. По его определению, биосфера – структурная оболочка Земли, созданная самой жизнью, где не только живут, но которая преобразована живыми организмами и связана с их жизнедеятельностью. Таким образом, биосфера – это и среда жизни, и результат жизнедеятельности организмов. Размеры биосферы. По учению В.И. Вернадского, биосфера – это область нашей планеты, в которой существует или когда-либо существовала жизнь и которая постоянно подвергается воздействию живых организмов. Поэтому биосфера представляет собой область существования не только современных экосистем, но и включает области, где находятся вещества, возникшие в результате жизнедеятельности живых организмов. Такие вещества называют биогенными. Почти весь кислород атмосферы имеет биогенное происхождение. Биогенными являются также многие полезные ископаемые (нефть, уголь, газ и др.). Благодаря такому подходу В.И. Вернадский существенно расширил границы биосферы, включив в нее всю гидросферу (глубиной до 11 км), нижние слои атмосферы (до озонового слоя, высотой 25-35 км), где сосредоточен практически весь кислород, и часть литосферы до глубины залегания полезных ископаемых биогенного происхождения (8-10 м, реже 3 км). Структура биосферы. Биосфера имеет иерархическую структуру. Традиционно в структуре биосферы выделяют атмосферу, гидросферу и литосферу. Атмосфера делится на слои в зависимости от температуры воздуха: ниже 0°C – альтобиосфера, выше 0 °C – тропобиосфера. Гидросфера включает в себя океанобиосферу и аквабиосферу, т.е. солоно- и пресноводную среду, и также делится на слои в зависимости от освещенности: фото-, дисфото- и афотосферы. Гео(био)сфера состоит из террабиосферы (твёрдо-водной среды) и литобиосферы (твёрдо-воздушной среды). Выделенные подсферы включают экосистемы различного иерархического уровня. Состав биосферы включает 7 глубоко разнородных частей: живое вещество; биогенное вещество: косное вещество: биокосное вещество; вещество в радиоактивном распаде: вещество рассеянных атомов, не связанных химическими реакциями; вещество космического происхождения. Живое вещество – совокупность организмов на планете (растительный и животный мир, микроорганизмы). Биогенное вещество – совокупность веществ, возникших в результате

жизнедеятельности организмов (торф, нефть, мел, природный газ и др.). Косное вещество - совокупность веществ, в образовании которых живые организмы не участвуют, т.е. горные породы магматического, неорганического происхождения, вода, Биокосное вещество - продукты распада и переработки горных и осадочных пород живыми организмами (почва, природные воды).

2. Основные функции биосферы

Благодаря способности трансформировать солнечную энергию в энергию химических связей, растения и другие организмы выполняют ряд фундаментальных биологических функций планетарного масштаба.

Газовая функция. Живые существа постоянно обмениваются кислородом и углекислым газом с окружающей средой в процессах фотосинтеза и дыхания. Растения сыграли решающую роль в формировании состава современной атмосферы. Они строго контролируют концентрации кислорода и углекислого газа, оптимальные для современной биоты.

Концентрационная функция. В процессе эволюции организмы научились извлекать из разбавленного водного раствора и других компонентов природной среды необходимые для них вещества, многократно увеличивая их концентрацию в своем теле. Таким образом, пропуская через свое тело большие объемы воздуха и природных растворов, живые организмы осуществляют биогенную миграцию и концентрирование химических элементов и их соединений.

Окислительно-восстановительная функция. Многие вещества в природе крайне устойчивы и не подвергаются окислению при обычных условиях. Живые клетки обладают настолько эффективным катализатором - ферментами, что способны осуществлять многие окислительно-восстановительные реакции в миллионы раз быстрее, чем это может происходить в абиотической среде. Благодаря этому живые организмы существенно ускоряют процессы миграции химических элементов в биосфере.

Информационная функция. С появлением первых живых существ на планете появилась и активная ("живая") информация, отличающаяся от той "мертвой" информации, которая является простым отражением структуры. Организмы оказались способными к получению информации путем соединения потока энергии с активной молекулярной структурой, играющей роль программы. Способность воспринимать, хранить и передавать молекулярную информацию совершила опережающую эволюцию в природе и стала важнейшим экологическим системообразующим фактором. Перечисленные функции живого вещества образуют мощную средообразующую функцию биосферы. Деятельность живых организмов обусловила современный состав атмосферы. Растительный покров существенно определяет водный баланс, распределение влаги и климатические особенности больших пространств. Живые организмы играют ведущую роль в самоочищении воздушной и водной сред. Благодаря растениям, животным и микроорганизмам создается почва и поддерживается ее плодородие. Таким образом, биота биосферы формирует и контролирует состояние окружающей среды. Следует четко представлять, что окружающая нас среда - это не возникшая когда-то фиксированная и непреходящая физическая должность, а живое дыхание природы, каждое мгновение создаваемое работой множества живых существ.

3. Биогеохимические круговороты веществ в биосфере

Круговорот веществ - закономерный процесс многократного участия веществ в явлениях, протекающих в биосфере планеты. Вещество, вовлеченное в круговорот, не только перемещается, но и испытывает трансформацию и нередко меняет свое физическое и химическое состояния. Особенно активную роль в ускорении круговорота и трансформации играют живые организмы. Солнечная энергия на Земле вызывает два вида круговоротов веществ: большой (биогеохимический) - в пределах биосферы; малый (биотический) - в пределах элементарных экологических систем. Большой круговорот веществ - это безостановочный планетарный процесс закономерного циклического, неравномерного во времени и пространстве перераспределения вещества, энергии и информации, многократно входящих в непрерывно обновляющиеся экологические системы биосферы. Малый круговорот веществ развивается на основе большого и заключается в круговой циркуляции веществ между почвой, растениями, микроорганизмами и животными. Оба круговорота взаимосвязаны и представляют собой единый процесс, который обеспечивает воспроизводство живого

вещества и оказывает активное влияние на облик биосферы. На нашей планете всегда существовал геохимический круговорот веществ, но с появлением жизни на Земле геохимические связи стали биогеохимическими - более сложными и разнообразными. Поэтому говорят о биогеохимическом круговороте веществ или биогеохимическом цикле. Различают три основных типа биогеохимических круговоротов: 1) круговорот воды; круговорот элементов преимущественно в газовой фазе (кислорода, углерода, азота и др.); круговорот элементов преимущественно в твердой и жидкой фазах (фосфора и др.). Круговорот углерода на суше начинается с фиксации углекислого газа растениями в процессе фотосинтеза. Из CO_2 и H_2O образуются углеводы и высвобождается кислород. Фиксированный в растениях углерод в некоторой степени потребляется животными. Отжившие животные и растения разлагаются микроорганизмами, в результате чего углерод мертвого органического вещества окисляется до углекислого газа и снова попадает в атмосферу. Кроме того, углерод частично выделяется на всех стадиях круговорота в составе CO_2 во время дыхания растений и животных. Подобный круговорот углерода совершается и в океане. Круговорот азота (рис.5). Азот, которого очень много в атмосфере, усваивается растениями лишь после соединения его с водородом или кислородом. Это, как правило, происходит в результате различных физических явлений, протекающих в атмосфере (атмосферная фиксация) и производстве (промышленная фиксация), а также в результате действия азотфиксирующих бактерий или водорослей (биофиксация). Соединения азота используются растениями и через них по пищевым цепям попадают к животным. Растительные и животные отходы, мертвые организмы разлагаются, и с помощью денитрифицирующих бактерий происходит восстановление азота и возвращение его в атмосферу.

8. Структура и границы биосферы. Биосфера (от греч. *bios* - жизнь и *sphaira* - шар) - оболочка Земли, состав, структура и свойства которой в той или иной степени определяются настоящей или прошлой деятельностью живых организмов. Термин «биосфера» был впервые введен в науку Э.Зюссом. Биосфера Зюсса - это сфера обитания живых организмов. Тем не менее, заслуга создания целостного учения о биосфере принадлежит В.И.Вернадскому, так как именно он развил представление о живом веществе как огромной геологической (биогеохимической) силе, преобразующей свою среду обитания. По Вернадскому, в состав биосферы входят следующие типы веществ: 1.

Живое вещество — живые организмы, населяющие нашу планету. 2. Косное вещество — неживые тела, образующиеся в результате процессов, не связанных с деятельностью живых организмов (породы магматического и метаморфического происхождения, некоторые осадочные породы). 3. Биогенное вещество — неживые тела, образующиеся в результате деятельности живых организмов (некоторые осадочные породы: известняки, мел и др., а также нефть, газ, каменный уголь, кислород атмосферы и др.) 4. Биокосное вещество — биокосные тела, представляющие собой результат совместной деятельности живых организмов и геологических процессов (почва, илы, кора выветривания и др.). 5.

Радиоактивное вещество – атомы радиоактивных элементов – уран, торий, радий и др. 6. Рассеянные атомы - отдельные атомы элементов, встречающиеся в природе в рассеянном состоянии (в таком состоянии часто существуют атомы микро- и ультрамикроразмеров: Mn, Zn, Au, Hg и др.). 7. Вещество космического происхождения - вещество, поступающее на поверхность Земли из космоса (метеориты, космическая пыль).

Биосфера имеет определённые границы. Она занимает нижнюю часть атмосферы, верхние слои литосферы и всю гидросферу. Вглубь Земли живые организмы проникают на небольшое расстояние. В литосфере распространение жизни ограничивается, прежде всего, температурой горных пород и подземных вод, которая постепенно возрастает с глубиной и на уровне 1,5-15 км превышает 1000°C. Наибольшая глубина, на которой в породах земной коры были обнаружены живые бактерии, составляет 4 км. В океане жизнь распространена до более значительных глубин и встречается даже на дне океанических впадин в 10-11 км от поверхности. Лимитирующим фактором проникновения жизни вверх является жесткое космическое излучение. На высоте 25-30 км большую часть ультрафиолетового излучения

Солнца поглощает находящийся здесь относительно тонкий слой озона - озоновый экран. Если живые организмы поднимаются выше защитного слоя озона, они погибают. Несмотря на то, что споры бактерий и грибов обнаруживаются до высоты 20-22 км, основная часть аэропланктона сосредоточена в слое до 1 – 1,5 км. В горах граница распространения наземной жизни – около 6 км над уровнем моря. Биосфера неоднородна и мозаична. Океаны и континенты - горизонтальная структурная особенность планеты, определяющая в общих чертах строение биосферы. 9. круговорот веществ в биосфере. Все структурные компоненты биосферы - горные породы, природные воды, газы, почвы, растительность, животные, микроорганизмы - связаны непрерывным процессом круговорота веществ. Круговорот веществ - важный фактор существования биосферы, поддерживающий ее целостность и устойчивость. Каждый элемент, входящий в состав живого вещества, поступает в организм из окружающей среды, вовлекается в процесс клеточного метаболизма, после чего снова возвращается в окружающую среду, а затем опять используется живой природой. Этот круговорот активных элементов называется биогенной миграцией атомов (в отличие от происходящих на Земле физико-химических перемещений веществ в воде, атмосфере, почве, породах земной коры и пр). Для биогенной миграции характерна аккумуляция, концентрация элементов в живых организмах, и обратный процесс - минерализация: освобождение элементов при разложении мертвых организмов бактериями. Основные элементы биогенной миграции - водород, кислород, углерод, азот, калий, кальций, фосфор, сера и др. Химические элементы многократно вовлекаются в круговорот веществ. Это важное условие существования биосферы. Если бы этого не было, запасы любого элемента на Земле быстро иссякли бы и жизнь прекратилась. Однако циклы круговорота элементов не замкнуты: некоторая часть биосферного вещества, благодаря концентрирующей функции живых организмов, выходит из круговорота за пределы современной биосферы, в глубокие слои земной коры. (Вот почему каждое последующее состояние биосферы не повторяет предшествующего, биосфера постоянно обновляется, что способствует ее прогрессивному эволюционному развитию.) Так, круговорот углерода совершается в течение 3-5 тыс. лет. Доля углерода, выходящего из этого цикла, ничтожно мала - около стомиллионной доли процента от общего количества находящегося в обращении углерода. Но за всю геологическую историю биосферы таких "выходов" углерода за пределы биосферного круговорота произошло около 100 тыс., и это привело к накоплению в геологическом прошлом триллионов тонн ископаемого органического вещества, запасенного в углях, нефти, битумах, горючих сланцах. Таким образом, специфическая черта биосферы как особой оболочки Земли - непрерывно происходящий в ней круговорот веществ. 10. Баланс энергии в биосфере. Поток энергии на земном шаре имеет три источника: кинетическая энергия оборота Земли и ее спутника Луны как космических тел. Она проявляется в морских приливах, энергия которых недоступна живым организмам, но может использоваться человеком; энергия земных недр, которая поддерживается ядерным распадом урана и тория. Эта энергия выделяется в форме геотермического тепла. В вулканических районах она используется для отопления оранжерей и бассейнов; солнечная энергия, на базе которой осуществляется жизнедеятельность в автотрофных организмах. На Солнце энергия возникает в результате ядерных превращений. Главное из них - это превращение водорода в гелий через дейтерий. Лучистая энергия Солнца проявляется в амплитуде длины волн от 0,3 до 2,0 мкм. Доля ультрафиолетового излучения в ней невелика. Оно в основном задерживается озоновым экраном планеты. Приток энергии к наружной поверхности атмосферы планеты от Солнца сравнительно постоянный - это так называемая солнечная постоянная, равная 1,93 кал/см² за 1 мин. Она отклоняется от среднего значения всего лишь на 0,1-0,2%. Но длительных наблюдений по величине солнечной постоянной пока не велось и ее многовековые тенденции не известны. По неофициальным данным, специалисты считают, что в течение последнего миллиарда лет солнечная постоянная не менялась. Всего к Земле доходит 10,5 x 10⁶ кДж/м² в год лучистой энергии. Но 40% сразу отражается в космическое пространство, а 15% поглощается атмосферой: превращается в тепло, либо

расходуется на испарение воды. В атмосфере в основном солнечную радиацию поглощает водяной пар. В океанах эту роль выполняет жидкость (вода), на суше - горные породы и грунт. Большая часть радиации отражается в атмосферу от поверхности льда и снега. Всю биосферу можно расценивать как единственное природное образование, поглощает энергию из космического пространства и направляет ее на внутреннюю работу. В биосфере энергия только переходит из одной формы в другую и рассеивается в виде тепла. Основными преобразователями энергии в биосфере являются живые организмы. Они превращают вольную лучистую энергию в химически связанную, которая затем переходит от одних биосферных структур к другим. При каждом переходе часть энергии превращается в тепло и теряется в окружающем пространстве. Растения и земная поверхность в среднем в год поглощают 5×10^6 кДж/м² энергии. Эта величина различна на разных широтах. Эффективность переноса энергии в живом веществе довольно низкая. При ее переносе от продуцентов до консументов первого порядка она составляет всего 10%, а при переносе от консументов первого порядка до консументов второго порядка - 20%. Итак, видно, что травоядные животные менее эффективно используют пищу, чем плотоядные. Это во многих случаях связано с химическим составом пищи. В растениях преобладают лигнин и целлюлоза и есть защитные вещества от фитофагов. Завершается поток энергии на редуценты, где энергия или же окончательно рассеивается в виде тепла, либо аккумулируется в мертвой органическом веществе (детрит). Одной из форм длительного сохранения аккумулированной энергии является нефть, уголь и торф. Поток солнечной энергии, который поступает в биосферы, приводит в действие биохимический круговорот. Как отмечено, в отличие от круговоротов воды и других веществ, поток энергии движется в одном направлении. Если падающий поток солнечной энергии имеет радиальный (вертикальный) направление, то дальнейший его путь имеет преимущественно горизонтальный (латеральный) характер. Большим энергетическим потенциалом отмечаются латеральные потоки воздушных масс (ветер), которые, проникая в лесные или луговые фитоценозы, расшатывают стволы и стебли, разворачивают листовые пластинки или цветы, поднимают и переносят семена, охлаждают нагретый растительное среду, способствуя тем самым дальнейшей трансформации возбужденной механической энергии в тепловую или химическую. Латеральные снежные заносы способствуют накоплению влаги в ползащитных полосах и опушках лесных экосистем, что впоследствии повысит энергию биохимических процессов. Латеральные потоки энергии приливов способствуют более быстрому круговороту минеральных элементов питания, перемещению корма и отходов. Человечество научилось использовать дополнительную энергию природы, создав современные технологии возобновляемой энергии. Радиальные и латеральные потоки энергии могут возникать и в результате антропогенной деятельности. Прежде всего это радиальные потоки химических, металлургических, горноперерабатывающих предприятий и тепловых электростанций, которые выносят в атмосферу огромное количество токсичных выбросов. Далее они уже латеральными воздушными потоками (часто трансконтинентальными) переносятся на большие расстояния и опять таки радиальными потоками опускаются на земную поверхность. Эти потоки механической энергии является транспортом для химической энергии, которая проявляет себя в биологических процессах конкретных наземных и водных биогеоценозов. Крупные города и промышленные центры являются мощными источниками латеральных тепловых потоков, которые перемещаются от ядра города к его окраинам. Часто вместе с тепловыми потоками перемещаются латеральные поллютантов, в основном автотранспортные выбросы, а также пыль. В крупных городах наблюдается рассеивание тепловой энергии (энтропия), которая ведет к ксерофилизации атмосферного и грунтового воздуха и алкализации (ощелачивание) городских почв. Эти латеральные тепловые и поллютантов-загрязняющие потоки энергии меняют растительный и животный мир природных ландшафтов, создают новое живое вещество городов, которая пока слабо изучена. Антропогенная энергия (механическая, тепловая, химическая) может концентрироваться в отдельных природных экосистемах, повышая их производительность (агроэкосистемы), или же, при неумелом включении этой энергии в естественный поток,

приводить к их деградации. Учитывая, что энергия - общий знаменатель и исходная движущая сила всех экосистем - как сконструированных человеком, так и природных, Ю. Одум (1986) предлагает принять энергию за основу для "первичной" классификации экосистем. Итак, по уровню поступления энергии в экосистеме их разделяют на четыре группы: • природные, которыми движет Солнце; • природные, которыми движут Солнце и другие природные источники; • подвижные Солнцем и субсидируемые человеком; • индустриально-городские, содержащихся топливом (добытым из полезных ископаемых, другими органическими или ядерными источниками). Приведенные Ю. Одум примеры объясняют особенности функционирования этих систем, которые можно было бы отнести по иерархическому рангу к биогеоценозным комплексам и даже биомов. В параметры биологической системы не укладывается индустриально-городская экосистема, которая является одной из разновидностей социально-экономических систем. Остановимся лишь на индустриально-городской экосистеме, которую Ю. Одум в одной работе называет "венцом" достижений человечества, в другой - его "опухолью". Города по мере роста цен на топливо, вероятно, станут больше интересоваться использованием солнечной энергии. Возможно, возникнет новый тип экосистемы города, какой будет двигать Солнце с вспомогательной энергией топлива.

1. Полнота биотического круговорота.

Биотический (биологический) круговорот. Под биотическим (биологическим) круговоротом понимается циркуляция веществ между почвой, растениями, животными и микроорганизмами (рис. 12.10). По определению Н. П. Ремезова, Л. Е. Родина и Н. И. Базилевич, биотический (биологический) круговорот — это поступление химических элементов из почвы, воды и атмосферы в живые организмы, превращение в них поступающих элементов в новые сложные соединения и возвращение их обратно в процессе жизнедеятельности с ежегодным опадом части органического вещества или с полностью отмершими организмами, входящими в состав экосистемы (Н. Ф. Реймерс, 1990).

Первичный биотический круговорот по Т.А. Акимовой, В.В. Хаскину(1994) состоял из примитивных одноклеточных продуцентов (П) и редуцентов-деструкторов (Д). Микроорганизмы способны быстро размножаться и приспосабливаться к разным условиям, например, использовать в своем питании всевозможные субстраты — источники углерода. Высшие организмы такими способностями не обладают. В целостных экосистемах они могут существовать в виде надстройки на фундаменте микроорганизмов.

Вначале развиваются многоклеточные растения (Р) — высшие продуценты. Вместе с одноклеточными они создают в процессе фотосинтеза органическое вещество, используя энергию солнечного излучения. В дальнейшем подключаются первичные консументы — растительноядные животные (Т), а затем и плотоядные консументы. Нами был рассмотрен биотический круговорот суши. Это в полной мере относится и к биотическому круговороту водных экосистем, например океана.

Все организмы занимают определенное место в биотическом круговороте и выполняют свои функции по трансформации достигающих их ветвей потока энергии и по передаче биомассы. Всех объединяет, обезличивает их вещества и замыкает общий круг система одноклеточных редуцентов (деструкторов). В абиотическую среду биосферы они возвращают все элементы, необходимые для новых и новых оборотов.

Следует подчеркнуть наиболее важные особенности биотического круговорота.

Фотосинтез относится к мощному естественному процессу, вовлекающему ежегодно в круговорот огромные массы вещества биосферы и определяющему ее высокий кислородный потенциал. Он выступает регулятором основных геохимических процессов в биосфере и фактором, определяющим наличие свободной энергии верхних оболочек земного шара. Фотосинтез представляет собой химическую реакцию, которая протекает, как известно, за счет солнечной энергии при участии хлорофилла зеленых растений:



За счет углекислоты и воды синтезируется органическое вещество и выделяется свободный кислород. Прямыми продуктами фотосинтеза являются различные органические соединения, а в целом процесс фотосинтеза носит довольно сложный характер.

Глюкоза является простейшим продуктом фотосинтеза, образование которой совершается следующим путем:



Помимо фотосинтеза с участием кислорода (так называемый кислородный фотосинтез) следует остановиться и на бескислородном фотосинтезе, или хемосинтезе (рис. 12.12).

К хемосинтезирующим организмам относятся нитрификаторы, карбоксидобактерии, серобактерии, тионовые железобактерии, водородные бактерии. Они называются так по субстратам окисления, которыми могут быть NH_3 , NO_2 , CO , H_2S , S , Fe^{2+} , H_2 . Некоторые виды — облигатные хемолитоавтотрофы, другие — факультативные. К последним относятся карбоксидобактерии и водородные бактерии. Хемосинтез характерен для глубоководных гидротермальных источников.

Фотосинтез происходит за немногим исключением на всей поверхности Земли, создает огромный геохимический эффект и может быть выражен как количество всей массы углерода, вовлекаемой ежегодно в построение органического — живого вещества всей биосферы. В общий круговорот материи, связанной с построением путем фотосинтеза органического вещества, вовлекаются и такие химические элементы, как N, P, S, а также металлы — K, Ca, Mg, Na, Al.

При гибели организма происходит обратный процесс — разложение органического вещества путем окисления, гниения и т. д. с образованием конечных продуктов разложения. Следовательно, общую реакцию фотосинтеза можно выразить в глобальном масштабе следующим образом:



В биосфере Земли этот процесс приводит к тому, что количество биомассы живого вещества приобретает тенденцию к определенному постоянству. Биомасса экосферы ($2 \cdot 10^{12}$ т) на семь порядков меньше массы земной коры ($2 \cdot 10^{19}$ т). Растения Земли ежегодно продуцируют органическое вещество, равное $1,6 \cdot 10^{11}$ т, или 8% биомассы экосферы. Деструкторы, составляющие менее 1% суммарной биомассы организмов планеты, перерабатывают массу органического вещества, в 10 раз превосходящую их собственную биомассу. В среднем период обновления биомассы равен 12,5 годам. Допустим, что масса живого вещества и продуктивность биосферы были такими же от кембрия до современности (530 млн лет), то суммарное количество органического вещества, которое прошло через глобальный биотический круговорот и было использовано жизнью на планете, составит $2 \cdot 10^{12} \cdot 5,3 \cdot 10^8 / 12,5 = 8,5 \cdot 10^{19}$ т, что в 4 раза больше массы земной коры. По поводу данных расчетов Н. С. Печуркин (1988) писал: «Мы можем утверждать, что атомы, составляющие наши тела, побывали в древних бактериях, и в динозаврах, и в мамонтах».

Закон биогенной миграции атомов В. И. Вернадского гласит: «Миграция химических элементов на земной поверхности и в биосфере в целом осуществляется или при непосредственном участии живого вещества (биогенная миграция), или же она протекает в среде, геохимические особенности которой (O_2 , CO_2 , H_2 и т. д.) обусловлены живым веществом, как тем, которое в настоящее время населяет биосферу, так и тем, которое действовало на Земле в течение всей геологической истории».

В. И. Вернадский в 1928—1930 гг. в своих глубоких обобщениях относительно процессов в биосфере дал представление о пяти основных биогеохимических функциях живого вещества.

Первая функция — газовая. Большинство газов верхних горизонтов планеты порождено жизнью. Подземные горючие газы являются продуктами разложения органических веществ растительного происхождения, захороненных ранее в осадочных толщах. Наиболее распространенный — это болотный газ — метан (CH_4).

Вторая функция — концентрационная. Организмы накапливают в своих телах многие химические элементы. Среди них на первом месте стоит углерод. Содержание углерода в углях по степени концентрации в тысячи раз больше, чем в среднем для земной коры. Нефть — концентратор углерода и водорода, так как имеет биогенное происхождение. Среди металлов по концентрации первое место занимает кальций. Целые горные хребты сложены остатками животных с известковым скелетом. Концентраторами кремния являются диатомовые водоросли, радиолярии и некоторые губки, йода — водоросли ламинарии, железа и марганца — особые бактерии. Позвоночными животными накапливается фосфор, сосредотачиваясь в их костях.

Третья функция — окислительно-восстановительная. В истории многих химических элементов с переменной валентностью она играет важную роль. Организмы, обитающие в разных водоемах, в процессе своей жизнедеятельности и после гибели регулируют кислородный режим и тем самым создают условия, благоприятные для растворения или же осаждения ряда металлов с переменной валентностью (V, Mn, Fe).

Четвертая функция — биохимическая. Она связана с ростом, размножением и перемещением живых организмов в пространстве. Размножение приводит к быстрому распространению живых организмов, «расползанию» живого вещества в разные географические области.

Пятая функция — это биогеохимическая деятельность человечества, охватывающая все возрастающее количество вещества земной коры для нужд промышленности, транспорта, сельского хозяйства. Данная функция занимает особое место в истории земного шара и заслуживает внимательного отношения и изучения. Таким образом, все живое население нашей планеты — живое вещество — находится в постоянном круговороте биофильных химических элементов. Биологический круговорот веществ в биосфере связан с большим геологическим круговоротом

2. Особенности сукцессии наземных экосистем.

Наземные экосистемы (биомы) входят в состав биосферы и в основном определяются растительностью.

Водные системы меньше зависят от климата. Они формируются в зависимости глубины водоема, содержания растворимых солей, глубины проникновения солнечных лучей, количества растворенного в воде кислорода, доступности питательных элементов и температуры воды.

Водные экосистемы могут постепенно превращаться в наземные.

Основной принцип функционирования экосистем:

они существуют за счет не загрязняющей среду и практически вечной солнечной энергии, количество которой относительно постоянно и избыточно (характеристиками солнечной энергии являются: избыток, чистота, постоянство, вечность).

Относительно стабильное соотношение скоростей автотрофных и гетеротрофных процессов на Земле существует благодаря способности экосистем и биосферы к саморегуляции, которая поддерживает экологическое равновесие в биосфере.

Саморегуляция экосистем обеспечивается внутренними механизмами, устойчивыми взаимодействиями между их компонентами, трофическими и энергетическими связями.

В экосистемах управление основано на обратных связях, когда часть сигналов с выхода из системы вновь поступает на вход, регулируя состояние системы на выходе.

Обратные информационные связи необходимы для сохранения равновесия в экосистемах. Они бывают положительными и отрицательными.

Положительная обратная связь является «саморазгоняющейся». Она усиливает односторонние изменения в системе дополнительной информацией, поступающей с выхода системы на вход.

Отрицательная обратная связь — это поток информации в систему, противодействующий изменениям внешних условий. Для живых систем используют термин

гомеостатические механизмы или гомеостаз - механизмы, поддерживающие стабильное состояние.

В экосистемах в результате взаимодействия круговорота веществ, потоков энергии и сигналов обратной связи от субсистем возникает саморегулирующийся гомеостаз без регуляции извне из «постоянной точки».

Гомеостаз - это способность популяции или экосистемы поддерживать устойчивое динамическое равновесие в изменяющихся условиях среды с помощью обратных связей.

Все живые существа и человек, так же как и экосистемы, являются саморегулирующимися гомеостатическими системами, поддерживающими равновесие главным образом за счет отрицательных обратных связей.

Экосистема способна поддерживать относительную стабильность своего состояния.

Стабильность экосистем означает свойство любой системы возвращаться в исходное состояние после того, как она была выведена из состояния равновесия.

Стабильность определяется устойчивостью экосистем к внешним воздействиям.

Выделяют два типа устойчивости:

1. резистентную - это способность экосистемы сопротивляться нарушениям, поддерживая неизменными свою структуру и функции;

2. упругую – способность системы быстро восстанавливаться после нарушения структуры и функций.

Огромное значение в сохранении стабильности биосферы в целом имеет биологическое разнообразие.

Биоразнообразие - наиболее ценный ресурс планеты, который возник в результате естественного отбора за миллиарды лет при взаимодействии двух процессов: видообразования и вымирания видов.

Биоразнообразие включает два понятия:

- **видовое** – многообразие различных видов организмов внутри биоценоза;

- **генетическое** – многообразие генетических программ у особей одного вида.

Одной из особенностей биоценозов является **суточная и сезонная или годовая динамика**.

Суточная динамика биогеоценозов связана с ритмикой природных явлений и носит строго периодический характер.

Более существенные отклонения наблюдаются при сезонной динамике. Они обусловлены биологическими циклами организмов, зависящими от сезонной цикличности природных явлений.

Закономерное развитие экосистем во времени называют **экологической сукцессией**.

Экологическая сукцессия – это закономерная последовательная смена биоценозов, преемственно возникающих на одном и том же биотопе под воздействием природных или антропогенных факторов.

Выделяют два типа сукцессий:

Ø первичные(начинается на абсолютно лишенном жизни месте – вновь появившиеся песчаные дюны, послеледниковый период, поднятие островов из океана);

Ø вторичные(сообщество развивается на месте, где ранее был хорошо развитый биоценоз – результаты пожаров, наводнений, распашки степей, вырубки лесов, осушения болот) сукцессии.

Скорость сукцессий различна. Для первичных сукцессий требуются сотни и тысячи лет. Вторичные протекают быстрее.

Сукцессии обычно начинаются в незрелых несбалансированных сообществах, у которых скорости продукции органического вещества **П** либо больше, либо меньше скорости дыхания **Д**.

Сообщество стремится к более стабильному, зрелому состоянию, где **П = Д**.

Сукцессия, начинающаяся:

Ø при **П < Д** - **автотрофная**,

Ø при $\Pi > Д$ - **гетеротрофная**.

Отношение $\Pi / Д$ является функциональным показателем зрелости экосистем.

Автотрофная сукцессия - широко распространенное в природе явление, которое начинается в незаселенной среде.

Она характеризуется длительным преобладанием автотрофных организмов, при котором соотношение $\Pi / Д > 1$. В процессе сукцессии $\Pi / Д$ стремится к 1.

При $\Pi > Д$ постепенно растут биомасса организмов **Б** и отношение биомассы к продукции $Б / \Pi$, т.е. увеличиваются размеры организмов. По мере роста продукции Π растет и величина ее расходов на дыхание $Д$.

Гетеротрофная сукцессия характеризуется преобладанием в системе редуцентов и встречается тогда, когда среда пересыщена органическими веществами.

При гетеротрофных сукцессиях отношение $\Pi / Д < 1$, а органические вещества могут постепенно разлагаться и исчезать, и тогда из-за отсутствия автотрофных процессов система может разрушиться.

Обычно система стремится к стабильному состоянию, при котором $\Pi / Д = 1$.

Изменения основных характеристик экосистем при аутогенных сукцессиях отличаются от изменений, происходящих при аллогенных сукцессиях, причинами которых является воздействие человека.

Аутогенные сукцессии – это естественное закономерное биотическое развитие экосистем, идущее по автотрофному типу. В процессе сукцессии популяции организмов и функциональные связи между ними закономерно и обратимо сменяют друг друга.

Аутогенная сукцессия – это направленное предсказуемое и обратимое развитие экосистемы до установления равновесия между биотическим сообществом – биоценозом и абиотической средой – биотопом.

Аллогенные сукцессии экосистем, вызванные человеком, приводят к их упрощению.

Состояние стабилизированной экосистемы называется климаксом.

Цепь сменяющих друг друга биоценозов называется сукцессионным рядом.

Смены фауны и флоры в истории Земли похожи на медленно протекающие экологические сукцессии. Они тесно связаны с геологическими и климатическими изменениями и видообразованием. Такие процессы протекают на протяжении миллионов лет и называются эволюцией.

Эволюция экосистем представляет собой длительные процессы исторического развития, которые необратимы и ацикличны.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Не предусмотрена РУП.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практическое занятие 1 (ПЗ-1) **Действие факторов среды на организм**

1. Факторы среды, их классификация

2. Действие факторов на организм

2.1.1. Задание для работы

1. Понятие экологического фактора (ЭФ).

2. Классификация ЭФ (частично по Мончадскому).

3. Закон минимума Ю. Либиха, формулировка и условия его применения.

4. Понятие лимитирующего фактора.

5. Понятие толерантности по В. Шелфорду, кривые толерантности, принципы (законы) толерантности.

6. Какие факторы называются независимыми и зависимыми (примеры)?

7. Какие факторы называются первично-периодическими, вторично-периодическими и непериодическими (примеры)?

8. Какие зоны активности охватывает кривая ?

9. Что означают термины «эвритермный» и «стенотермный вид»?

2.3.4. Результаты и выводы:

В результате проведения практического занятия студентами тема усвоена.

Практическое занятие 2 (ПЗ-2) Описание особенностей действия экологических факторов в разных природных зонах России. Анализ видовой структуры биоценозов

1. Действие абиотических факторов.
2. Действие биотических факторов.
3. Действие антропогенных факторов.

2.1.1. Задание для работы

Составление графиков, таблиц и температурных карт района на основе использования записи в календаре природы и литературы Проведение фенонаблюдений над деревьями и кустарниками и определение их в зимнем состоянии Составление графиков температуры над и под снеговым покровом, определение промерзаемости почвы, в различных биоценозах Выяснение роли суточных колебаний на распределение, активность и поведение животных в различных биоценозах

Взятие проб на различных участках биоценоза, определение их механического состава и структуры Изготовление почвенных разрезов на пробных площадках и установление типов почв. Выяснение влияния

уплотнения почвы на состав обитателей почв. Составление карт и схем почвы и рельефа района Работа с приборами по определению экспозиции и рельефа. Выяснение роли микрорельефа на размещение травянистых растений Определение направления ветра и влажности в полевых условиях. Знакомство с растениями и животными-индикаторами и барометрами окружающей среды.

Описание видового состава различных лесных сообществ Выявление роли подлеска Составление таблицы ярусности различных участков леса и луга Выяснение влияния взрослых древесных пород на самосев (подсчитать всходы) Определение проективного покрытия наземных частей растений на пробных площадках при помощи, деревянного квадрата с сеткой (ячейки по 10 см).

2.3.4. Результаты и выводы:

В результате проведения практического занятия студентами тема усвоена

Описание особенностей действия экологических факторов на территории Оренбургской области.

2.1. Цель работы: Ознакомиться с методикой подсчета времени истощения природного ресурса.

Материалы и оборудование: калькулятор, ручка, тетрадь.

2.1.1. Задание для работы

Ресурсы могут быть классифицированы как вечные, возобновимые и невозобновимые.

Вечные ресурсы, такие как солнечная энергия, действительно неисчерпаемы с точки зрения истории человечества.

Возобновимые ресурсы в нормальных условиях восстанавливаются в результате природных процессов. Примерами могут служить деревья в лесах, дикие животные, пресные воды поверхностных водотоков и озер, плодородные почвы и др.

Невозобновимые, или истощаемые ресурсы существуют в ограниченных количествах (запасах) в различных частях земной коры. Примерами являются нефть, уголь, медь, алюминий и др. Они могут быть истощены как потому, что не восполняются в результате природных процессов (медь и алюминий), так и потому, что их запасы восполняются медленнее, чем происходит их потребление (нефть, уголь). Невозобновимые ресурсы считаются экономически истощенными когда выработаны 80 % их оцененных запасов. По достижении этого предела разведка, добыча и переработка остающихся запасов обходится дороже рыночной цены.

2.1.2. Краткое описание проводимой работы:

Оцените срок истощения природного ресурса, если известен уровень добычи ресурса в текущем году, а потребление ресурса в последующие годы будет возрастать с заданной скоростью прироста ежегодного потребления. Исходные данные для выполнения работы представлены в таблице.

Данные для расчета срока истощения ресурса Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ресурс	Каменный уголь	Природный газ	Нефть	Fe	P	Cu	Zn	Pb	Al	U
Запас ресурса, Q, млрд.т.	6800	280	250	12 тыс.	40	0,6	0,24	0,15	12	300
Добыча ресурса, q, млрд.т./год	3,9	1,7	3,5	0,79	0,023	0,008	0,006	0,004	0,016	0,2
Прирост объема потребления ресурса, TP, % в год	2	1,5	2	2,5	1,8	1,7	1,3	2,2	1,6	2

2.1.1. Задание для работы

1. Функциональная структура биоценоза.
2. Видовое биологическое разнообразие в биоценозе.
3. Пространственная структура биоценоза (вертикальная и горизонтальная) и факторы, ее обуславливающие.
4. Биогеоценоз и экосистема: принципиальные различия между понятиями В.Н. Сукачева и А. Тенсли.
5. Детритные и пастбищные трофические цепи: различия в примерах.
6. Продукционная способность и видовое разнообразие экосистем северных морей.
7. Продукционная способность и видовое разнообразие степных экосистем.
8. Продукционная способность и видовое разнообразие экосистем таежной зоны.
9. Продукционная способность и видовое разнообразие тропических лесов.
10. Первичные сукцессии на примере заселения безжизненных пространств после локальных природных катаклизмов (извержения вулканов, пожары и т.д.).
11. Вторичные сукцессии на примере смен экосистем суши/моря (по выбору).

2.1.2. Результаты и выводы:

В результате проведения практического занятия студентами тема усвоена.

Практическое занятие 3 (ПЗ-3) Типы межвидовых взаимоотношений

Расчет объемов миграции биогенных элементов в экосистемах

1. Расчет миграции биокостного вещества.

2.1.1. Задание для работы

1. Закончите схему экосистемы (рис.1), указав компоненты, обозначенные цифрами.

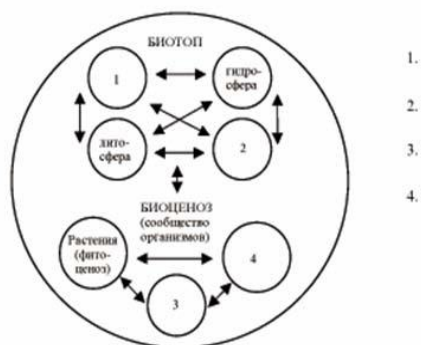


Рис. 1. Схема экосистемы

1. Приведите пример функций живого вещества, о которых писал В.И. Вернадский. Осуществляя эти функции, организмы создали себе среду обитания. Опишите процессы, о которых говорил В.И. Вернадский. Приводила ли замена одних организмов другими в ходе эволюции к изменению биогеохимических функций живого вещества?
2. Заполните недостающие компоненты в схеме разнообразия экосистем (рис.2):



А —
Б —
В —

Рис. 2. Схема разнообразия экосистем

1. Приведите примеры цепей питания, начинающихся с мертвых растительных остатков, с одноклеточных водорослей, с наземных растений и заканчивающихся человеком.
2. В таблице 1 приведены данные о продуктивности леса и поля пшеницы. Сравните данные и сделайте вывод о продуктивности этих экосистем. Каково значение этих экосистем для биосферы?

Сравнительная продуктивность

биогеоценоза и агрофитоценоза Экосистема	Продуктивность
1 га леса	2 ц грибов, 5 ц орехов, 6 ц черники и брусники, 6 ц малины, 25 т березового сока, древесина
1 га поля	15 – 30 ц зерна

1. Приведите примеры эври – и стенотермных организмов, соответствующих номерам 1, 2, 3 на схеме (рис.3),

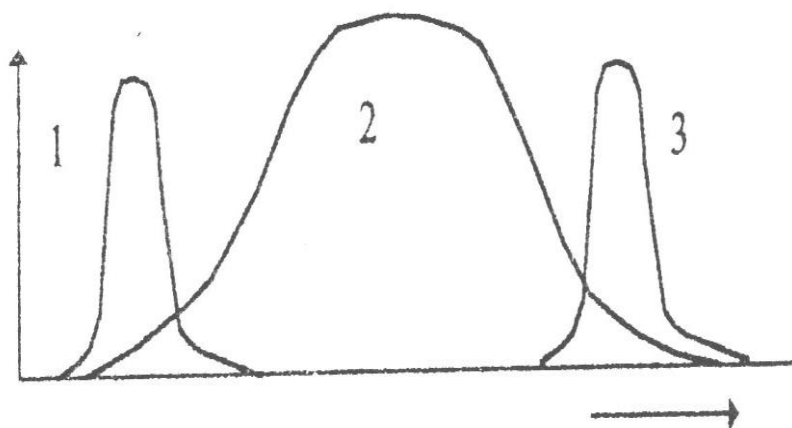


Рис. 3. Реакция организмов на действие фактора
если на оси X - значения температуры в градусах Цельсия; Y - степень благоприятности фактора.

1. Рассчитайте потенциальные потери от затопления долины реки Катунь и изменения ее климатических характеристик водохранилищами ГЭС на курортных ресурсах, если учесть, что потенциальная емкость курортного места Чемальского курорта на Катунь составляет 15 тысяч человек в год. Исходя из международной практики, условно потеря трудоспособности одним человеком в экономическом выражении утраивается (считается, что двое должны его содержать) и с учетом социальной издержки (дурной пример, стресс и т.д.) экспертная потеря одной незаменимой лечебной путевки в этот туберкулезный санаторий можно оценить примерно в 150 тысяч рублей.

2. Покажите в чем принципиальная разница между естественной и искусственной системами, заполнив таблицу 2.

Биогеоценозы и агрофитоценозы	Природные биогеоценозы	Агрофитоценозы
Признаки для сравнения		
1. Видовое многообразие 2. Наличие пищевых цепей 3. Экологические ниши 4. Характеристика круговорота веществ 5. Инвестиции 6. Продуктивность 7. Саморегуляция		

1. Способность биоаккумулироваться (накапливаться в живых организмах) проявляют ионы многих тяжелых металлов (ртуть, свинец, кадмий и др.), инсектициды, гербициды и другие вещества. В таблице 3 приведены цифры, иллюстрирующие биоаккумуляцию ДДТ.

Концентрации ДДТ в трофической цепи водоема	Концентрация ДДТ (к сырой массе живых организмов)
Вода	19,392 мкг/л
Фитопланктон	192 мкг/кг
Зоопланктон	9,6 * 10 ⁻⁵ %
Рыбы, питающиеся зоопланктоном	48 мкг/кг
Хищные рыбы	9,6 * 10 ⁻⁵ мас. доля
Птицы, питающиеся рыбой	2,4 г/кг

Переведите эти данные в единую систему измерения и укажите, во сколько раз возрастает концентрация ДДТ при переходе к каждому последующему звену трофической цепи.

1. Используя дополнительную литературу, дайте определение понятий по образцу: стенобионты – организмы, которые могут выжить лишь в узком диапазоне значений фактора среды; эврибионты – организмы, способные существовать в широком диапазоне значений фактора (рис.4).

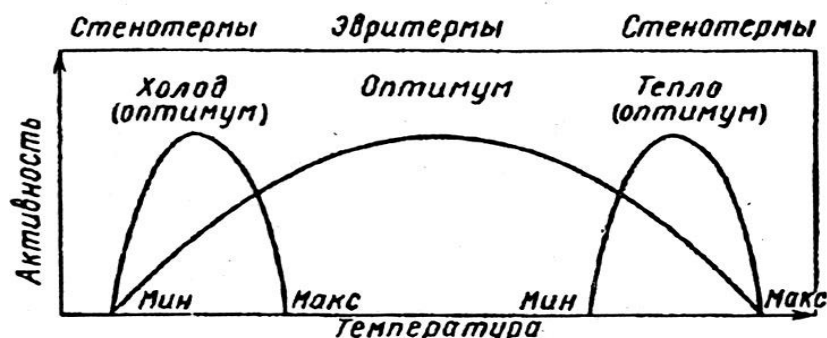


Рис. 4. Рис. 4. Эвритермные и стенотермные организмы

Стенотермные способны выдерживать лишь колебания температуры в узких пределах.

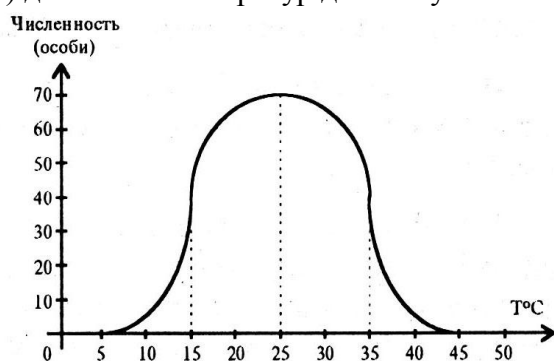
- А. Стенобат (1) – эврибат (2)
- Б. Стеногал (1) – эвригал
- В. Стенотерм (1) – эвритерм (2)
- Г. Стенотоп (1) – эвритоп (2)
- Д. Стенотроф (1) – эвритроф (2)
- Е. Стенофот (1) – эврифот (2)
- Ж. Стеноион (1) – эвриион (2)
- З. Стенооксибионт (1) – эвриоксибионт (2)

1. Температурный фактор является одним из наиболее значимых в природе. На рисунке 5 изображен график зависимости численности колорадского жука от температуры окружающей среды.

2.1.2. Краткое описание проводимой работы:

Укажите:

- А) температуру, оптимальную для данного вида;
- Б) пределы выносливости вида;
- В) температуру, ограничивающую жизнедеятельность вида;
- Г) диапазон температур для зон угнетения.



1. Укажите, какое из приведенных ниже определений соответствуют понятиям: а) хищничество; б) комменсализм; в) мутуализм (в том числе и симбиоз); г) паразитизм; д) конкуренция; е) квартиранство; ж) нахлебничество; з) нейтрализм.

1. Особи одного вида поедают особей другого или того же вида.

2. Одни организмы получают от других необходимые питательные вещества и место постоянного или временного обитания.

3. Сожительство особей двух видов не дает ни положительных, ни отрицательных последствий.

4. Одни организмы «доедают» пищу, оставленную другими организмами или потребляют ее одновременно с тем, кто добыл, но в мизерном количестве.

5. Особи одного вида или нескольких видов со сходными потребностями сосуществуют при ограниченных ресурсах, что приводит к снижению жизненных показателей взаимодействующих особей.

6. Совместное взаимовыгодное сосуществование особей двух или более видов.

7. Особи одного вида предоставляют убежища особям другого вида, и это не приносит ни вреда, ни пользы.

8. Особи одного вида не получают ни вреда, ни пользы, однако, осуществляют вредное воздействие на особей другого вида.

В природе факторы действуют на организм не разрозненно, а корректируют друг друга. Перед вами график зависимости смертности куколок опасного вредителя плодово-ягодных культур - бабочки яблоневой плодожорки от двух факторов: температуры и влажности (рис.6).

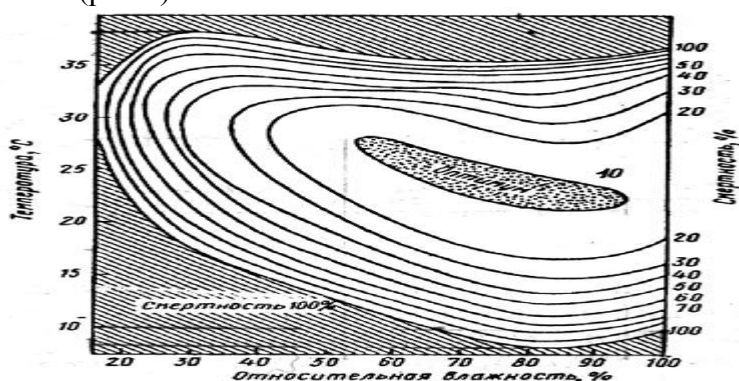


Рис. 6. Зависимость смертности куколок бабочки яблоневой плодожорки от температуры и влажности

А. Определите, какой фактор будет ограничивающим в точке с координатами: 1. То + 10оС; влажность – 100 %; 2. То + 4оС; влажность – 80 %; 3. То + 40оС; влажность – 80 %;

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

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

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

1. Укажите, согласны ли Вы с утверждениями:

а) один отдельный организм можно считать экосистемой в отдельных случаях;

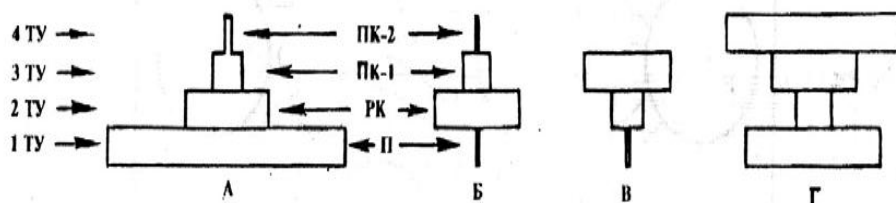
б) пастбищные цепи сильнее выражены на суше;

в) экотоны беднее по видовому составу, чем соседние экосистемы;

г) снижение числа видов обычно приводит к снижению обилия отдельных форм.

1. Укажите, какая из пирамид численности (рис. 7) соответствует следующей пищевой цепи:

Трава – травоядное млекопитающее – блоха – жгутиковое простейшее



Обозначения: П-продуценты,
РК- растительные консументы,
ПК-1 и ПК-2 плотоядные консументы I и II
порядка,
ТУ- трофические уровни.

Рис. 7. Пирамиды численности

1. На пирамидах М и К (рис. 8) отображена биомасса планктона в одном из озер весной и зимой. Объясните, почему в течение года пирамида переворачивается.

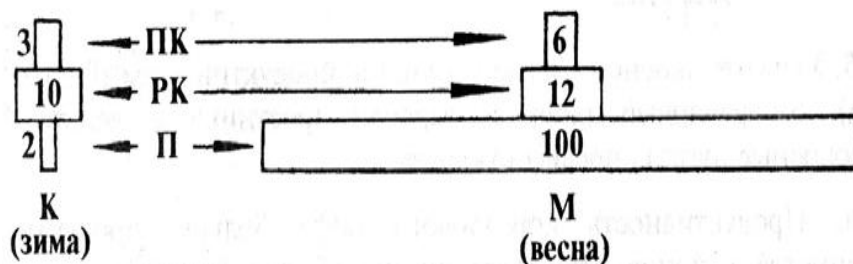


Рис. 8. Пирамида биомассы планктона. Обозначения: П – продуценты, РК – растительные консументы, ПК – плотоядные консументы. Цифры означают продуктивность, выраженную в граммах сухой массы, приходящуюся на 1 м³.

1. Дайте характеристику экологической ситуации региона по следующим показателям: наличие памятников природы, редкие и исчезающие виды растений и животных, состояние атмосферного воздуха, водных и земельных ресурсов, основные проблемы, связанные с развитием промышленного сектора.

2. Оцените состояние экосистем в районах Оренбургской области по соотношению антропогенно-нарушенных и ненарушенных территорий. Руководствуйтесь мнением Ю. Одума о сохранении устойчивости природных процессов при соотношении: 60 % ненарушенных и 40 % освоенных территорий. Для анализа используйте литературные обзоры и аналитические сборники по состоянию природной среды Оренбургской области, а так же интернет – ресурсы.

2.3.4. Результаты и выводы:

В результате проведения практического занятия студентами тема усвоена.

Практическое занятие 4 (ПЗ-4) Описание биогеохимических циклов. Характеристика основных типов экосистем

1. Структура и основные типы биогеохимических циклов
2. Количественное изучение биогеохимических циклов
3. Закон биогеонной миграции атомов и необратимости эволюции

2.1.1. Задание для работы

1) Основные типы земного вещества и их характеристика. Живое вещество как ведущая сила эволюции земной природы.

2) Основные экологические законы, связанные с веществом биосферы: правила Бейеринка, гипотеза константности, биогеохимические принципы В.И. Вернадского, аксиома биогеонной миграции атомов, уравнение Рэдфилда.

3) Система биомов, Гипотеза абиссальных сгущений жизни.

4) Круговороты вещества: большой и малый. Их особенности, скорости и функции. Особенности круговоротов загрязняющих веществ.

- 5) Круговороты воды и кислорода.
- 6) Круговороты углерода и азота.
- 7) Круговороты фосфора, серы и урана.

2.3.4. Результаты и выводы:

В результате проведения практического занятия студентами тема усвоена.

2.1.1. Задание для работы

1. Понятие и виды круговоротов веществ.
2. Движущие силы и значение круговоротов.
3. Биогеохимические циклы углерода / азота / кислорода / серы / фосфора / воды (по выбору).
4. История формирования современного состояния геосфер
5. Геохимическое районирование Земли.
6. История вмешательства человека в естественный ход геологических процессов.
7. Перспективы развития картины преобразования человеком естественного облика Земли.
8. Естественные защитные механизмы в биогеохимических круговоротах.
9. Теория коэволюции в парадигме синергизма.
10. Труды В.И. Вернадского.
11. Воздействие антропогенных факторов на круговороты веществ.

2.3.4. Результаты и выводы:

В результате проведения практического занятия студентами тема усвоена.

Практическое занятие 5 (ПЗ-5) Характеристика свойств популяции

1. Взаимосвязи разных компонентов биоценозов.
2. Полнота биотического круговорота.
3. Особенности сукцессии биоценозов.

2.1.1. Задание для работы

1. Рассмотреть вопросы.

Развитие биоценозов во времени носит название сукцессий.

Сукцессия – последовательная смена биоценозов на одном и том же биотопе.

Сукцессионный ряд – цепь меняющихся друг друга биоценозов.

Сукцессии протекают с разной скоростью и замедляются при приближении системы к устойчивому состоянию – климаксу.

Состояние климакса характеризуется максимальной адаптированностью сообщества к условиям биотопа, максимальной сомкнутостью биотических круговоротов, постоянным видовым составом, высокой продуктивностью.

Концепция «климакса» подразумевает, что любое сообщество стремится к состоянию равновесия независимо от того, с какого процесса начиналась сукцессия.

Сукцессии могут быть аутогенными - вызванными внутренними причинами, или аллогенными - под действием внешних факторов, которые в свою очередь могут быть природными - под действием пожаров, наводнений и антропогенными; первичными – на первично безжизненных местах, например скалах и вторичными – на местах разрушенных сообществ, где живые организмы частично сохранились.

Циклические сукцессии связаны с глобальными природными циклами – солнечной активностью, климатическими изменениями.

Эволюционная сукцессия (необратимая) - общая эволюция биосферы Земли.

Смена фаз сукцессии идет по определенным правилам. Каждая предыдущая фаза готовит среду для возникновения последующей, постепенно нарастают видовое многообразие и ярусность, усложняются цепи питания, активизируется деятельность редуцентов. возрастает сомкнутость биогеохимических круговоротов. Процесс практически прекращается, когда добавление или исключение видов не приводит к изменению среды.

Длительность сукцессий весьма разнообразна - от 10 лет восстановление распаханного луга, 150-200 лет для восстановления сгоревшего леса, до миллионов лет эволюционной сукцессии.

2.1.3. Контрольные вопросы:

1. Сущность экосистемы.
2. Динамика экосистемы.
3. Загрязнения, самоочищение и устойчивость экосистем.
4. Экологическая сукцессия.
5. Экосистема и биогеоценоз.

2.3.4. Результаты и выводы:

В результате проведения практического занятия студентами тема усвоена.

**4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ПРОВЕДЕНИЮ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

Не предусмотрено РУП.