

# БИОЛОГИЯ

**Учебник для 11 классов средних общеобразовательных учреждений и учащихся средних специальных и профессиональных образовательных учреждений**

*Утвержден  
Министерством народного образования  
Республики Узбекистан*

*издание 1-ое*

ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ  
ИЗДАТЕЛЬСКО-ПОЛИГРАФИЧЕСКОЙ  
АКЦИОНЕРНОЙ КОМПАНИИ «SHARQ»  
ТАШКЕНТ–2018

УДК 57(075.3)=161.1

ББК 28.0я721

В – 63

### **А в т о р ы :**

А. Гафуров, А. Абдукаримов, Ж. Талипова, О. Ишанкулов,  
М. Умаралиева, И. Абдурахманова.

### **Р е ц е н з е н т ы :**

**Г. Шахмурова** – заведующая кафедрой методики преподавания  
Ташкентского педагогического университета,  
доктор биологических наук;

**Н. Филиппова** – учитель биологии академического лицея  
Ташкентского фармацевтического института;

**Д. Бабаханова** – учитель биологии академического лицея  
Ташкентской медицинской академии.

**В – 63 Биология:** Учебник для 11 классов средних обще-  
образовательных учреждений и учащихся средних специальных  
и профессиональных образовательных учреждений: изд.1-е/  
А. Гафуров, А. Абдукаримов, Ж. Талипова, О. Ишанкулов,  
М. Умаралиева, И. Абдурахманова – Т.: «Sharq», 2018 – 240 с.

ISBN 978-9943-26-807-4

УДК 57(075.3)=161.1

ББК 28.0я721

**Издан за счет Республиканского целевого книжного фонда.**

ISBN 978-9943-26-807-4

© А. Гафуров, А. Абдукаримов, Ж. Талипова,  
О. Ишанкулов, М. Умаралиева, И. Абдурахманова.  
© Главная редакция ИПАК «Sharq», 2018.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Одной из серьезных задач человечества является сохранение разнообразных биологических форм природы, обеспечение экологической стабильности, смягчение негативных последствий глобального изменения климата. Необходимо предупреждать распространение опасных для здоровья человека аллергических, инфекционных и эпидемиологических болезней, модернизировать и развивать сельское хозяйство, расширять производство экологически чистых продуктов, улучшать мелиоративное состояние орошаемых земель, внедрять современные технологии для экономии водных и других ресурсов. Нужно выводить новые сорта сельскохозяйственных растений, устойчивых к болезням и вредителям, а также породы животных с высокой продуктивностью.

Эти задачи ложатся на плечи молодежи, которые учатся сегодня в средних школах, а в будущем станут замечательными специалистами.

Биология является теоретической основой, таких направлений, как медицина, селекция, охрана природы и рациональное использование природных богатств. Бережное отношение к природе и к ее составляющим, к окружающей среде, охрана и приумножение природных богатств, изучение закономерностей расселения и эволюционного развития живых организмов на Земле, взаимоотношения организмов с окружающей средой, и с другими живыми организмами, устранение факторов, несущих в себе угрозу жизни на нашей планете, требует должного изучения законов и теорий биологии. Эти знания также являются составляющей основой экологической культуры.

Данный учебник соответствует компонентам государственных образовательных стандартов среднего образования. Материал учебника раскрывает содержание биологических знаний, необходимых для понимания структурно-функциональной организации живого на биогеоценотическом и биосферном уровнях. Рассматриваются взаимоотношения организмов и среды обитания, структура, связи, круговорот веществ и поток энергии в экосистемах, закономерности сосуществования человечества и природы.

Внимательное изучение содержания и выполнение заданий, данных в учебнике, способствует формированию вашего научного мировоззрения, экологического мышления, информационной грамотности.

Мы надеемся, что вы как стремящийся к совершенству гражданин Независимого Узбекистана, глубоко освоите основы науки, полученные знания и компетенции в процессе самореализации помогут вам при выборе профессии в будущей самостоятельной жизни.

## ГЛАВА I. ЭКОЛОГИЯ И ЖИЗНЬ

**Изучив материал I главы, вы сумеете:**

- охарактеризовать системную организацию живой материи, основные свойства и значение уровней организации живой материи;
- объяснять иерархическую организацию биологических систем;
- анализировать и оценивать многообразные задачи экологии;
- сравнивать между собой структурные уровни организации жизни.

### § 1. БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ. ЭКОЛОГИЯ – НАУКА О БИОСИСТЕМАХ



*Вспомните основные уровни организации жизни на Земле. Что является структурно-функциональной единицей каждого уровня организации? Какие процессы жизнедеятельности характерны для каждого из уровней?*

Изучение явлений природы и различных природных объектов становится неотъемлемой частью культуры современного человека. Научное познание – высший уровень логического мышления. Оно направлено на изучение глубоких сторон сущности природы и ее законов. Выражением научного познания является научное открытие – обнаружение неизвестных ранее существенных свойств, явлений, законов или закономерностей. Вначале из накопленных отдельных фактов постепенно рождается объяснение ранее загадочных явлений, затем вскрывается сущность предметов и процессов, формулируется научная теория.

Отношение человека к природе и ее компонентам, изучение природных явлений и процессов составляет основу научного познания. Высшим уровнем познавательной деятельности человека является научное познание, направленное на создание научных открытий, изучение ранее неизвестных растений и животных, а также жизненных процессов и закономерностей.

С незапамятных времен человек пытался проникнуть в тайны живой природы, разгадать загадку жизни. В период античности первой формой научного познания стала философия природы. Объектом ее изучения были все явления, происходившие в природе. Философия природы способствовала накоплению фактов и создала предпосылки для обособления в XVI–XVII вв. самостоятельных наук о живой и неживой природе. Произошла дифференциация естественных наук, в каждой из них выделились свои объекты изучения, появились специфические методы исследования.

**Биология** – наука о жизни, ее формах, закономерностях существования и развития. Объекты изучения биологии – живые тела природы или организмы. Биология рассматривает строение живой материи, их жизнедеятельность, связи между собой и с неживой природой.

**Системная организация живой материи.** Мир живой природы представляет собой совокупность разнообразных биосистем различной сложности.

**Биологическая система (биосистема)** – биологический объект, представляющий собой совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих компонентов, выполняющих определенные функции и обладающий способностью к развитию, самовоспроизведению и приспособлению к среде. Например, цветковое растение представляет собой биосистему, состоящую из корня, стебля, листьев, цветков и плодов. Все ее структурные элементы взаимодействуют между собой и обеспечивают клетке способность к самовоспроизведению и приспособлению к окружающей среде.

Пустыня также является примером биосистемы, состоящей из популяций разных видов растений, животных, грибов и микроорганизмов. Эти популяции взаимодействуют между собой и обеспечивают ее развитие и устойчивое существование в данной среде.

**Иерархическая организация биологических систем.** Живые системы принадлежат различным, иерархически соподчиненным уровням организации. Взаимодействия в пределах каждого уровня подчиняются общим закономерностям, зависящим от масштаба. Крупные объекты включают в себя более мелкие элементы и являются выражением их общих свойств, возникших в результате их взаимодействия. Вместе с тем свойства элементов также зависят от того, к какой общности они принадлежат. В этом проявляется иерархическая организация – соподчиненность живых систем.

**Биосфера** – населенная жизнью оболочка Земли, охватывает все биосферноценозы. Биосферноценоз, в свою очередь, представлен из разных популяций, экологически дополняющих друг друга видов. Каждая популяция состоит из отдельных особей, которые сменяют друг друга в ряду поколений. Элементарной единицей, обладающей всеми основными свойствами живого, является клетка, которая может быть, как отдельным организмом, так и частью многоклеточного организма. Жизнедеятельность клетки основана на взаимодействии обязательных элементов проявления жизни – биомолекул.

Так как, биологические объекты разнообразны по размеру и области действия, для их изучения требуются специальные методы, разработкой которых занимаются различные разделы биологической науки. Вместе с тем свойства каждого объекта зависят от свойств его компонентов (элементов) и от принадлежности к системам более высокого уровня. Биологические системы связаны между собой не только происхождением, но и отношениями, складывающимися в процессе их взаимодействия между собой и с окружающей их неживой природой. Живые организмы, с неживой природой формируя сообщества, образуют экологические системы – биосистемы высшего ранга. Экологические системы являются результатом исторического развития природы, характеризуются самовоспроизводством, саморазвитием, устойчивостью и равновесием между образующими их структурными частями и компонентами. Нарушение исторически сложившегося равновесия в природе всегда сопровождается нарушением структуры экологических систем.

В процессе сосуществования природы и общества возникает проблема сохранения окружающей среды, рационального природопользования, регулирования отношений между обществом и природой, что особенно важно для будущего человечества, немислимого без взаимосвязей с живой природой нашей планеты.

Существование и развитие человеческого общества должно строиться на глубоком понимании законов существования и развития живой природы, природных комплексов и систем. Научной основой для решения вышеназванных проблем служит именно экология.

**Экология как наука.** В начале XX в. сформировалась новая биологическая наука – экология. Термин «экология» (от греч. oikos – дом, жилище, logos – наука, учение) впервые ввел немецкий зоолог-эволюционист Эрнст Геккель в 1866 г.

**Экология** – это наука о взаимоотношениях организмов, сообществ между собой и с окружающей средой. На начальном этапе экология представляла собой науку, изучающую взаимодействия организмов. В настоящее время сфера ее компетенции значительно расширилась. Помимо организмов, она включает надорганизменные биосистемы: популяции, биоценозы (сообщества), биогеоценозы (экосистемы) и биосферу.

Сегодня экология стремительно накапливает данные и оказывает все усиливающееся влияние на естествознание, науку в целом, а также на все сферы деятельности человека – сельское хозяйство, промышленность, экономику, образование, здравоохранение и культуру. Только на базе экологических знаний могут быть построены эффективная система охраны природы и рациональное природопользование.

Задачи экологии многообразны:

- изучение взаимоотношений организмов и их популяций с окружающей средой;
- исследование действия среды на строение, жизнедеятельность и поведение организмов;
- изучение экологических механизмов адаптации к среде.
- установление зависимости между средой и численностью популяции;
- исследование взаимоотношений между популяциями разных видов;
- исследование процессов, протекающих в биосфере, с целью поддержания ее устойчивости;
- создание научной основы рационального использования природных ресурсов, прогнозирование изменений природы под влиянием деятельности человека и управления процессами, протекающими в биосфере.
- восстановление нарушенных природных систем, сохранение эталонных участков биосферы.
- формирование экологического мировоззрения, развитие экологического сознания и экологической культуры у людей всех возрастов и профессий.

Экологическая культура предстает как способ взаимоотношения человека с природой на основе ответственного отношения к ней.

Экологическая культура рассматривается как единство экологической образованности, экологического сознания и экологической деятельности, направленных на гармонизацию взаимоотношений между обществом и природой. Сегодняшнее состояние живой оболочки нашей планеты свидетельствует о том, что всем людям постоянно необходимо

о ней заботиться. Для этого нужны не просто широкие экологические знания, современному человеку требуется выработать новое отношение к природе, сформировать экологическое мировоззрение, которое должно основываться на поиске путей, открывающих возможность стабильного сосуществования природы и общества.



**Ключевые слова:** научное познание, биосистема, экология, биоценозы, сообщества, биогеоценозы, экосистемы, биосфера.



**Вопросы и задания.**

1. Что такое биосистема?
2. Назовите последовательность уровней организации живой материи, соблюдая принцип иерархии.
3. Охарактеризуйте различие между понятиями «биоценоз», «биогеоценоз», «биотоп» и «биосистема».
4. Дайте современное определение экологии. Что является предметом экологии?
5. Какие задачи должна решать экология?
6. Установите соответствие между уровнями организации жизни и названиями наук, изучающих их. Уровни организации жизни: 1) биосферный; 2) организменный; 3) молекулярный; 4) клеточный; 5) популяционно-видовой; 6) тканевой; 7) биогеоценотический. Биологические науки: а) ботаника; б) экология; в) цитология; г) анатомия; д) молекулярная биология; е) физиология; ж) гистология; з) зоология.



**Выскажите свое мнение.**

1. На конкретных примерах покажите необходимость экологических знаний для современного человека.
2. Приведите примеры использования человеком экологических знаний в промышленном производстве, сельском хозяйстве, транспортной сфере и охране природы.
3. Существует выражение, что экология – это не только наука, но и новый образ мышления, новый стиль жизни. Объясните его смысл.



**Задания для самостоятельной работы.** 1. Заполните таблицу.

Уровни организации жизни	Компоненты	Процессы, протекающие на этом уровне
Молекулярный		
Клеточный		
Организменный		



Популяционный		
Биогеоценологический		
Биосферный		

2. Определите уровень организации живой материи.

Живая материя	Уровень организации
Сердце, печень, легкие	
Цитоплазма, хлоропласты, ядро	
Лист, корень, стебель	
Кролик	
Стая дельфинов	
Планета Земля и жизнь в ней	
Хромопротеины	
Пустыня	
Кровеносная система	
Хромосомы и гены	
Амеба, инфузория	

## § 2. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ, РАЗДЕЛЫ И МЕТОДЫ ЭКОЛОГИИ



*Для чего человеку нужны знания о среде обитания и образе жизни окружающих его организмов. Где они используются? Какие экологические проблемы вам известны? Почему экологические знания необходимы каждому члену общества?*

Истоки экологии уходят в далекое прошлое и связаны с необходимостью на самых ранних этапах становления человеческого общества добывать и использовать растения, животных в качестве пищи. Было необходимо знать, как выглядят, где и когда созревают съедобные плоды, корни и стебли растений, где лежат пути миграции диких животных, когда и где они воспроизводят потомство.

Еще в период античности древнегреческие ученые-философы рассматривали влияние отдельных компонентов окружающей среды на жизнь различных растений и животных. В трудах великих ученых X–XII веков Средней Азии Аль-Хорезми, Аль-Фароби, Абу Район Беруни, Ибн Сино есть

информации о строении земли, лекарственных растениях, ареалах животных. Захириддин Мухаммад Бабур в своем историческом труде «Бобурноме» предоставил большую информацию о различных растениях и животных Средней Азии и Индии, их распространении и периодах размножения.

Детальное и глубокое изучение компонентов среды обитания организмов началось лишь в XIX–XX вв. Начало изучению влияния окружающей среды на жизнь организмов положил немецкий ученый и путешественник Александр Гумбольдт. Он впервые наглядно продемонстрировал роль климатических условий в жизни растений.

В начале XX в. оформились экологические направления в ботанике, зоологии и других биологических науках. Постепенно экологический подход к исследованию живой природы стал приобретать первостепенное значение. В ряде стран были опубликованы труды, широко освещавшие проблемы экологии. Важное значение для развития экологии имела сформулированная английским ученым А. Тенсли – концепция экосистемы и выдвинутая русским ученым В.Н. Сукачевым – теория биогеоценоза.

С 70-х гг. XX в. в связи с усилившимся воздействием человека на природу экологические проблемы приобрели особо важное значение, а сам термин «экология» – более широкий смысл.

**Разделы экологии.** 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), эволюционная экология, историческая экология.

**Аутэкология** – раздел экологии, изучающий взаимоотношения организма с окружающей средой. (жизненные циклы и поведение как способ приспособления к окружающей среде).

**Демэкология** – раздел общей экологии, объектами изучения которого являются изменение численности популяций, отношения групп внутри них. В рамках демэкологии выясняются условия, при которых формируются популяции. Демэкология описывает колебания численности различных видов под воздействием экологических факторов и устанавливает их причины.

**Синэкология** – раздел науки, изучающий функционирование сообществ и их взаимодействия с биотическими и абиотическими факторами.

**Биогеоценология** – исследует строение и свойства биогеоценозов.

**Эволюционная экология** изучает изменения, происходящие в экологических системах с момента возникновения жизни на нашей планете, воздействие человека на эволюцию биосферы. Используя палеонтологические данные и сведения о современных экологических системах, эволюционная экология старается теоретически реконструировать (восстановить) древние экологические системы.

**Историческая экология** изучает экологические изменения, произошедшие в ходе человеческой цивилизации и технологического прогресса начиная с эпохи неолита до современного периода.

Иногда экологию подразделяют на общую экологию, изучающую общие закономерности взаимоотношений организмов с окружающей средой, и частные разделы. Среди последних выделяют экологию систематических групп организмов (экология растений, экология животных, экология микроорганизмов, экология рыб, экология млекопитающих и др.).

Существуют также частные разделы этой науки, изучающие отдельные типы природных сообществ на нашей планете, например: экология леса, экология пустыни, экология болота, экология озера и т.п.



Рис.1. Разделы экологии.

В экологии выделяют немало прикладных научных дисциплин. Разработкой научных основ прогнозирования изменений окружающей среды, вызванных деятельностью человека и рационального природопользования, занимается экология ландшафтов. Созданием экологически чистых производств и поиском безотходных технологий занимается промышленная экология. Социальная экология изучает влияние природной среды на человека и общества на природу. Математическая экология рассматривает закономерности численного распределения организмов на различных природных территориях нашей планеты (рис.1).

**Методы исследования экологии.** Все методы, применяемые в экологических исследованиях, можно разделить на три большие группы.

**Полевые методы.** Их использование позволяет изучить влияние целого комплекса экологических факторов на развитие и жизнедеятельность популяции в естественных условиях. Они помогают установить взаимосвязи организмов, видов и сообществ со средой, выявить общую картину развития и жизнедеятельности биосистем. Метеорологические наблюдения, количественный учет организмов (например, используя кольцевание, ученые следят за перемещением перелетных птиц во время сезонных миграций) ведутся с помощью полевых методов.

Материалы наблюдений фиксируются в записях, рисунках, фотографиях, видеосъемках.

**Экспериментальные методы.** Лабораторные эксперименты позволяют исследовать влияние отдельных факторов среды на жизнедеятельность организмов в лабораторных условиях. В реальной среде обитания невозможно рассмотреть воздействие на организм или сообщество отдельного фактора, так как они действуют комплексно. Поэтому создаются искусственные модели экосистем, аналогичные естественным. Самым простым примером искусственной экосистемы является аквариум. Здесь ареал обитания ограничен стенками аквариума, приток энергии, света и питательных веществ осуществляется человеком, он же регулирует температуру и состав воды. Численность обитателей также изначально определена.

**Методы компьютерного моделирования и экологического прогнозирования.** Суть методов заключается в том, что с помощью математических символов строится абстрактная модель изучаемой системы. Затем, меняя значение отдельных параметров, исследуют, как поведет себя данная искусственная система, т. е. как изменится конечный результат. Такие модели экосистем строятся на основе многочисленных сведений, накопленных в полевых и лабораторных условиях. При этом правильно построенные математические модели помогают увидеть то, что труд-

но или невозможно проверить в эксперименте. Они дают возможность прогнозировать развитие экосистем в зависимости от изменений климата и антропогенных воздействий.

Как правило, в экологических исследованиях эти и другие применяемые методы исследований используются совместно или в комплексе.



**Ключевые слова:** экология: аутэкология, синэкология, экология популяций, экология сообществ и экосистем, общая экология, экология ландшафтов, промышленная экология, социальная экология, математическая экология.



**Вопросы и задания.**

1. Какие отрасли выделяют в современной экологии? Каковы объекты их научного исследования? Приведите конкретные примеры.
2. С именами каких ученых связано зарождение экологии как науки?
3. Почему экология является научной основой рационального использования и охраны природных ресурсов?
4. Как ученые проводят полевые наблюдения за природными сообществами? В чем ограниченность этого научного метода познания живой природы?
5. Каково значение экспериментов в экологических исследованиях? Чем природный эксперимент отличается от лабораторного? В каких случаях проводят лабораторный эксперимент? Приведите примеры природных и лабораторных экспериментов.
6. В каких случаях применяется моделирование в экологических исследованиях? Опишите отличие реальных и идеальных моделей в экологии



**Выскажите свое мнение.**

1. Проведите наблюдение за обитателями комнатного аквариума. Какое значение имеют свет, воздух, вода, грунт для растений и животных аквариума? Как используют эти компоненты микроорганизмы? Какие условия необходимо поддерживать в аквариуме? Результаты наблюдения оформите в виде проекта.



**Задания для самостоятельной работы.**

Разделы экологии	Биологические системы
Аутэкология	
Демэкология	
Синэкология	
Биогеоценология	
Глобальная экология	
Промышленная экология	
Социальная экология	

## ГЛАВА II. ОБЩЕБИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭКОСИСТЕМНОГО УРОВНЯ ЖИЗНИ

Изучив материал II главы, вы сумеете:

- охарактеризовать основные свойства и значение биогеоценологического уровня организации живой материи;
- охарактеризовать биогеоценоз как биосистему и экосистему;
- объяснять строение и свойства биогеоценоза как природного явления;
- описывать основные механизмы устойчивости биогеоценоза (экосистемы);
- охарактеризовать причины смены биогеоценозов;
- сравнивать экосистемы биогеоценоза и биосферы;
- описывать экосистемы и агроэкосистемы своей местности;
- составлять схемы переноса веществ и энергии в экосистемах;
- выявлять антропогенные изменения в биогеоценозах;
- обосновать собственную позицию по отношению к экологическим проблемам и поведению в природе.

### § 3. ЭКОСИСТЕМНЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ И ЕГО ОСОБЕННОСТИ. БИОГЕОЦЕНОЗ КАК БИОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА



*Охарактеризуйте биогеоценологический уровень жизни. Что является структурно-функциональной единицей данного уровня организации? Какие процессы жизнедеятельности характерны для биогеоценологического уровня?*

**Биогеоценоз** (от греч. bios – жизнь, ge – земля и koinos – общий, совместный) – это открытая биосистема, эволюционно сложившаяся из разных видов бактерий, растений, грибов и животных, совместно заселяющих определенные места обитания. Учение о биогеоценозе создал российский ученый-ботаник В.Н. Сукачев. Он доказал, что биогеоценоз является важной функциональной единицей живой природы, биосистемой, в которой осуществляется тесное взаимодействие двух ее значимых частей – комплекса живых организмов (биоценоза) и комплекса

условий внешней среды – биотопа (от греч. *bios* – жизнь и *topos* – место), во многом созданного самими живыми организмами (рис.2).



Рис.2. Структура биогеоценоза. (по В. Н. Сукачеву).

На поверхности земного шара фактически нет мест без природных сообществ. Жизнь в форме биогеоценозов охватывает почти все возможные комплексы условий внешней среды. В этом выражается главная роль и стратегия биогеоценозического уровня жизни в природе. Каждый биогеоценоз имеет определенную область и границы распространения. Они имеются в пустынях, в северных широтах и на экваторе, на огромных глубинах в придонных слоях и в толще океанов, в почвенной среде, в высокогорьях.

Как для любой биосистемы, для биогеоценоза характерны устойчивость, целостность, которые поддерживаются с помощью биологического круговорота веществ. Строение и свойства биогеоценозов исследует особая область науки экологии – биогеоценология. *Биогеоценоз* – это система, включающая сообщество живых организмов и тесно связанную с ним совокупность абиотических факторов среды в пределах одной территории, связанных между собой круговоротом веществ и потоком энергии. Он представляет собой устойчивую саморегулирующуюся биологическую систему, в которой живые компоненты (животные, растения, микроорганизмы) неразрывно связаны с неживыми компонентами (вода, почва, климат). Примеры: сосновый лес, адыр, джайлау.

**Особенности биогеоценотического уровня.** Рассмотрим особенности биосистем биогеоценотического уровня, проявляющиеся в таких общих характеристиках всех систем, как структура, процессы, организация и роль в природе. Основными структурными компонентами биогеоценоза как биосистемы являются биотоп (среда обитания) и биоценоз (сообщества живых организмов), которые связаны непрерывным обменом веществом, и представляют собой энергетически и вещественно открытую систему.

Главными процессами биогеоценотического уровня являются: продуцирование биомассы, поддерживающее существование видов; регулирование численности видов; круговорот веществ и поток энергии, благодаря которым обеспечиваются саморегуляция и динамическая устойчивость биосистемы.

Роль биогеоценозов в природе заключается в создании благоприятных условий для существования огромного количества взаимодействующих видов и в поддержании непрерывного биологического круговорота веществ в биосфере. Многообразие и длительность существования биогеоценозов определяют эволюцию биосферы. Биогеоценозы объединяются в единую систему глобального биологического круговорота (биогеохимические циклы), обеспечивающую динамическую устойчивость биосферы.

Сложившиеся биогеоценозы отличает целостность, самовоспроизводство, устойчивость, саморегуляция.

**Понятие экосистема.** Термин «экосистема» был введен в 1935 году английским ботаником А. Тенсли. По его определению, экосистема – это комплекс организмов и физических факторов окружающей среды, функционирующих за счет обмена веществ и потока энергии. Тенсли считал, что экосистемы представляют собой «основные природные единицы на земной поверхности».

Биогеоценоз и экосистема – близкие понятия, обозначающие биосистемы одного уровня организации. Общим признаком для этих систем является наличие в них обмена веществом и энергией между живым и неживым компонентами. Несмотря на то, что экосистема и биогеоценоз используются как сходные понятия, но в трактовке понятий «биогеоценоз» и «экосистема» имеются различия. Считается, что содержание понятия «биогеоценоз» отражает преимущественно конкретные структурные характеристики изучаемой биосистемы, тогда как понятие «экосистема» выражает ее функциональную сущность. Экосистемы по своим размерам, разнообразием видов и сложности отличаются от биогеоценозов. В то время, как биогеоценозы имеют определенные четкие границы, обозначить границы экосистем очень трудно. Так, термином «биогеоценоз» обозначается природный комплекс



живых организмов и условий среды конкретного участка земной поверхности. Биогеоценоз конкретен, ему присваивают имя по преобладающим в сообществе видам, например: «арчовый лес», «ореховый лес» и др.

Термином «экосистема» называют любую по величине совокупность живых организмов и условий среды, в которых может осуществляться круговорот веществ между живой и неживой частями, независимо от того, на каком конкретном участке поверхности Земли это происходит. Экосистема представляет собой более широкое понятие по сравнению с биогеоценозом.

Любой биогеоценоз – это экосистема, но не каждую экосистему можно назвать биогеоценозом. Существуют экосистемы различного масштаба: малые экосистемы – микроэкосистемы (капля воды с микробами, трухлявый пень, со своими микроорганизмами, грибами и мелкими позвоночными животными, лужа с дождевой водой, аквариум и др.); средние по величине экосистемы – мезоэкосистемы (яблоневый сад, поле, лес, пруд, река, озеро и др.); крупные экосистемы – макроэкосистемы (океан, степь, тайга, тропический лес, горы, пустыня и др.); глобальная экосистема (биосфера).

Таким образом, экосистемы не имеют определенного объема, охватывают пространства разной величины. Они могут быть как естественными, так и искусственными, то есть создаваться человеком для хозяйственного использования. В состав экосистемы могут входить несколько биогеоценозов. Биогеоценозы – это природные экосистемы, границы которой определены фитоценозом, то есть сообществом растений.



**Ключевые слова:** биогеоценоз, биоценоз, биотоп, биогеохимические циклы, микроэкосистемы, макроэкосистемы, мезоэкосистемы, глобальная экосистема.



### Вопросы и задания.

1. Что такое экосистема и биогеоценоз?
2. Из каких структурных компонентов состоит экосистема?
3. Дайте определение понятий «биоценоз» и «биотоп».
4. Какие функциональные группы организмов различают в экосистеме?
5. Охарактеризуйте роль организмов разных функциональных групп в поддержании экосистемы.



### Задания для самостоятельной работы.

Заполните таблицу. Установите отличительные признаки и сходства биогеоценоза и экосистемы.

Свойства биогеоценоза	Сходство	Свойства экосистемы



*Вспомните структуру биогеоценозов.*

В учении о биогеоценозе рассматриваются свойства конкретного природного комплекса, биотические взаимосвязи, биологическое разнообразие видов, входящих в данный природный комплекс. В то время как в определении экосистемы отмечается, что она охватывает комплексы любого масштаба, в определении биогеоценоза подчеркивается его отчетливая территориальная приуроченность. Несмотря на некоторые различия, понятия «биоценоз» и «сообщество», «биогеоценоз» и «экосистема» практически означают одно и то же природное явление – надвидовой уровень организации биологических систем.

Структура экосистемы та же, что и у биогеоценоза. Она характеризуется наличием двух компонентов – условий среды (биотоп) и живого населения (биоценоз), включающего в себя три функционально различные группы организмов, осуществляющие движение веществ в круговороте химических элементов Земли и поток энергии (рис.3).

**Биотоп** (от греч. *bios* – жизнь и *topos* – место или местообитание), характеризует не только пространство, занимаемую сообществом, но и взаимодействующий комплекс экологических условий окружающей среды, в совокупности с которым протекает жизнь сообществ. Своей жизнедеятельностью живые организмы биогеоценоза существенно изменяют абиотические условия среды (экотоп) и превращают их в биотоп.

*Абиотическую среду* (экотоп) экосистемы образует неживой (косный) компонент – климатоп (свет, температура, влага, воздух и т. п.) и компонент биокосного происхождения – эдафотоп (почва, грунт). Экотоп представляет определенную территорию со всеми особенностями почвы, климата и других факторов в неизменном организмами виде. Примерами экотопа могут служить заново образовавшиеся территории, например, новообразовавшиеся вулканические или коралловые острова. «Биотоп» – преобразованный живыми организмами экотоп или участок территории, с определенными видами растений или животных.

**Биоценоз** – это совокупность живых организмов, населяющие биотоп. Биоценоз характеризуется определенным составом и количеством видов, взаимоотношениями внутри видов, между видами и с внешней средой.

Зеленые растения биогеоценоза (фитоценоз), используя в процессе фотосинтеза солнечную энергию, образуют органические вещества,

которые служат пищей для различных животных (зооценоз). Грибы (микоценоз) и микроорганизмы (микробиоценоз) разрушают органические вещества, и возвращают неорганические соединения в окружающую среду. Основываясь на пищевых взаимоотношениях видов, в биогеоценозе идет постоянное движение веществ и энергии от окружающей среды к живым организмам и от них в абиотическую среду. Возникающие при этом круговорот веществ и поток энергии, специфичные для каждого биогеоценоза, вливаются в общий глобальный круговорот веществ и поток энергии биосферы.

Все живые организмы биоценоза делится на три функциональные группы: продуценты, консументы и редуценты.

Эти три группы отличаются по экологическим свойствам, в их состав входят популяции многих видов, специфичных для конкретного биогеоценоза. Их взаимодействие между собой и с окружающей средой обеспечивает биогеоценозу его целостность.

**Продуценты** (от лат. *producens* – создающий) – производители органических веществ – автотрофные организмы, способные синтезировать органические вещества из неорганических соединений. К данной группе относят зеленые растения, фотосинтезирующие и хемосинтезирующие бактерии.

**Консументы** (от лат. *consume* – потребляю), или потребители, – гетеротрофные организмы, они потребляют органическое вещество и




Автотрофы	Гетеротрофы	
Продуценты	Консументы	Редуценты
		

Рис.3. Функциональные группы биоценоза.

передают содержащуюся в нем энергию по пищевым цепям. Пищевая (трофическая) цепь – последовательность организмов, в которой происходит поэтапный перенос вещества и энергии от источника к потребителю. К консументам относятся все животные и растения-паразиты.

**Редуценты** (от лат. *reduco* – возвращаю, восстанавливаю), или деструкторы (лат. *destruo* – разрушаю) – гетеротрофные организмы, разрушающие отмершее органическое вещество любого происхождения до минерального. К ним относятся сапротрофные (сапрофитные) бактерии и грибы. Они потребляют мертвые органические остатки и подвергают их минерализации (деструкции) до неорганических соединений. Образующееся минеральное вещество накапливается в почве и в дальнейшем поглощается продуцентами.

Таким образом, биоценоз состоит из продуцентов, консументов и редуцентов. Отдельное существование организмов каждой из этих функциональных групп невозможно.

**Свойства биогеоценозов.** Биогеоценозы обладают рядом свойств, которые позволяют им существовать в течении длительных периодов времени в относительно неизменном виде. К таким свойствам относятся самовоспроизводство, устойчивость, саморегуляция, саморазвитие, сукцессия (смена экосистемы).

**Самовоспроизводство** – способность биогеоценоза воссоздавать поток энергии и осуществлять биологический круговорот веществ между организмами и неорганической природой. Солнечная энергия, вода и минеральные вещества, аккумулируемые продуцентами, используются для жизнедеятельности живого компонента биогеоценоза. Остатки животного и растительного происхождения, удаленные во внешнюю среду, минерализуются редуцентами и снова вовлекаются в круговорот веществ. При дыхании организмов выделяется во внешнюю среду углекислый газ, который, используется продуцентами для фотосинтеза. Благодаря процессу фотосинтеза восполняется атмосферный кислород, потребляемый аэробами при дыхании.

**Устойчивость биогеоценоза или экосистемы** – это способность непрерывно поддерживать свою структуру, характер связей между компонентами и их функционирование в пределах естественного колебания своих показателей. Устойчивость обеспечивается высоким видовым разнообразием.

**Саморегуляция** – способность биогеоценоза к восстановлению динамического равновесия и связей между основными его компонентами

после природного или антропогенного воздействия. За счет биотических связей количество всех видов поддерживается на постоянном уровне. Например, высокий урожай семенных растений вызывает рост численности грызунов, которые питаются семенами растений, что является причиной увеличения численности хищников. Возрастание количества хищников приводит к снижению численности жертв. Таким образом, хищники регулируют численность травоядных животных, деятельность травоядных животных влияет на численность растений. Та же зависимость проявляется при взаимодействии в звене паразит-хозяин.

**Саморазвитие** – свойство биогеоценозов осуществлять изменения своей структуры и функционирования. Изменения в сообществах могут быть циклическими и поступательными. Циклические изменения связаны с суточными и сезонными колебаниями условий внешней среды и биоритмами организмов, при которых биоценоз возвращается к исходному состоянию. Поступательные (последовательное) изменения – изменения в биоценозе, которые, в конечном счете, приводят к смене этого сообщества другим. Последовательное замещение одного биоценоза другим называется экологической сукцессией (от лат. *successio* – преемственность).

**Сукцессия** – последовательная смена биоценозов (экосистем), выраженная в изменении видового состава и структуры сообщества.

Таким образом, биогеоценоз – совокупность биоценоза и биотопа, где осуществляется круговорот веществ и превращение энергии. Функциональными компонентами экосистемы являются продуценты, консументы и редуценты.



**Ключевые слова:** экотоп, климатоп, эдафотоп, фитоценоз, зооценоз, микробиоценоз, продуценты, консументы и редуценты.



**Вопросы и задания.**

1. Сравните определения понятий «биогеоценоз» и «экосистема». Что между ними общего? В чем отличие?
2. В чем состоит роль продуцентов в экосистеме? Приведите примеры фототрофов и хемоавтотрофов.
3. Какую функцию в экосистеме выполняют редуценты? Назовите их представителей.
4. Что означает самовоспроизводство и устойчивость биогеоценоза?
5. В чем проявляется саморегуляция биогеоценоза?



**Выскажите свое мнение.**

1. Дайте экологический прогноз возможных последствий в экосистеме, если в ней произойдет резкое сокращение численности редуцентов. Какие последствия могли бы ожидать Землю, если бы исчезли все редуценты?
2. Установите соответствие между функциональными группами и их представителями. Функциональные группы. 1) продуценты. 2) консументы. 3) редуценты. Представители: а) береза; б) лось; в) дождевой червь; г) щука; д) подосиновик; е) лишайник; ж) ламинария; з) многоножка; и) дафния; к) железобактерии; л) аммонифицирующие бактерии.
3. Заполните таблицу. Установите соответствие между понятиями и их определениями.

№	Экологические термины	№	Определения
1	Биоценоз	А	Определенная территория со всеми особенностями факторов в неизменном организмах виде
2	Продуценты	Б	Потребители органического вещества – гетеротрофные организмы
3	Климатоп	В	Косный компонент экосистемы
4	Фитоценоз	Г	Последовательное замещение одного биоценоза другим
5	Редуценты	Д	Компонент экосистемы биокосного происхождения
6	Экотоп	Е	Преобразованный живыми организмами участок территории, для определенных видов растений или животных
7	Консументы	Ж	Совокупность живых организмов, населяющие биотоп
8	Экологическая сукцессия	З	Гетеротрофные организмы, разрушающие отмершее органическое вещество любого происхождения до минерального
9	Эдафотоп	И	Производители органических веществ
10	Биотоп	К	Зеленые растения биогеоценоза

4. Заполните таблицу.

Сообщества	Характеристика	Пример
Фитоценоз		
Зооценоз		
Микоценоз		
Микробиоценоз		

5. Какие из экосистем можно назвать биогеоценозами: луг, озеро, гнилой пень, море, хвойный лес, реку?

## § 5. СРЕДА ОБИТАНИЯ ОРГАНИЗМОВ. ВОДНАЯ СРЕДА ЖИЗНИ



*Какое воздействие оказывают на организмы условия среды обитания?*

Все живые организмы существуют в определенной среде обитания (среде жизни), которая оказывает на них воздействия. Среда обитания – это совокупность условий живой и неживой природы, в которых существует данный организм, популяция или вид, и с которыми они находятся в прямых или косвенных взаимоотношениях. Среда обитания это часть природы, которая окружает организм и с которой он непосредственно взаимодействует в течение своего жизненного цикла.

Среда обитания каждого организма включает множество элементов (компонентов) живой и неживой природы. В экологии эти элементы среды называются факторами. Экологическими факторами называются любой элемент или условие среды, на которые организмы реагируют приспособительными реакциями или адаптациями. Таким образом, среда – это совокупность факторов, окружающих живые организмы и оказывающих на них прямое или косвенное воздействие. Из среды организмы получают все необходимые ресурсы для жизни и в нее же выделяют продукты своего обмена веществ. Условия среды оказывают определенное влияние и на географическое распространение живых существ. Все факторы среды по отношению к организму неравнозначны. Присутствие одних факторов обязательно и необходимо для жизни организма, а других – не обязательно.

У всех организмов в процессе эволюции выработались специфические, морфологические, физиологические, поведенческие и другие приспособления – адаптации к обитанию в своей среде. Адаптация (от лат. adaptatio – прилаживание, приспособление) – признак или комплекс признаков, обеспечивающих выживание и размножение организмов в конкретной среде обитания. Например, обтекаемая форма тела рыб облегчает их передвижение в плотной водной среде. У некоторых видов растений засушливых мест вода может запасаться в листьях (алоэ) или стеблях (кактус).

Все многообразие экологических факторов подразделяют на три группы – абиотические, биотические и антропогенные.

Главная закономерность в системе «среда-организм» – это неразрывная связь и взаимное влияние среды и организма. Все среды жизни, обеспечивая необходимыми условиями живущие в них организмы,

постоянно претерпевают существенные изменения от жизнедеятельности этих организмов. Как организм испытывает воздействие среды, так и среда претерпевает изменения в результате воздействия живых организмов.

Закономерность системы «среда-организм» была сформулирована В.И. Вернадским и получила название закона единства организма и среды его обитания: жизнь развивается в результате постоянного обмена веществ и информации на базе потока энергии в совокупном единстве среды и населяющих ее организмов. Из данного закона следует эволюционно-экологический принцип, согласно которому вид может существовать до тех пор пока окружающая его среда соответствует генетическим возможностям приспособления данного вида.

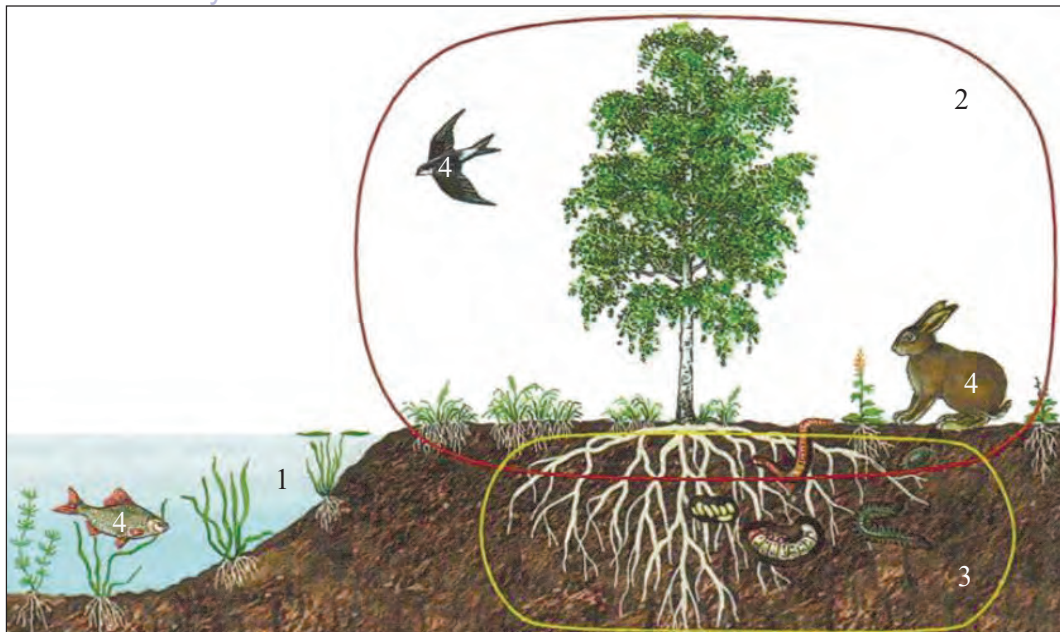
Живые организмы тоже сильно влияют на среду обитания уже тем, что живут в ней. Они дышат, питаются, выделяют продукты обмена, растут и размножаются, перемещаются в пространстве. В результате этого изменяются газовый состав воздуха, почва, чистота вод и другие особенности местообитаний. И хотя воздействие каждого отдельного организма на окружающую среду может быть мало, масштабы суммарной активности живых существ огромны. Влияние организмов на среду обитания называют их средообразующей деятельностью.

На Земле существуют четыре основные среды обитания, освоенные и заселенные организмами. Это водная среда, наземно-воздушная, почвенная и среда, образуемая самими живыми организмами (для паразитов и симбионтов). Каждая из них имеет свои специфические условия жизни (рис.4).

Организмы ведут свое существование в одной или нескольких средах жизни. Средой, в которой возникла жизнь, была вода. По мере исторического развития организмы начали заселять наземно-воздушную среду. В результате появились наземные растения и животные, которые эволюционировали, адаптируясь к новым условиям существования. В процессе жизнедеятельности живых организмов поверхностный слой земли постепенно преобразовался в почву и некоторые организмы перешли к почвенному образу жизни. Организменную среду освоили паразиты и симбионты.

В каждой среде различают конкретные местообитания, или биотопы, которые представляют собой конкретные комплексы условий, качественно различающиеся между собой. Например, в водной среде различаются местообитания в толще воды, на дне, на поверхности, среди водорослей и трав и др.





**Рис.4.** Четыре среды жизни на Земле: 1 – водная; 2 – наземно-воздушная; 3 – почвенная; 4 – организменная.

**Водная среда жизни.** На нашей планете это самая распространенная среда обитания, которая объединяет Мировой океан, континентальные водоемы и подземные воды. Организмы, обитающие в водной среде, называются гидробионтами (от греч. hydro – вода, bios – жизнь) (рис.5).

Вода имеет ряд специфических свойств: большую плотность, прозрачность, высокую теплоемкость и теплопроводность, расширение при замерзании, относительно малое содержание кислорода, ограниченную проницаемость для света. Еще одной характерной особенностью водной среды является подвижность – текучесть. Движение воды обеспечивает снабжение водных организмов кислородом и питательными веществами, приводит к выравниванию температуры во всем водоеме. В воде температура изменяется в меньшей степени, чем на суше, из-за высокой теплоемкости и теплопроводности воды. Повышение температуры воздуха на  $10^{\circ}\text{C}$  вызывает повышение температуры воды на  $1^{\circ}\text{C}$ . С глубиной температура постепенно снижается. На больших глубинах температурный режим относительно постоянен (не выше  $+4^{\circ}\text{C}$ ). В верхних слоях наблюдаются суточные и сезонные колебания от  $0$  до  $+36^{\circ}\text{C}$ .



**Рис.5.** Обитатели водной среды.

Высокая плотность водной среды (в 700 раз больше, чем у воздуха) создает для обитающих в ней организмов возможность опоры. Одноклеточные водоросли, простейшие, медузы, мелкие ракообразные на теле имеют разнообразные выросты, увеличивающие площадь соприкосновения с водой, что обеспечивает их плавучесть. Рыбы, удерживают свое тело в толще воды благодаря плавательному пузырю. Активно плавающие водные организмы преодолевают сопротивление воды благодаря обтекаемой форме тела и специальным органам передвижения.

Света в воде меньше, чем в воздухе. Часть солнечных лучей отражается от ее поверхности, а часть поглощается толщей воды. Убывание света по мере погружения на глубину ограничивает распространение в водной среде растений, которым свет необходим для процесса фотосинтеза. На животных недостаток света сказывается меньше.

Существенную роль в жизни водных организмов играет соленость воды. Разные водоемы имеют определенный химический состав. Одним из важнейших газов, содержащихся в воде, является кислород. Основным источником кислорода – фотосинтетическая деятельность зеленых растений, он также поступает из атмосферы.

**Адаптации растений к жизни в воде.** В соленых водах обитают только водоросли. Эти растения вырабатывают дополнительные пигменты, чтобы приспособиваться к недостатку света. Водоросли, обитающие на разных глубинах, имеют различную окраску: в мелководных зонах преобладают зеленые водоросли, в более глубоких встречаются бурые, а еще глубже обитают самые глубоководные водоросли – красные водоросли.

Высшие растения водной среды называются гидрофитами (от греч. hydro – вода, phyton – растение). Вода отличается от воздуха большей плотностью, что отражается на строении тела гидрофитов. В стеблях водных высших растений слабо развиты механическая ткань, проводящая ткань и корневая система. Иногда корни отсутствуют (элодея), или служат для закрепления в субстрате (рогоз, стрелолист). На корнях отсутствуют корневые волоски. Приспособлением к недостатку кислорода в воде является наличие в органах растений воздухоносной ткани – аэренхимы. Листовые пластинки тонкие, у некоторых растений (кувшинка и стрелолист) форма листьев в воде и на воздухе разная. Пыльца, плоды и семена водных растений имеют прочные оболочки, предотвращающие попадание воды внутрь и приспособлены к распространению водой.

**Адаптации животных к жизни в воде.** Животный мир водной среды богат, чем растительный. Их разделяют на экологические группы: планктон, нектон, бентос. Эти группы отличаются морфологическими, физиологическими и поведенческими адаптациями.

**Планктон** (от греч. planktos – парящий, блуждающий) – совокупность организмов, населяющих толщу воды, не способных к самостоятельному движению и пассивно переносимых течением. Он представлен простейшими, кишечнополостными, мелкими ракообразными, икринками и личинками рыб. Для большинства планктонных организмов характерны приспособления для парения в толще воды: длинные выросты, газовые или жировые включения.

**Нектон** (от греч. nektos – плавающий) – активно плавающие водные животные, которые способны противостоять течению и перемещаться на

значительные расстояния. К этой группе относятся: головоногие моллюски рыбы, китообразные, ластоногие. Адаптациями к активному плаванию и уменьшению трения тела являются хорошо развитая мускулатура, обтекаемая форма тела, наличие на коже чешуи и слизи, плавники, лапы и др.

**Бентос** (от греч. benthos – глубина) – организмы, обитающие на дне водоема или в толще донного грунта. Бентосные организмы имеют адаптации, направленные на уменьшение плавучести: раковину (моллюски), хитиновый покров (раки, крабы, омары, langусты), органы фиксации для закрепления на дне (присоски у пиявок). Скаты, рыба камбала имеют уплощенное тело, ланцетники и некоторые многощетинковые черви зарываются в грунт.



**Ключевые слова:** среда, среда обитания, адаптация, экологические факторы, гидробионты, гидрофиты, планктон, нектон, бентос.



### Вопросы и задания.

1. Дайте определение понятия «среда жизни». Какие среды жизни можно выделить на планете Земля?
2. Каковы особенности водной среды обитания?
3. Укажите источники кислорода и углекислого газа в воде.
4. Содержание какого газа в воде является лимитирующим фактором?
5. В чем проявляются приспособления растений к жизни в воде? Приведите примеры.
6. Установите соответствие между экологическими группами водных обитателей и их представителями. Экологические группы: 1) планктон; 2) нектон; 3) бентос. Представители: а) щука; б) медуза; в) камбала; г) осьминог; д) краб; е) дафния; ж) рак-отшельник.



### Выскажите свое мнение.

Назовите причины массовой гибели рыб в зимние и летние периоды. Составьте план мероприятий, позволяющих их предотвратить.



### Задания для самостоятельной работы.

1. Заполните таблицу. Напишите адаптации животных к водной среде.

Животное	Адаптации
Касатка	
Белуга	
Манта	
Морская черепаха	
Медузы	
Актинии	
Колюшка	

2. Биологический диктант. Напишите соответствующий термин из списка, соответствующий следующим определениям. Термины: среда, планктон, адаптация, экологические факторы, среда обитания, нектон, гидробионты, бентос.

№	Сущность термина	Термин
1	Активно плавающие водные животные, которые способны противостоять течению	
2	Совокупность факторов, оказывающих на них прямое или косвенное воздействие	
3	Организмы, обитающие в водной среде	
4	Любой элемент или условие среды, на которые организмы реагируют адаптациями	
5	Совокупность условий живой и неживой природы	
6	Признак, обеспечивающий выживание и размножение организмов в конкретной среде	
7	Совокупность организмов, населяющих толщу воды, не способных к самостоятельному движению	
8	Организмы, обитающие на дне водоема или в толще донного грунта	

## § 6. НАЗЕМНО-ВОЗДУШНАЯ, ПОЧВЕННАЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ. ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ КАК СРЕДА ЖИЗНИ



*Вспомните из курса зоологии, какие животные занимают наземно-воздушную и почвенную среды обитания.*

**Наземно-воздушная среда.** Особенностью наземно-воздушной среды является то, что организмы, обитающие в этой среде, окружены воздухом. Воздух представляет собой смесь газов. Воздух как экологический фактор характеризуется постоянством состава – азота в нем содержится 78,08%, кислорода – около 20,9%, аргона – около 1%, углекислого газа – 0,03%. Кислород появился в атмосфере Земли примерно 2,5 млрд. лет назад и главную роль в этом играло развитие растительного мира суши и океана. За счет диоксида углерода и воды растения синтезируют органическое вещество и выделяют кислород. Большинство животных в этой среде передвигаются по твердому субстрату – почве, а растения укореняются в ней.

Воздух обладает низкой плотностью, что определяет его незначительное сопротивление при передвижении организмов по поверхности

почвы и поэтому не может выполнять функцию опоры для организмов (за исключением летающих). Низкая плотность воздуха обуславливает также низкое давление на суше (760 мм рт. ст.). Воздух имеет более высокую прозрачность, чем вода (рис.6).

Экологические факторы, действующие в наземно-воздушной среде, отличаются специфическими особенностями: свет здесь по сравнению с другими средами интенсивнее, температура претерпевает более сильные колебания, влажность значительно изменяется в зависимости от географического положения, сезона и времени суток. Воздушные массы перемещаются в горизонтальном и вертикальном направлениях. Это приводит к появлению такого экологического фактора, как ветер.

Воздух, как и другие факторы среды, оказывает на организмы прямое и косвенное действие. При прямом воздействии он имеет небольшое экологическое значение. Косвенное влияние воздуха осуществляется через ветры, которые меняют характер таких важных факторов, как температура и влажность, оказывают механическое действие на



Рис.6. Обитатели наземно-воздушной среды.

организмы. Ветер вызывает изменение интенсивности транспирации у растений. Ветер играет определенную роль в опылении растений-анемофилов (от греческого *anemos* – ветер, *filia* – любовь, дружба) – ветроопыляемых растений, которые выработали для этого ряд приспособлений. Воздушные потоки выполняют определенную роль в расселении растений и животных. Плоды растений имеют множество приспособлений, и разносятся ветром на большие расстояния. Из курса ботаники вам известно, что анемохорные растения (от греч. *anemos* – ветер и *choreo* – продвигаюсь) – растения, плоды которых распространяются ветром, имеют ряд приспособлений.

Для наземно-воздушной среды характерна зональность и каждая климатическая зона характеризуется своеобразной растительностью и животными. Наземно-воздушная среда жизни отличается огромным разнообразием местообитаний: пустыни, степи, леса, пещеры, болота, равнины и горы.

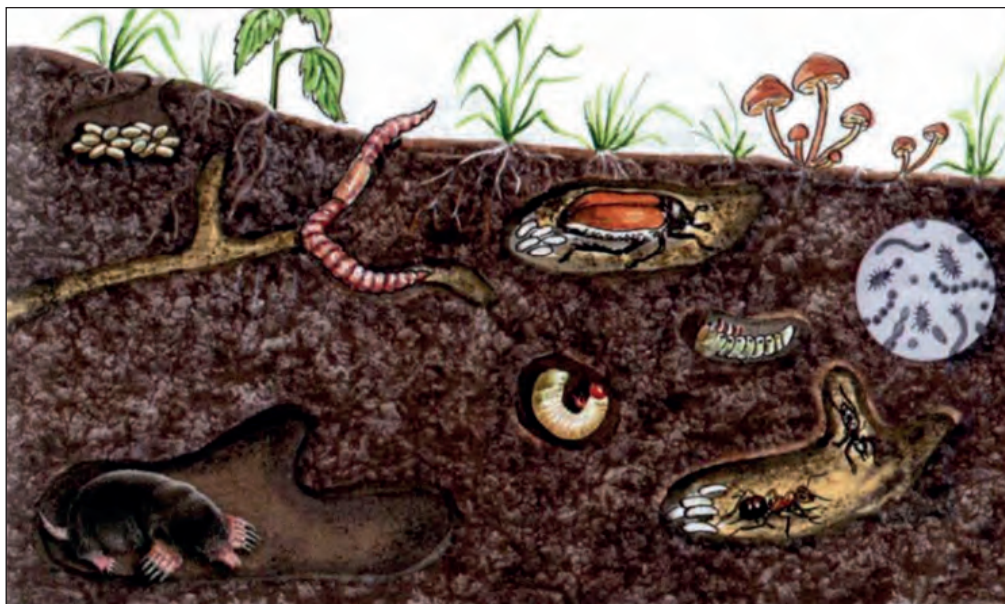
**Адаптации растений и животных к жизни в наземно-воздушной среде.** Приспособления к наземно-воздушной среде связаны с выходом растений на сушу. Так как воздух не может служить надежной опорой, у растений возникли механические ткани. Широкий диапазон изменения климатических факторов стал причиной формирования плотных покровных тканей – перидермы, корки. Благодаря подвижности воздуха (ветру) у растений сформировались приспособления к опылению, распространению спор, плодов и семян.

Многие животные (насекомые, птицы) приспособились к активному полету. Перемещение воздушных масс используется некоторыми мелкими организмами (пауки, насекомые) для пассивного расселения. Низкая плотность воздуха стала причиной совершенствования у животных в процессе эволюции наружного (членистоногие) и внутреннего (позвоночные) скелетов. У наземных животных имеет место ограничение предельной массы и размеров тела. Самое крупное животное суши – слон (масса до 5 т) гораздо меньше морского гиганта – синего кита (до 150 т).

**Почвенная среда обитания.** Почва, обладающий плодородием, верхний слой земной коры. Она образовалась в результате взаимодействия климатических и биологических факторов. Твердые частицы, из которых состоит почва, окружены воздухом и водой.

Почва, как среда обитания, характеризуется: большой плотностью, отсутствием света, незначительными температурными колебаниями,

низким содержанием кислорода и достаточно высоким – углекислого газа. Почвы разных климатических зон отличаются влажностью, аэрацией (обеспечение воздухом), реакцией среды (рН), засоленностью. Виды, населяющие почвенную среду, называют эдафобионтами (от греч. edaphos – «почва» и biontos – «живущий») (рис.7).



**Рис.7.** Обитатели почвы.

На верхних слоях почвы содержатся корни растений, которые в процессе жизнедеятельности и после отмирания и разложения, разрыхляют почву и создают определенные условия для жизни других организмов. Животные, обитающие в почве, перемешивают почвенную массу. Накопленные в почве отмершие части растений и животных являются источником органического вещества и обеспечивают энергией обитающих в почве простейших, бактерий и грибов. Почва в жизни растений выполняет функции закрепления, водоснабжения, источника минерального питания. Важную роль в росте и развитии растений играет органическое вещество почвы – перегной или гумус. Содержащиеся в почве органические вещества расщепляются под воздействием различных физико-химических процессов, а также живых организмов (детритофагов, бактерий, грибов) и превращаются в гумус. Гумус – конечный



продукт распада органических веществ, и чем больше гумуса, тем выше плодородие почвы. Он обуславливает плодородие почв и их структуру. Процессы минерализации органических веществ и перегноя обеспечивают постоянное поступление в почвенный раствор таких важнейших элементов, таких как азот, фосфор, сера, кальций, калий, микроэлементы. В корневом питании растений особую роль играют почвенные микроорганизмы, выделения которых усваиваются корневой системой. Большинство высших растений имеют микоризу, значительно увеличивающую активную поверхность корней.

Микроорганизмы, растения и животные, обитающие в почве, находятся в постоянном взаимодействии друг с другом. Животные и бактерии потребляют растительные углеводы, белки, жиры. Грибы разрушают целлюлозу – древесину. Благодаря этим взаимоотношениям и в результате изменений физических и биохимических свойств горной породы в природе постоянно происходят почвообразовательные процессы.

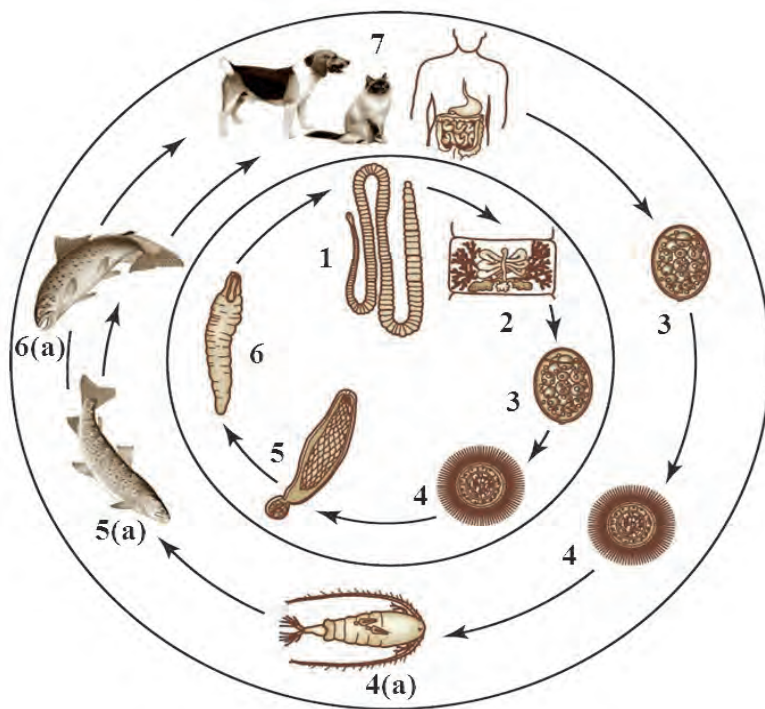
**Адаптации растений и животных к жизни в почве.** В сухих климатических условиях растения испытывают дефицит воды. В сильно засоленных почвах из-за высокого осмотического давления почвенного раствора, вода для многих растений оказывается недоступной. Растения даже на влажных почвах могут испытывать дефицит воды, когда низкая температура почвы препятствуют нормальному функционированию корневой системы.

В процессе эволюции у почвенных животных выработались соответствующие адаптации. Они имеют небольшие размеры тела, прочные не намокающие или покрытое слизью кожные покровы, отсутствие или недоразвитие органов зрения. Для них характерны разные способы передвижения в почве. Например, медведки и кроты роют ходы и норы, дождевые черви раздвигают почвенные частицы и прокладывают ходы. Землероющие животные имеют копательные конечности, кольчатые черви имеют гидростатический скелет и щетинки для опоры, насекомые и многоножки – коготки.

**Живые организмы как среда жизни.** Живой организм может служить средой обитания для паразитов и симбионтов. Эта среда обитания представлена телами самих организмов – растениями, животными, в том числе и человеком. Использование одними живыми организмами других в качестве среды обитания – древнее и широко распространенное явление в природе. Организм, в котором поселяются другие организмы, называют хозяином. Они используются другими организ-

мами, главным образом паразитическими бактериями, грибами и некоторыми беспозвоночными животными, а также симбиотическими простейшими и водорослями, в качестве места для жизни и источника питательных веществ. Различают несколько типов симбиоза, которые будут рассмотрены в следующих темах. Организмы, населяющие внутренние органы и ткани, называются эндобионтами (от греч. endon – внутри и biontos – живущий) (рис.8).

Внутриорганизменная среда, как среда обитания, характеризуется рядом специфических особенностей, которые обеспечивают защиту от неблагоприятных внешних воздействий: наличием достаточного количества воды и пищи для его обитателей, постоянством температурного, солевого и осмотического режимов и др.



**Рис.8.** Жизненный цикл широкого лентеца: 1 – половозрелый червь; 2 – зрелый членик; 3 – яйцо; 4 – личинка первого порядка; 4(a) – промежуточный хозяин первого порядка (циклоп); 5 – личинка второго порядка; 5(a) – промежуточный хозяин второго порядка (мелкие рыбы); 6 – личинка третьего порядка; 6(a) – промежуточный хозяин третьего порядка (хищная рыба); 7 – окончательный хозяин (человек, хищные млекопитающие).

Вместе с тем организмы-паразиты и симбионты испытывают ряд трудностей: ограниченность жизненного пространства, сложность распространения паразита и симбионта от одного хозяина к другому и ответные защитные реакции со стороны активного иммунитета организма-хозяина.

**Адаптации к жизни в другом организме.** Взаимоотношения, когда один организм (паразит) живет за счет другого (хозяина), называются паразитизмом. По характеру взаимоотношений с хозяином выделяют две категории организмов-паразитов: эктопаразиты обитают на поверхности тела хозяина (вши, блохи, клещи, клопы); эндопаразиты живут в теле хозяина (малярийный плазмодий, аскарида, власоглав, бычий цепень). Эндопаразиты обитают в полости тела, в тканях и в клетках. У эндопаразитов в процессе эволюции выработались ряд приспособлений к жизни в другом организме. Основные адаптации к паразитизму: малые размеры тела, упрощение внешнего и внутреннего строения, защитные покровы тела, высокая плодовитость, смена хозяев в жизненном цикле.

У паразитов нет необходимости иметь сложное строение и вырабатывать сложные механизмы адаптации, так как условия обитания паразитов постоянны и оптимальны. Поэтому у них происходит упрощение или редукция отдельных систем органов. Например, на теле паразитических червей отсутствуют органы передвижения. Некоторые представители имеют органы фиксации (крючки, присоски), позволяющие закрепиться в организме хозяина. Легкодоступная пища, привела к упрощению системы пищеварения у паразитов. У печеночного сосальщика пищеварительная система упрощена, а у бычьего цепня и вовсе утрачена. Ограничения в доступе к кислороду привели к переходу на анаэробный тип дыхания (брожение). Такой способ дыхания оправдывается, так как энергетические затраты паразитов невелики, а запас пищи неиссякаем.

В отличие от свободноживущих организмов, взаимодействующих с окружающей средой, паразиты переложили тяжесть регуляции отношений со средой на хозяина. Это привело к упрощению строения их нервной системы и редукции органов чувств. Отпала и необходимость выработки приспособлений для активной и пассивной защиты от врагов.

Большинство паразитов обитает в пищеварительном тракте хозяина и подвержено воздействию ферментов пищеварительных соков. Для защиты от переваривания у них сформировались специфические покровы тела. Трудности в распространении у паразитов компенсируются повы-

пением способности к размножению. Интенсивное развитие половой системы обеспечивает высокие репродуктивные возможности вида.

У паразитов, как правило, в жизненном цикле наблюдается смена хозяев. Благодаря этому не допускается скопление в одном организме-хозяине большого количества паразитов, что могло бы привести к его гибели.

У паразитических растений питание соком хозяина привело к редукции системы фотосинтеза и утрате хлорофилла. У них также произошло упрощение строения или полная потеря вегетативных органов – корня, листа.



**Ключевые слова:** наземно-воздушная среда, почвенная среда обитания, живые организмы как среда жизни, аэробии, эдафобии, эндобии, эктопаразиты, эндопаразиты.



### Вопросы и задания.

1. Охарактеризуйте свойства воздуха как компонента наземно-воздушной среды.
2. Какие факторы наземно-воздушной среды являются лимитирующими? Почему?
3. Какие приспособления имеются у организмов к жизни в наземно-воздушной среде?
4. Перечислите особенности почвы как среды жизни.
5. Каковы приспособления организмов к жизни в почве? Приведите примеры организмов – обитателей почвы.
6. Каковы особенности внутриорганизменной среды обитания?
7. В чем проявляются приспособления организмов к внутрипаразитическому образу жизни?



### Задания для самостоятельной работы.

1. Выберите признаки, характерные для специфических условий жизни в определенной среде.

Среды: А. Наземно-воздушная среда. Б. Водная среда. С. Живой организм.

Признаки: 1) мягкий температурный режим; 2) достаточно высокая плотность среды; 3) сравнительно малая плотность среды; 4) ограниченность кислорода; 5) резкие изменения температуры; 6) различный солевой состав; 7) практически неограниченный запас пищи относительно стабильность условий; 8) практически полное отсутствие кислорода; 9) активное сопротивление среды обитания; 10) относительно постоянное количество кислорода.

- Установите соответствие между обитателями почвы и их адаптациями для передвижения. Обитатели почвы: 1) крот; 2) личинки насекомых; 3) дождевой червь; 4) медведка; 5) многоножки. Адаптации: а) коготки; б) копательные конечности; в) гидростатический скелет.
- Установите соответствие между группами паразитов и их представителями. Группы: 1. Паразиты растений. 2. Паразиты животных. Представители: а) повилика; б) власоглав; в) бычий цепень; г) зарази́ха; д) раффле́зия; е) аскарида; ж) ришта; з) малярийный плазмодий.



**Выскажите свое мнение.**

- Обоснуйте появление у растений тканей в связи с выходом в наземно-воздушную среду.
- Перечислите преимущества организма как среды жизни. Какие экологические трудности для обитателей создает организм как среда жизни?
- Что позволяет люпину (бобовое растение) расти на бедных песчаных почвах и давать хороший урожай? Дайте аргументированный ответ.
- Какие вы знаете организмы, живущие внутри других организмов? Ощущали ли вы влияние таких обитателей на себе?
- Почему организмы, обитающие в наземно-воздушной среде, более многообразны, чем обитатели водной?



**Задания для самостоятельной работы.**

Заполните таблицу. Распределите животных соответственно их среде обитания.

Животное	Наземно - воздушная	Водная	Почва	Внутриорганизменная среда
Манта				
Ремез				
Златокрот				
Ришта				
Омар				
Аурелия				
Амеба дизентерийная				
Гавиал				
Нереида				
Нематода свекловичная				



*Вспомните, в чем проявляются приспособления организмов к среде обитания. Какие условия являются определяющими в разных средах?*

Для среды обитания характерны экологические факторы, которые составляют ее живой и неживой компоненты. Компоненты среды, оказывают на организмы различное воздействие.

**Экологические факторы.** Отдельные условия среды обитания, оказывающие различное воздействие на особи, популяции и сообщества, такие как физико-химические и биологические, называют экологическими факторами (от лат. factor – делающий, производящий).

По компонентам среды обитания экологические факторы подразделяются на абиотические, биотические и антропогенные.

**Абиотические факторы** – компоненты неживой природы. Их подразделяют на четыре группы: климатические факторы – факторы, формирующие климат в данной среде обитания (свет, температура, влажность воздуха, осадки, атмосферное давление, газовый состав воздуха, скорость ветра); эдафические факторы (от греч. edafos – почва) – свойства почвы (органический состав, минеральный состав, плотность, влажность); топографические факторы (факторы рельефа) – особенности рельефа; физические факторы – физические явления природы (магнитное поле Земли, гравитация, ионизирующее и электромагнитное излучения и т.д.).

**Биотические факторы** – факторы живой природы. В зависимости от воздействующего организма биотические факторы делят на фитогенные (влияние растений), зоогенные (животных), микробиогенные (микроорганизмы), микогенные (грибы).

**Антропогенные факторы** – факторы человеческой деятельности. Виды человеческой деятельности, приводящие к изменениям природы как среды обитания других организмов и непосредственно влияющие на их жизнь (загрязнение среды обитания, охота, рыболовство, вырубка лесов, распашка степей, осушение болот, добыча полезных ископаемых).

Один и тот же фактор среды имеет различное значение в жизни совместно обитающих организмов разных видов. Например, для крупных, обитающих в открытых местах животных, сильный ветер зимой неблагоприятен, но он не действует на более мелких, которые укрываются в норах или под снегом. Для питания растений солевой состав почвы важен, но безразличен для большинства наземных животных.

Некоторые свойства среды, такие как сила тяготения, солнечная постоянная, солевой состав океана, свойства атмосферы остаются относительно постоянными на протяжении длительных периодов времени в эволюции видов. Большинство экологических факторов, например, температура, влажность, ветер, осадки, наличие укрытий, пищи, хищников, паразитов, конкурентов и другие изменчивы. Степень изменчивости этих факторов зависит от особенностей среды обитания. Температура изменчива на поверхности суши, но почти постоянна на дне океана или в глубине пещер. Паразиты млекопитающих живут в условиях избытка пищи, а для свободно живущих хищных животных запасы пищи зависят от численности жертв.

### Закономерности действия факторов среды на организм.

Экологические факторы влияют на организмы по-разному. Но в характере их воздействия на организмы и в ответных реакциях живых существ можно выявить ряд общих закономерностей.

Каждый организм имеет специфические приспособления к факторам среды и благополучно существует лишь в определенных границах их изменяемости (рис.9).



Рис.9. Схема действия факторов среды на живые организмы.

Отрицательно сказывается на жизнедеятельности особей и недостаточное, и избыточное действие фактора. Диапазон действия фактора, который наиболее благоприятен для жизнедеятельности данного вида называют *зоной оптимума* (*биологический оптимум*). Отклонения от биологического оптимума определяют *зоны угнетения* (*зоны пессимума*) организма. Чем сильнее отклонение от оптимума, тем больше выражается угнетающее действие фактора на организм. Диапазон действия экологического фактора ограничен точками минимума и максимума и составляет пределы выносливости, это критические точки, за пределами которых существование уже невозможно, организм гибнет.

*Область толерантности* – диапазон значений экологического фактора, пределы выносливости между критическими точками, при котором возможно существование организма.

Для каждого организма характерны свои максимумы, оптимумы и минимумы экологических факторов. Например, комнатная муха выдерживает колебание температуры от  $+7$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ , комнатная температура  $+23+25^{\circ}\text{C}$  является для них оптимальной, а человеческая аскарида живет только при температуре тела человека.

Одна и та же сила проявления фактора может быть оптимальной для одного вида, пессимальной – для другого и выходить за пределы выносливости для третьего.

Немецкий химик Юстус фон Либих установил, что продуктивность культурных растений в первую очередь зависит от того минерального элемента, которое представлено в почве наиболее слабо. По имени ученого названо образное представление этого закона – так называемая «бочка Либиха» (рис.10). Суть модели состоит в том, что вода при наполнении бочки начинает переливаться через наименьшую доску в бочке и длина остальных досок уже не имеет значения. Закон ограничивающего (лимитирующего) фактора или Закон минимума Либиха звучит так: «Для выживания организма (или экосистемы) наиболее значимым является тот экологический фактор, который наиболее удаляется (отклоняется) от своего оптимального значения». Поэтому во время прогнозирования экологических условий или выполнения экспертиз очень важно определить слабое звено в жизни организма.



**Рис. 10.** Бочка Либиха.



Лимитирующий (ограничивающий) фактор – любой фактор, который ограничивает процесс развития или существования организма, вида или сообщества. Например, если в почве недостаток какого-то определенного микроэлемента, это вызывает снижение урожайности растений. Из-за отсутствия пищи гибнут насекомые, которые питались этими растениями. Последнее отражается на выживаемости хищников-энтомофагов: других насекомых, птиц и земноводных.

Ограничивающие факторы определяют ареал расселения каждого вида. Например, распространение многих видов животных на север сдерживается нехваткой тепла и света, на юг – дефицитом влаги.

Лимитирующим фактором, ограничивающим развитие организма, может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия.

Широкую экологическую толерантность вида по отношению к абиотическим факторам среды обозначают добавлением к названию фактора приставки «эври».

*Эврибионты* (от греч. eurys – широкий и biontos – живущий), животные и растительные организмы, способные существовать при значительных изменениях условий окружающей среды или виды с большим диапазоном выносливости. Например, виды-космополиты.

*Космополиты* (от греч. kosmopolites – гражданин мира) – широко распространенные виды, область обитания которых охватывает огромные территории Земли (крысы, тараканы, мухи, блохи).

Неспособность переносить значительные колебания фактора, или узкая экологическая валентность, характеризуется приставкой «стено».

*Стенобионты* (от греч. stenos – узкий, ограниченный и biontos – живущий), животные и растения, способные существовать лишь при относительно постоянных условиях окружающей среды, выдерживающие лишь небольшие колебания температуры, влажности или атмосферного давления и т.д. Некоторые виды южноамериканской колибри питаются нектаром цветков определенного вида растений, и область их распространения ограничивается узким ареалом данного растения. Австралийский сумчатый медведь коала может жить только на тех видах эвкалиптов, листьями которых он питается.

К каждому из экологических факторов организмы приспособляются независимым путем. Степень выносливости организма к какому-либо одному экологическому фактору не означает соответствующей выносливости к остальным факторам. Например, некоторые мелкие насекомые, способны переносить временные понижения температуры воздуха и впадают при этом в состояние оцепенения, но не выдерживают резкого понижения влажности воздуха и быстро погибают.

**Понятие об экологической нише.** В сложной системе взаимоотношений с экологическими факторами среды каждый вид занимает строго определенное место – экологическую нишу.

**Экологическая ниша** – совокупность всех абиотических и биотических факторов, в пределах которых возможно существование вида. Экологическая ниша представляет образ жизни организма, условия его обитания и питания. Экологическую нишу не следует путать с местообитанием вида. Понятие местообитание обозначает территорию, где живет организм. Например, травоядные обитатели степей – корова и кенгуру – занимают одну экологическую нишу, но имеют различные места обитания. Белка и лось, относятся к травоядным животным, обитают в одной территории – в лесу, но занимают разные экологические ниши. В саваннах Африки встречается несколько видов травоядных копытных млекопитающих. Местообитание у них общее, но они по-разному используют имеющиеся кормовые ресурсы (рис.11).

Зебры обрывают верхушки трав, антилопы гну поедают определенные виды растений, а антилопы топи кормятся высокими стеблями. Жирафы объедают листву деревьев, зебры питаются верхушками



**Рис.11.** Травоядные копытные млекопитающие саванн Африки: 1 – жираф; 2 – антилопа дик-дик; 3 – зебра; 4 – антилопа гну; 5 – газель.

высоких трав, антилопы гну поедают среднюю часть трав и их семена, газели выщипывают самые низкие растения, а антилопы дик-дики едят молодую листву с небольших кустарников. Таким образом, разные виды копытных млекопитающих имеют общее местообитание, но специализируются на питании произрастающими в разных ярусах растениями и занимают разные экологические ниши. Несмотря на то, что белка и дятел обитают на одном дереве, белка питается семенами, а дятел находит себе пищу в качестве насекомых под корой.

Экологические ниши видов, которые живут совместно, частично перекрываются, но никогда полностью не совпадают. При этом вступает в действие закон конкурентного исключения и один вид вытесняет другой. При совместном обитании популяций серой и черной крыс серые крысы постепенно вытесняют черных. В одном сообществе одну и ту же экологическую нишу не могут занимать два вида. Наблюдается, что один и тот же вид занимает различные экологические ниши в разные периоды онтогенеза. Вспомните непрямо́е развитие насекомых.

В природных условиях факторы среды воздействуют на организм как единый комплекс. Экологические факторы не только влияют на организмы, но и взаимодействуют друг с другом. В сочетании с другими факторами один и тот же фактор может оказать неодинаковое воздействие на организм. В таком случае наблюдается усиление или ослабление силы воздействия одного фактора под влиянием другого. При низкой влажности воздуха высокая температура переносится организмом легче, чем при высокой влажности воздуха. Воздействующие на организм факторы среды, обладают разной силой воздействия. Организм в одно и то же время не может проявлять разный уровень жизнедеятельности в ответ на действие каждого из этих факторов. Например, растение не будет расти и развиваться, если температура и освещенность для растения оптимальная, а влажность минимальная. Жизнедеятельность растения ограничивается недостатком влаги. При поливе растения, рост растения возобновляется. Следовательно, жизнедеятельность организма лимитирует (ограничивает) фактор, который больше всего отклонился от зоны оптимума.

Изменения силы воздействия лимитирующего фактора, приводит к изменению жизнедеятельности организма. Поэтому, выявление лимитирующих факторов имеет большое практическое значение, так как позволяет управлять жизнедеятельностью организмов. Это дает человеку отправную

точку при исследовании сложных ситуаций в хозяйственной деятельности, а также помогает понять многие явления и принципы распределения организмов в природе. Изменяя силу воздействия этого фактора, можно управлять жизнедеятельностью организмов в природе и хозяйстве.

Чтобы сохранить исчезающий вид в определенном регионе, нужно выяснить, не выходят ли лимитирующие факторы среды за пределы экологической пластичности его организмов. Особенно это важно в период размножения и развития. Изменяя силу воздействия факторов, ограничивающих размножение особей, можно добиться повышения их численности. Таким способом удастся сохранить исчезающий вид. Выявление лимитирующих факторов очень важно и в практике сельского хозяйства, так как, направив основные усилия на их устранение, можно быстро и эффективно повысить урожайность культурных растений или продуктивность домашних животных.

Таким образом, экологические факторы, находясь, в тесной связи и непрерывном взаимодействии друг с другом, обуславливают распространение организмов на Земле.



**Ключевые слова:** экологические факторы, абиотические факторы, биотические факторы, антропогенные факторы, биологический оптимум, толерантность, эврибионты, стенобионты, ограничивающий (лимитирующий) фактор, правило минимума, экологическая ниша.



### Вопросы и задания.

1. Какие факторы среды обитания называют экологическими? На какие группы их классифицируют?
2. Охарактеризуйте спектр действия экологических факторов на организмы.
3. Какие из перечисленных ниже факторов являются условиями существования для растений, а какие – для животных: вода, ветер, свет, углекислый газ, органические вещества, минеральные вещества?
4. Что такое биологический оптимум?
5. Чем ограничены пределы выносливости организма к действию экологических факторов? Приведите примеры организмов.
6. Какой фактор называют ограничивающим или лимитирующим?
7. Охарактеризуйте каждый из экологических факторов.
8. Чем отличаются понятия «местообитание» и «экологическая ниша»? Могут ли разные виды занимать одну экологическую нишу? Может ли один вид занимать разные экологические ниши? От чего это зависит? Какое значение имеют экологические ниши в жизни сообщества?

9. Распределите указанные экологические факторы на группы по их происхождению: температура, высота местности, хищники, свет, транспорт, паразиты, электромагнитное излучение, вырубка деревьев, минеральный состав почвы, растительоядные животные, орошение засушливых земель.



**Выскажите свое мнение.**

1. Угроза замерзания организма выше на морозе с сильным ветром, чем на таком же морозе, но в безветренную погоду. Объясните, с какой закономерностью действия экологических факторов это связано. Дайте физиологическое обоснование.
2. Составьте прогноз последствий воздействия перечисленных антропогенных факторов на живую природу: вырубка лесов; добыча нефти в океане, ее транспортировка и переработка; прямое истребление биологических видов; использование химических средств борьбы с вредителями; сброс в водные системы промышленных и канализационных отходов.



**Задания для самостоятельной работы.** Заполните таблицу.

Абиотические факторы	Компоненты	Влияние фактора на растения	Влияние фактора на животных
Климатические факторы			
Эдафические факторы			
Топографические факторы			
Физические факторы			

## § 8. СВЕТ – АБИОТИЧЕСКИЙ ФАКТОР СРЕДЫ



*Вспомните из курса физики, что такое свет и каков его спектральный состав. Какое значение имеет свет в жизни организмов?*

**Свет как абиотический фактор среды.** Главным условием существования жизни на Земле является солнечный свет, поступающий из космоса. Солнечный свет служит источником энергии для фотосинтеза, поддерживает тепловой баланс организма, водный обмен и является необходимым условием для ориентировки в пространстве. Энергия солнечного излучения в верхней границе атмосферы равна  $1380 \text{ Вт/м}^2$  и называется солнечной постоянной. Энергия солнечного излучения, достигающего земной поверхности, незначительна, потому что часть света поглощается и отражается атмосферой. В зависимости от интенсивности и биологического действия в солнечном спектре выделяют следующие компоненты: ультрафиолетовые, видимые и инфракрасные лучи (рис.12).

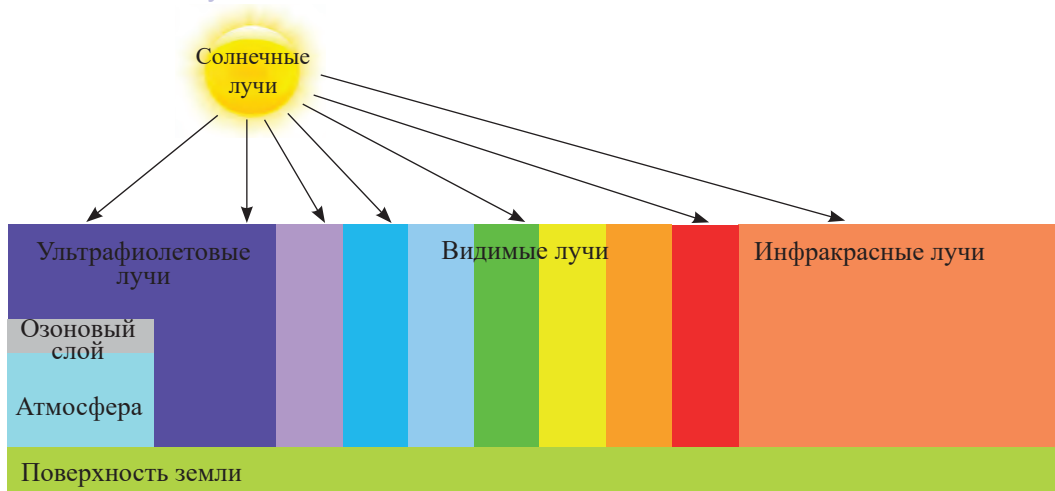


Рис.12. Спектр солнца.

**Ультрафиолетовые лучи** (длина волны 30–400 нм) действуют на организмы по-разному в зависимости от дозы и длины волны. Небольшое количество длинноволновых ультрафиолетовых лучей (длина волн 290–380 нм) проникает сквозь озоновый экран, достигая поверхности Земли, и оказывает сильное бактерицидное (противомикробное) воздействие. Коротковолновые ультрафиолетовые лучи (длина волн менее 290 нм) губительны для всего живого и задерживаются озоновым экраном. В то же время в небольших дозах длинноволновые ультрафиолетовые лучи стимулируют синтез пигмента кожи меланина, синтез пигментов сетчатки глаз и витамина D.

**Видимые лучи** солнечного спектра (длина волн 400–750 нм), составляет примерно 50% в солнечном спектре, достигающие поверхности Земли, поглощаются хлорофиллом фотосинтезирующих растений и цианобактерий. Они за счет излучения видимых лучей синтезируют органическое вещество, которое используют в пищу все остальные организмы. Интенсивность фотосинтеза у растений зависит от оптимального уровня света. За пределами этого уровня фотосинтез замедляется.

Растения способны проявлять фототропизм и фотонастии: изменять положение своих органов в пространстве под действием света.

**Фототропизм** (от греч. photos – свет) – ростовые движения органов растений под влиянием одностороннего освещения. Если свет падает с одной стороны, стебель изгибается по направлению к свету.

**Фотонастия** – движения, которые вызваны сменой освещенности. Цветки некоторых растений (тюльпан, одуванчик) закрываются при насту-

плении темноты и раскрываются на свету. Цветки других растений (ночная красавица) раскрываются с наступлением темноты.

Двигательные реакции простейших животных, одноклеточных низших растений и микроорганизмов, обладающие способностью к самостоятельному передвижению в ответ на действие света, называются **фототаксисом**.

Для животных свет имеет разное значение. С помощью видимого света дневные животные ориентируются в среде в поисках пищи и благоприятных мест обитания. Многие животные обладают цветовым зрением, то есть различают спектральный состав света, например, насекомых-опылителей привлекают яркоокрашенный венчик цветков. Ночные животные (совы, филины) могут перемещаться даже при слабой освещенности. Для почвенных, пещерных и глубоководных видов животных свет не является обязательным условием существования, и они приспособлены к жизни в темноте. Сигналом к перелетам птиц служит изменение длины светового дня.

**Инфракрасные лучи** (длина волн более 750 нм) – составляет около 45% в солнечном спектре, достигающие поверхности Земли. Инфракрасные лучи называются тепловыми лучами, так как являются основным источником тепловой энергии. У животных и растений эти лучи поглощаются тканями и вызывают нагревание тел организмов, повышают уровень теплообмена и увеличивают испарение воды через покровы тела. Многие хладнокровные животные (пресмыкающиеся – рептилии, земноводные – амфибии, насекомые) используют солнечный свет для повышения температуры тела. Глубоководные кальмары, гремучие змеи и питоны способны улавливать инфракрасную часть спектра и ориентируясь при помощи специальных органов охотятся в темноте. Инфракрасные лучи необходимы также и растениям: они создают благоприятные условия для поглощения углекислого газа через устьица.

Световые условия связаны с вращением Земли, поэтому имеют суточную и сезонную периодичность. Физиологические процессы у растений и животных имеют суточные ритмы, например, в определенные часы суток цветок у растений открывается и закрывается, а у животных возникли приспособления к ночной, сумеречной и дневной жизни.

**Длина дня** (фотопериод), имеет огромное значение в жизни растений и животных. Фотопериод – длина светового дня, определяющая времена года. Вследствие изменения длины светового дня происходит смена сезонов. Причиной этого является движение Земли вокруг Солнца и расположение ее оси под углом к плоскости орбиты. Как для расте-

ний, так и для животных изменение фотопериода играет сигнальную роль. Он определяет последовательность физиологических процессов и сезонные ритмы организмов. У растений фотопериод регулирует рост, цветение, плодоношение, листопад, период покоя. У животных линька, миграция, размножение управляются фотопериодом.

**Классификация организмов по их отношению к свету.** Количество света, необходимое для разных организмов, неодинаково. Растения по отношению к свету разделяют на три экологические группы. **Светолюбивые растения** растут на открытых территориях и поглощают много солнечной энергии. Это растения пустынь, степей, лугов. К ним относятся травянистые (подорожник), древесные (саксаул, гледичия, береза, сосна, ясень, софора японская) растения, из культурных – кукуруза, сорго, сахарный тростник и др. (рис.13). У светолюбивых деревьев кроны не смыкаются. У этих растений листовые пластинки более толстые, блестящие, покрыты воском, с большим числом устьиц и хлоропластов. **Теневыносливые растения** – это растения, которые лучше растут на свету, но способны выдерживать и его недостаток. К этой группе относят сирень обыкновенную, липу, землянику лесную, фиалку. **Тенелюбивые растения** – растения нижних ярусов тенистых лесов и глубоководных участков водоемов. Они плохо переносят сильное освещение прямыми солнечными лучами. К группе тенелюбивых растений принадлежат мхи, плауны, папоротники, хвощи, красные и бурые водоросли.

Зная требования растений к свету, можно выращивать самые экзотические комнатные растения (рис.14).

По отношению к свету животных разделяют на три экологические группы: **дневные, сумеречные и ночные**. Они проявляют свою активность в зависимости от разного уровня освещенности. Дневные животные представляют самую многочисленную группу (пчела, ласточка, заяц), они активны в светлое время суток. Ночные животные (волк, сова, сверчок, таракан) добывают пищу в ночное время. Сумеречные организмы активны только во время сумерек (летучие мыши, майский жук). От того, в какое время суток активен вид животного, зависит способность к восприятию цвета. Хищные млекопитающие и хищные птицы не различают цвета. Животные, активные в светлое время суток, например приматы, попугаи, колибри, имеют цветовое зрение.

Фотопериод неодинаков в течение года и на разных широтах. Длина светового дня в области экватора относительно постоянна в течение всего года – около 12 ч. В умеренных и высоких широтах (северные и



южные широты) фотопериод в разное время года значительно отличается. Ближе к полюсам интенсивность света ослабляется, но освещенность (день) становится продолжительнее, ближе к экватору освещенность увеличивается, но интенсивность света становится выше. Таким образом, в высоких широтах – ближе к полюсам, растения растут в условиях длинного дня, а в низких широтах – ближе к экватору – короткого дня.

**Фотопериодизм** – реакция живых организмов (растений и животных) на сезонные изменения длины светового дня. Его проявление зависит не от интенсивности освещения, а только от ритма чередования темного и светлого периодов суток. Таким образом, фотопериодизм это – ритмические изменения морфологических, биохимических и физических свойств и функций организмов под влиянием чередования и длительности освещения.

По отношению к длине дня все высшие растения делят на группы.



Сахарный тростник



Сорго



Кукуруза

**Рис.13.** Светолюбивые культурные растения



Антуриум



Монстера



Гиацинт

**Рис.14.** Светолюбивые декоративные растения

**Растения длинного дня (длиннодневные)** – растения умеренного пояса и более северных широт. Для длиннодневных растений требуется продолжительный день (13 часов и более) и они цветут летом. Если световой день более короткий и освещения недостаточно, они будут продолжать свой рост, интенсивно образуя зеленую массу, но не вступая в фазу цветения. Эта особенность длиннодневных растений определяет и правильные сроки их посева. Представителями длиннодневных растений являются: картофель, морковь, свекла, лук, редис, капуста, редька.

**Растения короткого дня (короткодневные)** – растения тропического и субтропического пояса. Они нуждаются в короткой длине светового дня (менее 12 ч) и цветут ранней весной или осенью. Например, перец, баклажаны, помидоры, огурцы, хлопчатник, земляника, хризантемы, георгин, канна и др.

Нейтральные растения, такие как горох, одуванчик цветут вне зависимости от длины светового дня.

Изучение фотопериодизма растений и животных показало, что реакция организмов на свет основана не просто на количестве получаемого света, а на чередовании в течение суток периодов света и темноты определенной длительности. Организмы способны измерять время, то есть обладают «биологическими часами» – от одноклеточных организмов до человека. «Биологические часы» – также управляются сезонными циклами и другими биологическими явлениями. «Биологические часы» определяют суточный ритм активности, как целых организмов, так и процессов, происходящих даже на уровне клеток, в частности клеточных делений.



**Ключевые слова:** свет; экологические группы растений, светолюбивые, тенелюбивые, теневыносливые, дневные, сумеречные, ночные, фотопериодизм, длиннодневные, короткодневные, нейтральные.



### Вопросы и задания.

1. Охарактеризуйте биологическое действие лучей с разной длиной волны.
2. Какое влияние на организмы оказывают ультрафиолетовые лучи?
3. В чем заключаются функции видимых лучей солнечного спектра?
4. Объясните понятия «фотопериод» и «фотопериодизм». Каково их значения для жизни организмов?
5. На какие экологические группы разделяют растения по их отношению к свету? Назовите характерные особенности экологических групп растений по отношению к свету.
6. На какие экологические группы разделяют животных по их отношению к свету?



**Выскажите свое мнение.**

1. Какие растения относят к длиннодневным, а какие к короткодневным и нейтральным? Приведите примеры. В чем значение их совместного произрастания?
2. Обоснуйте важность изучения закономерностей фотопериодизма для сельскохозяйственной практики. Заложите опыт по изучению влияния света на растения.
3. Какое значение имеют разные экологические группы растений по отношению к свету в растительных сообществах?



**Задания для самостоятельной работы.** Заполните таблицу.

Составные компоненты солнечного спектра	Значение для животных	Значение для растений
Ультрафиолетовые лучи		
Видимые лучи		
Инфракрасные лучи		

2. Напишите свойства экологических групп растений.

Экологические группы растений		
Светолюбивые растения	Теневыносливые растения	Тенелюбивые растения

## § 9. ТЕМПЕРАТУРА – АБИОТИЧЕСКИЙ ФАКТОР СРЕДЫ



*Вспомните, из курса ботаники и зоологии, какое влияние оказывает температура на прорастание семян растений, зависит ли активность животных от температуры?*

**Температура** как экологический фактор оказывает огромное воздействие на организмы. Она влияет на скорость и характер протекания в организме обменных процессов. Температура может влиять на характер поведения и географическое распределение организмов на Земле. Для температурного фактора характерны широкие географические, сезонные и суточные колебания. Пределами толерантности для любого живого организма являются температура, при которой наступает денатурация белков, которая приводит к нарушению деятельности жизненно важных ферментов. Заметное снижение температуры ниже 0°C может вызвать гибель вследствие образования из молекул воды кристаллов льда и разру-

пения клеточных мембран. Диапазон переносимых температур у разных видов в среднем находится в пределах от 0 до +50 °С. Однако температурный диапазон активной жизни на планете значительно шире. На суше минимальная температура составляет -70°С, а максимальная +55°С, в море минимальная температура составляет +3°С, а максимальная +35°С, в пресных водоемах температура зимой колеблется от +5°С до +7 °С, в летнее время от +20 °С до +35°С, в геотермальных (греч. гео – земля и терме – тепло, жар) источниках от +25 °С до + 93°С.

Некоторые организмы, способны существовать при очень высоких температурах, например, бактерии и некоторые сине-зеленые водоросли, которые могут жить в горячих источниках, накипные лишайники, семена и вегетативные органы пустынных растений, находящиеся в верхнем слое раскаленной почвы. Существует виды животных и растений, которые выдерживают минусовые температуры. Жизненный цикл многих микроскопических водорослей, червей, моллюсков, рачков, рыб, ластоногих млекопитающих происходит в температурных условиях от 0 до +2 °С.

В зависимости от способа терморегуляции выделяют две группы организмов: пойкилотермные и гомойотермные.

**Пойкилотермные организмы** (от греч. poikilos – изменчивый, меняющийся, therme – тепло) – организмы, температура тела которых непостоянна и изменяется вместе с температурой окружающей среды. К ним относятся беспозвоночные животные, рыбы, земноводные и пресмыкающиеся. Они не могут поддерживать постоянную температуру тела. Повышение температуры окружающей среды в этих организмах приводит к усилению физиологических процессов: к увеличению скорости метаболизма, дыхания, кровообращения, увеличения темпа роста и размножения. Снижение температуры приводит к снижению скорости метаболизма в организме, некоторые виды впадают в спячку, в некоторых случаях приводит к смерти.

**Гомойотермные организмы** (от греч. homoios – одинаковый, сходный, therme – тепло) – организмы, способные поддерживать относительно постоянную температуру тела при изменении температуры окружающей среды. К ним относятся птицы и млекопитающие.

**Адаптации растений к различным температурным условиям.** Жизнедеятельность растений в значительной степени зависит от температуры окружающей среды. По потребности к количеству тепла их разделяют на экологические группы: теплолюбивые и холодостойкие.

Теплолюбивые растения произрастают в тропическом, субтропическом поясах и хорошо прогреваемых местообитаниях умеренного пояса.

Холодостойкие растения, населяющие умеренные и холодные пояса, вынуждены адаптироваться к низким температурам. В процессе эволюции у растений выработались биохимические, физиологические и морфологические адаптации к температуре.

**Биохимические адаптации.** При высокой температуре в цитоплазме клеток теплолюбивых растений увеличивается содержание защитных веществ (органических кислот, солей). Они препятствуют свертыванию цитоплазмы и нейтрализуют токсичные вещества. У холодостойких растений при низких температурах увеличивается концентрация сахара в клеточном соке, что препятствует замерзанию.

**Физиологические адаптации.** Эффективной защитой растений от перегрева служит усиленная транспирация (испарение воды) благодаря большому количеству устьиц. Растения пустынь и степей имеют короткий цикл развития, позволяющий избегать действия высоких температур. Весь вегетативный период у них происходит ранней весной, а лето они переживают в состоянии покоя. Однолетние растения, у которых состояние покоя проходит в виде семян, называют *эфемерами* (пастушья сумка). Многолетние травы, проводящие неблагоприятный период в виде луковиц, клубней или корневищ, называют *эфемероидами*.

Некоторые растения (мхи) и лишайники в борьбе с холодом или жарой переходят в состояние анабиоза (обратимая приостановка жизненных процессов) вследствие обезвоживания.

**Морфологические адаптации.** Растения субтропических и тропических поясов имеют приспособления, которые снижают действие высоких температур: светлая окраска листьев, покрытая воском, блестящая или опушенная поверхность. Благодаря видоизменению листовых пластинок уменьшается поглощение света: колючки (кактусы) или мелкие чешуйчатые (саксаул, можжевельник), рассеченные (пальмы), свернутые (ковыль), игольчатые (сосна, ель) листья.

При повороте листовой пластинки происходит изменение угла их наклона и листовые пластинки располагаются вертикально по отношению к солнечным лучам, это противодействует перегреву растений.

Растения холодного климата имеют карликовую форму (березы, ивы), встречаются стелющиеся (можжевельник туркестанский) и подушковидные (акантолимон красноватый и копеечник) формы. Эти растения меньше подвержены воздействию ветра, лучше укрыты снегом зимой, используют тепло почвы летом.

**Адаптации животных к различным температурным условиям.** У пойкилотермных и гомойотермных организмов в процессе эволюции

выработаны разные адаптации или способы терморегуляции к неблагоприятным температурным условиям. Адаптации животных разделяют на биохимические, физиологические, морфологические и поведенческие.

**Биохимические адаптации.** У хладнокровных животных при низкой температуре накапливаются специфические вещества, понижающие точку замерзания воды в жидкостях тела. Например, рыбы, обитающие при низких температурах, содержат в тканевой жидкости гликопротеиды, препятствующие образованию кристаллов льда в организме, насекомые накапливают для этих целей глицерин. У теплокровных животных повышается интенсивность обмена веществ.

**Физиологические адаптации** обеспечивают изменение уровня теплоотдачи организма, рефлекторно контролируются центральной нервной системой и зависят от интенсивности окислительно-восстановительных реакций. При высоких температурах, у пойкилотермных, и у гомойотермных животных теплоотдача усиливается за счет испарения влаги с поверхности тела. У млекопитающих важную роль в терморегуляции играют сосудистые реакции: расширение или сужение сосудов кожи усиливает или снижает теплоотдачу. При низких температурах у животных может возникнуть мышечная дрожь. Они могут также впадать в спячку (суслики, сурки, ежи, летучие мыши). Сохранению тепла способствует подкожный жир, особенно выраженный у обитателей холодного климата (пингвины, ластоногие, китообразные). Поддержание постоянной температуры тела тесно связано с развитием четырехкамерного сердца, с усложнением дыхательной системы, с нормальным снабжением организма кислородом.

**Морфологические адаптации.** Уменьшению потерь тепла у организмов способствуют теплоизолирующие покровы: у пресмыкающихся роговые чешуйки, у птиц – перья, у млекопитающих – шерстяной покров.

**Этологические (поведенческие) адаптации.** Животные активно выбирают места с наиболее благоприятным температурным режимом, то есть избегают условия с неблагоприятной температурой. Поведенческие способы регуляции теплообмена очень разнообразны – поиск укрытий, сооружение нор и гнезд, миграции и др. Пустынная агама, спасаясь от нагретого песка, залезает на ветви кустарников. Многие насекомые, рептилии и амфибии выбирают места на солнце для обогрева или меняют различные позы для увеличения поверхности обогрева. Одним из механизмов приспособления животных к изменениям температуры внешней среды является миграция, то есть переселение их в районы с более благоприятной температурой. Из курса зоологии вам известны

перелетные, кочующие и оседлые птицы. Также, в течение года мигрируют киты, рыбы, насекомые и другие животные.



**Ключевые слова:** температура; анабиоз; пойкилотермные, гомойотермные, теплолюбивые, холодостойкие; эфемеры, эфемероиды, терморегуляция.



### Вопросы и задания.

1. Какова роль температуры в жизни организмов?
2. В чем проявляется лимитирующее действие температуры на организмы?
3. Приведите примеры морфологических адаптаций растений разных экологических групп к температуре.
4. Охарактеризуйте температурные адаптации пойкилотермных и гомойотермных животных.
5. Почему теплокровные животные могут обитать в разных климатических зонах? Приведите аргументированные доказательства.
6. Опишите действие высоких и низких температур на организмы. Каков температурный диапазон активной жизни на Земле? Чем обусловлены его пределы?



### Задания для самостоятельной работы.

1. Установите соответствие между типами и примерами адаптаций растений к разным температурным условиям среды. Типы адаптаций: 1. Биохимические. 2. Физиологические. Примеры адаптаций: а) накопление углеводов в цитоплазме клеток холодостойких растений; б) наличие короткого цикла развития у растений пустынь и степей; в) переход в состояние анабиоза; г) усиленная транспирация за счет увеличения числа устьиц; д) увеличение содержания органических кислот, солей в цитоплазме клеток.
2. Выскажите свое мнение. В чем проявляются приспособления растений умеренного и холодного поясов к действию низких температур в зимнее время года? Приведите примеры.
3. Заполните таблицу. Напишите адаптации теплолюбивых и холодостойких растений.

Адаптаций	Экологические группы растений	
	Теплолюбивые растения	Холодостойкие растения
Биохимические адаптации		
Физиологические адаптации		
Морфологические адаптации		
Примеры растений		



*Почему вода является необходимым условием существования организмов. В каких процессах жизнедеятельности она участвует?*

**Влажность.** Влажность является необходимым условием существования организмов, так как их тела в среднем на  $2/3$  состоят из воды. Вода является универсальным растворителем, средой для биохимических реакций в клетке, для многих организмов вода служит средой обитания, однако и наземные организмы не могут существовать без нее: вода необходима для протекания реакций обмена веществ, поэтому при ее недостатке жизнедеятельность организмов замедляется.

Молекулы воды могут непосредственно участвовать в реакциях гидролиза, фотосинтеза. Для некоторых животных, например, для круглых и кольчатых червей вода является гидростатическим скелетом, вода выполняет транспортную функцию – участвует в передвижении веществ по организму. Благодаря высокой удельной теплоемкости, теплопроводности вода обеспечивает поддержание теплового баланса в организме и предотвращает его перегрев. Для растений вода является обязательным компонентом процесса фотосинтеза. Вода необходима для прорастания спор и семян, оплодотворения споровых растений.

Увлажненность наземных местообитаний зависит от годового количества осадков, поэтому в разных географических зонах она сильно различается. Недостаточная или избыточная увлажненность среды – является лимитирующим фактором для наземных организмов.

**Экологические группы растений по отношению к влаге.** По отношению к влаге принято делить все наземные растения на три экологические группы: *ксерофиты*, *мезофиты*, *гигрофиты*. У каждой группы в процессе эволюции выработаны специфические приспособления к водному режиму среды.

**Ксерофиты** (от греч. *xeroh* – сухой, *phyton* – растение) – растения, приспособленные к жизни в засушливых средах. К ним относятся растения степей, пустынь, полупустынь, саванн, высокогорья. Ксерофиты выдерживают длительную недостаточность влаги. У ксерофитов сформированы различные приспособления к сухим местообитаниям: ограничение затрат воды на транспирацию; активное добывание воды при ее недостатке в почве; способность запасать воду в тканях и органах на время засухи.

В зависимости от типа адаптаций выделяют две формы ксерофитов – суккуленты и склерофиты.



*Суккуленты* (от лат. *succulentus* – сочный) – многолетние растения, способные запасать воду в своих тканях и органах, а затем экономно ее расходовать. Такие растения, как агава, алоэ, молодило (листовые суккуленты), накапливают воду в мясистых листьях, а кактусы, молочаи (стеблевые суккуленты) имеют водозапасающие ткани в коре и сердцевине стебля. Эпидермис у суккулентов покрыт толстым восковым слоем или волосками. Устьиц мало и они днем чаще всего закрыты. У стеблевых суккулентов листья редуцированы и имеют вид колючек (кактусы). Функцию фотосинтеза выполняют зеленые стебли (рис.15).

*Склерофиты* (от греч. *scleros* – твердый) – способны активно добывать воду из почвы, даже при ее недостатке. Они не способны запасать влагу, но клетки склерофитов способны удерживать воду благодаря высокой вязкости цитоплазмы. Это создает высокое осмотическое давление клеточного сока, благодаря которому склерофиты усиленно всасывают воду из почвы, поэтому их называют «растения-насосы». Корни склерофитов уходят глубоко в землю (саксаул, верблюжья колючка и др.). У склерофитов выработан ряд морфологических адаптаций, способствующих экономно расходовать воду за счет уменьшения транспирации: жесткие листья с маленькой поверхностью (верблюжья колючка); сильно рассеченные



Агава



Молодило



Молочай



Кактус

**Рис.15.** Суккуленты.

листья (полюнь); листья, в виде чешуек (саксаул, можжевельник) или колючек; восковой налет или волоски; устьица погруженного типа.

**Гигрофиты** (от греч. *hygros* – влажный, *phyton* – растение) – растения, живущие на сильно увлажненных почвах и при высокой влажности воздуха. Представителями гигрофитов являются: рис, тростник и др. Гигрофиты не способны переносить даже небольшой недостаток влаги в почве и быстро увядают. У некоторых видов в корнях и стеблях возможно наличие аэренхимы (от греч. – воздух, *enchyma* – ткань) – ткани, запасающие воздух (болотные гигрофиты). Корневая система развита слабо, корни тонкие, часто без корневых волосков. Гигрофиты приспособлены к интенсивной транспирации. Листовые пластинки тонкие, устьица постоянно открыты.

**Мезофиты** (от греч. *mesos* – средний, *phyton* – растение) – растения, обитающие в условиях умеренного увлажнения. Они способны переносить кратковременный недостаток влаги. У них умеренно развита корневая система. На корнях имеются корневые волоски, в листьях – небольшое количество устьиц. В зависимости от обеспеченности влагой, устьица могут в любое время открываться или закрываться. Это наиболее распространенная экологическая группа растений. Мезофитами являются растения адыров, лугов, почти все культурные растения умеренной зоны.

**Экологические группы животных по отношению к влаге.** Для животных влажность также является важным экологическим фактором. По отношению к степени влажности животных можно разделить на следующие экологические группы: водные (кораллы, медузы, рыбы и др.), полуводно-наземные (лягушки, крокодилы, пингвины и др.), наземные (большинство членистоногих, пресмыкающихся, птиц и млекопитающих).

Наземные животные нуждаются в периодическом потреблении воды для ее восполнения вследствие выделения и испарения. У животных выработались разные типы адаптаций в зависимости от водного режима: физиологические, морфологические и поведенческие.

**Физиологические адаптации** – особенности процессов жизнедеятельности, восполняющие дефицит влаги в организме. Птицы, млекопитающие пьют воду, земноводные поглощают ее кожными покровами, животные пустынь довольствуются водой, которая поступает с пищей. Встречаются животные, которые живут за счет метаболической воды, образуемой в процессе окисления запасов жира. Мочевая кислота в качестве конечного продукта обмена веществ характерна для животных

засушливых мест обитания. Мочевая кислота плохо растворима в воде и для ее выведения вода почти не нужна.

**Морфологические адаптации** – приспособления, обеспечивающие задержание воды в организме животных. У птиц тело покрыто перьями, а у млекопитающих – шерстью. У пресмыкающихся есть роговой покров тела (роговые чешуи и пластинки). Насекомые и паукообразные имеют многослойный хитиновый покров. У наземных моллюсков – раковины.

**Этологические адаптации** – приспособления, направленные на активный поиск воды животными. Многие животные периодически посещают места водопоя. В сухой период сезона они мигрируют в районы с большей влажностью. Далекие миграции к водопою совершают антилопы, сайгаки. Некоторые животные в сухой период переходят на ночной образ жизни или впадают в летнюю спячку (таблица 1).

Таблица 1

### Механизмы приспособления растений и животных к недостатку воды

Адаптации	Примеры
<b>Уменьшение потери воды</b>	
Листья превращены в иглы или колючки	У хвойных (сосна, ель, пихта) листья превращены в комочки, у саксаула в чешуйки
Погруженные устья	Хвойные деревья
Толстая восковая кутикула	Хвойные деревья
Опущенные листья	Растения джайлау – альпийские растения
Сбрасывание листьев при засухе	Полынь
Устья открыты ночью и закрыты днем	Суккуленты
Уменьшение или транспирации потоотделения	Многие пустынные растения, верблюд
Животные прячутся в норах	Мелкие пустынные млекопитающие, например пустынная крыса
Дыхательные отверстия прикрыты клапанами	Многие насекомые
Максимально обезвоженные продукты выделения (моча и экскременты)	Многие насекомые

**Увеличение поглощения воды**

Обширная поверхностная корневая система	Джугун (Кандым)
Глубоко проникающие корни	Янтак (Верблюжья колючка)
Прокладывание путей к подземным водам	Термиты

**Запасание воды**

В специализированном мочевом пузыре	Пустынная лягушка
В виде жира (вода – продукт окисления)	Пустынная крыса, верблюд

**Физиологическая устойчивость к потере воды**

При видимом обезвоживании сохраняется жизнеспособность	Папоротники, плауны, мохообразные и лишайники
Потеря значительной части массы тела и ее восстановление при наличии доступной воды	Дождевой червь, верблюд

**Переход в состояние анабиоза**

Переживают неблагоприятный период в виде семян	Эфемеры
Переживают неблагоприятный период в виде луковиц и клубней	Эфемероиды

**Этологические приспособления**

Спячка	Черепахи, клещи, дождевые черви
Ночной образ жизни	Ежи, лемуры



**Ключевые слова:** влажность, гигрофиты, ксерофиты, мезофиты, суккуленты, склерофиты, физиологические адаптации, морфологические адаптации, этологические адаптации.



**Вопросы и задания.**

1. Какие экологические группы растений выделяют по отношению к влаге?
2. Охарактеризуйте адаптации гигрофитов. Назовите их представителей.
3. Какие общие и отличительные черты строения имеют суккуленты и склерофиты?
4. Какие типы адаптаций к различному водному режиму выработались у животных?
5. Какие приспособления к изменению водного режима развились у животных в процессе эволюции? Приведите примеры животных, приспособленных к существованию в условиях дефицита влаги.
6. Установите соответствие между экологическими группами растений по отношению к влаге и их представителями. Экологические группы.

1. Гигрофиты. 2. Ксерофиты. 3. Мезофиты. Представители: а) тростник; б) полынь; в) псоралея; г) эремурус; д) кактус; е) рис; ж) лютик едкий; з) одуванчик; и) кузиния; к) галохарис.



**Выскажите свое мнение.**

1. Почему у сосны обыкновенной, растущей на песчаной почве, корень уходит глубоко в почву, а у растущей на болоте – корневая система поверхностная?
2. Почему в пустынях и в степях массовое цветение растений начинается очень рано (февраль – март) и быстро прекращается? Дайте аргументированные ответы.
3. Объясните, почему вода является необходимым условием существования всех организмов на Земле.



**Задания для самостоятельной работы.**

1. Заполните таблицу. Напишите примеры растений и их механизмы адаптации.

Экологические группы	Растения	Механизмы адаптаций
Ксерофиты		
Гигрофиты		
Мезофиты		

2. Заполните таблицу. Напишите примеры животных и их механизмы адаптации.

Адаптации	Животные	Механизмы адаптаций
Физиологические адаптации		
Морфологические адаптации		
Этологические адаптации		

## § 11. ПОЧВЕННЫЕ И ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ



*Вспомните, какое значение для жизнедеятельности организмов имеют минеральные вещества? Как происходит минеральное питание растений и животных?*

**Почвенные – эдафические факторы** (от греч. edaphos – земля, почва), почвенные условия, которые влияют на жизнь и распространение живых организмов. К эдафическим факторам относят водный, газовый и температурный режимы почвы, ее химический состав и структуру, которая обусловлена преимущественно органическими веществами.

**Почва** – это поверхностный слой земной коры, который образуется и развивается в результате взаимодействия растений, животных, микроорганизмов, горных пород. Почвоведение – это наука о почве, ее строении, составе, свойствах и географическом распространении; закономерностях ее происхождения, развития, функционирования и роли в природе; путях и методах ее мелиорации, охраны и рационального использования. Основоположителем почвоведения является русский ученый-естествоиспытатель В. В. Докучаев.

В.В. Докучаев выделял пять факторов почвообразования: почвообразующая (материнская) порода; климат; живые организмы; рельеф и время (геологический возраст). В настоящее время они пополнились хозяйственной деятельностью человека.

Почвообразующие породы – это горные породы, из которых формируется почва. Перерабатывая минералы горных пород, в формировании почвы принимают участие осадки, атмосфера, температура, растительность, животные и микроорганизмы. Главным фактором перераспределения солнечной радиации и осадков является рельеф, который оказывает влияние на водный, тепловой и солевой режимы почв. Почва возникла после появления живых организмов. Почвообразование происходит благодаря глубокому и сложному взаимодействию между растительными и животными организмами. Зеленые растения являются основным поставщиком свежих органических веществ для почвы. В результате происходит значительное преобразование материнской породы. Непрерывность процесса почвообразования, обеспечивает приток солнечной энергии, достигающий поверхности Земли.

Почву населяют различные почвенные микроорганизмы (бактерии, водоросли, грибы), представители многих групп беспозвоночных (простейшие, черви, моллюски, насекомые и их личинки), роющие позвоночные (суслики, землеройки, кроты). Организмы, живущие в почве, играют важную роль в формировании плодородия почв и таким образом служат одним из существенных факторов почвообразования.

Одним из факторов почвообразования выступает хозяйственная деятельность человека. В настоящее время в зоне деятельности человека почти не осталось нетронутых почв. Механическая обработка (вспашка), удобрение, осушение, орошение, сенокошение, выпас скота, вырубка лесов и другие приемы изменяют направление и скорость естественного почвообразования, и качество почвы. С развитием научно-технического прогресса и общественных отношений усиливается

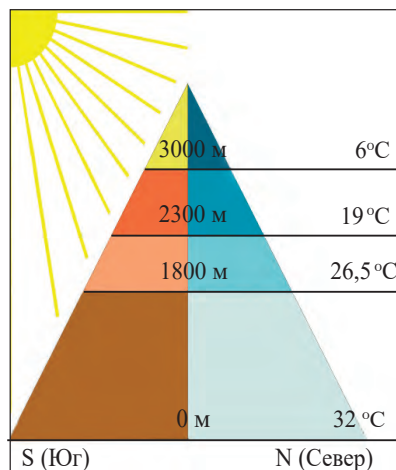
использование почв и их преобразование. Человек может сознательно управлять естественными процессами почвообразования, улучшая почвенное плодородие. Неправильное использование почвы, несоблюдение правил выращивания сельскохозяйственных культур может привести к разрушению почвы, ее засолению и заболачиванию. По обеспечению правильного состояния почвы и по предупреждению загрязнения почвы проработаны комплекс мероприятий.

Такие свойства почв как, структура и состав, кислотность pH, наличие определенных химических элементов и другие влияют на состав и разнообразие растений. Рельеф, уровень грунтовых вод, экспозиция склона и ряд других факторов отражаются на видах растительности. Хотя на наземных животных эдафические факторы оказывают меньшее влияние, но тем не менее, животные тесно связаны с растительностью, которая играет решающую роль в распределении животных. Для животных большое значение имеет характер почвы, влияющий на их передвижение. Например, копытным животным, которые живут на открытых пространствах и спасаются от врагов бегством, для увеличения силы отталкивания необходима плотная почва.

**Топографические факторы.** Влияние абиотических факторов в значительной мере зависит от топографических характеристик местности, которые сильно изменяют климат и особенности почвы. К основным топографическим факторам относят: высота над уровнем моря, экспозиция (освещенность) склона, крутизна склона.

Одним из основных топографических факторов является высота над уровнем моря. С высотой снижается температура, возрастает количество осадков, скорость ветра и интенсивность радиации, понижается атмосферное давление. По мере подъема в горной местности наблюдается вертикальная зональность распределения растительности, соответствующая последовательности смены широтных зон от экватора к полюсам.

Горы играют роль изолирующего фактора в процессах географического видообразования, так как служат барьером для миграции организмов.



**Рис.16.** Экспозиция склона

Еще один важный топографический фактор – *экспозиция склона* – положение местности относительно сторон света (рис.16). В северном полушарии склоны, обращенные на юг, получают больше солнечного света, поэтому интенсивность света и температура здесь выше, чем на дне долин и на склонах северной экспозиции. В южном полушарии имеет место обратная ситуация. Это оказывает большое влияние на состояние растений и животных.

Также топографическим фактором является *крутизна склонов*. Чем круче склон, тем меньше растений на нем растет, так как вода стекает со склонов, смывая почву, уменьшая ее слой. На крутых склонах встречаются в основном ксерофитные растения.



**Ключевые слова:** эдафические факторы, топографические факторы, экспозиция и крутизна склонов.



### Вопросы и задания.

1. Что называется эдафическим фактором?
2. Какое значение имеют эдафические факторы для живых организмов?
3. Приведите примеры групп почвенных организмов.
4. Перечислите пять факторов почвообразования.
5. Какие факторы относятся к топографическим?



### Выскажите свое мнение.

1. В чем проявляется экологическое влияние почвы и рельефа земной поверхности на жизнедеятельность растений и животных?
2. Охарактеризуйте погодные и климатические условия вашей местности с точки зрения их экологического влияния на растения, животных и другие организмы.
3. В чем проявляется хозяйственная деятельность человека – как один из факторов почвообразования?



**Задания для самостоятельной работы.** 1. Заполните таблицу.

Топографические факторы	Значение для животных	Значение для растений
Высота над уровнем моря		
Экспозиция склона		
Крутизна склона		

2. Почему В.И. Вернадский назвал почву биокосным веществом?
3. Охарактеризуйте роль в процессе почвообразования следующих факторов: 1) климат (температура, ветер, количество влаги); 2) рельеф, 3) обилие



органических остатков, 4) разнообразие и количество живых организмов, обитающих в почве (эдафобионтов); 5) свойства материнской породы; 6) время; 7) агротехнические мероприятия (вспашка, внесение пестицидов и т. д.).

4. Обсудите в группе вопрос о том, как организмы влияют на состав и плодородие почв. Опишите ситуацию, при которой среди факторов почвообразования будут исключены организмы. Как это повлияет на плодородие почв?

## § 12. БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ. ФОРМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ОРГАНИЗМОВ



*Вспомните, какие взаимоотношения существуют между организмами? Как паразиты, хищники влияют на состояние вида?*

В природных условиях каждый живой организм существует во взаимодействии с другими представителями живой природы. Взаимодействия между организмами, а также влияние их на условия жизни представляют собой совокупность биотических факторов среды. Все формы взаимодействий между организмами составляют биотические факторы среды обитания.

Биотические факторы разделяют на две подгруппы. **Внутривидовые** – взаимоотношения между особями одного и того же вида. Это важный фактор саморегулирования популяций. **Межвидовые** – взаимоотношения между особями разных видов.

Типы взаимоотношений, при которых численность взаимодействующих популяций остается неизменной, называются нейтральными. Если же при взаимодействии численность хотя бы в одной популяции повышается без снижения в другой, то такие взаимоотношения называются положительными, или симбиотическими. Взаимоотношения, которые приводят к снижению численности хотя бы в одной из популяций, независимо от характера численности в другой популяции, называются отрицательными, или антагонистическими (антибиоз).

Любой тип взаимоотношений можно описать с помощью символов, отражающих изменение численности взаимодействующих популяций: отсутствие изменения численности обозначать символом «0», увеличение численности – символом «+», а снижение численности – символом «-». Используя эти обозначения, наиболее распространенные типы межвидовых взаимоотношений представим в виде таблицы.

Символы	Типы экологических взаимодействий
(0 0)	Взаимно нейтральные – организмы не оказывают влияния друг на друга
(+ +)	Взаимно выгодные связи – между организмами существуют взаимовыгодные полезные связи
(+ –)	Полезно вредные – один из организмов получает выгоду, другой испытывает угнетение
(+ 0)	Полезно нейтральные – один вид получает пользу, другой не испытывает вреда
(– 0)	Вредно нейтральные – один вид угнетается, другой не извлекает пользы
(– –)	Взаимно вредные связи – отношения, вредные для обоих организмов

**Нейтрализм** – это отсутствие взаимного влияния организмов, живущих в одном природном сообществе. Если виды питаются разной пищей, то зачастую они не зависят друг от друга, даже если обитают в одной экосистеме. В природе истинный нейтрализм встречается очень редко, поскольку между всеми видами возможны косвенные или опосредственные взаимодействия.

Например, дятлы и лоси, живущие в лесу, не имеют непосредственного контакта друг с другом. При нейтрализме виды не связаны друг с другом непосредственно, но зависят от общего состояния среды обитания.

**Симбиоз** – (от греч. син – вместе, биос – жизнь) представляет такую форму взаимоотношений, при которой оба партнера или один из них извлекает пользу от другого. К симбиотическим можно отнести следующие формы отношений: мутуализм, протокооперация, комменсализм.

**Мутуализм** – это двусторонне выгодный и обязательный для жизни обоих популяций тип взаимоотношений. При нарушении данного взаимоотношения жизнь одной или обеих популяций становится невозможной.

Типичные примеры мутуализма: гриб и водоросль в лишайнике. Симбиотические взаимоотношения между компонентами лишайников сводятся к тому, что водоросли снабжают гриб созданными ими в процессе фотосинтеза органическими веществами, а получает от него воду с растворенными минеральными солями.

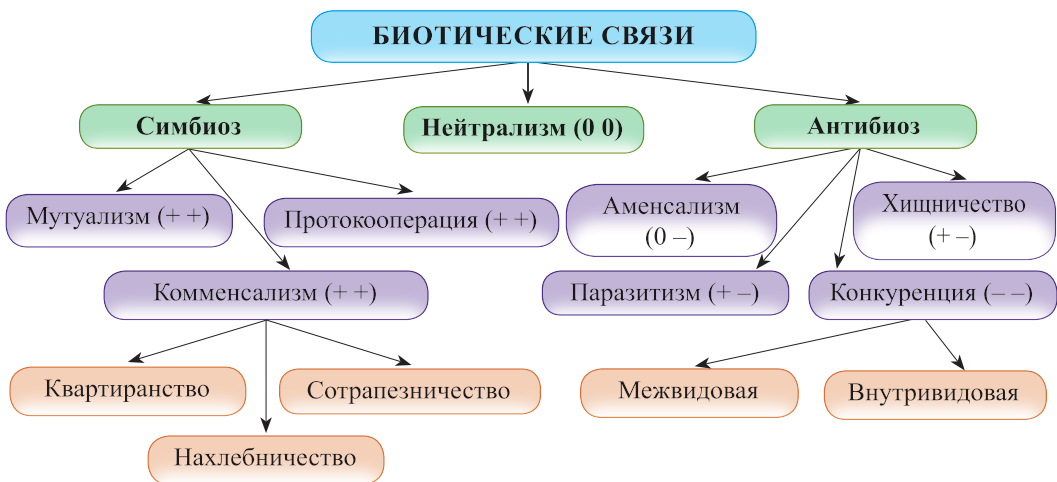
Азотфиксирующие бактерии и бобовые: азотфиксирующие бактерии живут в корневых волосках бобовых растений, где они превращают свободный азот, усвоенный из атмосферы в аммиак, из него синтези-

руют аминокислоты. Растения используют аммиак для роста и развития, в то время как бактерии получают питательные вещества и подходящее место для роста.

Шляпочные грибы часто вступают в симбиотические отношения с корнями высших растений, особенно древесных, образуя микоризу – грибокорень. Грибница при этом оплетает корни деревьев, грибы получают от растений органические вещества, растения – воду и минеральные соли.

Типичным примером мутуализма является отношения термитов и жгутиковых простейших, обитающих в их кишечнике. Термиты питаются древесиной, однако у них нет ферментов для переваривания целлюлозы. Жгутиконосцы вырабатывают такие ферменты и переводят клетчатку в сахара. Без простейших – симбионтов – термиты погибают от голода. Сами же жгутиконосцы помимо благоприятного микроклимата получают в кишечнике пищу и условия для размножения.

**Протокооперация** – это двусторонне выгодный, но не обязательный для жизни тип взаимоотношений, когда взаимодействие благоприятно сказывается на жизнедеятельности обеих популяций, но каждая из них может существовать отдельно. В природе встречаются так называемые рыбы-чистильщики, освобождающие крупных рыб от наружных паразитов, находящихся на коже, в жаберной и ротовой полостях. Медоносные пчелы, взаимодействуя с цветами, способствуют их опылению, а сами получают пищу (рис.17, а).



**Комменсализм** – тип взаимоотношений, при котором один вид извлекает пользу, не принося ни вреда, ни пользы другому виду. Комменсализм, в свою очередь, подразделяется на квартиранство, сотрапезничество, нахлебничество (рис.17, б, в).

Использование одного вида другим только как жилище, не принося своему «живому дому» ни пользы, ни вреда, называется синойкия – *квартиранство*. Примером могут служить лишайники и эпифиты – растения, поселяющиеся непосредственно на стволах и ветвях деревьев (орхидеи, мхи). В гнездах птиц и в норах грызунов обитает множество видов паукообразных и насекомых. Некоторые рыбы прячутся среди щупалец медуз и актиний. Рыба горчак откладывает икру в мантию двустворчатого моллюска, не принося ему вреда. Развивающиеся икринки надежно защищены раковиной моллюска, но они безразличны для хозяина и не питаются за его счет. Млекопитающие разносят плоды и семена с зацепками, не получая от этого ни вреда, ни пользы.

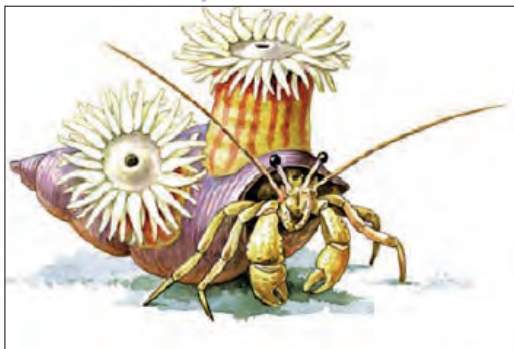
*Сотрапезничество* – потребление разных частей или веществ из одного и того же ресурса. Примером являются взаимоотношения между различными видами почвенных бактерий-сапрофитов, перерабатывающих разные органические вещества из перегнивших растительных остатков, и высшими растениями, которые потребляют образовавшиеся при этом минеральные соли.

Форма комменсализма, возникающая на основе пищевых связей, называется нахлебничеством. *Нахлебничество* – форма взаимоотношений, при которой один вид потребляет остатки пищи другого. Например, птицы питаются остатками пищи крокодилов, гиены и стервятники доедают остатки пищи львов. В желудочно-кишечном тракте человека обитают большое количество бактерий, питающихся остатками пищи и не причиняющих вреда хозяину. Рыба-прилипала при помощи присосок прикрепляется к телу акулы и передвигается с ней, питаясь остатками ее пищи.

**Антибиоз.** К антибиотическим отношениям можно отнести следующие формы отношений: конкуренцию; паразитизм; хищничество; аменсализм.

**Конкуренция** – это взаимоотношения между особями одного (внутри-видовая конкуренция) или разных (межвидовая конкуренция) видов, которые выражаются в соперничестве организмов за право обладания одинаковыми ресурсами среды. Эти отношения отрицательно сказываются на обеих вступивших во взаимодействие сторонах (рис.17, г).

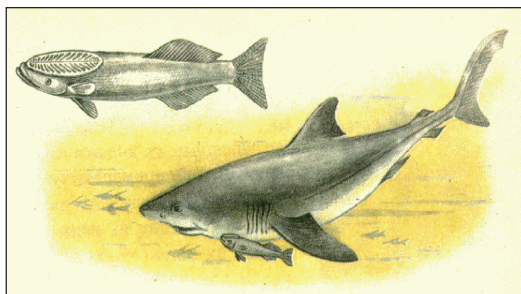
Конкуренция возникает между растениями в борьбе за свет, влагу и использование почвенных ресурсов; между копытными, грызунами, саранчой – за одни и те же источники питания (растения); между



а) *Протокооперация*: актиния защищает рака от хищных рыб, а рак-отшельник, перемещаясь, способствует распространению актиний и увеличению их кормового пространства.



б) *Квартиранство*: рыба горчак откладывает икринки в мантийную полость двустворчатого моллюска.



в) *Нахлебничество*: передний спинной плавник рыбы – прилипалы преобразовался в присоску, с помощью которой рыба прочно удерживается на поверхности тела акулы.



г) *Конкуренция*: самцы млекопитающих в период размножения вступают друг с другом в борьбу за возможность обзавестись семьей.

**Рис.17.** Взаимоотношения между организмами.

разными видами крупных хищных рыб, обитающими в одном водоеме и питающимися одними и теми же рыбами; волком и лисицей, охотящимися на зайцев; хищными птицами леса, кормящимися грызунами.

Внутривидовая конкуренция носит более острый характер, чем межвидовая, так как у особей, принадлежащих к одному виду, экологические потребности всегда одинаковы. В результате такой конкуренции особи в популяции ослабляют друг друга, что ведет к гибели менее приспособленных особей, то есть к естественному отбору.

Межвидовая конкуренция за пространство, пищу, свет, убежище, то есть любое взаимодействие между двумя или более популяциями, которое вред-

но сказывается на их росте и выживании. Как правило, из двух видов с одинаковыми экологическими потребностями один обязательно вытесняет другой. Классическим примером межвидовой конкуренции являются описанные русским биологом Г.Ф. Гаузе опыты (1932 г.). В этих опытах культуры двух видов инфузорий со сходным характером питания помещали по отдельности и совместно в сосуды с сенным настоем. Каждый вид, помещенный отдельно, успешно размножался, достигая оптимальной численности. При помещении же обеих культур в один сосуд численность одного из видов постепенно уменьшалась, и он исчезал из настоя. В ходе эксперимента ни один из видов организмов не нападал на другой и не выделял вредных веществ. Просто один вид отличался от второго большей скоростью роста. Выведенное из этих опытов правило, так называемый «принцип конкурентного исключения» формулируется следующим образом: два вида, обладающих одинаковыми экологическими потребностями, совместно существовать не могут, один вид (более конкурентоспособный) вытесняет другой (менее конкурентоспособный).

Конкуренция между видами не всегда может приводить к вытеснению одного из них, два вида могут существовать, если их экологические требования различны. В процессе эволюции они приспосабливаются к совместному существованию. Например, зимой оседлые виды птиц избегают конкуренции друг с другом благодаря разной стратегии поиска пищи. Некоторые из них собирают корм на деревьях, другие на земле.

Таким образом, конкуренция, возникающая между близкими видами, может иметь два следствия – либо вытеснение одного из них из сообщества, либо расхождение обоих видов по их экологической специализации, дающее им возможность для совместного существования.

**Аменсализм** – это форма биотических взаимодействий, при которой деятельность одного организма приводит к угнетению другого, причем угнетающий организм не получает от этого ни пользы, ни вреда. Например, светолюбивые травы, растущие под деревьями, из-за сильного затенения кронами деревьев испытывают значительное угнетение, тогда как на деревьях такое соседство не влияет. К аменсализму можно отнести также взаимоотношения между плесневым грибом – пенициллом, выделяющим во внешнюю среду антибиотики, и колониями бактерий, жизнедеятельность которых при этом существенно ограничивается или подавляется.

**Хищничество** (хищник – жертва) – это тип взаимоотношения популяций, при котором представители одного вида поедают представителей другого, то есть организмы одной популяции служат пищей для

организмов другой. Хищниками обычно называют животных поедающих других животных. Взаимоотношения между травоядными животными и растениями по характеру схожи с данным видом взаимоотношений. Каннибализм – поедание животными особей своего вида, является разновидностью хищничества. Например, самки паука каракурта поедают самцов после спаривания, балхашский окунь поедает свою молодь и т.д. Устраняя из популяции наиболее слабых и больных животных, хищники способствуют повышению жизнеспособности вида.

Появление насекомоядных растений в процессе эволюции связано с тем, что они приспособились к ловле и перевариванию насекомых. Они дополняют свое нормальное автотрофное питание (фотосинтез) одной из форм гетеротрофного питания. В результате насекомоядные растения менее зависят от почвенного неорганического азота, необходимого для синтеза их собственных белков.

**Паразитизм** (паразит-хозяин) – форма антагонистических взаимоотношений двух организмов разных видов, при которой организмы одного вида (паразита) используют другого (хозяина) в качестве среды обитания и источника пищи. Паразиты есть в каждом царстве: среди бактерий, растений, грибов и животных. Они живут за счет питательных веществ или тканей хозяина в течение определенного времени.

Паразит использует живого хозяина не только как источник пищи, но и как место постоянного или временного проживания.

Временные паразиты используют тело хозяина только на время питания. Паразит живет свободно в открытой природе и нападает на хозяев только для питания. Блохи, комары, слепни, постельные клопы могут быть примером временных паразитов. Питаясь кровью животных и человека, вызывают развитие различных инфекционных заболеваний.

Постоянные паразиты более или менее длительное время взаимодействуют с хозяином. Постоянные паразиты встречаются среди простейших (малярийный плазмодий, дизентерийная амеба), плоских червей (печеночный сосальщик, бычий цепень), круглых червей (аскарида, острица, ришта), членистоногих (клещи, вши). Постоянными паразитами растений являются некоторые бактерии (гоммоз), грибы (головня, вертицилл), и даже сами растения (повилика).

Так как жизнь хозяина обеспечивает существование паразита, он ослабляет, но не уничтожает хозяина, иначе погибнет сам. Хозяин испытывает угнетение в течение длительного времени. Примерами паразитизма

могут служить следующие взаимоотношения: острица – человек, печеночный сосальщик – крупный рогатый скот, головневый гриб – злаки. В ходе эволюции формируются взаимные приспособления паразита и хозяина.

Паразитизм, хищничество и конкуренция играют важную роль в регуляции численности популяций в природе. Неразумным вмешательством в эти взаимоотношения человек наносит вред природе.

Необходимо помнить, что тип взаимодействия конкретной пары видов может изменяться в различных условиях и в зависимости от стадий их жизненных циклов. Кроме того, один и тот же вид в сообществе может находиться в разных отношениях с окружающими его видами.

Таким образом, биотические связи в природе бесконечно многообразны, а изучение и познание их – важнейшая задача для экологии.



**Ключевые слова:** нейтрализм, симбиоз, мутуализм, протокооперация, комменсализм, нахлебничество, синойкия, сотрапезничество, антибиоз, конкуренция; паразитизм, хищничество, аменсализм.



### Вопросы и задания.

1. Какие типы взаимоотношений могут возникать между популяциями разных видов?
2. Охарактеризуйте нейтральные отношения между организмами? Ответ проиллюстрируйте примерами. Какова их роль в природе?
3. Какие взаимоотношения называют мутуализмом? На основе каких предшествующих связей между организмами возникает мутуализм?
4. Между какими группами организмов возможен симбиоз? Приведите примеры симбиоза. Какую пользу получают обе стороны от симбиоза?
5. Что такое комменсализм? Чем нахлебничество отличается от квартиранства? Приведите примеры организмов-комменсалов.
6. Какие биотические взаимодействия называют аменсализмом? Приведите примеры таких взаимоотношений. Каково их значение для организмов?
7. В чем сущность конкуренции? Каким образом организмы со сходными экологическими потребностями избегают конкуренции?
8. Какие взаимоотношения между организмами называют хищничеством?



### Задания для самостоятельной работы.

1. Установите соответствие между типами взаимоотношений и их примерами. Типы взаимоотношений: 1. Паразитизм. 2. Комменсализм. 3. Мутуализм. 4. Конкуренция. 5. Хищничество. Примеры: а) шляпочные грибы – деревья; б) северная лисица – белый медведь; в) рыбы-прилипалы – акула; г) хлебная ржавчина – злаки; д) пауки – мухи; е) клубеньковые бактерии – бобовые растения; ж) печеночный сосальщик – крупный рогатый скот; з) серая крыса – черная крыса; и) удав – кролик; к) культурные растения – сорняки.



2. Отметьте примеры соответствующих типов экологических взаимоотношений, используя символы (0 0), (+ +), (+ -), (+ 0), (- -), (- 0).

Примеры взаимоотношений организмов	Символы
Распространение муравьями семян некоторых растений	
Поселение растений – эпифитов на коре деревьев	
Акулы и рыбы прилипалы	
Белки и лоси в одном лесу не контактируют друг с другом	
Термиты и живущие в их кишечнике одноклеточные жгутиковые	
Мелкие рыбешки, прячутся под зонтиками медуз	
Опыление пчелами разных луговых растений	
Взаимоотношения львов и гиен	
Рак-отшельник и актиния	
Взаимоотношения между аскаридой и человеком	
Микориза – взаимоотношение гриба и корней деревьев	
Рыбка горчак, откладывает икру в мантию двустворчатого моллюска	
Лишайник – взаимоотношение водорослей и гифов гриба	
Деревья подавляют рост светолюбивой травы под собой, сами не испытывают отрицательного воздействия	
Взаимоотношения волка и лисицы	
Взаимоотношения бобовых растений с азотофиксирующими клубеньковыми бактериями	
Взаимоотношения повилики и других растений	
Взаимоотношения муравьев и тлей	



**Выскажите свое мнение.**

1. При массовом отстреле хищных птиц численность других птиц (куропаток и тетеревов) уменьшается; при уничтожении волков снижается численность оленей; в результате уничтожения воробьев падает урожай зерновых культур. Чем объяснить приведенные факты?
2. В чем состоит экологическая роль отношений типа «паразит – хозяин»? Каково значение такой формы биотических взаимодействий для эволюции?
3. Хищные млекопитающие имеют много особенностей, которые помогают им на охоте. Однако численность самих хищников и их жертв в природе остается относительно на одном уровне. Почему?
4. Существует мнение о том, что одни виды организмов приносят вред, а другие пользу. Правильно ли это? Дайте аргументированный ответ и подтвердите его примерами.



Почему антропогенные факторы выделяют в особую группу?

Наиболее значимая в настоящее время группа факторов, интенсивно изменяющая окружающую среду, связана непосредственно с разносторонней деятельностью человека. Развитие человека на планете всегда было связано с воздействием на окружающую среду, но сегодня этот процесс значительно ускорился.

Изменения природной среды, произошедшие в результате хозяйственной и другой деятельности человека, обусловлены **антропогенными факторами**.

К антропогенным факторам относятся группа факторов, связанных с любым воздействием человека на растения, животные и на другие компоненты природы. Пытаясь переделать природу с целью приспособить ее к своим нуждам, человек трансформирует естественную среду обитания живых организмов, оказывая влияние и на их жизнь. Под воздействием антропогенных факторов терпят изменения климат, атмосфера, структура почвы, состояние водоемов. К антропогенным факторам относятся такие виды: химические, физические, биологические, социальные.

**Химические антропогенные факторы** включают применение минеральных удобрений и ядовитых химических веществ против вредителей, а также загрязнение всех земных оболочек транспортными и промышленными отходами. К **физическим антропогенным факторам** можно отнести использование ядерной энергии, повышение уровня шума в результате деятельности человека, в частности при использовании разнообразных средств передвижения. **Биологические факторы** – это продукты питания, бактерии и другие паразиты, для которых человек может быть средой обитания или источником питания. **Социальные факторы** определяются совместным существованием людей в обществе и их взаимоотношениями.

К антропогенным факторам относится любое воздействие (как непосредственное, так и косвенное) человека на окружающую среду – организмы, биогеоценозы, ландшафты, биосферу. Антропогенные факторы являются результатом деятельности человека.

Переделывая природу и приспособлявая ее к своим потребностям, человек изменяет среду обитания животных и растений, влияя тем самым на их жизнь. Воздействие может быть прямым или косвенным.

**Прямое воздействие** направлено непосредственно на живые организмы. Примером прямого воздействия является добыча каменного угля,

вырубка лесов. Нерациональное рыболовство и охота резко сокращают численность ряда видов. Нарастающая сила и ускоренные темпы изменения природы человеком вызывают необходимость ее охраны.

*Косвенное (опосредственное) воздействие* осуществляется путем изменения ландшафтов, климата, физического и химического состояния атмосферы, водоемов, строения поверхности земли, почв, растительности и животного мира. Косвенные воздействия происходят через цепочки взаимосвязанных влияний. Например, вырубка лесов по отношению к деревьям является прямым воздействием, в результате вырубки деревьев, сильное изменение состояния других растений, животных и структуры почвы рассматривается как косвенное. Использование химических препаратов против насекомых-вредителей приводит к гибели и других почвенных животных. Широкое применение пестицидов, гербицидов и других ядовитых веществ в сельском хозяйстве может оказать вредное воздействие на здоровье населения через пищевые продукты. Человек может косвенно влиять на живые организмы, изменив их естественную среду.

Человек сознательно и бессознательно истребляет или вытесняет одни виды растений и животных, распространяет другие, либо создает для них благоприятные условия. Для культурных растений и домашних животных человек создал в значительной степени новую среду, многократно увеличив продуктивность освоенных земель. Но это исключило возможность существования многих диких видов. Многие виды животных и растений исчезали с лица Земли и без вмешательства человека. Но в природе это происходит медленно, и обычно уходящие виды успевают смениться новыми, более приспособленными к условиям обитания. Человек же ускорил процесс вымирания до таких темпов, что эволюция уступила место необратимым преобразованиям экосистем.

Действие человека как экологического фактора в природе чрезвычайно разнообразно. Человек создал большое количество самых разнообразных культурных видов растений и домашних животных, создавая искусственные экосистемы, существенно преобразовал естественные природные комплексы. Эти изменения для одних видов оказываются благоприятными для размножения и развития, а для других – неблагоприятными и даже губительными. В итоге между видами возникают новые численные отношения, перестраиваются пищевые цепи, появляются приспособления, необходимые для существования организмов в измененной среде.



**Ключевые слова:** антропогенные факторы: химические, физические, биологические, социальные; воздействие человека: прямое, косвенное.



### Вопросы и задания.

1. Почему у организмов редко вырабатывается приспособленность на действие антропогенных факторов?
2. Какие антропогенные экологические факторы характерны для вашей местности?
3. К каким последствиям приводят применение минеральных удобрений и ядовитых химических веществ для обработки полей?
4. Приведите примеры прямого и косвенного воздействия человека на природу.



### Выскажите свое мнение.

1. Земледелие и скотоводство сыграли весьма прогрессивную роль в развитии человечества. Почему сейчас они рассматриваются как факторы нарушения устойчивости природы?
2. В современном мире экологи настаивают на рациональном природопользовании, а не только на охране природы. В чем отличие понятий «рациональное природопользование» и «охрана природы»?



## Лабораторная работа №1.

### Тема. Изучение влияния абиотических факторов на организм

**Цель работы:** выяснить, оказывают ли влияние абиотические факторы на организм.

**Материал и оборудование:** черенки герани или колеуса или других комнатных растений; цветочные горшки.

### Ход работы.

1. Укорените четыре одинаковых черенка герани, взятых с одного растения. В качестве черенков используйте боковые побеги с тремя узлами. С двух нижних узлов листья удалите, а на верхнем узле оставьте. Черенки растений хорошо укореняются в воде при комнатной температуре. Когда корни достигнут длины 2 см, черенки №1 и №2 пересаживают в керамические горшки, заполненные обычной почвой, а №3 и №4 – плодородной, богатой перегноем почвой. Черенки в горшках №1 и №3 размещают у окна, желательна южной экспозицией. Черенки в горшках №2 и №4 на расстоянии 3–4 м от окна. Первые три дня все черенки поливают обильно, а затем – черенки в горшках №1 и №3 поливают умеренно, по мере высыхания кома почвы, черенки в горшках а №2 и №4 поливают реже.

2. Ведите наблюдение за ростом и развитием растений. Результаты наблюдений каждую неделю заносите в таблицу.

3. Через шесть недель наблюдений сделайте вывод.

4. Ответьте на вопросы.

- 1) Назовите другие абиотические факторы, благодаря которым различаются условия среды.
- 2) Приведите примеры влияния рельефа, ветра, почв на распределение температуры и влажности.

**Таблица.** Влияние абиотических факторов на рост и развитие черенков.

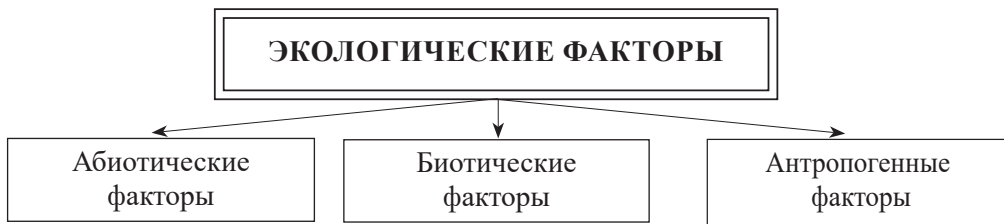
Наблюдаемые результаты		Варианты опыта			
		№1	№2	№3	№4
<b>Условия выращивания растений</b>					
Высота растения	1 – неделя				
	2 – неделя				
Число листьев	1 – неделя				
	2 – неделя				
Размер листьев	1 – неделя				
	2 – неделя				
Окраска листьев	1 – неделя				
	2 – неделя				

3) В чем проявляется влияние солености, насыщенности почвы или водоема кислородом на состояние экосистем?

4) Распределите перечисленные факторы среды по трем категориям – абиотические, биотические и антропогенные: хищничество, вырубка лесов, влажность воздуха, температура воздуха, паразитизм, свет, строительство зданий, давление воздуха, конкуренция, выброс углекислого газа заводом, соленость воды.

5) Благодаря созданию для себя микроклимата люди могут жить и работать в разных температурных условиях, вплоть до антарктической зимы или космической стужи. Значит ли это, что температура не является фактором, ограничивающим деятельность человечества?

6) Соотнесите экологические факторы и отразите их на кластере.



1. Почва.
2. Бактерии.
3. Климатические факторы.
4. Прямое воздействие человека на биогеоценоз.
5. Грибы.
6. Экспозиция склона.
7. Растения.
8. Косвенное воздействие человека на биогеоценоз.
9. Использование ядерной энергии.
10. Животные.



*Вспомните, что такое вид? Какие особенности вида отражаются в его определении? Что является формой существования вида? Какое значение для вида имеет его популяционная форма существования?*

В природе любой биологический вид состоит из популяций, которые так или иначе изолированы друг от друга.

Популяция – это группа особей одного вида, способная к самостоятельному существованию, свободно скрещивающихся и способных длительное время поддерживать свою численность, относительно изолированная от других популяций. Слово «популяция» происходит от латинского «популюс» – народ, население.

Как относительно устойчивая биологическая система, популяция обладает следующими свойствами:

- генофондом, благодаря постоянно происходящему между особями популяции обмену генами при скрещивании;
- относительной изолированностью от других популяций, что связано возможностью расселения особей и наличием преград;
- значительной численностью, что обусловлено размножением;
- временной изменчивостью, возникающей под действием факторов эволюции, приводящих к появлению в популяции новых сочетаний генов, к исчезновению отдельных аллелей (дрейф генов), мутациям и т.д.;

В популяциях действуют законы, позволяющие использовать ограниченные ресурсы среды, чтобы обеспечить оставление потомства. Популяции многих видов обладают свойствами, позволяющими им регулировать свою численность. Поддержание оптимальной численности называют **гомеостазом популяции**.

Популяции, как групповые объединения, обладают рядом специфических свойств, которые не присущи каждой отдельно взятой особи. Эти признаки позволяют человеку прогнозировать будущее популяции и правильно строить с ней взаимоотношения. Рассмотрим характеристику свойств популяций.

**Численность** – это общее количество особей на данной территории или в данном объеме. Определить количество особей в популяции в природе очень сложно. Изучение численности популяции очень важно, особенно для видов нуждающихся в охране и занесенных в «Красную книгу». При изучении численности популяции часто используется метод

мечения с последующим повторным отловом животных. Численность никогда не бывает постоянной и зависит от соотношения интенсивности размножения, смертности, миграции. Изменение числа особей в популяции во времени называется динамикой численности. Изучение динамики численности популяций имеет большое значение для предсказания вспышек численности вредителей или промысловых животных.

Численность популяции постоянно изменяется, но ее колебания ограничиваются верхним и нижним пределами. Верхний предел численности – максимальное количество особей, способных существовать в данной части ареала. Он зависит от количества корма, площади занимаемой территории и силы воздействия экологических факторов. Если численность достигает верхнего предела, то начинается гибель особей из-за нехватки корма. Возникают эпидемии из-за повышенной контактности. Нижний предел численности – минимальное количество особей, способных обеспечить длительное существование популяции. Снижение численности ниже минимального предела является причиной снижения возможности встречи полов для размножения особей. Это может привести к вымиранию популяции. Популяции с очень малой численностью особей длительно существовать не могут. Если численность приближается к минимальному пределу, следует осуществлять охрану популяции.

Всем популяциям присущи колебания численности под влиянием биотических и абиотических факторов среды. Колебания численности особей любой популяции называются волнами жизни или популяционными волнами. Различают периодические (постоянные) и непериодические (редко наблюдаемые) колебания численности естественных популяций. Периодические (циклические) колебания численности популяций совершаются обычно в течение одного сезона или нескольких лет. Сезонные изменения численности имеют место в популяциях животных, обитающих в тех частях Земного шара, в которых происходит смена времен года. У организмов, жизненный цикл которых составляет несколько месяцев (мелких ракообразных, многих видов насекомых – мух, комаров, мышевидных грызунов), происходит сезонная динамика численности. В течение благоприятного сезона происходит один или несколько циклов размножения, после каждого из которых популяция резко увеличивает свою численность. В неблагоприятный для жизни и размножения зимний период происходит падение численности популяции и к весне она возвращается в те же пределы численности, которые имела весной прошлого года. Этот циклический процесс изменения структуры популяций повторяется ежегодно.

Циклические изменения с увеличением численности особей в течении нескольких лет происходит у сов, лисиц. Периодический цикл плодоношения кедра составляет 4 года, через год плодоносят яблони на садовых участках.

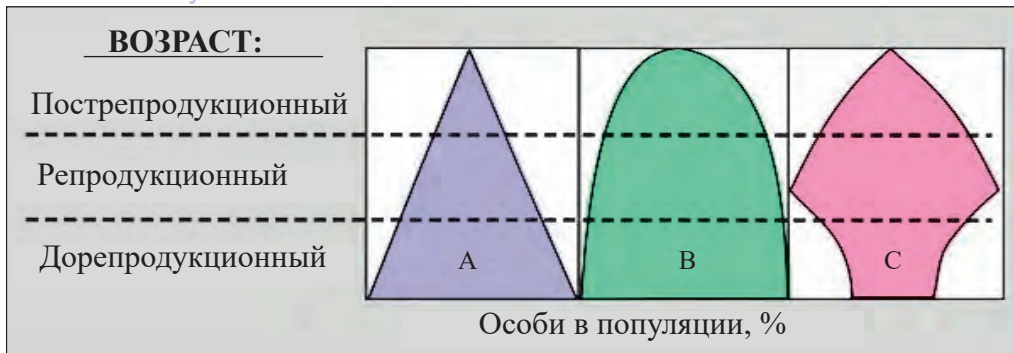
Непериодические – это вспышки массового размножения вредителей полезных растений, при нарушениях условий среды обитания (засухи, необычно холодные или теплые зимы, слишком дождливые сезоны вегетации), непредвиденные миграции в новые местообитания.

**Плотность.** Плотность – это количество особей на единице площади или в единице объема. Плотность популяции измеряется числом особей данного вида на единице площади или в единице объема или биомассой. Например, 100 деревьев на 1 га, 10000 голов или 1000 кг рыбы в бассейне площадью 1 га, 5 млн. особей хлореллы на 1 м<sup>3</sup> воды. Плотность зависит от численности и имеет определенный оптимум. При любом отклонении численности от этого оптимума вступают в силу механизмы ее внутривидовой регуляции. Когда возможно расширение ареала и расселение особей, при возрастании численности плотность популяции не увеличивается.

Рост плотности популяции сопровождается снижением плодовитости, повышением смертности, изменением скорости развития. Чрезмерное возрастание плотности популяции нередко стимулирует каннибализм – поедание животными особей своего вида. Одним из важных механизмов внутривидовой регуляции численности является эмиграция – выселение, переселение части популяции в другие места обитания ареала.

**Половой состав.** У большинства видов генетический механизм определения пола обеспечивает первичное соотношение полов – расщепление потомства по полу в отношении 1:1. Но такое же соотношение не всегда характерно для популяции в целом, в силу неодинаковой жизнеспособности мужского и женского организма, так как разная жизнеспособность является эволюционно выработанным признаком. Первичное соотношение отличается от соотношения характерного для взрослых особей. Соотношение особей разного пола и особенно доля размножающихся самок в популяции имеют большое значение для дальнейшего роста ее численности. На основании анализа половой структуры можно осуществлять экологическое прогнозирование дальнейшего изменения численности популяции. Например, если в популяции А соотношение полов составляет: самок 75%, самцов 25%; в популяции В – самок 50%, самцов 50%;





**Рис.18.** Типы возрастных пирамид в популяциях животных:  
 А – развивающаяся популяция; В – стабильная популяция;  
 С – вымирающая популяция.

а в популяции С – самок 25%, самцов 75%, то можно сказать, что в будущем в популяции А возможно повышение численности, а значит, ее можно использовать, тогда как в популяции С численность будет снижаться, а значит, ее использовать нельзя, и нужно охранять.

**Возрастной состав** – соотношение численности групп особей разного возраста. В природных популяциях животных выделяют три возрастные группы: молодые особи, не достигшие полового созревания и еще не способные давать потомство (дорепродукционный возраст), половозрелые (репродукционный возраст) размножающиеся особи, старые особи, утратившие функцию размножения и уже не дающие потомства (пострепродукционный возраст). Количественное соотношение разных возрастных групп в популяциях животных выражают с помощью возрастных пирамид (рис.18).

**Рождаемость** – число особей, появившихся в популяции в единицу времени за счет размножения особей. Рождаемость является важной демографической характеристикой изменения численности населения. Как правило, при повышении рождаемости численность популяции увеличивается. Но иногда в популяции отмечается высокая рождаемость, а численность особей в ней остается прежней или даже снижается. Это может быть связано с высокой смертностью особей или с какими-либо другими причинами, например, с расселением особей на новые территории.

**Смертность** – количество особей, погибших за единицу времени. Она является одной из характеристик демографических процессов. Смертность по характеру влияния на численность природных популяций является

свойством, противоположным рождаемости. При постоянной рождаемости по характеру смертности можно прогнозировать будущее изменение численности популяции. Если смертность увеличивается, то численность будет снижаться. Если смертность не изменяется, то численность будет оставаться постоянной. И если смертность снижается, то численность будет увеличиваться.

Соотношение между рождаемостью и смертностью определяет скорость роста численности популяции. В зависимости от соотношения рождаемости и смертности различают следующие типы популяций. *Стабильная популяция* – это популяция, в которой рождаемость и смертность сбалансированы, численность удерживается на одном уровне, не сокращается и не увеличивается, а ареал не расширяется и не сужается. *Растущая популяция* – это популяция, в которой рождаемость превышает смертность, численность при этом будет увеличиваться. *Сокращающаяся популяция* – это популяция, в которой смертность превышает рождаемость, численность при этом будет снижаться. Это наблюдается тогда, когда ухудшаются условия существования вследствие перенаселения или когда происходит усиленное уничтожение человеком. Такая популяция нуждается в охране.



**Ключевые слова:** гомеостаз популяции, численность популяции, периодические и непериодические колебания, сезонная динамика численности, плотность, половой состав, возрастной состав, рождаемость, смертность, скорость роста численности популяции.



### Вопросы и задания.

1. Дайте определение популяции с экологической точки зрения.
2. Что является обязательным признаком популяции?
3. Объясните основные свойства популяции как биологической системы.
4. Как определяется рождаемость в популяции? От каких экологических факторов она зависит?
5. Охарактеризуйте понятия численности и плотности популяции.



### Выскажите свое мнение.

Всем известно, что, бактерия кишечной палочки размножается лишь один раз в жизни и производит только двух потомков. Тополь серебристый, образует огромное количество плодов. В то же время популяция кишечной палочки может увеличиться быстрее, чем популяция тополя серебристого. С чем это связано?

**Видовая структура биоценоза.** Каждый биоценоз характеризуется определенной видовой структурой – видовым разнообразием. Получить полное представление о видовом разнообразии биоценоза практически невозможно, так как нельзя учесть виды микроорганизмов. Видовое разнообразие – общее количество видов, обитающих в биотопе. Биоценозы хвойных лесов, пустынь, высокогорий считаются бедными, их видовое богатство составляет десятки и сотни видов. В богатых тропических лесах количество видов достигает нескольких тысяч. Чем выше видовое разнообразие, тем устойчивее биоценоз. Видовое разнообразие биоценоза зависит от условий среды в биотопе. Чем благоприятнее условия среды, тем больше видовое разнообразие биоценозов, и наоборот. Например, в тропических лесах самое богатое многообразие флоры и фауны, в умеренных широтах видовое разнообразие в основном определяется видовым богатством покрытосеменных и голосеменных растений, животного мира и в меньшей степени видовой насыщенностью грибов. В тундре, где постоянно ощущается дефицит тепла, биоценозы имеют небольшое видовое разнообразие в основном за счет мхов и лишайников.

В любом биоценозе есть виды, преобладающие по численности и занимающие большую часть биотопа. Эти виды называются доминантными. Они определяют тип биоценоза. Это, например, сосна – в сосновом лесу, береза – в березовой роще, дуб – в дубовой роще и др. Кроме видов-доминантов, любой биоценоз включает множество других видов с меньшей численностью. В зависимости от доли особей данного вида в общей численности особей биоценоза, степени доминирования, их разделяют на категории: субдоминантные виды – довольно многочисленные и часто встречающиеся в биотопе виды, но заметно уступающие по численности доминантным; малочисленные виды – виды с небольшой численностью, изредка встречающиеся в биотопе; редкие виды – виды с очень малой численностью, встречающиеся только в отдельных местах биотопа.

Доминантные и субдоминантные виды человек может использовать в процессе хозяйственной деятельности без ущерба для биоценоза. Малочисленные и редкие виды нужно охранять в пределах данного биоценоза. Редкие виды, как правило, заносятся в Международную или национальные Красные книги, когда их численность очень мала в большинстве биоценозов в пределах ареала.

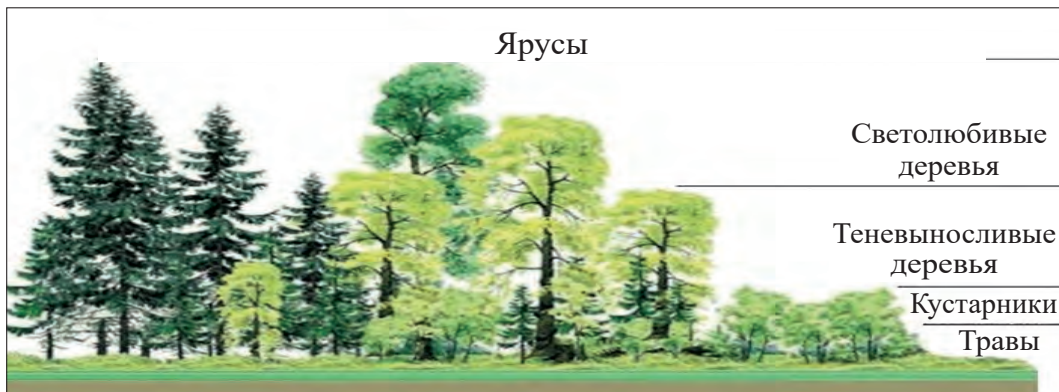
**Пространственная структура** – характер распределения особей популяции на занимаемой территории. Пространственная структура биоценоза – закономерное расположение видов в биотопе, как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях.

В формировании вертикальной структуры в наземных биоценозах основную роль играют растения разной высоты. Ярус – совместно произрастающие группы видов растений, различающиеся по высоте и по положению в биоценозе фотосинтезирующих органов. Разные ярусы образованы разными жизненными формами. Верхние ярусы составляют светолюбивые растения. Ниже располагаются теневыносливые, а в самом низу произрастают тенелюбивые виды.

Такое распределение растений способствует более полному усвоению солнечной энергии. Первый ярус образован высокими деревьями (дуб, береза, ясень, липа). Второй ярус образуют деревья второй величины (дикие яблоня, груша, рябина). Третий ярус состоит из кустарников (лещина, калина). Четвертый ярус представлен высокими травами и полукустарниками, пятый ярус (земляника, ландыш, мхи) составляют низкие травы (рис.19).

Виды животных приурочены к определенным ярусам фитоценоза. Первый ярус населяют обитатели кроны деревьев – насекомые листоеды. Второй ярус занимают птицы и вредители стволов – жуки короеды, усачи, златки. В следующих ярусах обитают – хищные и копытные животные, птицы, грызуны. Пятый ярус богат клещами, многоножками и другими мелкими животными.

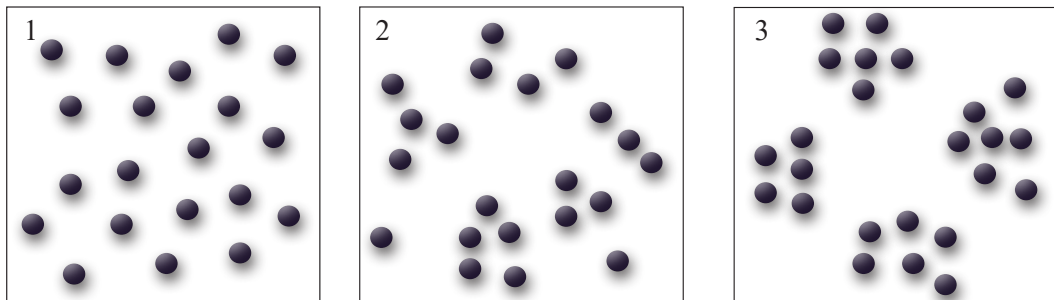
Возникновение ярусности – результат длительного приспособления разных видов друг к другу и формирования межвидовых связей и взаимоотношений. Ярусность способствует значительному ослаблению



**Рис.19.** Вертикальная структура (ярусность) биоценоза лиственного леса.

конкуренции между видами за ресурсы и территорию. Благодаря этому увеличивается численность особей на единице площади, более полно и рационально используются условия и ресурсы биотопа.

Для биоценоза характерны вертикальная (ярусность) и горизонтальная (мозаичность) структуры (рис.20).



**Рис.20.** Основные типы пространственного размещения организмов:  
1) – равномерное, 2) – случайное, 3) – групповое.

Равномерное распределение наблюдается у видов, жестко конкурирующих за пищевые ресурсы и территорию. В густом лесу стволы соседних деревьев удалены друг от друга на расстояние, примерно равное сумме размеров двух крон. Случайное распределение происходит, если среда обитания относительно однородна по экологическим условиям. Групповое распределение наиболее распространено в природе, особи скапливаются на определенных участках, между которыми остаются неиспользованные пространства. Групповое распределение у растений обусловлено их способами размножения и распространения семян и плодов. Например, некоторые растения образуют крупные, тяжелые плоды (орех лещины, желудь дуба), которые падают рядом с деревом и тут же прорастают, образуя группы. При вегетативном размножении корневищами у растений также формируются группы (пырей ползучий, ландыш майский, клевер ползучий). Многие животные образуют группы колонии, стаи, стада, семьи. Выживаемость особей в группе повышается благодаря лучшим возможностям для защиты от врагов, обнаружения корма. Например, группа растений способна лучше противостоять ветру, эффективнее использовать воду. Стае скворцов проще спастись от ястреба, косяку мелких рыб – от крупных хищных рыб. Стае волков легче охотиться, а табуну лошадей – защищаться от волков. Пингвины в колонии, образуя плотное скопление, легче переносят холод. В семьях птиц и млекопитающих благодаря заботе родителей повышается выживаемость потомства.

**Этологическая (поведенческая) структура** – система взаимоотношений, складывающихся между особями популяции. Эта структура характерна только для животных. При изучении биологии в 7-м классе вы познакомились с разнообразием поведенческих реакций животных. В некоторых популяциях особи ведут одиночный образ жизни. В большинстве случаев особи объединяются в социальные группы – семьи, колонии, стада, стаи и др. (рис. 21).

При семейном образе жизни усиливаются связи и взаимоотношения между родителями и потомством. Например, семья львов (прайд) состоит из взрослого самца, нескольких самок и их детенышей. Взрослые члены прайда сообща охотятся, защищают и воспитывают потомство. При семейном образе жизни проявляется территориальное поведение животных. Владение семейным участком обеспечивается его маркировкой при помощи звуковых сигналов и пахучих меток, демонстрацией поз угрозы, а также прямым нападением на чужака при его вторжении на занимаемый участок.

Некоторые животные, например волки и гиеновые собаки, объединяются в стаи. В стаях сильно развиты подражательные реакции и существует строгий порядок подчинения. Все действия членов стаи согласованы звуковой, зрительной или химической сигнализациями. На период размножения стая может распадаться на отдельные пары, которые рожают и воспитывают потомство. После выведения потомства стая образуется снова.

Стадо более длительное и постоянное объединение животных по сравнению со стаями. В стадах есть вожак, которым становится наиболее сильная особь. Вожак берет на себя руководство всей деятельностью стада и поддерживает строгую иерархию его членов путем специальных сигналов, угроз или прямым нападением. Иерархически организованному стаду свойствен закономерный порядок перемещения, определенная организация при защите, расположении на местах отдыха и т.п. Так, при передвижении стада зебр впереди всегда идет старая кобыла, за ней следуют сначала самые молодые, а затем старшие жеребята, за которыми двигаются взрослые зебры. Шествие завершает жеребец-вожак.

Колонии – это групповые поселения оседлых животных. Они могут существовать длительно или возникать лишь на период размножения. По сложности взаимосвязей между особями колонии животных разнообразны – от простых территориальных скоплений одиночных форм до объединений, где отдельные члены выполняют, как органы в целостном организме, разные функции видовой жизни. Колонии устриц,



Одиночный образ жизни (лисица).



Семья или прайд (львы).



Стая (волки).

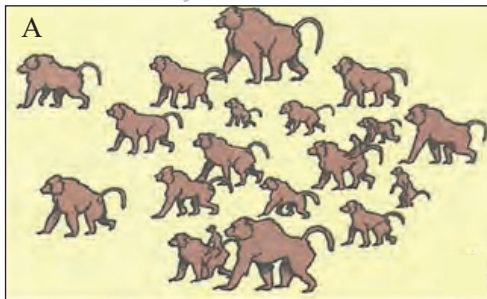


Стадо (олени).



Колония (пингвины).

**Рис.21.** Этологическая структура.



**Рис.22.** Порядок расположения особей в стаде павианов: первое кольцо образуют самцы, второе – самки, в центре – молодяк. А – при движении к месту кормления. Б – при нападении на хищника.

мидий представляют территориальное скопление одиночных форм. В колониях ласточек, пингвинов некоторые жизненные функции животных (например, защита от врагов) выполняются сообща. В колониях термитов, муравьев, пчел отдельные члены колонии функционируют как органы целого организма в результате разделения труда и специализации особей.

В стаде павианов в центре, в наибольшей безопасности, находятся самки с детенышами или готовящиеся к размножению, по краям – вожаки, молодые самцы и самки. Впереди и позади стада шествуют крупные самцы, готовые отразить нападение (рис.22).

Таким образом, экологическая структура популяции позволяет составляющим ее особям полноценнее использовать ресурсы среды обитания, лучше приспосабливаться к совместному существованию.



**Ключевые слова:** гомеостаз популяции, численность, плотность, половой состав, возрастной состав, рождаемость, смертность, этологическая структура.



### Вопросы и задания.

1. Какими показателями характеризуется видовое разнообразие биоценоза? Объясните зависимость устойчивости биоценоза от этих показателей.
2. Какими свойствами обладает популяция, как относительно устойчивая биологическая система.
3. Какое значение имеет изучение динамики численности популяций?
4. Приведите примеры периодическим и непериодическим колебаниям численности естественных популяций.
5. Чем сопровождается рост плотности популяции? Какие типы популяций различают в зависимости от соотношения рождаемости и смертности?
6. В популяциях каких организмов имеется групповое распределение: пырей, гидра, фиалка, волк, планария, клевер, грач?



- Приведите примеры разных типов этологической структуры в социальных группах животных.
- Какой компонент биоценоза играет главную роль в формировании вертикальной структуры биоценоза?



**Задания для самостоятельной работы.** Заполните таблицу. Установите соответствие между понятиями и их определениями.

№	Понятия	№	Определения понятий
1	Рождаемость	А	Общее количество видов, обитающих в биотопе
2	Плотность	Б	Довольно многочисленные и часто встречающиеся в биотопе виды
3	Возрастной состав	В	Количество особей на единице площади или в единице объема
4	Субдоминантные виды	Г	Число особей, появившихся в популяции в единицу времени за счет размножения особей
5	Видовое богатство	Д	Максимальное количество особей
6	Пространственная структура биоценоза	Е	Минимальное количество особей
7	Верхний предел численности	Ж	Общее количество особей на данной территории или в данном объеме
8	Этологическая структура	З	Закономерное расположение видов в биотопе, как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях
9	Численность	И	Соотношение численности групп особей разного возраста
10	Нижний предел численности	К	Система взаимоотношений, складывающихся между особями популяции



**Выскажите свое мнение.**

- Составьте план мероприятий по отношению к двум популяциям промысловых рыб, обитающих в разных водоемах и имеющих разную возрастную структуру. У одной популяции возрастная пирамида с широким основанием, а у другой – с узким.
- Две популяции газелей оказались в разных условиях среды, что повлияло на их возрастную структуру. В первой популяции было 160 особей ювенильного возраста, 90 особей пубертатного возраста и 50 стареющих особей. Во второй популяции оказалось 80 особей ювенильного возраста, 160 особей пубертатного возраста и 100 стареющих

особей. Постройте возрастные пирамиды, используя масштаб 1 см = 20 особям. Дайте прогноз на будущее этих популяций. Укажите, какие действия в отношении каждой из популяций должен предпринять человек, чтобы они сохранили свое существование.

3. Какое значение для хозяйственной и природоохранной деятельности человека имеет знание возрастной структуры популяций?

## § 16. ТРОФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЭКОСИСТЕМ



*Охарактеризуйте автотрофные организмы. Дайте сравнительную характеристику фототрофным и хемотрофным организмам. Вспомните способы гетеротрофного питания.*

Экосистема рассматривается как основная структурная единица природы на Земле. Экосистема – комплекс из сообществ живых организмов и среды их обитания, в котором происходит обмен веществом и энергией.

Для обозначения подобных систем на однородных участках суши используется термин «биогеоценоз». Биогеоценоз – совокупность живых (биоценоз) и неживых (биотоп) компонентов однородного участка суши, где происходит круговорот веществ и превращение энергии. С точки зрения обеспечения питательными веществами биогеоценозы более автономны, чем экосистемы, то есть независимы от других биогеоценозов. В каждом биогеоценозе осуществляется круговорот веществ.

**Структура экосистемы.** В экосистеме виды организмов выполняют разные функции. В зависимости от роли, которую виды играют в круговороте, их относят к разным функциональным группам: продуцентам, консументам или редуцентам.

**Продуценты** синтезируют органическое вещество из минерального с использованием энергии. К данной функциональной группе относят зеленые растения, фотосинтезирующие и хемосинтезирующие бактерии.

Автотрофные организмы служат пищей, источником энергии обеспечивающими существование гетеротрофных организмов. **Консументы** потребляют живое органическое вещество и передают содержащуюся в нем энергию по пищевым цепям. К ним относятся все животные и растения-паразиты. Для консументов источником питания являются автотрофы (для растительоядных животных) или другие организмы (для плотоядных животных). В зависимости от вида потребляемого органического вещества консументы подразделяются на порядки. Организмы, потребляющие про-

дуцентов, называются консументами первого порядка. К ним относятся растительоядные животные, например, саранча, жук – листоед, грызуны, копытные животные и растения-паразиты. Консументов первого порядка потребляют консументы второго порядка, к которым относятся плотоядные (хищные) животные. К консументам третьего и последующих порядков относятся хищные животные, питающиеся консументами второго и последующих порядков. Всеядные животные, например, кабаны, могут быть консументами первого и второго порядков, а хищные, например, волки – второго и третьего порядков.

Виды животных, которые одинаково употребляют и мясную, и растительную пищу называют, всеядными. К таким животным относятся, например, тараканы, страусы, крысы, свиньи, бурый медведь. Количество порядков консументов в экосистеме ограничено и определяется объемом биомассы, созданной продуцентами. Редуценты, питаясь органическими веществами мертвых растений, животных и микроорганизмов, вызывают их разложение и гниение.

**Редуценты (деструкторы)** – организмы (почвенные бактерии и грибы), которые в ходе жизнедеятельности превращают органические остатки в неорганические вещества, обеспечивая возвращение содержащихся в них элементов в круговорот веществ. Они участвуют в последней стадии разложения – минерализации органических веществ до неорганических соединений. Они возвращают вещества в круговорот, превращая их в формы, доступные для продуцентов.

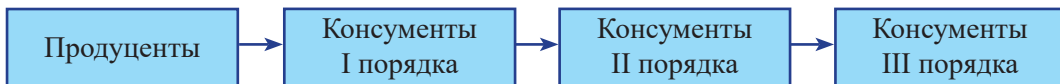
Отмершие остатки растений и грибов, трупы и экскременты животных, вовлеченные в процесс разложения, называются **детритом**. В процессе разложения детрита участвуют детритофаги и редуценты. К детритофагам относятся мокрицы, некоторые клещи, многоножки, жуки мертвоеды, некоторые насекомые и их личинки, черви. Детритофаги являются консументами.

**Цепи и сети питания.** Поддержание круговорота веществ и превращения энергии является основным условием существования экосистемы. Благодаря трофическим (пищевым) связям между видами, относящимися к разным функциональным группам, обеспечивается поддержание круговорота веществ. Органические вещества, синтезированные продуцентами из неорганических веществ, с использованием солнечной энергии, передаются консументам по пищевой цепи. В результате жизнедеятельности редуцентов основные биогенные элементы переходят из органических веществ в неорганические ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ). Неорганические вещества используются

продуцентами для создания новых органических веществ и снова с помощью продуцентов вовлекаются в круговорот. Для осуществления полноценного круговорота веществ в экосистеме должны быть все три функциональные группы организмов. И между ними должно происходить постоянное взаимодействие в виде трофических связей с образованием трофических (пищевых) цепей, или цепей питания.

**Пищевая цепь** – это линейная последовательность организмов, в которой происходит передача вещества и энергии от одного звена (источника) к другому (потребителю). Термин «цепь питания» был предложен английским ученым – зоологом и экологом Ч. Элтоном в 1934 году. Пищевая цепь состоит из нескольких звеньев. Первым звеном цепи обычно является зеленое растение, за ним следует звено растительоядных организмов (беспозвоночные, позвоночные животные, растения-паразиты), следующее звено состоит из хищников и паразитов, которые, в свою очередь, также имеют своих паразитов и хищников.

Цепи питания начинающиеся зеленых растений, называются пастбищными цепями (или цепями выедания). Пищевые цепи выедания начинаются с продуцентов и включают консументов разных порядков. Такую пищевую цепь можно представить следующей схемой:



Продуценты являются объектами питания для травоядных животных – консументов первого порядка, которые, в свою очередь становятся объектами питания для плотоядных (первичные хищные) животных – консументов второго порядка. Плотоядные животные поедаются консументами третьего порядка или более крупными (вторичные хищные) хищниками (рис.23).

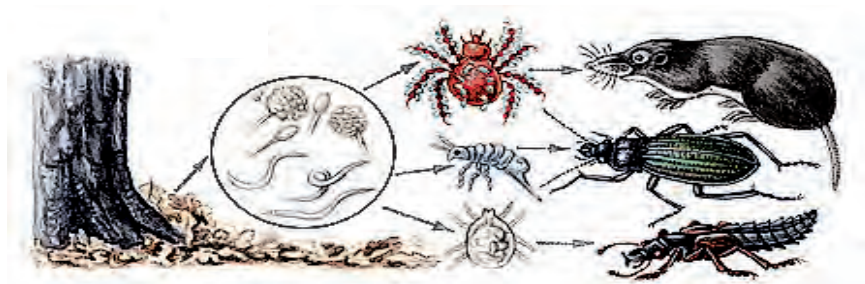
Иногда пищевые цепи начинаются с детрита. Трофические цепи, начинающиеся с мертвого органического вещества детрита, называются детритными цепями (или цепи разложения). В этой цепи органическое вещество мертвых растений, животных, грибов или бактерий потребляется детритофагами, которые, в свою очередь, становятся добычей хищников (рис.24). В этом случае часть питательных веществ, содержащихся в детрите, возвращается в круговорот, минуя стадию разложения до минеральных соединений и потребления их растениями. Детритные цепи используются человеком для переработки



**Рис.23.** Пастбищная пищевая цепь: живое растение → растительноядное насекомое → хищное насекомое → насекомоядная птица → хищная птица.

органических отходов и при разведении дождевых червей и личинок мух на корм птицам или рыбам. Детритные цепи обычно имеют два, редко три звена, а пастбищные – четыре-шесть звеньев.

В водоеме преобладают пастбищные цепи питания, которые состоят из нескольких последовательных звеньев. Первичным источником энергии в водном биогеоценозе, как и в большинстве экологических систем, служит солнечный свет, благодаря которому растения синтезируют органические вещества. Например, растительными остатками и развивающимися на них бактериями питаются простейшие, которых поедают мелкие рачки. Рачки, в свою очередь, служат пищей рыбам, которых могут поедать хищные рыбы. Пример пищевой цепи водоемов: фитопланктоны (водоросли) – зоопланктоны (дафнии, циклопы) – мальки рыб (плотва) – хищные рыбы (щука, окунь). В конце пищевой цепи находятся редуценты, которые превращают отмершее органическое вещество в неорганические соединения.



**Рис.24.** Детритная пищевая цепь: опавшие листья (детрит) → почвенные бактерии, черви, грибы (детритофаги) → почвенные насекомые и клещи → хищные насекомые и насекомоядные животные.

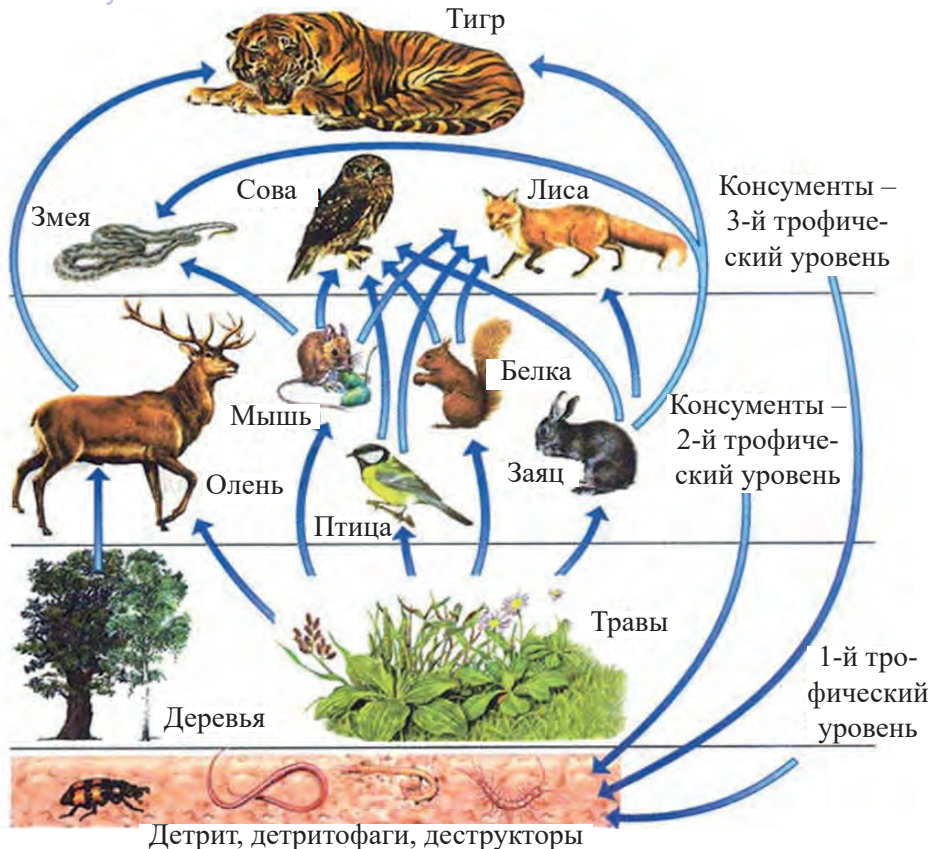
Природные сообщества коренным образом различаются по видовому составу, однако по трофической структуре они сходны: в них присутствуют основные экологические компоненты – продуценты (автотрофы), консументы различных порядков и редуценты (гетеротрофы).

**Трофические уровни.** По положению видов в пищевой цепи различают трофические уровни биогеоценозов (экосистем). Каждый организм в цепи питания относится к определенному трофическому уровню. Место организма в пищевой цепи или совокупность всех живых организмов, принадлежащих к одному звену пищевой цепи называется трофическим уровнем. Трофических уровней столько, сколько пищевых звеньев в цепи питания. Первый трофический уровень представляют автотрофные организмы как продуценты – поставщики органических веществ для гетеротрофных организмов. Ко второму трофическому уровню (консументы первого порядка) относятся фитофаги – растительноядные организмы, плотоядные (хищники), живущие за счет фитотрофов, принадлежат к третьему трофическому уровню (консументы второго порядка); потребляющие других плотоядных соответственно относятся к четвертому (консументы третьего порядка) трофическому уровню (рис.25).

Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4	Уровень 5
Продуцент	Консумент 1-го порядка	Консумент 2-го порядка	Консумент 3-го порядка	Консумент 4-го порядка
Растение	Жук-усач	Дятел	Ястреб	Куница
				
Фитопланктон	Зоопланктон	Пингвины	Морской леопард	Касатка
				

Рис.25. Трофические уровни.

В каждый трофический уровень обычно входит несколько видов. Например, в природном сообществе первый трофический уровень состав-



**Рис. 26.** Пищевая сеть

ляют многочисленные виды растений. Второй и следующие трофические уровни также состоят из большого числа видов. От многообразия видов трофических уровней зависит устойчивость и длительность существования биогеоценоза.

В природе многие виды питаются не одним видом пищи, а используют разные пищевые объекты. Следовательно, в зависимости от характера корма, каждый вид может находиться на разных трофических уровнях в одной и той же пищевой цепи, в зависимости от характера пищи. Например, поедая мышей, ястреб, занимает третий трофический уровень, а поедая змей – четвертый. Кроме того, они могут быть звеньями разных пищевых цепей одновременно. Один и тот же вид может быть звеном разных пищевых цепей, связывая их между собой. Например, ястреб может съесть ящерицу, зайца или змею, которые вхо-

дят в состав разных цепей питания. Следовательно, трофические цепи переплетаются и образуют в экосистеме трофическую (пищевую) сеть – сложную сеть, состоящую из нескольких пищевых цепей (рис.26).

В пищевой сети звенья одной пищевой цепи являются составными частями другой цепи. Каждая из цепей является отдельным каналом, по которому передаются вещества и энергия. Отсюда следует важный общий вывод: если какое-нибудь звено биогеоценоза выпадает, то система не нарушается, так как используются другие источники пищи. Чем больше видовое разнообразие, тем система устойчивее.



**Ключевые слова:** цепь питания, сеть питания, трофические связи, трофические уровни.



### Вопросы и задания.

1. Сравните определения понятий «биогеоценоз» и «экосистема». Что между ними общего? В чем отличие?
2. Какие из экосистем можно назвать биогеоценозами: луг, озеро, гнилой пень, море, хвойный лес, реку?
3. В чем отличие консументов первого порядка от консументов второго или третьего порядка?
4. Чем отличаются пастбищные цепи от детритных?
5. Какую функцию в экосистеме выполняют редуценты? Назовите их представителей.
6. Что такое трофический уровень экосистемы? Какие организмы входят в состав разных трофических уровней экосистем? Объясните, с чем связано ограничение числа трофических уровней в экосистемах.



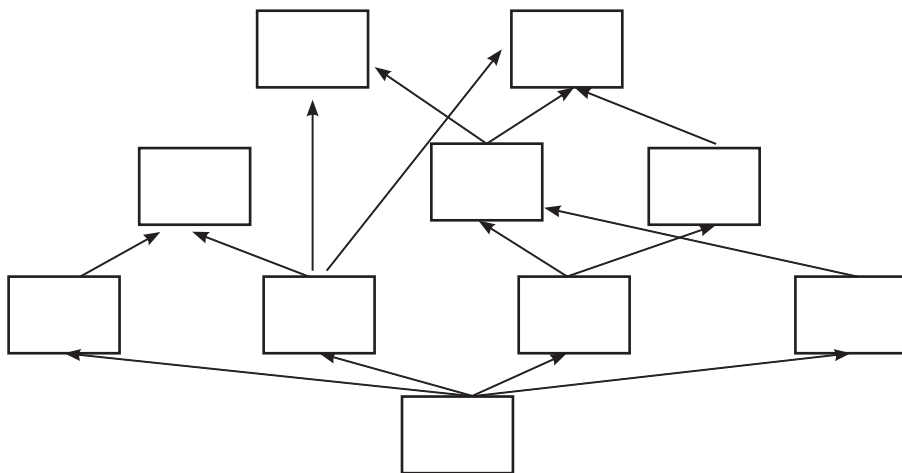
### Задания для самостоятельной работы.

1. Составьте пастбищную цепь питания, выбрав нужные звенья из следующих компонентов: осина, дятел, береза, синица, аист, гусеница березовой пяденицы, коршун.
2. Составьте детритную цепь питания, выбрав нужные звенья из следующих компонентов: змея, погибшая птица, почвенные бактерии, личинки мух, травяная лягушка, плесневые грибы, минеральные вещества.
3. Установите соответствие между типами цепей питания и их возможными пищевыми звеньями. Цепи питания: А. Пастбищные. Б. Детритные. Пищевые звенья: 1) кролик; 2) озерная лягушка; 3) плесневые грибы; 4) стрекоза; 5) почвенные бактерии; 6) тополь; 7) спирогира; 8) сазан; 9) дождевой червь; 10) хангул; 11) мокрица; 12) жук мертвояд; 13) травы; 14) куница; 15) ястреб.
4. Дайте экологический прогноз возможных последствий в экосистеме, если в ней произойдет резкое сокращение численности редуцентов.



5. Используя картинки, составьте пищевую сеть и напишите в схеме соответствующие цифры.

				
1) ястреб	2) лиса	3) синица	4) белая бабочка	5) кролик
				
6) мышь	7) растения	8) лягушка	9) змея	10) кузнечик



6. Установите соответствие между функциональными группами и их представителями. Функциональные группы. 1. Продуценты. 2. Консументы. 3. Редуценты. Представители: а) береза; б) лось; в) дождевой червь; г) рыба-щука; д) сморчок; е) лишайник, ж) ламинария; з) гнилостные бактерии; и) дафния.
7. Установите, в какой последовательности надо расположить звенья пищевой цепи: паук, пчела, синица, яблоня, ястреб.



*Вспомните функциональное разнообразие живых организмов в экосистеме и типы цепей питания в сообществе.*

**Понятие биомассы.** В экосистеме происходит непрерывный круговорот веществ и направленный поток энергии. Благодаря этому идет образование биомассы организмов. Биомасса экосистемы – общее количество органического вещества всех живых организмов, накопившегося в данной экосистеме за предыдущий период ее существования. Биомассу растений называют фитомассой, биомассу животных зоомассой. Биомасса экосистемы выражается в единицах массы сухого органического вещества на единицу площади: в  $\text{г/м}^2$ ,  $\text{кг/м}^2$ ,  $\text{кг/га}$ ,  $\text{т/км}^2$  (наземные экосистемы) или на единицу объема (водные экосистемы).

Фотосинтезирующие организмы, используя солнечную энергию, в процессе фотосинтеза создают первичную продукцию в качестве органического вещества. В биомассе запасается часть энергии Солнца, поглощаемая фотосинтезирующими организмами. Биомасса экосистемы и ее биологическая продуктивность сильно отличаются. Скорость создания органического вещества в экосистемах называется биологической продуктивностью. Продуктивность выражается количеством биомассы, синтезируемой за единицу времени (час, сутки, год) на единице площади (квадратные метры, гектар) или в единице объема (для водных экосистем: литры, кубические метры). В лесу общая биомасса организмов очень велика по сравнению с ее годовым приростом – продукцией. В пруду общая биомасса фитопланктона небольшая, но фитопланктон за счет быстрого размножения имеет высокую скорость образования продукции.

В зависимости от того, какие вещества и энергия используются для возобновления биомассы, в экосистеме различают первичную и вторичную продуктивность. Соответственно, образующаяся при этом продукция называется первичной и вторичной.

Биомасса, созданная автотрофными организмами (продуцентами) из минеральных веществ в процессе фотосинтеза или хемосинтеза называется первичной продукцией. Основное количество органических веществ образуют зеленые растения. Из 100% солнечной энергии лишь приблизительно 1% поглощается хлорофиллом и используется для синтеза органических молекул (остальные 99% солнечной энергии отражаются, поглощаются с переходом в тепло или расходятся на испарение воды). Следовательно эффективность превращения поглощаемой ими солнечной энергии в энергию химических связей органических веществ составля-

ет в среднем 1%. Эта закономерность получила название правила 1%. Первичная продукция является очень важной характеристикой экосистемы. Накопленная в ней энергия позволяет существовать всем консументам и редуцентам и создавать свою продукцию. Гетеротрофные организмы частично используют пищу для обеспечения жизненных процессов и частично строят на ее основе собственное тело. Биомасса, созданная консументами и редуцентами из органического вещества после ее частичного расщепления называется вторичной продукцией.



**Ключевые слова:** биомасса, фитомасса, зоомасса, первичная продукция, вторичная продукция.



**Вопросы и задания.**

1. Что показывают биомасса и продукция экосистем?
2. Чем объясняются различия биомассы, и продукции экосистем суши и Мирового океана?
3. Охарактеризуйте основные показатели биологической продуктивности экосистем.
4. Какая продукция называется первичной, а какая – вторичной? Почему?
5. С деятельностью каких организмов связана биологическая продуктивность экосистем?

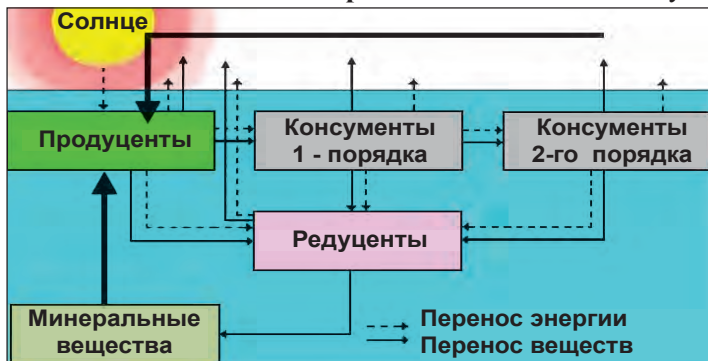


**Выскажите свое мнение.**

1. Продуктивность зеленых растений различна в разных экосистемах. На 1 м<sup>2</sup> в год во влажном тропическом лесу она составляет 2200 г сухого вещества, в тундре – 140 г, в океане – 125 г, в пустыне – 3 г. Объясните это явление.
2. Как изменение соотношения продукции и биомассы в экосистеме может повлиять на ее состояние? Приведите примеры.
3. Докажите, что круговорот веществ в экосистеме является результатом взаимодействия продуцентов, консументов и редуцентов.



**Задания для самостоятельной работы.** Объясните схему.





*Вспомните различия организмов по их функции в экосистемах и отличие консументов от редуцентов.*

Основу всех экологических систем составляют пищевые цепи. Пищевую цепь экосистем составляют разные функциональные группы: продуценты, консументы или редуценты.

К продуцентам относятся производители органических веществ – автотрофные организмы, то есть фотосинтезирующие и хемосинтезирующие организмы. В зависимости от пищевой специализации, консументы подразделяются на порядки. Консументами первого порядка являются растительноядные животные (потребители первого порядка), консументами второго и третьего и последующих являются хищные животные (потребители второго и третьего и последующих порядков). Редуценты составляют сапрофитные организмы, превращающие органические вещества в неорганические.

**Экологические пирамиды.** Процесс превращения вещества и энергии в пастбищных цепях имеет определенные закономерности. При переходе от одного трофического уровня к другому происходит трансформация вещества и энергии. Не вся употребленная биомасса идет на образование биомассы организмов каждого трофического уровня. Значительная часть затрачивается на обеспечение жизнедеятельности организмов: дыхание, движение, размножение, поддержание температуры тела и т.д. Кроме того, не вся съеденная биомасса усваивается. Непереваренная часть в виде экскрементов попадает в окружающую среду. Процент усвояемости зависит от состава пищи и биологических особенностей организмов, он составляет от 12 до 75%. Основная часть усвоенной биомассы расходуется на поддержание жизнедеятельности организмов и только сравнительно небольшая ее часть идет на построение тела и рост. Другими словами, большая часть вещества и энергии при переходе от одного трофического уровня к другому теряется, потому что к последующему потребителю попадает только та их часть, которая включилась в биомассу предыдущего трофического уровня.

Многочисленные исследования показали, что на каждом трофическом уровне пищевой цепи теряется в среднем около 90% энергии, и только 10% переходит на следующий уровень. Американский эколог Р. Линдеман в 1942 г. сформулировал эту закономерность как правило 10%.

Например	Продуценты	Консументы I	Консументы II	Консументы III
	1000 кДж	100 кДж	10 кДж	1 кДж

Закон гласит, что в пищевой цепи при переходе от одного звена к другому передается лишь 10% вещества и энергии, а остальная часть расходуется предыдущим трофическим уровнем на поддержание жизнедеятельности. Таким образом, запас вещества и энергии, накопленный растениями в пастбищных пищевых цепях, быстро расходуется (выедается), поэтому пищевые цепи не могут быть длинными.

Если любую из вышеуказанных характеристик трофических уровней изобразить в виде прямоугольников с одинаковым масштабом и расположить их друг над другом, то получится экологическая пирамида. **Экологическая пирамида** – графические изображения соотношения между продуцентами и консументами всех уровней (травоядных, хищников; видов, питающихся другими хищниками) в экосистеме. Основание экологической пирамиды составляет первый трофический уровень – продуценты, затем идет второй трофический уровень – консументы первого порядка и т.д. При переходе с одного уровня на другой происходит уменьшение числа особей, а размеры увеличиваются. В среднем с одного уровня на другой происходит передача лишь 10% энергии. Поэтому экологическая пирамида имеет широкое основание и острую вершину (рис.27).



**Рис.27.** Правило экологической пирамиды – закономерность, отражающая прогрессивное уменьшение массы, энергии или особей каждого последующего звена пищевой цепи.

В природе наблюдаются разные типы экологических пирамид: 1) пирамида чисел; 2) пирамида биомассы; 3) пирамида энергии.

**Пирамида чисел** отражает число особей на каждом трофическом уровне экосистемы. Согласно правилу пирамиды чисел общее число особей, участвующих в пищевых цепях, с каждым звеном уменьшается. Это связано с тем, что хищники крупнее объектов своего питания и для поддержания жизни одного хищника нужно несколько жертв.

В экосистемах лесов умеренного пояса, в которых продуцентами являются деревья, а консументами первого порядка – растительоядные насекомые, численность последних выше, чем продуцентов. Пирамида чисел такой экосистемы оказывается перевернутой вершиной вниз.

**Пирамида биомассы** показывает количественные соотношения биомасс организмов каждого трофического уровня экосистем. Обычно в наземных биоценозах общая масса продуцентов больше, чем в каждом последующем звене. В свою очередь, общая масса консументов первого порядка больше, нежели консументов второго порядка и т.д. Если организмы не слишком сильно различаются по размеру, то, обозначив на трофических уровнях общую массу особей, можно получить типичную пирамиду. Однако если организмы низших уровней мельче по размерам организмов высших уровней, то получается перевернутая пирамида биомассы. Например, в водных экосистемах продуценты (фитопланктон) невелики по размеру и имеют короткий жизненный цикл, довольно высокая продуктивность, но их биомасса всегда меньше биомассы консументов первого порядка.

Пирамиды чисел и биомасс отражают статику системы, то есть характеризуют количество или биомассу организмов в определенный промежуток времени. Они не дают полной информации о трофической структуре экосистемы, хотя позволяют решать ряд практических задач, особенно связанных с сохранением устойчивости экосистем. Пирамида чисел позволяет, например, рассчитывать допустимую величину улова рыбы или отстрела животных в охотничий период без последствий для нормального их воспроизведения.

**Пирамида энергии** отражает количество энергии, содержащейся в пище на каждом трофическом уровне. Из трех типов экологических пирамид пирамида энергии дает наиболее полное представление о функциональной организации экосистемы, так как число и биомасса организмов зависят не от количества фиксированной энергии, а от скорости прироста биомассы, а именно от продукции экосистемы. В противоположность пирамидам чисел и биомассы, отражающим количество

организмов в данный момент и их массу (статика), пирамида энергии показывает динамику прохождения энергии через пищевую цепь.

На форму этой пирамиды не влияют размеры и интенсивность метаболизма особей, и если учтены все источники энергии, пирамида будет иметь типичный вид. Согласно правилу пирамиды энергии, с более низкого трофического уровня на более высокий переходит около 10% потока энергии, а общее число самих уровней не может превышать шести.

Знание законов биологической продуктивности и возможность количественного учета потока энергии имеет большое практическое значение для использования человеком природных и искусственных экосистем – основного источника запасов пищевых и иных ресурсов на нашей планете.

Чтобы не нарушать баланс в экосистемах, необходимо иметь ясное представление о допустимых пределах изъятия растительной и животной биомассы.



**Ключевые слова:** правила экологической пирамиды, экологические пирамиды чисел, пирамиды биомассы, пирамиды энергии.



### Вопросы и задания.

1. Сформулируйте правило экологической пирамиды. Какие бывают типы экологических пирамид? В чем их особенности?
2. Что отражают экологические пирамиды чисел, биомассы и энергии?
3. Какая из экологических пирамид универсальна и не зависит от трофической структуры экосистемы?
4. Приведите примеры типичных и перевернутых экологических пирамид.
5. В каких областях человеческой деятельности необходимы знания законов биологической продуктивности экосистем?



### Выскажите свое мнение.

1. Постройте экологическую пирамиду энергии, соблюдая правило 10%, для пищевой цепи луга: клевер луговой → бабочка → лягушка → змея → орел змеед, если биомасса змеи за лето увеличилась на 0,2 кг.



## Лабораторная работа №2

### Тема. Решение экологических задач

**Цель работы:** Освоить правило экологической пирамиды. Научиться определять положение живых организмов в трофических цепях, научиться решать типовые экологические задачи, составить упрощенную математическую модель взаимоотношений в сообществе.

**Ход работы.**

**Задача 1.** В луговом сообществе обитают: гусеница, жаворонок, люцерна, коршун. Составьте пищевую цепь и назовите консумента второго порядка.

**Задача 2.** Установите соответствие между организмом и трофическим уровнем экологической пирамиды, на котором он находится, и впишите в таблицу: растения, орел-змееяд, лягушка, микроскопический гриб, жук.

Продуцент	
Консумент 1 порядка	
Консумент 2 порядка	
Консумент 3 порядка	
Редуцент	

**Задача 3.** Определите массу компонентов цепи питания, если известно, что масса консумента третьего порядка составляет 8 кг.

Компоненты цепи питания	Общая масса
Фитопланктон	
Мелкие ракообразные	
Рыбы	
Выдра	8 кг
Общая биомасса	

**Задача 4.** Биомасса травы (продуценты 1-го порядка) – 700000 кг, биомасса ястребов – 7 кг. Определите, консументами какого порядка являются ястребы.

**Задача 5.** В пищевой цепи (растения→заяц→лисица) биомасса растений – 100 т. Определите численность популяции лисиц, если масса тела одной лисицы – 10 кг.

**Задания для самостоятельной работы.**

**Задача 1.** Биомасса консументов 2-го и 4-го порядка равна 1010 кг. Найдите биомассу 1-го порядка.

**Задача 2.** На основании правила экологической пирамиды определите, сколько нужно планктона, чтобы в море выросла одна особь тюлени массой 300 кг, если цепь питания имеет вид: фитопланктон, нехищные рыбы, хищные рыбы, тюлень.

**Задача 3.** Какое количество чаек может прокормиться на акватории моря, на которой в течение года образуется 2000 кг сухой массы фитопланктона? Масса чайки составляет 1 кг (доля сухого вещества – 40%). Трофическая цепь имеет вид: фитопланктон→рыба→чайка.

**Задача 4.** Используя правило экологической пирамиды, определите площадь ( $m^2$ ) соответствующего биогеоценоза, на которой может прокормиться волк массой 55 кг (цепь питания: травянистые растения→парнокопытные→волк).



**Задача 5.** Вес каждого из двух новорожденных детенышей летучей мыши составляет 1 г. За месяц выкармливания детенышей молоком вес каждого из них достигает 4,5 г. Какую массу насекомых должна потребить самка за это время, чтобы выкормить свое потомство. Чему равна масса растений, сохраняющаяся за счет истребления самкой растительноядных насекомых?

## § 19. ПРИРОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ



*Из каких компонентов состоят природные экосистемы? Какие организмы являются в них продуцентами, консументами и редуцентами?*

Экосистемы Земли очень разнообразны. По происхождению различают следующие типы экосистем: 1) Естественные (природные) экосистемы – это экосистемы в которых биологический круговорот протекает без прямого участия человека. Например, озера, моря, леса. Естественные экосистемы формируются под влиянием природных факторов. 2) Искусственные (антропогенные) экосистемы – экосистемы, созданные человеком, которые способны существовать только при поддержке человека. К ним относятся агроэкосистемы, урбано-экосистемы (городские экосистемы) и космические экосистемы.

**Естественные экосистемы.** Природные экосистемы обладают большим видовым разнообразием по сравнению с антропогенными. Естественные экосистемы функционируют без всяких забот и затрат со стороны человека на поддержание своей жизнеспособности и собственного развития. В зависимости от условий естественные экосистемы, подразделяются на три типа: 1) наземные; 2) пресноводные; 3) морские.

**Наземные экосистемы.** Размещение по земной поверхности основных наземных экосистем определяют два абиотических фактора – температура и количество осадков. Климат в разных районах земного шара неодинаков. В наземных экосистемах лимитирующим фактором является нехватка влажности. Продуценты тратят много воды на транспирацию, поэтому количество влаги в экосистеме является определяющим фактором для ее существования. Температура также имеет значительные колебания и приводит к видовому разнообразию, но она играет меньшую лимитирующую роль, чем влажность, потому что изменяется периодически. Температуры могут быть практически постоянными в течение всего года (у экватора) или меняться по сезонам. Все организмы в ходе эволюции уже приспособились к тому уровню температуры, который существует

в данных условиях. Наземные экосистемы разнообразны. Совокупность наземных экосистем, которые существуют в однородных ландшафтно-климатических условиях, называется биомом. Биомы имеются только на суше. Выделяют следующие типы биомов: арктическая и альпийская тундры; северные хвойные леса; листопадные леса умеренной зоны; степи умеренной зоны; пустыни; тропические леса.

В северном полушарии к северу от тайги расположены *тундры*. Климат очень холодный с полярным днем и полярной ночью, среднегодовая температура ниже 0°C. За несколько недель короткого лета земля оттаивает не более чем на один метр в глубину. В тундрах отсутствуют деревья, господствуют медленно растущие лишайники, мхи, травы, стелющиеся или карликовые кустарнички. Животный мир небогат, встречаются из крупных травоядных копытных – северный олень (Евразия), из хищников – песец. Среди птиц преобладают – полярная сова и др.

*Хвойные леса (тайга)* (северные районы Евразии и Северной Америки). Зима долгая и холодная, много осадков выпадает в виде снега. Господствуют вечнозеленые хвойные деревья (ель, пихта, кедр, сосна обыкновенная). Животный мир состоит из крупных травоядных копытных (лось, кабарга), мелких растительноядных млекопитающих (бобер, белка), хищников (медведь, рысь, соболь, лисица, волк, норка). Характерно множество болот и озер.

*Листопадные леса умеренной зоны* (широколиственные леса). Климат сезонный с зимними температурами ниже 0°C. Растут широколиственные листопадные деревья (дуб, бук, клен, липа, ясень), кустарники и травы. Животный мир представлен млекопитающими (лоси, медведи, рыси, лисицы, волки, белки, землеройки), птицами (дятлы, дрозды, совы, соколы). Живые организмы адаптированы к сезонному климату: спячка, миграции, состояние покоя в зимние месяцы. Из замерзшей почвы зимой деревья не могут восполнять запасы воды, теряемой путем испарения, хотя они и замедляют испарение. Например, листопадные деревья к зиме сбрасывают листья.

*Степи умеренной зоны.* Климат сезонный, лето от умеренного теплого до жаркого, зимние температуры ниже 0°C. Растут травы, редкие деревья и кустарники. Животный мир представляют крупные растительноядные млекопитающие – бизоны, антилопы, сайгаки, кенгуру, жирафы, зебры, белые носороги; мелкие роющие млекопитающие – суслики, сурки, мыши-полевки, кролики, хищники – волки, львы, леопарды, гепарды, гиены и разнообразные птицы.

**Луга** – это экосистемы, растительный компонент которых представлен сообществом трав, требующих достаточного увлажнения. Луга занимают низменные, хорошо увлажняемые территории, например в поймах рек, материковые низины. Бывают также горные луга – альпийские луга, джайлау. В этих биогеоценозах основу растительного покрова составляют многочисленные виды злаков и других цветковых растений, а животных – разнообразие насекомых.

Луга – это главные сенокосные угодья и места выпаса скота. К сожалению, как степные, так и луговые экосистемы во многих регионах уничтожены – распаханы для выращивания культурных растений или заняты городами, поселками и промышленными предприятиями.

В **пустынях** климат очень сухой, с жарким днем и холодными ночами. Для них характерно выпадение малого количества осадков в течение года, высокие температуры и яркое освещение на протяжении длительного времени года. Растительность составляют ксерофитные травы, и редко встречаются кустарники, много эфемеров, быстро развивающихся после непродолжительных дождей. Животный мир представляют разнообразные грызуны (тушканчики, суслики), копытные (куланы, джейран, антилопа), хищники (волк, корсак). Много пресмыкающихся, насекомых и паукообразных. Животные проявляют активность в ночное время. Некоторые пустыни используются человеком как сельскохозяйственные угодья – под посевы или пастбища. Для этого из других районов производится доставка воды для орошения полей и водопоя скота или используются подземные воды.

**Тропические леса** отличаются наибольшим разнообразием видов. Эти леса встречаются там, где температура и количество осадков круглый год держится на высоком уровне, создавая идеальные условия для роста и развития растений (север Южной Америки, Центральная Америка, экваториальная Африка, Юго-Восточная Азия, острова Индийского и Тихого океанов). Среднегодовое количество осадков превышает 2000–2500 мм в год. Видовое разнообразие растений огромно. Деревья образуют густой полог из многих ярусов. Здесь практически нет трав. На стволах и ветвях деревьев развиваются растения-эпифиты, корни которых не достигают почвы, и деревянистые лианы, укореняющиеся в почве и взбирающиеся по деревьям до их вершин. Животный мир по видовому составу очень богат: млекопитающие (обезьяны, ленивцы), птицы (попугаи, колибри). Встречаются многочисленные пресмыкающиеся, земноводные, насекомые.

В тропических лесах трудно найти рядом растущие два-три растения одного вида. Обычно в них произрастают отдельные особи очень многих видов древесных растений. В настоящее время лесные биогеоценозы подвергаются массовому сокращению в результате деятельности людей. Это создает значительную угрозу устойчивости биосферы.

**Пресноводные экосистемы.** Пресноводные экосистемы занимают наименьшую часть Земного шара по сравнению с другими экосистемами, однако их значение очень велико, потому что они являются единственным источником пресной воды, которая необходима не только для существования всего живого, но и для хозяйственной деятельности человека. Вода обладает высокой теплоемкостью, поэтому колебания температуры небольшие, и она не является лимитирующим фактором. Содержание кислорода и углекислого газа непостоянное и является лимитирующим фактором.

Организмы, населяющие пресноводные экосистемы, представлены жизненными формами: бентос, планктон, нектон. Все пресноводные экосистемы по характеру структуры подразделяют на три группы: стоячие – озера, пруды; текущие – реки, ручьи, родники; болота.

**Морские экосистемы.** К ним относятся открытое море (открытый океан), континентальные шельфы, бухты, проливы, устья рек (лиманы). Морские экосистемы занимают 70% поверхности Земли, имеют очень большие глубины и на самом глубоком дне существует жизнь. В морях и океанах происходит постоянная циркуляция воды. В морских экосистемах постоянно наблюдаются приливы и отливы, вызываемые притяжением Луны и Солнца. Вода в морских экосистемах имеет очень высокую соленость (до 35%), поэтому организмы имеют различные приспособления для борьбы с потерей воды. В морских экосистемах обитают планктоны, бентосы, нектоны.



**Ключевые слова:** естественные экосистемы, искусственные экосистемы, биомы, пресноводные экосистемы, морские экосистемы.



**Вопросы и задания.**

1. Из каких компонентов состоит экосистема озера? Почему биомасса продуцентов в ней меньше, чем биомасса консументов? Ответ поясните.
2. Какой фактор абиотической среды в наибольшей степени влияет на жизнь экосистемы озера? Каково его значение для жизни экосистемы?
3. Перечислите организмы, входящие в состав фитопланктона, зоопланктона и бентоса экосистемы озера. Какова их роль в жизни экосистемы озера?
4. Какие факторы среды определяют жизнь экосистемы леса?



### Выскажите свое мнение.

Какова ваша точка зрения на следующее высказывание: в настоящее время идет активное уничтожение тропических лесов. Вырубка тропических лесов ведет к уменьшению разнообразия мира растений и животных. Эти леса, не являясь международным заповедником, поэтому должны служить источником экономического развития. Что бы вы предложили в создавшейся ситуации для преодоления возникшей проблемы?

## § 20. ЕСТЕСТВЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ И УЗБЕКИСТАНА



*Вспомните, из курса ботаники, представители каких семейств, произрастающих в Узбекистане приспособлены к условиям пустыни.*

Физико-географические условия и ландшафт Центральной Азии очень многообразны. В Центральной Азии можно выделить четыре природно-географических комплекса: равнинно-степной, полупустынный, пустынный, горный.

**Экосистемы пустынь.** Зона пустынь находится на 400–500 м над уровнем моря и занимают более 60% территории нашей республики. Физико-географические условия и ландшафт этого региона характеризуется разнообразием. Западную часть территории Средней Азии занимают пустыни, которые характеризуются сухим, жарким летом, очень холодной зимой и незначительным количеством осадков. Недостаток влаги является ограничивающим фактором биологической продуктивности. Летняя температура достигает  $+40+45^{\circ}\text{C}$ , годовое количество осадков не превышает 200 мм, и выпадают они в основном в зимне-весенний сезон.



Верблюд



Тушканчик

**Рис.28.** Животные пустынь и полупустынь.



Эфа



Сайгак

**Рис.29.** Животные пустынь и полупустынь.

По структуре почвы различают солончаковые, песчаные, гипсовые пустыни. Для каждого типа почвы характерен свой особый растительный покров. На солончаковых почвах с различной степенью засоленности растут мясистые и сочные растения: климокоптера шерстистая, солерос, сарсазан, соляноколосник каспийский. В песчаных пустынях растут саксаул, различные солончаковые растения – гиргенсония, джужун, силен (аристидя перистая), осока вздутая (илак). В гипсовых почвах встречаются солянка бояличевидная, буюргун солончаковый (анабазис), полынь.

Животные пустыни, как и растения, хорошо приспособлены к жизни в условиях безводья. Пресмыкающиеся и мелкие грызуны пустыни имеют физиологические и этологические (поведенческие) приспособления к условиям безводья. Они не испытывают большой нужды в питьевой воде, так как в результате расщепления пищи в их организме образуется метаболическая вода. Благодаря высокой концентрации мочи их организм теряет мало воды. Беспозвоночные животные представлены в основном насекомыми. Большинство животных ведут ночной образ жизни. Из млекопитающих встречаются тушканчик, дикая кошка, джейран, сайгак, барсук, лиса, волк, шакал, суслик, полевая мышь, еж; из птиц – сойка, жаворонок, дрофа, сова, садовая славка, воробей, гриф, орел и другие. Из пресмыкающихся встречаются варан, песчаный удав, туркестанская кобра, полоз, стрелка, эфа, различные ящерицы и черепахи (рис.28–29).

**Тугай** – это густые заросли различных деревьев, кустарников, трав, растущих в долинах рек на пропитанных водой почвах. Жизнь тугайных лесов неразрывно связана с речными водами. Самые крупные тугаи в Узбекистане расположены в долинах рек Сырдарья и Амударья. В тугаях также произрастают различные растения. Широко распространены влаголюбивые травы: камыш, вейник наземный, солодка голая, рогоз, янтак; из деревьев и кустарников – туранга (тополь сизолистый), гребенщик, ива, лох и др. Нужно сказать следующее: из-за падения уровня

воды в Сырдарье и Амударье постепенно сужаются площади под лесами и тугайными зарослями в поймах. Тугаи предохраняют берега от размывания во время половодий, являются источником питания для животных; заслоняют долины от горячих пустынных ветров и обогащают воздух кислородом. Кроме того, тугаи необходимы для сохранения и размножения различных пушных и других зверей и птиц.

Животный мир тугаев представлен млекопитающими: кабан, тугайская кошка, барсук, волк, шакал, кролик; птицами: кряква, гусь, чирок, кукушка, пеликан, фазан, ястреб и другие.

**Адыры** представляют собой зону между горами и пустыней. Адыры, предгорья и нижние части гор, расположенные на высоте 500–1200 м над уровнем моря, отличаются от пустынь плодородием почвы, богатством и длительным вегетационным периодом растений (рис.30). На адырах в основном возделывается поливное и богарное земледелие. Большинство адырных растений растут образуя дерн, который защищает почву от различных эрозий (выветривания, смывов во время дождя и наводнений). В адырах растут тысячелистник, полынь горькая, девясил большой, эремурус, живокость, псоралея костянковая, шалфей, василек растопыренный и др.

В адырах обитают из млекопитающих крыса, мышь, суслик, сайгак, газель; из пресмыкающихся змеи. Некоторые пустынные животные встречаются в низовьях адыров (черепаха, ящерица, желтопузик, рыжий суслик, агама). Адыры богаты разными видами птиц: орел, пустельга,

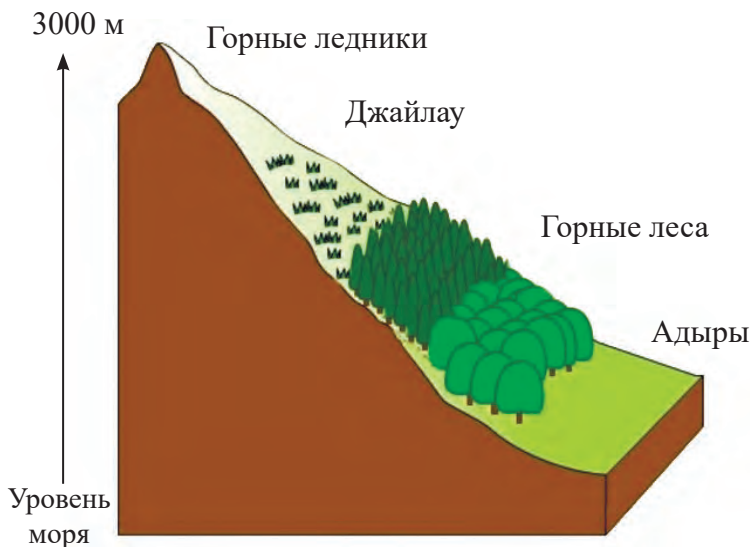


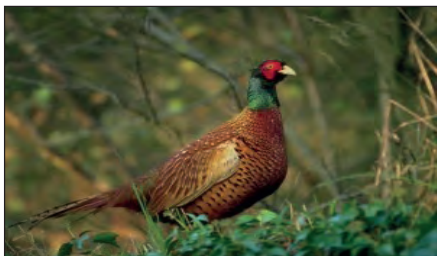
Рис.30. Высотная поясность.



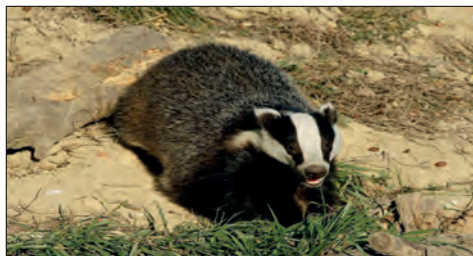
Заяц-толай



Бухарский олень



Фазан



Барсук

**Рис.31.** Животный мир адыров.

ястреб, орел-змееяд, филин, сова, перепел, куропатка, сойка). Кроме того, на адырах развито животноводство (рис.31).

На возвышенностях, расположенные выше 1200–1600 м над уровнем моря и достигающие высоты 2700–2800 м, простираются *горные леса*. Здесь можно встретить однолетние, многолетние травы, кустарники, деревья. Наряду с деревьями (яблоня, алыча, боярышник, груша, грецкий орех, миндаль, каркас, можжевельник, тополь, береза и вишня магалебская) также растут кустарники (шиповник, жимолость, барбарис, таволга, кизильник). Среди многолетних трав растут виды нуждающиеся в охране (тюльпан, эремурус, ферула).



**Рис.32.** Акантолимон.

В горных лесах встречаются лесная мышь, соболь, выдра, белка, бурый медведь, гиена, рысь, леопард, дикий баран, горная коза, кабан, волк, лиса, барсук. Из птиц обитают орел, сыч, гриф, куропатка, иволга.

*Джайлау* расположены высоко в горах, на высоте 2700–2800 м над уровнем моря, к их числу относятся широкие долины, расположенные высоко в горах. В этом поясе лето короткое и прохладное, зима суровая, снега выпадает много,



круглогодично дуют сильные ветры. Поэтому на джайлау не встречаются крупные деревья, как на низменностях. На джайлау из деревьев растет можжевельник, из кустарников кизильник, шиповник, жимолость и другие с низкими стволами, многолетние травы: горлец (таран), полынь, молочай, типчак (валезийский), василистник и другие, а также образующие подушки акантолимон (красноватый) и копеечник (рис.32).

Здесь из млекопитающих можно встретить бурого медведя, снежного барса (ирбис), архара, муфлона, леопарда, волка; из птиц встречаются бородач, горная галка и др. Интенсивное развитие сельского хозяйства, развитие горнодобывающей промышленности, вырубка арчовых лесов приводят к заметным нарушениям биомов в предгорных и горных регионах.



**Ключевые слова:** пустыни, песчаные, солончаковые, гипсовые и каменистые, тугаи, адыры, ореховые и арчовые леса, джайлау.



### Вопросы и задания.

1. Какие природные экосистемы встречаются в Центральной Азии?
2. Какими особенностями обладают растительный и животный мир пустынь?
3. Какие приспособления выработались у растений и животных тугаев?
4. Какие растения и животные распространены в адырах?
5. Расскажите о климате, растениях и животных горных лесов и джайлау.



### Задания для самостоятельной работы.

№	Растения	№	Растения	№	Растения	№	Растения
1	рогоз	8	василек растопыренный	15	солянка бояличевидная	22	буюргун солончаковый
2	туранга	9	типчак	16	солерос	23	полынь
3	гиргенсония	10	девясил	17	камыш	24	жимолость
4	акантолимон	11	вейник	18	молочай	25	горлец
5	эремурус	12	сарсазан	19	живокость	26	джузгун
6	солодка голая	13	анабазис	20	илак	27	шалфей
7	климокоптера	14	копеечник	21	ива	28	гребенщик

В песчаных пустынях растут:

На солончаковых почвах растут:

В тугаях произрастают:

В адырах произрастают:

На джайлау растут:



*Вспомните, чем обусловлено разнообразие природных биогеоценозов и какие факторы являются условиями устойчивости природных экосистем.*

**Искусственные экосистемы** – это антропогенные экосистемы. В процессе исторического развития человек постепенно преобразовывал природу для своих нужд. Хозяйственная деятельность привела к частичной замене природных экосистем антропогенными – агроэкосистемами и урбаноэкосистемами, структура которых создается, поддерживается и контролируется человеком в своих интересах. Искусственные экосистемы не способны к самовозобновлению, саморегулированию, крайне неустойчивые и не могут существовать в течение продолжительного времени без вмешательства человека.

Они используют энергию Солнца и дополнительную энергию, поставляемую человеком. Моделью различных искусственных экосистем являются аквариумы, горшки с цветами.

**Урбаноэкосистемы** (урбоэкосистема – от лат. *urbs* – город) искусственно созданные и поддерживаемые человеком экосистемы, возникающие в результате создания поселений человека. К ним относятся города, поселки и урбанизированные людьми участки земли.

В состав урбоэкосистем входит: природные компоненты (воздух, вода, почва, растения, животные, грибы, микроорганизмы) и компоненты, созданные человеком (промышленные предприятия, архитектурно-строительные объекты, транспорт, жилые здания и т. д.).

Второй компонент оказывает существенное влияние на абиотическую и биотическую среды городских экосистем. Воздух многих крупных городов из-за выбросов промышленных предприятий и автотранспорта содержит значительное количество пыли, углекислого и угарного газов, что является причиной уменьшения видового разнообразия растений и животных. На городскую среду оказывает серьезное влияние электромагнитное и шумовое загрязнение, вызванное работой антенн, линий электропередач и др. Они отпугивают диких животных и оказывают отрицательное воздействие на здоровье человека.

Городская флора состоит из зеленых насаждений, в составе которых есть виды, устойчивые к недостатку влаги в почве и повышенному содержанию солей (тополь, каштан конский, клен, акация, гледичия), поглощают из городского воздуха углекислый газ, выделяют кислород и

летучие вещества – фитонциды, убивающие болезнетворные бактерии. Главное значение растений, растущих в городах, – не производство органического вещества, а регулирование газового состава атмосферы. Растения города поглощают шум и выполняют роль живого фильтра, задерживающего пыль и различные химические соединения.

В городах обитают животные, способные существовать рядом с человеком. Среди них птицы (голуби, воробьи, вороны, ласточки, скворцы и др.), грызуны (крысы, мыши, белки), насекомые (клопы, моль, мухи, тараканы и др.).

Задачи экологического ориентированного управления городскими экосистемами связаны с совершенствованием технологий производства промышленных предприятий, экологизацией коммунального хозяйства и транспорта. Решаются задачи по уменьшению энергопотребления городов за счет установок солнечных коллекторов. Кроме того ведутся работы по оптимизации расхода электроэнергии в хозяйстве и на промышленных предприятиях. Вопросы расходования воды и соответственно очистки загрязненных стоков, уменьшения количества, хранения и переработки твердых бытовых отходов, так же являются актуальными.

**Агроэкосистемы.** Агроэкосистемы (греч. agros – поле) – искусственные экосистемы, возникающие в результате сельскохозяйственной деятельности человека. Это сельскохозяйственные поля, огороды, сады,



Пшеничное поле



Хлопковое поле



Сад



Пастбище

**Рис. 33.** Агроценозы.

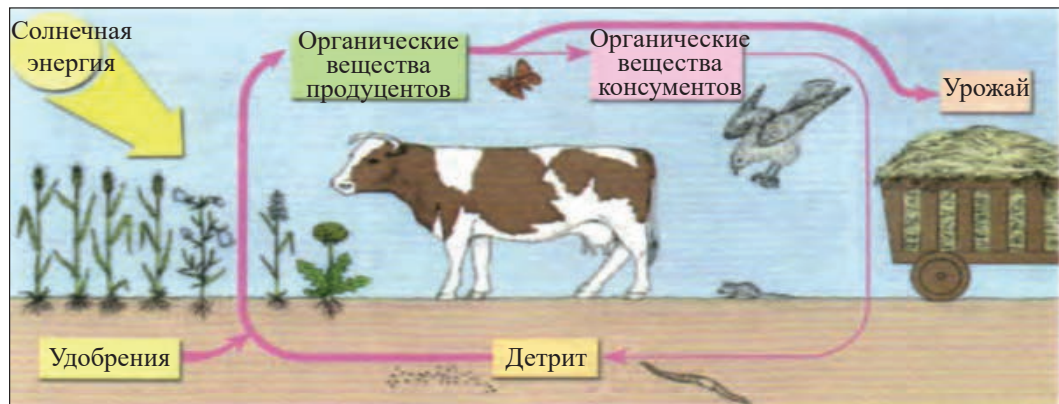
виноградники и т.д. Основой агроэкосистем являются агроценозы. *Агроценозы* – биоценозы на землях сельскохозяйственного пользования, созданные с целью получения сельскохозяйственной продукции. Они регулярно поддерживаются человеком, обладают высокой продуктивностью (урожайностью) одного или нескольких избранных видов (сортов, пород) растений или животных (рис.33).

В отличие от урбаноэкосистем, существенную часть агроэкосистем составляют автотрофные компоненты – зеленые растения. Агроэкосистемы отличаются от естественных экосистем (лес, луг), работающих только на энергии Солнца. Они получают дополнительную энергию в виде удобрений, орошающей воды. Эти системы производят продукты питания, эти продукты превращаются в товар, играющий важную роль в экономике.

Основными элементами агроэкосистем являются: культурные растения, высеянные или высаженные человеком, сорные растения, микроорганизмы культурных и сорных растений (например, клубеньковые бактерии на корнях бобовых, связывающие свободный азот воздуха, микоризообразующие грибы на корнях высших растений, бактерии, грибы, водоросли, свободно живущие в почве, беспозвоночные и позвоночные животные (рис.34).

Повышение плодородия агроэкосистем требует большого расхода энергии на производство горючего, химических веществ, эксплуатацию машин. Зачастую количество затрачиваемой энергии превышает количество энергии, содержащейся в пищевых продуктах, что приводит к снижению рентабельности агроэкосистем в условиях экономического кризиса.

Искусственно создаваемые экосистемы требуют постоянного наблюдения. Агроэкосистема, состоящая из определенного вида (например, из хлопчатника), может приносить временную экономическую выгоду.



**Рис.34.** Круговорот веществ и энергии в агроэкосистемах.

Однако монокультура хлопчатника на очень больших площадях приводит к изменению структуры почвы, ее стерилизации, размножению вредителей и, в конце концов, к гибели экосистемы. Внедрение севооборотов, введение в экологическое сообщество дополнительных компонентов, например насекомоядных (энтомофагов) и опыляющих пчел, способствуют стабилизации экологической системы.

Для повышения плодородия таких естественных экосистем, как пустыни, луга и степи, которые являются пастбищами, можно использовать посев высокоурожайных трав, удобрения и искусственное орошение почвы. Дальнейшее повышение экономической эффективности агроценозов требует использования промышленных технологий обработки посевов, применения методов генной инженерии и биотехнологии для создания новых сортов растений и их гибридов.

**Космические экосистемы.** Космический корабль, предназначенный для длительных путешествий, представляет собой миниатюрную экосистему, включающую человека. В настоящее время все космические корабли снабжены модулями жизнеобеспечения запасающего типа. В них частично осуществляется регенерация воды и воздуха физико-химическими методами. Космические корабли должны быть снабжены системами полной регенерации всех жизненно важных абиотических компонентов (факторов), позволяющих их многократное использование.

Таблица 3

### Сравнительная характеристика природной и искусственной экосистем

Природная экосистема	Антропогенная экосистема
Первичные, естественные элементарные единицы биосферы, сформировавшиеся в ходе эволюции	Вторичные, трансформированные человеком искусственные элементы биосферы
Для природных экосистем характерен естественный отбор	Главным направлением отбора агроэкосистемы является искусственный
Сложные системы со значительным количеством видов животных и растений, в которых господствуют популяции нескольких видов	Упрощенные системы с господством популяций одного вида растений и животного
Разнообразие экологического состава фитоценоза обеспечивает устойчивое динамическое равновесие, достигаемое саморегуляцией	Устойчивость продуктивности ниже, чем в естественных экосистемах. Характеризуются непостоянством структуры их биомассы

Первичная продукция используется консументами, редуцентами и участвует в круговороте веществ	Часть веществ в агроценозах безвозвратно изымается для удовлетворения потребностей человека
Получает, преобразует, накапливает солнечную энергию	Кроме солнечной энергии, потребляет энергию дополнительного топлива
Формирует плодородную почву	Истощает плодородные почвы
Постепенно накапливает и очищает воду	Расходует много воды, загрязняет ее
Обладает способностью самосохранения и самовосстановления	Требует больших затрат для постоянного поддержания и восстановления



**Ключевые слова:** антропогенные экосистемы, агроэкосистемы, урбоэкосистема, агробиоценоз, монокультура.



### Вопросы и задания.

1. Сравните агроэкосистемы и природные экосистемы. В чем их различие?
2. Перечислите основные отличия агроэкосистем от биогеоценозов.
3. Чем урбоэкосистема отличается от биогеоценоза?
4. С какой целью человек создает агробиоценозы и агроэкосистемы?
5. Почему в агроэкосистемах круговорот веществ неполный и незамкнутый?
6. Отнесите перечисленные ниже объекты к природным экосистемам или к агроэкосистемам: океан, огород, степь, озеро, парк, альпийский луг, яблоневый сад, тропический лес, пшеничное поле.



### Выскажите свое мнение.

1. Объясните, почему агроэкосистемы неустойчивы и быстро разрушаются без поддержки человека. Предложите пути повышения их устойчивости.
2. Объясните, почему в агроэкосистемах насекомые-вредители могут достигать высокой численности, а в природных экосистемах их численность относительно постоянна. Объясните, каковы преимущества использования биологических методов сокращения их численности по сравнению с химическими методами.
3. Каковы особенности городской флоры и фауны? Назовите основных ее представителей. Какие особенности образа жизни позволяют этим организмам существовать в городских условиях? Как могли появиться такие приспособления?
4. Каково значение зеленых насаждений и животных для городской среды?
5. Предложите рекомендации по озеленению пришкольной территории.



**Задания для самостоятельной работы.** 1. Заполните таблицу.

Критерии сравнения	Естественные экосистемы	Искусственные экосистемы
Биологическое разнообразие		
Замкнутость круговорота веществ		
Необходимость поступления веществ извне		
Количество трофических уровней		
Необходимость дополнительной энергии		
Процессы саморегуляции		
Стойкость		
Действующий отбор		
Примеры		

2. Напишите в таблице отличительные и сходные признаки природной и антропогенной экосистем.

Ардовый лес	Сходные признаки	Хлопковое поле

## § 22. УСТОЙЧИВОСТЬ БИОГЕОЦЕНОЗОВ



*Вспомните, как называется способность непрерывно поддерживать свою структуру и характер связей между элементами и их функционирование. Почему устойчивость экосистем обеспечивается высоким видовым разнообразием?*

**Устойчивость экосистем.** Природные экосистемы имеют собственные законы строения, функционирования и развития. Длительность существования каждой экосистемы поддерживается прежде всего за счет общего круговорота веществ, осуществляемого продуцентами, консументами и редуцентами, и постоянного притока солнечной энергии. Именно эти два явления обеспечивают ей высокую способность противостоять воздействию постоянно меняющихся условий внешней среды. Устойчивость экосистем – это способность экосистем сохранять структуру и нормальное функционирование при изменениях экологических факторов.

Видовое разнообразие – также один из факторов устойчивости экосистем к неблагоприятным факторам среды. Адаптации организмов к изменениям факторов среды обитания в определенной степени обеспечивают устойчивость экосистем.

Устойчивость экосистемы обеспечивается также разнообразием трофических связей организмов, входящих в ее состав. Бедные видовым разнообразием сообщества неустойчивы. Чем разнообразнее видовой состав биогеоценоза, тем больше у него возможностей сохранить устойчивость. Изменение условий внешней среды может вызвать гибель большинства особей популяции, адаптированных к прежним условиям существования. Поэтому чем более генетически разнородной является та или иная популяция экосистемы, тем больше шанс у нее иметь организмы с аллелями, ответственными за появление признаков и свойств, позволяющих выжить и размножиться в новых условиях и восстановить прежнюю численность популяции. Время, необходимое для восстановления популяции, будет зависеть от скорости размножения особей, так как изменение признаков происходит только путем отбора в каждом поколении.

Способность экосистемы к саморегуляции и поддержанию динамического равновесия называется гомеостазом. Гомеостаз экосистемы выражается в способности сохранять постоянство видового состава и численности особей, поддерживать относительную стабильность и целостность генетической структуры в меняющихся условиях внешней среды. Нарушение природных цепей питания под воздействием антропогенного фактора, нерациональное вмешательство человека в экосистемы могут привести к неконтролируемому росту или снижению численности особей определенных популяций и к нарушению природных экосистем.

Изменения среды, изменения численности видов, выпадения типичного вида из сообщества или вселения в него нового вида, играющего особую средообразующую роль, приводят к потере устойчивости этого биогеоценоза и даже его замене другим биогеоценозом.

**Смена биогеоценоза.** Наблюдая за каким-либо биогеоценозом в течение ряда лет, можно заметить, что он не остается неизменным. В результате изменения абиотических и биотических факторов среды, существующие в экосистеме популяции начинают вымирать. Новые условия среды становятся непригодными для их существования. Сила воздействия экологических факторов выходит за пределы выносливости популяций. Вместо них заселяются новые популяции, для которых эти условия благоприятны. Это приводит к смене одного биоценоза другим с



новым набором видов. В результате происходит смена всей экосистемы. Явление, при котором один биогеоценоз со временем заменяется другим, называют сменой биогеоценоза или сукцессией.

**Сукцессия** (от лат. *successio* – преемственность, последовательность) – закономерная, последовательная смена одних экосистем другими на определенной территории под влиянием направленного изменения природных факторов или деятельности человека.

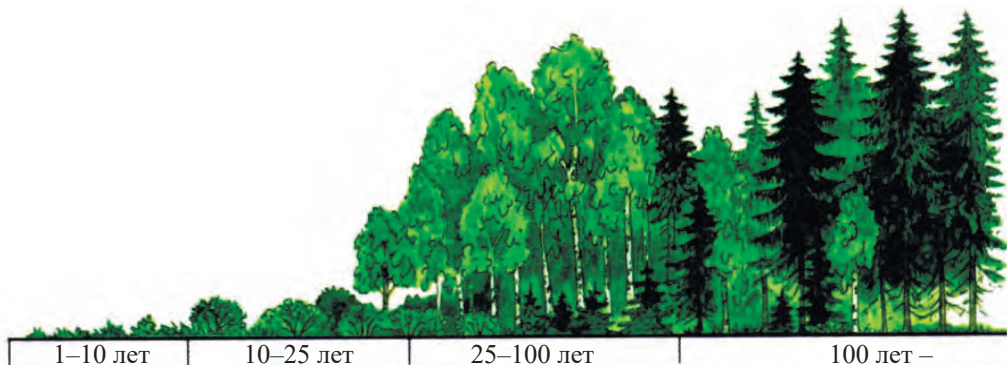
Выделяют два типа сукцессий – первичные и вторичные.

**Первичные сукцессии** начинаются на участках, лишенных почвы и растительности. Например, на застывшей лаве после извержения вулкана, на песчаных дюнах, на голых скалах.

Устойчивый биогеоценоз образуется в результате поэтапно заменяющих друг друга предшествующих ему биогеоценозов. Эту цепь сменяющих друг друга экосистем называют сукцессионным рядом или серией биогеоценозов. В них каждая, конкретно выраженная экосистема, является определенной стадией формирования конечного (коренного) сообщества. Экосистема, в которой достигается равновесное состояние сообщества и окружающей среды, называется климаксовой стадией или климаксом (от греч. *klímax* – зрелая ступень). Достижение климаксовой стадии занимает длительный период (столетия и тысячелетия).

Зрелая климаксовая экосистема обладает высокой устойчивостью. Чем больше видов в экосистеме и сложнее трофические связи между ними, тем устойчивее экосистема. При высоком видовом разнообразии консументы имеют широкую сеть пищевых ресурсов. В случае недостатка или отсутствия одного вида корма они способны переключиться на другой источник питания. Это дает возможность недостающему корму восстановиться. Так устанавливается динамическое равновесие между пищевыми ресурсами и их потребителями в условиях постоянных изменений среды. Круговорот веществ и поток энергии в нем сбалансированы, одни организмы используют продукты жизнедеятельности других. Климаксные сообщества способны к длительному самоподдержанию в соответствующем диапазоне существующих условий среды. Типичными примерами климаксовых экосистем являются тундра, тайга, степь.

Примером формирования устойчивого коренного биогеоценоза путем последовательно сменяющихся стадий может служить появление лесов (рис.35). На голых скалах острова, образовавшегося в результате вулкана-



**Рис. 35.** Развитие лесного биогеоценоза.

нического извержения, вначале поселяются наземные водоросли и лишайники. В результате замерзания и оттаивания воды, скапливающейся в расщелинах, действия кислот, выделяемых лишайниками разрушается материнская порода и происходит образование почвенного слоя. Отмирающие лишайники обогащают образующуюся почву органическими остатками. Впоследствии на этом месте появляются мхи. Одновременно с лишайниками и мхами территорию заселяют мелкие насекомые, пауки и другие беспозвоночные животные. Далее становится возможным прорастание занесенных ветром семян однолетних и многолетних трав. Увеличивается видовой состав и численность беспозвоночных животных. С накоплением в почве перегноя и повышением ее влажности постепенно формируются луга, заселяемые различными позвоночными животными, птицами и млекопитающими. Появляются кустарники, затем деревья, богаче становится животный мир. Таким образом формируются лес. Главная роль в этой сукцессии принадлежит растениям, так как они вызывают изменения в почве.

Вторичные сукцессии идут на территории, где были нарушены установившиеся связи между популяциями в уже сложившихся сообществах. Вторичной сукцессией является восстановление лугов и лесов после пожара, засухи, наводнения, эрозии. Такие сукцессии протекают быстрее, чем первичные, так как в нарушенных сообществах сохраняют семена, споры, подземные органы растений, покоящиеся стадии насекомых и др. Благодаря этому начальные стадии вторичных сукцессий менее продолжительные, чем у первичных. Большинство вторичных сукцессий вызваны деятельностью человека, поэтому их называют антропогенными сукцессиями.

Таким образом, в результате сукцессий возникает все биологическое разнообразие природных сообществ на нашей планете.



**Ключевые слова:** устойчивость экосистемы, саморегуляция, саморазвитие, первичные сукцессии, вторичные сукцессии.



### Вопросы и задания.

1. Охарактеризуйте основные свойства биогеоценозов. Какие процессы в природе обусловлены проявлением этих свойств? Приведите примеры.
2. В чем состоят циклические изменения в биогеоценозах? Приведите примеры суточных, сезонных и многолетних изменений. Каковы их причины?
3. Что такое климаксовая стадия сукцессии?
4. Проанализируйте механизмы первичной и вторичной сукцессий. Чем первичные сукцессии отличаются от вторичных? Приведите примеры первичных и вторичных сукцессий.
5. Укажите, какие из перечисленных ниже сукцессий являются первичными, а какие – вторичными: восстановление луга после пожара, превращение водоема в болото, появление леса на месте вулканической лавы, превращение луга в пустырь, зарастание песчаной дюны.



### Выскажите свое мнение.

1. Составьте экологический прогноз протекания первичной сукцессии на месте застывшей вулканической лавы.
2. Опишите конкретную антропогенную сукцессию.
3. Используя дополнительную литературу и Интернет, выясните, какие зрелые сообщества характерны для вашей местности.

## § 23. ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА



*Назовите виды человеческой деятельности, приводящие к изменениям природы как среды обитания других организмов, и непосредственно влияющие на их жизнь.*

Человек в окружающей среде, с одной стороны, является объектом взаимодействия экологических факторов, с другой – сам оказывает воздействие на среду. В 20-х годах XX века появилась наука, изучающая взаимоотношения человека с окружающей средой – *экология человека* (антропоэкология). Экология человека изучает происхождение антропоэкологических систем, их жизнедеятельность и закономерности развития.

Антропоэкология является сферой экологических, социально-экономических знаний, и разрабатывает рекомендации для нормальной

жизнедеятельности человека, удовлетворения различных потребностей и повышения его жизненного уровня.

**Антропоэкологические системы** – это общество людей, находящихся в динамичном равновесии со средой, и удовлетворяющих свои потребности через эти отношения.

Основным отличительным признаком антропоэкологических систем от естественных экосистем является наличие в их составе человеческого общества. Активность человеческого общества, проживающего на конкретной территории, определяется степенью его воздействия на окружающую среду. Развивающееся общество, вместе с увеличением количества населения, также характеризуется и увеличением потребности на продовольственные продукты, сырье, водные ресурсы, переработке отходов. Это в свою очередь, повышает воздействие человека на природную среду, ускоряет использование биотических и абиотических факторов.

Человек, являясь объектом воздействия экологических факторов, сам также влияет на среду. Своеобразие человека в качестве экологического фактора состоит из следующих:

1. Человек оказывает на природу целевое и осознанное воздействие. Приводит природу в соответствие со своими потребностями и командует над ней. В результате возможности человека сильно расширяются, он обладает потенциалом для занятия любого экологического пространства планеты.

2. Любой биологический вид обладает ограниченным энергетическим ресурсом. Поэтому возможности их воздействия на природу незаметны. Человек сильно воздействует на природу. Зеленые растения пользуются солнечной энергией, другие организмы – энергией органических веществ пищевой степени, появившейся ранее себя. Человек в процессе своей деятельности создает очень сильные источники энергии (ядерные и термоядерные реакции) и использует их.

3. Своеобразие человека в качестве экологического фактора обуславливается тем, что его деятельность носит активный, творческий характер. Возможность создания вокруг себя искусственной среды также выделяет человека от остальных экологических факторов.

В изучении экологии человека огромное значение имеют воздействие биогеографических свойств среды на биологическую изменчивость популяции человека, вопрос здоровья человека в антропоэкологических системах.

Антропоэкология в широком масштабе изучает формирование антропоэкологических систем, закономерности жизни и развития, а также

нормы здорового образа жизни человека, факторы (физические, химические, биологические, социальные), влияющие на его здоровье.

К физическим факторам, влияющим на здоровье человека, относятся температура воздуха, влажность, давление, солнечная радиация, освещение, электромагнитное напряжение и поле, шум.

К химическим факторам, воздействующим на здоровье человека относятся почва, вода, различные токсины, излишки концентрации соли и кислотности в пищевых продуктах, лекарства, нефтепродукты, увеличение в атмосфере количества ядовитых газов. К биологическим факторам можно отнести – факторы, рождающие болезни, экто и эндопаразиты, ядовитые растения, воздействие вредных насекомых.

Социальные факторы занимают важное место в жизни человека, к ним могут относиться объем и удобность жилья, социальная среда в семье, количество продуктов, правильная организация труда и отдыха.

В антропоэкологических системах взаимное воздействие человека и природной среды осуществляются в следующих направлениях:

1. Человек развивается через использование природных богатств и благ, также меняются биологические и социальные показатели общества.
2. Человек, изучая законы природы, в целях удовлетворения своих потребностей, разумно изменяет окружающую среду.

Энергетические источники каждого индивида, существующего в природе, ограничены. Человек, в целях увеличения энергетических источников своим разумом, в результате строительства тепловых, электро- и атомных станций, использования солнечной энергии, осуществляет эффективные работы по улучшению своей жизнедеятельности и уровня жизни.

Используя природные ресурсы, человек отличается от других организмов и экологических факторов тем, что он умеет создавать необходимую для своих нужд искусственную среду.

Человек, с одной стороны, живет под воздействием экологических факторов, с другой стороны, он сам воздействует на внешнюю среду в качестве экологического фактора, и характеризуется обладанием творческой деятельности. Воздействие человека на природу в качестве экологического фактора происходит сознательно, целенаправленно. Он в процессе трудовой деятельности образует искусственную жизненную среду. Место природных экосистем из-за человеческого фактора занимают искусственные экосистемы. Хозяйственная деятельность человека осуществляется с изменением физического состояния и химического состава климата, атмосферы, водных бассейнов, структуры почвы и других.

Для человека одним из основных факторов внешней среды является пища. Пищей дополняется израсходованная энергия в организме, обеспечивается клеточный и пластический обмен. Для человека за сутки необходимо не менее 2500 ккал энергии, что дополняется, в основном, за счет углеводов, жиров и белков. Легко усваиваемые животные и рыбные продукты являются основными источниками белка. Пища должна быть качественной, калорийной, в ее составе кроме углеводов, жиров и белков, в достаточном количестве должны содержаться витамины (особенно витамины, не синтезируемые в организме человека). Для организма также необходимы минералы (Na, K, Ca, Mn, C, S, P и др.), входящие в состав активизирующих ферментов белков и биологически активных веществ

Недостаток в составе пищи необходимых веществ станет причиной нарушения физиологического состояния организма. Например, недостаток в пище белка и витаминов станет причиной замедления роста и развития организма. На континентальных регионах, расположенных далеко от океанов, например, в Центральной Азии, имеется недостаток йода и во внешней среде и в пище. В результате нарушается деятельность щитовидной железы. Для предотвращения подобных нарушений в состав поваренной соли обязательно необходимо добавлять йод.

**Приспособление человека к экологической среде. Адаптивные типы.** Факторы природной и искусственной среды всегда оказывают воздействие на человека. В период эволюции человека, в результате экологического приспособления населения Земного шара, появились различные адаптивные типы людей. *Адаптивный тип* – это норма реакций, определяющая развитие комплекса морфологических, физиологических, биохимических признаков, обеспечивающих приспособления к условиям определенной среды. Чем шире норма реакции, тем лучше приспособления. Эти приспособления зависят от изменчивости. Адаптивные типы не связаны с расами. Свойственные им признаки начинают появляться уже в период эмбрионального развития. У народов, живущих в регионах с разными климатическими условиями, отличается также и пищевая рацион. Поэтому, в синтезе, обмене ферментов пищеварения имеются свойственные им приспособления.

**Арктический адаптивный тип.** Арктический адаптивный тип формируется в условиях холодного климата, где в питании преобладают продукты животного происхождения. В пищеварительной системе народов Арктики развиты приспособления, связанные с недостаточным потреблением витамина С. Характерными признаками арктического адаптивного типа являются хорошо развитая костно-мышечная система и более высокое содержание

белков и жиров в крови. Более высокий уровень обмена энергии и развитие способности к терморегуляции.

**Тропический адаптивный тип.** Данный адаптивный тип формируется в условиях жаркого и влажного климата, где в пищевом рационе содержание животных белков сравнительно мало. В пищевом рационе преобладают продукты растительного происхождения, богатые углеводами. Характерными признаками тропического адаптивного типа являются: удлиненная форма тела, менее развитая мышечная система, длинные конечности, узкая грудная клетка, обильное потоотделение за счет большого количества потовых желез и недостаточность холестерина в крови.

**Горный адаптивный тип.** Данный тип формируется в условиях низкого атмосферного давления и гипоксии – пониженного содержания кислорода в атмосферном воздухе. У жителей высокогорных районов наблюдается интенсивный обмен веществ, грудная клетка у них более широкая, содержание эритроцитов в крови высокое.

**Пустынно-степной адаптивный тип.** Данный адаптивный тип формируется в условиях жаркого, сухого, резко континентального климата с интенсивным солнечным излучением. Для этого типа характерны усиленное выделение тепла, хорошо развитые потовые железы, обильное потребление воды. Большинство населения Центральной Азии относится к данному адаптивному типу.

Таким образом, в процессе исторического развития человечество специализировалось под воздействием экологических факторов и разделилось на адаптивные типы, отличающиеся отдельными признаками.

Адаптивные типы, независимо от расовой принадлежности, сформированы на основе механизмов приспособления, определяемых генофондом вида, в результате приспособления к конкретной экологической среде.

**Антропогенные экосистемы, их воздействие на здоровье человека.** К важным современным антропогенным экосистемам входят города, села, транспортные коммуникации. Жизненная среда человека или условия проживания человека намного шире по сравнению с жизненной средой других живых организмов. Потому что, кроме факторов внешней среды, необходимых для живущих на Земной поверхности организмов, в среду человека также входят материальная и социальная среда, созданная им самим. Они образуют единую сложную систему, поддерживающую взаимные отношения. В материальную среду, созданную человеком, входят:

1. Природа, измененная людьми: освоение степи, посадка лесов, строительство водохранилищ на реках и др.

2. Искусственные элементы: строительство зданий, сооружений, шум, электромагнитные поля, радиоактивные излучения, различные материалы и продукции, используемые при производстве ядовитых веществ. В настоящее время почти половина населения Земного шара проживает в городах. Развитие транспорта, промышленности и другие подобные факторы начали отрицательно воздействовать на один из важных показателей качества человека – на его здоровье. Загрязнение атмосферы, воды, пищевых продуктов промышленными и транспортными отходами, электромагнитные поля, шум, загрязнение воздуха, лишние информационные потоки, недостаток пищи, возникновение вредных привычек оказывают отрицательное воздействие на здоровье человека, становятся причиной возникновения различных болезней. Плотность городского населения создает условия для широкого распространения инфекционных заболеваний. В результате загрязнения воздуха до поверхности земли не доходит значительная часть ультрафиолетовых излучений. В результате недостаточности света развивается авитаминоз D. Поэтому большинство городского населения стремится провести выходные дни на природе, в естественных условиях. Экологические системы села своими свойствами намного отличаются от городской экосистемы. В селах встречаются различные виды животных и растений. Также в селах часто возникают болезни, возбудители которых, распространяются животными.

Повышенное использование пестицидов, гербицидов и других химических веществ в сельском хозяйстве, может оказать вредное воздействие на здоровье сельского населения.



**Ключевые слова:** арктический адаптивный тип, тропический адаптивный тип, степно-пустынный адаптивный тип, гипоксия, пестициды, гербициды.



### Вопросы и задания.

1. Что изучает экология человека?
2. В чем своеобразность человека в качестве экологического фактора?
3. Из чего состоит задача науки экология человека?
4. Что вы понимаете под термином адаптивные типы?
5. Разъясните приспособления в адаптивных типах?



**Задания для самостоятельной работы.** Напишите в таблице адаптации свойственные каждому типу.

Адаптивные типы	Арктический	Тропический	Горный	Степно-пустынный
Морфологические				
Физиологические				
Биохимические				





## Лабораторная работа №3.

**Сравнительная характеристика природных экосистем и агроэкосистем своей местности.**

**Цель работы:** закрепить пройденный материал, научиться определять сходство и различия природных и искусственных экосистем на основе их основных характеристик.

**Ход работы.**

**1. Сравните компоненты пищевых цепей природных экосистем (экосистема пустыни) и искусственных экосистем (хлопковое поле).** Определите сходство и отличие в составных частях пищевых цепей данных экосистем. Заполнить таблицы.

Изучение разнообразия видового состава природной экосистемы.

Виды	Компоненты пищевой цепи		
	Продуценты	Консументы	Редуценты

Изучение разнообразие видового состава искусственной экосистемы.

Виды	Компоненты пищевой цепи		
	Продуценты	Консументы	Редуценты

**2. Определите сходство и отличие природных и искусственных экосистем.** Установите соответствие между экосистемами и видами отбора, которые их характеризует. Заполните таблицу.

1. Не влияет на экосистему. 2. Влияет на экосистему. 3. Влияние на экосистему минимально. 4. Влияние направлено на максимальную продуктивность.

	Природная экосистема	Искусственная экосистема
<b>Естественный отбор</b>		
<b>Искусственный отбор</b>		

**3. Укажите общие и частные свойства природных и искусственных экосистем. Напишите соответствующие номера в таблицу.**

Свойства	№
Общие свойства	
Свойства природных экосистем	
Свойства искусственных экосистем	

1. Первичные, естественные элементарные единицы биосферы, сформировавшиеся в ходе эволюции.
  2. Вторичные, трансформированные человеком искусственные элементарные единицы биосферы.
  3. Наличие редуцентов в пищевой цепи.
  4. Экосистема устойчива длительное время без участия человека.
  5. Наличие продуцентов в пищевой цепи.
  6. Наличие консументов в пищевой цепи.
  7. Поглощают солнечную энергию, являются открытыми системами.
  8. Кроме энергии Солнца используются другие виды энергии (энергия машин, людей, электрическая).
  9. Единственным источником энергии является энергия Солнца.
  10. Человек является основным элементом пищевой цепи.
  11. Без вмешательства человека экосистема погибает.
  12. Воздействие деятельности человека мало заметно.
  13. Органические вещества, производимые продуцентами, удаляются из системы человеком
  14. Характеризуются разнообразием экологических ниш.
  15. Действует правило экологической пирамиды.
  16. Обладают большим видовым разнообразием
  17. Саморегулирующиеся, постоянно возобновляющиеся, способные к направленной сменяемости одного сообщества другим
  18. Потребляет кислород и продуцирует диоксид углерода при сгорании ископаемого топлива
- 4. Составьте пищевую цепь водоема с участием следующих организмов:** одноклеточные водоросли, мальки карпа, щука, личинки комара, инфузория-туфелька.

## ГЛАВА III. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ БИОСФЕРНОГО УРОВНЯ ЖИЗНИ

**Изучив материал III главы, вы сумеете**

- охарактеризовать биосферу как особый структурный уровень организации жизни;
- объяснить свойства биосферы как экосистемы;
- сравнивать этапы развития биосферы в истории Земли;
- описывать происхождение живого вещества и его роль в существовании биосферы;
- объяснить роль человека как фактора развития биосферы.
- раскрыть значение круговорота веществ в биосфере;
- объяснить причины устойчивости и неустойчивости глобальной экосистемы «биосфера».

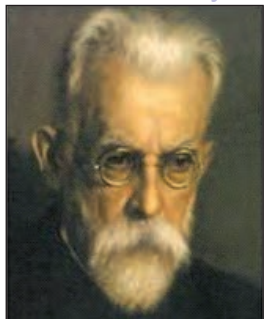
### § 24. ОСОБЕННОСТИ БИОСФЕРНОГО УРОВНЯ. УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ



*Вспомните основные структурные уровни организации живой материи. Назовите компоненты биосферы, обеспечивающие ее целостность как биосистемы.*

**Понятие биосферы.** Биосферный уровень составляет совокупность всех живых организмов на нашей планете и общей природной среды их обитания. Возникновение и развитие жизни на Земле привело к образованию биосферы (от греч. *bios* – жизнь и *sphaire* – шар) – оболочки земли, состав и структура которой определены деятельностью организмов. С экологической точки зрения биосфера представляет собой глобальную экосистему, которая объединяет все экосистемы нашей планеты и в которой постоянно происходит круговорот веществ и передача энергии.

Первое представление о биосфере как «области жизни» связано с именем Ж.Б. Ламарка. Впервые термин биосфера был предложен в 1875 г. австрийским геологом Эдуардом Зюссом. С именем В.И. Вернадского связано и создание учения о биосфере (рис.36). Согласно



**Рис.36.**  
Владимир  
Иванович  
Вернадский

этому учению биосфера включает совокупность всех живых тел природы и их остатков, а также части атмосферы, гидросферы и литосферы, населенные организмами или несущие следы их жизнедеятельности. Его исследования привели к осознанию роли жизни и живого вещества в геологических процессах. Облик Земли, ее атмосфера, осадочные породы, ландшафты – все это результат жизнедеятельности живых организмов. В.И. Вернадский подчеркивал, что биосфера является результатом геологического и биологического развития и взаимодействия косного и биогенного вещества. С одной стороны, это среда жизни, а с другой – результат жизнедеятельности.

Владимир Иванович Вернадский (1863–1945) – российский естествоиспытатель, основоположник геохимии и биогеохимии, создатель учения о биосфере и ноосфере.

Состояние планеты Земля в значительной мере определяется жизнедеятельностью обитающих на планете живых организмов. Круговорот веществ и энергии, осуществляемый с их участием является ведущим фактором, стабилизирующим состояние планеты. Особую роль в становлении биосферы Вернадский отводил человеку.

**Особенности биосферного уровня.** Каждый уровень организации жизни характеризуется особыми свойствами, законами, особой степенью сложности. В этом отношении биосферный структурный уровень живой материи является самым высоким и сложным, в него входят все нижележащие уровни. Основными структурными компонентами биосферы выступают биогеоценозы.

Основными процессами данного уровня являются активное взаимодействие живого и неживого вещества планеты, биологический круговорот веществ и поток энергии.

Организация биосферы проявляется в устойчивости, которая достигается упорядоченностью процессов, обусловленных взаимным влиянием живой и неживой природы и в многообразии взаимосвязей различных организмов, динамическом равновесии круговорота веществ.

Главная роль биосферы заключается в обеспечении многообразия форм жизни на Земле и его сохранении в течение длительного времени.

Сохранение многообразия форм живых организмов и обеспечение динамической устойчивости биосферы – основная стратегия биосферного уровня. На биосферном уровне протекают важные глобальные процессы, обеспечивающие возможность длительного существования жизни на Земле. Глобальными процессами биосферного уровня, обеспечивающими динамическую устойчивость биосферы, возможность существования в ней жизни являются: непрерывное поступление солнечной энергии, образование свободного кислорода растительным покровом планеты, сохранение озонового слоя, поддержание постоянства концентрации углекислого газа в атмосфере, обеспечение живого населения нужными химическими веществами и необходимыми ареалами, наличие условий дальнейшего развития биологического разнообразия видов и экосистем.

Для полноты представления о строении биосферы, как самого высшего надорганизменного уровня живой материи, необходимо знание свойств ее компонентов (биогеоценозов) и специфики их взаимодействия с окружающей средой. Нужно знать свойства популяций видов, входящих в эти биогеоценозы.

Современная биология на биосферном уровне решает глобальные проблемы, например определение интенсивности образования свободного кислорода растительным покровом Земли или изменения концентрации углекислого газа в атмосфере, связанные с деятельностью человека.



**Ключевые слова:** биосферный уровень, биосфера, учение о биосфере.



**Вопросы и задания.**

1. Что такое биосфера?
2. С именами каких ученых связано развитие представлений о биосфере? Какой вклад они внесли в учение о биосфере?
3. Объясните биосферу как биосистему, как особый структурный уровень организации жизни.
4. Объясните свойства биосферы как экосистемы.



**Задания для самостоятельной работы.**

Отобразите в таблице составляющие уровней организации жизни, их элементы и основные процессы.

Уровни биосистем	Компоненты	Основные процессы



*Вспомните из курса географии геологические оболочки Земли. Дайте характеристики геосферам Земли.*

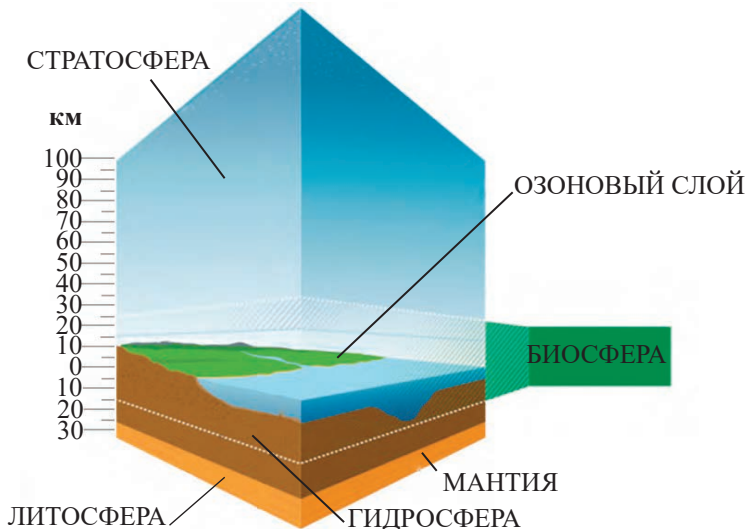
**Границы биосферы.** Биосфера имеет границы, которые определяются условиями существования жизни. Условиями существования жизни являются: благоприятный температурный режим, количество воды, кислорода, углекислого газа и других минеральных веществ, необходимое для жизнедеятельности. Эти условия реализуются в местах соприкосновения трех оболочек планеты – атмосферы, литосферы и гидросферы. Живые организмы неравномерно распространены в геологических оболочках Земли. Поэтому биосфера сейчас включает верхнюю часть литосферы, всю гидросферу и нижнюю часть атмосферы (рис.37).

**Атмосфера** – это воздушная, газообразная оболочка Земли (таб.4). Она не вся заселена жизнью, ее распространению препятствует ультрафиолетовая радиация. Граница биосферы в атмосфере находится на высоте примерно 25–27 км, где располагается озоновый слой, поглощающий около 99% ультрафиолетовых лучей.

*Таблица 4*

Газовый состав атмосферы	
Газ	Содержание, %
Азот	78%
Кислород	21%
Аргон и другие газы	менее 1%
Углекислый газ	около 0,04%

Водяные пары, содержащиеся в атмосфере в большом количестве, вместе с углекислым газом, метаном, оксидами азота участвуют в нагревании нижнего слоя атмосферы, формируя парниковый эффект. Суть парникового эффекта состоит в способности атмосферы пропускать к поверхности Земли солнечные лучи и с помощью парниковых газов поглощать отраженное от нее тепловое излучение. В биосферу входят лишь самые нижние слои атмосферы. Жизнь существует в непосредственной связи с литосферой и гидросферой. Крупные древесные растения достигают нескольких десятков метров в высоту. На сотни метров поднимаются летающие животные – насекомые, птицы, летучие мыши. Некоторые виды хищных птиц поднимаются на 2–3 км над поверхностью Земли, высматривая свою добычу. Наконец, восходящими воздуш-



**Рис.37.** Границы биосферы.

ными потоками пассивно заносятся на десятки километров вверх бактерии, споры растений, грибов. Однако все перечисленные летающие организмы лишь временно находятся в атмосфере.

Распространение жизни в атмосфере ограничивается в основном ее нижним слоем – тропосферой. Высота тропосферы колеблется от 8–10 км на полюсах до 18–20 км на экваторе.

В тропосфере содержится до 80% всей массы атмосферы и почти весь водяной пар. Температура воздуха в тропосфере с высотой понижается на  $0,6^{\circ}\text{C}$  через каждые 100 м и у верхней ее границы составляет  $-45\text{--}55^{\circ}\text{C}$ . Здесь наблюдаются туманы, дожди, снегопады, грозы, бури и другие погодные явления. Фотосинтезирующие растения не растут в горах выше 6 км из-за низкого содержания углекислого газа и отсутствия воды.

Выше тропосферы расположена стратосфера, которая простирается до высоты 50–55 км. Плотность воздуха и давление в стратосфере незначительна. В стратосфере располагается озоновый слой, который защищает Землю от ультрафиолетового излучения.

Верхней границей биосферы принято считать озоновый слой, располагающийся над поверхностью Земли. Концентрация озона ( $\text{O}_3$ ), который образуется из кислорода под действием солнечной радиации, на высоте 20–22 км максимальна. Молекулы озона формируют вокруг планеты защитный экран, предохраняющий все живое на Земле от

губительного действия ультрафиолетового излучения Солнца. Выше озонового слоя существование жизни невозможно.

Следующие за стратосферой слои – мезосфера (до высоты 80 км), термосфера – ионосфера (от 80 до 800 км) и экзосфера (выше 800 км) – характеризуются чрезвычайно низким содержанием газов и разными температурами – в мезосфере самые низкие – до  $-90^{\circ}\text{C}$ , в термосфере высокие – от  $+1000$  до  $+2000^{\circ}\text{C}$ .

**Гидросфера** – водная оболочка Земли, включающая все водные запасы планеты, которая занимает более 70% земной поверхности.

Объем Мирового океана составляет около 96,4% всех вод на Земле, более 3% – пресные надземные и подземные водоемы, в том числе 2/3 пресной воды находится в ледниковых покровах Арктики, Антарктики и горных вершин на разных континентах.

Гидросфера полностью заселена жизнью. Границу биосферы в гидросфере Вернадский проводил ниже океанического дна, потому что дно – это продукт жизнедеятельности живых организмов. Благодаря комплексам живых организмов: планктонам, nekтонам, и бентосам, жизнь в гидросфере распространена по всей ее толще, достигая глубин более 10 км. Максимальная глубина в Мировом океане – 11 км (Марианская впадина Тихого океана).

Растения и связанные с ними растительные животные концентрируются в верхних слоях океана на глубинах до 300 м. Это связано с тем, что лимитирующим фактором распространения жизни в гидросфере для автотрофных организмов является недостаточное для фотосинтеза количество света, способного проникать в водную среду.

В водной среде наблюдается преобладание видов животного населения над растительным. Растения находятся лишь в той части водоемов, куда проникает свет.

Роль гидросферы для биосферы велика: является основным источником обеспечения жизни на Земле; участвует в поддержании благоприятных климатических условий на планете; обеспечивает круговорот воды.

**Литосфера** – это твердая оболочка Земли. Она не полностью заселена живыми организмами. Подавляющее количество видов сосредоточено в верхнем слое, имеющем толщину в несколько десятков сантиметров. Некоторые виды проникают в глубину на несколько метров или десятков метров (роющие животные – кроты, черви; бактерии; корни растений). Наибольшая глубина, на которой были обнаружены некоторые виды бактерий, составляет 3–4 км



(в подземных водах и нефтеносных горизонтах). Распространение жизни в ней ограничено и резко уменьшается с глубиной. Распространению жизни в глубь литосферы препятствуют различные факторы. Лимитирующими факторами распространения жизни в литосфере являются отсутствие света, плотность среды, высокая температура. В среднем температурный прирост составляет около  $3^{\circ}\text{C}$  на каждые 100 м. Температура постепенно возрастает с глубиной и при достижении  $100^{\circ}\text{C}$  вызывает переход воды из жидкого состояния в газообразное. Именно поэтому нижней границей распространения жизни в литосфере считают трехкилометровую глубину, где температура достигает около  $+100^{\circ}\text{C}$ . Это и есть граница биосферы в литосфере. Поверхностный слой литосферы представлен почвой. Подавляющая часть живых организмов литосферы обитает непосредственно в почве.

Таким образом, основная часть видов живых организмов сосредоточена на границах атмосферы и литосферы, атмосферы и гидросферы, образуя относительно «тонкую пленку жизни» на поверхности нашей планеты.



**Ключевые слова:** границы биосферы, атмосфера, литосфера и гидросфера, парниковые газы, тропосфера, стратосфера, озоновый слой, мезосфера, термосфера, ионосфера, экзосфера.



### Вопросы и задания.

1. Каковы границы распространения живых организмов в атмосфере, гидросфере и литосфере?
2. Назовите факторы, которые влияют на распространение живого вещества в геологических оболочках Земли.
3. Где наблюдается наибольшая концентрация живого вещества? Объясните причину. Какое значение это имеет для биосферы?
4. Объясните, чем обусловлена неравномерность распределения живых организмов в биосфере.



### Выскажите свое мнение.

Составьте схему распределения живых организмов в биосфере с указанием границ и лимитирующих факторов.



**Задания для самостоятельной работы.** Заполните таблицу.

Геосферы Земли	Характеристика	Компоненты	Роль в биосфере
Литосфера			
Гидросфера			
Атмосфера			

## § 26. КОМПОНЕНТЫ БИОСФЕРЫ



*Вспомните закономерность распространения живых организмов в геологических оболочках Земли. Из каких компонентов состоят экосистемы?*

**Классификация веществ, входящих в состав биосферы.** Биосфера представляет собой гигантскую биологическую систему, включающую огромное разнообразие составляющих компонентов, охарактеризовать которые по отдельности крайне трудно. Вернадский предложил (все, что входит в состав биосферы, объединить в группы в зависимости от характера происхождения вещества). Он выделил семь разных, но взаимосвязанных групп веществ.

**Живое вещество.** Этот термин введен в литературу В.И. Вернадским. Живое вещество – это совокупность всех живых организмов населяющих биосферу: продуцентов, консументов и редуцентов. «На земной поверхности нет химической силы, более постоянно действующей, а потому и более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом», – писал В.И. Вернадский о живом веществе биосферы. Для живого вещества характерны рост, размножение, активное перемещение, распространение на планете, борьба за пищу и территорию, разнообразие форм, размеров и химического состава, эволюция. По утверждению В.И. Вернадского, жизнь зародилась на Земле некоторое время спустя после ее появления и явилась одним из основных факторов, изменивших облик нашей планеты (рис.38).

**Косное вещество** – это совокупность веществ, в образовании которых живые организмы не участвовали, это вещество образовалось до появления жизни на Земле. Косное вещество представлено минералами (алмаз, изумруд, кварц) и горными породами (гранит, мрамор). Их образование связаны с выветриванием горных пород, их механическим разрушением и извержениями вулканов (рис.39).

**Биогенное вещество** – это совокупность веществ, которые образованы из остатков отмерших организмов или являются продуктами их жизнедеятельности: каменный уголь, нефть, известняк, торф и другие полезные ископаемые (рис.40).

**Биокосное вещество** – образовано одновременно организмами и абиогенными процессами. Данное вещество является результатом непрерывного взаимодействия живого вещества с косным: почва, грунт водоемов (рис.41).



**Рис.38.** Живое вещество.

**Рис.39.** Косное вещество.



**Рис.40.** Биогенное вещество.

**Рис.41.** Биокосное вещество.

**Радиоактивное вещество** – это радиоактивные руды и конечные продукты их распада.

**Рассеянные атомы** – это отдельные атомы элементов, которые встречаются в природе в рассеянном состоянии.

**Космическое (космогенное) вещество** – это совокупность веществ, попадающих в биосферу из космоса и имеющих космическое происхождение: метеориты, космическая пыль.

Сегодня Биосферу определяют как древнюю, исключительно сложную, многокомпонентную, открытую саморегулирующуюся систему живого вещества и неживой материи, которая накапливает и перераспределяет огромные ресурсы энергии и определяет состав и динамику земной поверхности атмосферы и гидросферы.



**Ключевые слова:** биосфера, вещество: живое, биогенное, косное, биокосное, радиоактивное, космогенное; рассеянные атомы элементов.



**Вопросы и задания.**

1. Из каких компонентов состоит биосфера?
2. Охарактеризуйте типы вещества, входящего в состав биосферы.
3. Каким образом в биосфере возникает биогенное вещество?
4. Назовите области распространения живого вещества в геологических оболочках Земли.
5. Где наблюдается наибольшая концентрация живого вещества? Объясните почему. Какое значение это имеет для биосферы?



**Выскажите свое мнение.**

Как компоненты биосферы взаимосвязаны между собой?

## § 27. СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА В БИОСФЕРЕ



*Вспомните особенности живых организмов.*

**Живое вещество** – вся совокупность тел живых организмов в биосфере, вне зависимости от их систематической принадлежности. В учении В.И. Вернадского понятие «живое вещество» и роль живого вещества занимает главное место.

**Свойства живого вещества.** Живое вещество в отличие от косного вещества, имеет ряд свойств:

1. Живое вещество подвижно. Оно обеспечивает перенос вещества против сил неживой природы. Благодаря движению живое вещество заполняет собой все доступные для жизни среды. Перемещаясь, живое вещество переносит органические вещества и накопленную в себе солнечную энергию с собой. Вернадский выделял две формы движения живого вещества.

а) активное движение живого вещества биосферы – самостоятельное передвижение организмов, требующее затрат энергии: рыба может плыть против течения, птицы летают, преодолевая силу тяжести и т.д.

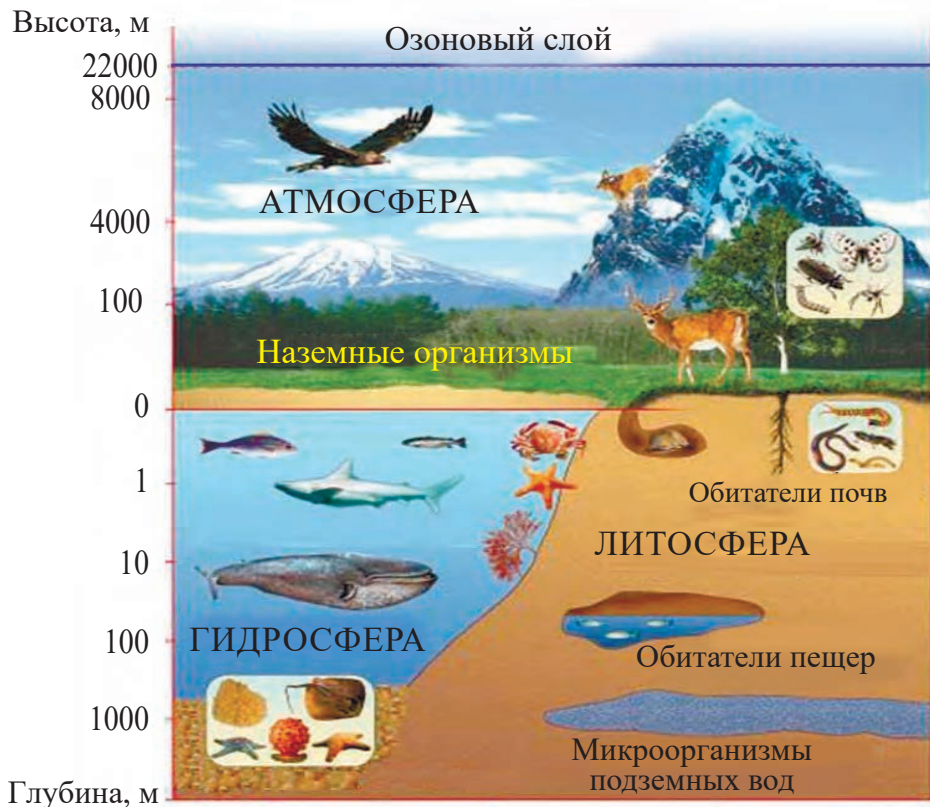
б) пассивное движение живого вещества биосферы – движение, не требующее затрат энергии – под действием естественных природных сил тяжести, гравитации и т.д.

2. В живых организмах химические реакции протекают намного быстрее, чем в неживом веществе. Большая скорость достигается за счет участия в реакциях ферментов. Химические реакции в живых организмах упорядочены.

3. Характерной особенностью живого вещества является способность к эволюционному развитию.

4. Высокая степень адаптации живого вещества биосферы к окружающим условиям.

5. Химические связи, образующиеся в живом веществе, заключают в себе достаточно много энергии. Живое вещество трансформирует и накапливает солнечную энергию.



**Рис.42.** Распространение организмов в биосфере.

6. Живое вещество характеризуется большим морфологическим и химическим разнообразием. Кроме того, оно постоянно обновляется с помощью размножения, предусматривающего смену поколений.

7. Живое вещество биосферы представлено в нем в виде отдельных живых организмов. Однако организмы не обособлены друг от друга. Особи одного вида живут в популяциях. Популяции разных видов совместно образуют биоценозы (рис.42).

**Функции живого вещества в биосфере.** В. И. Вернадский считал, что главную преобразующую роль в биосфере играет живое вещество. Он в своей знаменитой книге «Биосфера» впервые рассмотрел функции живого вещества. В настоящее время с учетом новых исследований различают следующие функции:

**Энергетическая функция** – это способность живых организмов поглощать солнечную энергию, превращать ее в энергию химических связей и передавать по пищевым цепям. Живое вещество, выполняет космическую функцию, связывая Землю с космосом и осуществляя процесс фотосинтеза. Благодаря этой функции постоянно идет восполнение потерь энергии в экосистемах и поддержание жизни в биосфере. За счет накопленной солнечной энергии протекают все жизненные явления на Земле. Поглощенная энергия распределяется внутри экосистемы между живыми организмами в виде пищи. Частично энергия рассеивается в виде тепла, а частично накапливается в отмершем органическом веществе и переходит в ископаемое состояние (торф, каменный уголь, нефть и др).

**Концентрационная функция.** Так называется избирательное накопление в ходе жизнедеятельности определенных видов веществ для построения тела организма. В результате концентрационной функции живые организмы извлекают и накапливают биогенные элементы окружающей среды. В составе живого вещества преобладают атомы элементов: водорода, углерода, азота, кислорода, натрия, магния, кремния, серы, хлора, калия, кальция. 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.

**Деструктивная функция.** Эта функция состоит в разложении, минерализации мертвого органического вещества, химическом разложении горных пород, вовлечении образовавшихся минералов в биотический круговорот, то есть обуславливает превращение живого вещества в косное. В результате образуются также биогенное и биокосное вещества биосферы.

Особо следует сказать о химическом разложении горных пород. Благодаря живому веществу биотический круговорот пополняется минералами, высвобождаемыми из литосферы. Бактерии, синезеленые водоросли, грибы и лишайники оказывают на горные породы сильнейшее химическое воздействие растворами кислот, разлагая с их помощью тех или иных минералов, организмы избирательно извлекают и включают в биотический круговорот важнейшие биогенные элементы – кальций, калий, натрий, фосфор, кремний, микроэлементы.

**Средообразующая функция.** Преобразование физико-химических свойств среды (литосферы, гидросферы, атмосферы) в результате процессов жизнедеятельности в условиях, благоприятных для существования организмов. Эта функция является совместным результатом рассмотренных выше функций живого вещества: энергетическая функция обеспечивает энергией все звенья биологического круговорота; деструктивная и концентрационная способствуют извлечению из природной среды и накоплению рассеянных, но жизненно важных для живых организмов элементов. В результате средообразующей функции в географической оболочке произошли следующие важнейшие события: был преобразован газовый состав первичной атмосферы, изменился химический состав вод первичного океана, образовалась толща осадочных пород в литосфере, на поверхности суши возник плодородный почвенный покров.

**Газовая функция живого** вещества проявляется в том, что, потребляя и выделяя газообразные соединения, организмы поддерживают постоянство газового состава атмосферы. Так, кислород является побочным продуктом фотосинтеза, а углекислый газ – продуктом дыхания организмов. Подземный горючий газ метан образуется при разложении органических веществ и связан с деятельностью метанообразующих бактерий. Газовая функция является совокупностью двух основополагающих функций – деструктивной и средообразующей.

**Окислительно-восстановительная функция** живого вещества связана с окислением и восстановлением в процессе жизнедеятельности

организмов ряда химических соединений. Так, при фотосинтезе углекислый газ восстанавливается до углеводов, а при дыхании углеводы окисляются до углекислого газа и воды. В результате жизнедеятельности хемосинтезирующих железобактерий изменяется степень окисления атомов железа. Данная функция является одним из проявлений средообразующей функции живого вещества;

**Транспортная функция** – перенос вещества против силы тяжести и в горизонтальном направлении. Известно, что перемещение потоков вещества на нашей планете определяется силой земного тяготения. Неживое вещество само по себе перемещается по наклонной плоскости исключительно сверху вниз. Только в этом направлении движутся реки, ледники, лавины, осыпи. Живое вещество – единственный фактор, обуславливающий обратное перемещение вещества – снизу вверх, из океана – на континенты.

За счет активного передвижения живые организмы могут перемещать различные вещества или атомы. Перемещение или миграцию, химических веществ живым веществом Вернадский назвал биогенной миграцией атомов или вещества.

Таким образом, живое вещество является преобразователем среды и участником всех процессов биосферы.



**Ключевые слова:** функции живого вещества: энергетическая, газовая, концентрационная, окислительно-восстановительная, транспортная, деструктивная, средообразующая.



### Вопросы и задания.

1. Каковы свойства живого вещества в биосфере?
2. Охарактеризуйте основные биосферные функции живого вещества.
3. В каких процессах проявляется энергетическая функция живого вещества?
4. Объясните примерами концентрационную функцию живого вещества.
5. Какие процессы связывают деструктивную и средообразующую функции живого вещества?



### Выскажите свое мнение.

1. Можно ли среди функций живого вещества биосферы отдельно выделить биогеохимическую деятельность человека? В чем она проявляется? Каково ее значение для биосферы?
2. Как известно, кислород имеет тенденцию к уменьшению растворимости при увеличении температуры воды. Тем не менее, в теплых поверхностных водах Мирового океана, вблизи экватора, наблюдается стабильно высокая концентрация кислорода. Как вы можете объяснить причины этого явления?



**Задания для самостоятельной работы.**

Заполните таблицу «Живое вещество биосферы и его функции».

Функции живого вещества	Организмы	Проявление функции
Энергетическая		
Концентрационная		
Деструктивная		
Средообразующая		
Газовая		
Окислительно-восстановительная		
Транспортная функция		

**§ 28. БИОМАССА БИОСФЕРЫ**

**Применение знаний.** *Вспомните, из курса географии, расположение географических зон Земли от полюсов к экватору. Повторите механизмы процесса фотосинтеза и космическую роль фотосинтеза. Какие организмы являются фототрофами?*

Биомасса представляет собой общую массу животных, растений и микроорганизмов, присутствующих в биосфере. Полная биологическая масса Земли оценивается приблизительно в 2 423 млрд тонн. Биомассы живого вещества (зеленых растений, животных и микроорганизмов) на суше материков и в Мировом океане существенно различаются (таблица 5).

Таблица 5

**Биомасса живого вещества планеты (в пересчете на сухое вещество)**

Организмы	Биомасса живого вещества			
	Материковая часть		Мировой океан	
	млрд. т.	%	млрд. т.	%
Зеленые растения	2400	99,2	0,2	6,3
Животные и микроорганизмы	20	0,8	3,0	93,7
Всего	2420	100	3,2	100

Как видно из таблицы, наибольшая масса живых организмов биосферы сосредоточена на материках (более 98,7%). Вклад океанической части в общую биомассу невелик (около 0,13%). На суше значительно преобладает живое вещество растений (более 99%), в океане –

животных (более 93%). В то же время при сравнении их абсолютных значений: 2400 млрд т растений и 3 млрд т животных – видно, что живое вещество на планете в подавляющем большинстве представлено наземными зелеными растениями. Биомасса гетеротрофных организмов составляет всего около 1%.

**Биомасса суши** увеличивается от полюсов к экватору. Вместе с тем возрастает и количество видов растений. Тундра с лишайниками и мхами (до 500 видов) сменяется хвойными и широколиственными лесами, затем степями (до 2000 видов) и субтропической растительностью (свыше 3000 видов). Наибольшая биомасса живого вещества суши сконцентрирована в тропических лесах. Они являются наиболее продуктивными сообществами материковой части биосферы (свыше 8000 видов).

Разнообразие и количество видов животных зависят от растительной массы и тоже увеличиваются к экватору. Наивысшей плотности жизнь достигает при различной приспособленности видов к условиям совместного существования. Поэтому наибольшая плотность жизни наблюдается в биогеоценозах, где виды связаны цепями питания. Цепи питания, переплетаясь, образуют сложную сеть передачи химических элементов и энергии от одного звена к другому. Большое влияние на биомассу суши оказывает человек. Под его воздействием сокращаются площади, производящие биомассу. Это требует рационального использования земель и водоемов для промышленных и сельскохозяйственных нужд.

**Биомасса Мирового океана.** Мировой океан занимает более 2/3 поверхности планеты. Биомасса в нем распространена неравномерно и представлена преимущественно в верхней части планктоном. Хотя биомасса наземных растений во много раз превосходит общую массу океанических живых организмов, в то же время именно Мировой океан считается самой продуктивной средой по созданию биомассы. Это связано с интенсивными темпами размножения фитопланктона и зоопланктона, их быстрым ростом и короткой продолжительностью жизни.

Фотосинтез водорослей происходит главным образом в верхнем слое воды – до 100 м. На океан приходится около 1/3 фотосинтеза, происходящего на всей планете. В питании животных океана преимущественное значение имеет планктон. Водорослями и простейшими питаются веслоногие рачки. Рачков поедают сельди и другие рыбы. Сельди идут в пищу хищным рыбам и чайкам. Исключительно планктоном питаются усатые киты.

В океане, особенно на дне его, распространены бактерии, превращающие органические остатки в неорганические вещества. Отмершие организмы медленно оседают на дно океана. Многие из них покрыты кремневыми или известковыми оболочками, а также известковыми раковинами. На дне океана они образуют осадочные породы. Так, на месте моря, покрывавшего 100 млн. лет назад Центральную Азию, находят в земле известняки, мел. В нем можно рассмотреть микроскопические раковины древнейших животных (корненожки и др.).

Добыча нефти в морях, ее перевозка в танкерах и другие виды деятельности человека приводят к загрязнению Мирового океана и сокращению его биомассы. Необходимо соблюдение мер охраны морских вод от загрязнений.

**Биомасса почвы.** Почва не только среда, необходимая для жизни растений, но и биогеоценоз с разнообразными живыми организмами. Биомасса почвы составляют живые организмы, обитающие в почве, именно они играют ведущую роль в процессе ее формирования. В разных почвах существуют своеобразные биоценозы. Их составляют корни растений, микроорганизмы, черви, насекомые и их личинки, клещи, кроты, суслики. Все они ведут большую почвообразовательную работу, создавая плодородие почвы, а после гибели становятся источником органического вещества для бактерий. Например, дождевые черви, пропуская почву через кишечник, выносят ее на поверхность, ежегодно образуя слой толщиной 0,5 см, массой 25 т на 1 га. В поверхностных слоях живут зеленые водоросли и цианобактерии, снабжающие почву кислородом в процессе фотосинтеза.

Биомасса почвы, подобно растительной биомассе, имеет тенденцию к увеличению от полюсов к экватору. Вода от дождей, тающих снегов обогащает ее кислородом и растворяет минеральные соли. Часть растворов удерживается в почве, часть выносится в реки и океан. Почва испаряет поднимающуюся по капиллярам грунтовую воду. В почве происходит и газообмен. Ночью при охлаждении и сжатии газов в нее проникает некоторое количество воздуха. Проникший в почву с воздухом кислород поглощается животными и растениями, азот улавливается некоторыми бактериями. Днем при нагревании почвы выделяют газы: углекислый, сероводород, аммиак. Все процессы, происходящие в почве, входят в круговорот веществ биосферы.

Такие виды хозяйственной деятельности человека, как использование пестицидов (химические средства, используемые для борьбы с вредителями и болезнями растений, с различными сорняками), вызывают массовую гибель почвенных организмов, играющих важную роль в биосфере. Необходимо бережное отношение к почве, рациональное ее использование и защита от загрязнения.

В развитии биосферы наступил такой период, когда человек должен планировать свою хозяйственную деятельность таким образом, чтобы она не нарушала сложившиеся в этой гигантской экосистеме закономерности, не способствовала сокращению биомассы.



**Ключевые слова:** биомасса суши, биомасса Мирового океана, биомасса почвы, пестициды



**Вопросы и задания.**

1. Охарактеризуйте биомассу суши.
2. Почему биомасса суши увеличивается от полюсов к экватору?
3. Что составляет биомассу почвы?
4. Как распределена биомасса в Мировом океане?
5. Какое влияние оказывает деятельность человечества на биомассу Земли?



**Выскажите свое мнение.**

Объясните следующие факты. Биомасса живого вещества Мирового океана, при его огромной площади почти в тысячу раз меньше, чем на суше. Причем основную часть ее составляют животные (93,7%), на растения приходится всего 6,3%.

## § 29. КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ В БИОСФЕРЕ



*Вспомните почему, круговорот веществ в экосистеме является результатом взаимодействия продуцентов, консументов и редуцентов. Объясните почему поддержание круговорота веществ и превращение энергии является основным условием существования экосистемы.*

**Понятие о круговороте веществ.** Круговорот веществ в биосфере – циклический процесс совместного, взаимосвязанного превращения и перемещения веществ. Все составные компоненты биосферы – горные породы, природные воды, газы, почва, растения, животные, микроорганизмы – связаны с непрерывным процессом круговорота.

Наличие круговорота веществ является необходимым условием существования биосферы. Чтобы биосфера не переставала существовать и чтобы не прекращалось ее развитие, на Земле постоянно должен осуществляться круговорот биологически важных веществ. Это значит, что после использования они должны снова переходить в форму, пригодную для усвоения другими организмами. Этот переход биологически важных элементов от звена к звену, который осуществляется в масштабах всей планеты при определенных затратах энергии, источником которой является Солнце, называется *геологическим круговоротом*. Геологический круговорот веществ – процесс миграции веществ, осуществляемый под влиянием абиотических факторов. Горные породы подвергаются разрушению, выветриванию и в конечном итоге смываются потоками воды в Мировой океан. Здесь они откладываются на дне, образуя осадочные породы. Благодаря движению материковых плит одни участки опускаются и оказываются под водами морей и океанов, а другие поднимаются. В результате те вещества, что накопились в океане, оказываются на суше, а те, что образовывали поверхность континентов – на дне моря.

После появления живого вещества на основе геологического круговорота образовался круговорот органического вещества, который называется биологическим круговоротом. По мере развития живых организмов из геологического круговорота изымалось все больше элементов, которые включались в непрерывающийся биологический круговорот, являющийся основой жизни. Для существования биосферы и для нормального протекания в ней процессов, должны постоянно функционировать круговороты биогенных элементов. Одни элементы необходимы организмам в большом количестве, другие – в меньшем, а некоторых элементов требуется очень мало. Поэтому элементы, которые включаются в биологический круговорот, подразделяются на макро-, микро-элементы. Биогенными являются элементы, которые обязательно входят в состав живых организмов, это С, Н, О, N, S, P, Ca, K, Cl, Fe, Mg, Cu, Mn, Zn, Mo, Br, B, I. Первые шесть элементов являются самыми важными биогенными элементами.

Геологический круговорот отличается от биологического следующими особенностями: движущей силой геологического – круговорот воды между океаном и сушей, а биологического круговорота является различие в характере питания живых организмов. В геологическом круговороте участвуют все химические элементы, находящиеся в земной коре, в биологическом только биогенные элементы. Продолжительность

цикла в геологическом круговороте равна десяткам и сотням тысяч лет, продолжительность циклов химических элементов в биологическом круговороте кратковременна – год, несколько лет, десятки или сотни лет.

Биологический круговорот в отличие от геологического, совершается в пределах биосферы. Сущность его в образовании живого вещества из неорганических соединений в процессе фотосинтеза и в превращении органического вещества при разложении вновь в неорганические соединения.

В биологическом круговороте под влиянием редуцентов живое вещество превращается в неорганическое вещество, которое дальше может либо снова включаться в биологический круговорот, либо выходить из него и включаться в геологический круговорот. В свою очередь элементы из геологического круговорота могут поглощаться организмами и вовлекаться в биологический круговорот. Поскольку биологический круговорот связан с геологическим, то логично рассматривать их как единое целое, как биогеохимический круговорот элементов (рис.43).

**Компоненты биосферы** – живое вещество, населенные жизнью части гидросферы, атмосферы и литосферы тесно связаны между собой единым круговоротом веществ и потоком энергии. Это возможно потому, что в экосистеме присутствуют не только автотрофы – производители органического вещества, но и гетеротрофы – потребители и разрушители органического вещества. Между процессами создания органического вещества и его преобразованием и разрушением устанавливается относительное равновесие, которое обеспечивает устойчивость экосистемы. Устойчивость – это свойство экосистемы, которое проявляется в поддержании своего состава, структуры и функций, а также в способности восстанавливаться в случае, если они будут нарушены. Устойчивость биосферы определяется разнообразием живого вещества, взаимозаменяемостью составляющих ее экосистем, жизненной активностью живого вещества.

**Механизмы, обеспечивающие устойчивость биосферы.** Биологический круговорот веществ, создавший биосферу и определяющий ее устойчивость и целостность, связан с жизнедеятельностью всей биомассы планеты в целом. Основу биологического круговорота, обеспечивающего жизнь на Земле, составляют энергия Солнца и хлорофилл зеленых растений. Движущими силами круговорота служат потоки энергии Солнца и деятельность живого вещества. С их помощью идет концентрирование и перераспределение химических элементов, вовлеченных зелеными растениями с помощью корневой системы и фотосинтеза в органические вещества.



**Рис.43.** Биогеохимический круговорот элементов.

Растения, поглощая световую энергию Солнца, потребляют из окружающей среды углекислый газ, воду, минеральные вещества, выделяют кислород и создают органические вещества – первичную продукцию для животных, грибов, бактерий. Животные поедают растения и в результате пищеварения усваивают образовавшиеся в процессе фотосинтеза органические вещества и превращают первичную растительную продукцию во вторичную. Используют кислород для дыхания, выделяют углекислый газ и непереваренные остатки пищи. После отмирания растения и животные образуют массу мертвого органического вещества (детрит). Детрит доступен для разложения (минерализации) грибами и бактериями. Бактерии и грибы разрушают первичную растительную и вторичную животную продукцию до минеральных веществ. В результате их жизнедеятельности в биосферу поступает дополнительное количество углекислого газа. Органические вещества превращаются в исходные неорганические компоненты – биогены. Образовавшиеся минеральные соединения, попадая в почву и водоемы, снова становятся доступны растениям для фиксации посредством фотосинтеза. Такой процесс повторяется бесконечно, обеспечивая устойчивость биосферы, носит замкнутый характер (круговорот).

 **Ключевые слова:** круговорот веществ, геологический круговорот, биологический круговорот.



### Вопросы и задания.

1. Что представляет собой круговорот веществ в биосфере?
2. Назовите главное отличие геологического круговорота веществ от биологического круговорота веществ в биосфере.
3. Опишите роль живых организмов в круговороте веществ в биосфере.
4. Перечислите механизмы, обеспечивающие устойчивость биосферы.



### Выскажите свое мнение.

Проанализируйте, какие условия являются необходимыми для поддержания непрерывности круговорота веществ.



### Задания для самостоятельной работы.

Отразите в таблице сравнительную характеристику геологического и биологического круговоротов.

Геологический круговорот	Биологический круговорот

## § 30. БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ



*Объясните взаимосвязь геологического и биологического круговоротов.*

Геологический и биологический круговороты в совокупности формируют общий биогеохимический круговорот веществ, основу которого составляют циклы азота, воды, углерода и кислорода.

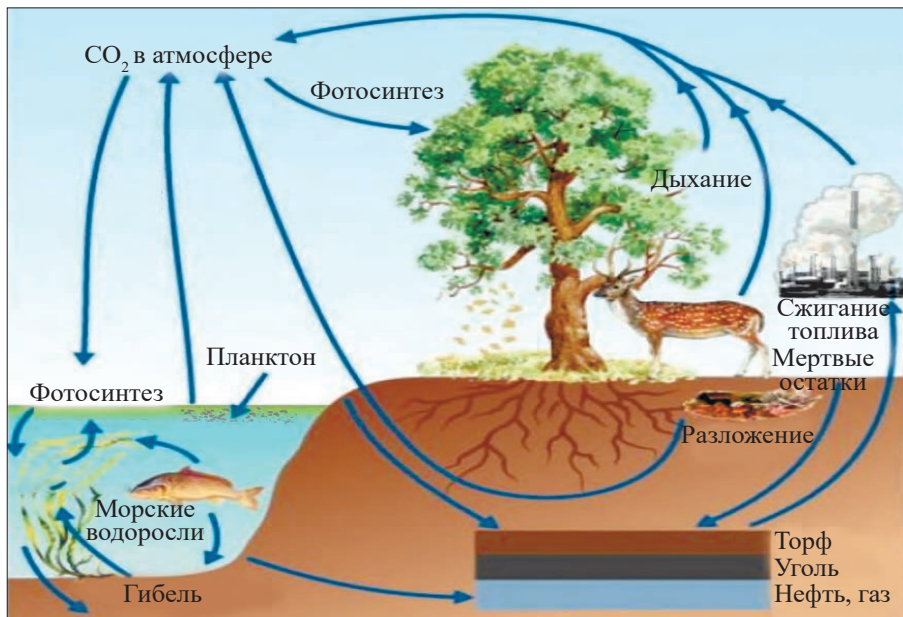
**Биогеохимические циклы** – циркуляция в биосфере химических элементов и неорганических соединений по характерным путям из внешней среды в организмы, и из организмов во внешнюю среду. Скорость круговорота биогенных элементов различны и зависят от роли, которую они играют в жизнедеятельности организмов, и от количества этих элементов в земной коре. Например, углерод, содержащийся в углекислом газе атмосферы, совершает полный цикл за 300 лет, атмосферный кислород за 2 тыс. лет, а водороду воды для этого требуется более 2 млн лет.

Отдельные биогеохимические циклы элементов сливаются в общий глобальный биологический круговорот биосферы. Нередко и органические вещества выходят из круговорота и остаются надолго в виде



залежей, не включенными в круговорот – осадочных пород биогенного происхождения (известняки, каменный уголь, торф, нефть и др.). Рассмотрим круговороты тех атомов, которые как универсальные свойственны всем без исключения живым организмам.

**Круговорот углерода.** Углерод является важнейшим элементом, входящий в состав всех органических соединений, присутствует в атмосфере в составе углекислого газа. Основной путь, по которому углерод из неорганических соединений переходит в состав органических веществ – это процесс фотосинтеза. Часть углерода выделяется в атмосферу в составе углекислого газа при дыхании живых организмов и при разложении бактериями мертвого органического вещества. Усвоенный растениями углерод потребляется животными. Кроме того, коралловые полипы, моллюски используют соединения углерода для построения скелетных образований и раковин. После их отмирания и оседания на дне формируются отложения известняков. Таким образом, углерод может исключаться из круговорота. Выведение углерода из круговорота на длительный срок достигается путем формирования полезных ископаемых: каменного угля, нефти, торфа. В процессе жизнедеятельности растений, животных и человека углерод может быть освобожден и тогда вновь окажется в круговороте (рис. 44).



**Рис.44.** Схема круговорота углерода в биосфере.

На протяжении существования нашей планеты выведенный из круговорота углерод компенсировался углекислым газом, поступающим в атмосферу при вулканических извержениях и в ходе других естественных процессов. В настоящее время к природным процессам пополнения углерода в атмосфере добавилось значительное антропогенное воздействие. Например, при сжигании углеводородного топлива. Это нарушает отрегулированный веками круговорот углерода на Земле.

**Круговорот азота.** Азот – один из самых распространенных элементов в биосфере. Азот входит в состав большинства биологически важных органических веществ всех живых организмов: белков, нуклеиновых кислот, липопротеидов, хлорофилла и др. Основная часть биосферного азота находится в атмосфере в молекулярном виде ( $N_2$ ). Как известно из курса химии, химические связи между атомами в молекулярном азоте очень прочные. Большинство живых организмов не способны использовать молекулярный азот непосредственно. Поэтому важным этапом в круговороте азота является его фиксация и перевод в доступную для организмов форму (рис.45). Под воздействием атмосферных электрических разрядов (молний) азот может взаимодействовать с кислородом с образованием оксида ( $NO_2$ ) азота. Оксид азота растворяется в парах воды и в виде азотистой ( $HNO_2$ ) и азотной ( $HNO_3$ ) кислот с осадками попадает в почву. В почве в результате диссоциации этих кислот образуются нитрит-ионы

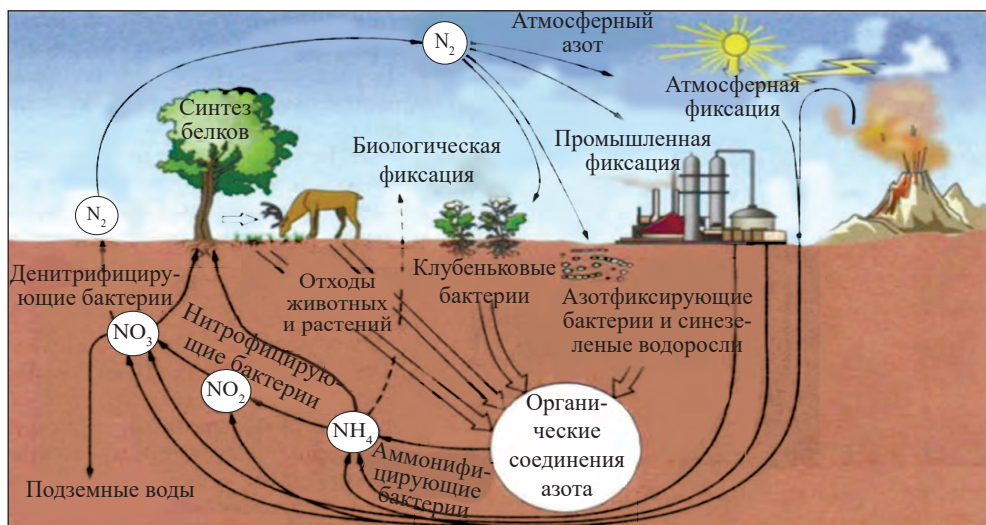


Рис.45. Схема круговорота азота.

( $\text{NO}_2^-$ ) и нитрат-ионы ( $\text{NO}_3^-$ ), которые усваиваются растениями. Важную роль в круговороте азота играют микроорганизмы. Биологическая фиксация азота в природе совершается только некоторыми видами прокариот: азотфиксирующими азотобактериями и клубеньковыми бактериями, находящимися в симбиозе с корнями бобовых растений. Азотфиксирующие бактерии связывают (фиксируют) газообразный азот с образованием солей аммония. Соли аммония усваиваются растениями и превращаются в сложные белковые соединения и включаются в биологический круговорот. Животные поедают растения, в их организме растительные белки превращаются в животные белки. После отмирания животных и растений и разложения их остатков почва обогащается органическими и минеральными соединениями азота. Гнилостные бактерии расщепляют азотсодержащие вещества (белки, мочевины, нуклеиновые кислоты) растений и животных до аммиака. Этот процесс называется аммонификацией. Аммиак окисляется до нитратов и нитритов. В его окислении всегда участвуют две группы нитрифицирующих бактерий: одни окисляют аммиак, образуя нитрит, а другие окисляют нитрит до нитрата. Эти процессы носят название нитрификации. Эти бактерии синтезируют органические вещества из неорганических за счет энергии окисления аммиака. Нитриты и нитраты, образованные нитрифицирующими бактериями вновь используются растениями. Возвращение азота в атмосферу – восстановление азотистых соединений до молекулярного азота, происходит путем денитрификации, которую осуществляет группа денитрифицирующих бактерий.

Антропогенное воздействие на круговорот азота заключается в следующем: большое количество азота ежегодно связывается промышленным путем при производстве минеральных азотных удобрений. Широкое использование азотных удобрений, превышающее нормы потребности растений, приводит к загрязнению окружающей среды, при этом часть избыточного азота смывается в водоемы.

**Круговорот кислорода.** Главной движущей силой кислородного цикла и основным источником атмосферного кислорода является фотосинтез, который отвечает за состав современной атмосферы Земли и жизни на земле (рис.46). Основными поставщиками кислорода в биосферу являются зеленые растения и цианобактерии. В функционировании биосферы кислород играет исключительно важную роль в процессе дыхания живых организмов. Основные процессы круговорота кислорода: образование свободного кислорода при фотосинтезе и его использование в процессе дыхания живых организмов и процессах горения – окисление

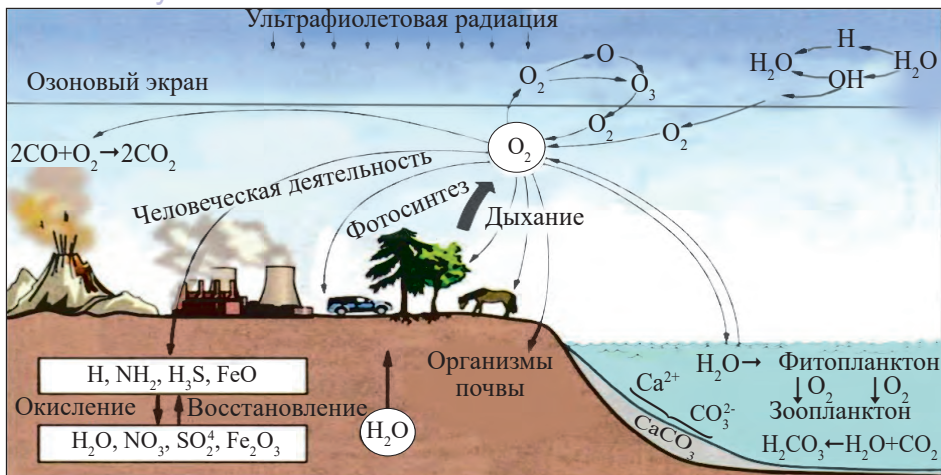


Рис.46. Схема круговорота кислорода в биосфере.

химических веществ. Кислород входит в состав многих неорганических веществ: воды, углекислоты, карбоната кальция и органических соединений живых организмов. Морские организмы образуют материал внешней оболочки (раковины) из карбоната кальция ( $CaCO_3$ ), богатой кислородом вещества. В результате гибели этих организмов карбонат кальция оседает на морском дне и со временем превращается в известняк – осадочную породу литосферы. Свободный кислород появился в земной атмосфере в результате жизнедеятельности фотосинтезирующих организмов. Под действием ультрафиолетовых лучей он превращался в озон. По мере накопления озона произошло образование озонового слоя в верхних слоях атмосферы. Поддержание количества кислорода на постоянном уровне возможно только благодаря фотосинтезирующим организмам.

В последние десятилетия деятельность человека, приводящая к вырубке лесов, эрозии почв, снижает интенсивность фотосинтеза. А это, в свою очередь, нарушает естественный ход круговорота кислорода.

Круговорот кислорода взаимосвязан с круговоротом воды, так как вода является важным компонентом фотосинтеза и источником свободного кислорода, образовавшегося в этом процессе.

**Круговорот воды.** Круговорот воды в природе – это процесс циклического перемещения воды в биосфере. Круговорот воды включает следующие процессы: испарение воды, перенос водяных паров воздушными течениями, конденсация водяных паров (от лат. condense – накопляю, переход вещества в жидкое или твердое состояние из газообразного),

атмосферные осадки и перенос воды в реки и другие водоемы. Большая часть воды испаряется с поверхности Мирового океана. Моря и океаны теряют из-за испарения больше воды, чем получают с осадками, а суша – наоборот, получает с осадками больше воды, чем с нее испаряется. Движущей силой круговорота является энергия Солнца (рис.47).

Солнце нагревает воду в океанах и морях, и она испаряется, превращаясь в водяной пар. Вода испаряется с нагретой Солнцем поверхности Земли или испаряется растениями в результате транспирации. Воздушными течениями вода переносится на большие расстояния, пока, в конце концов, не оказывается в зоне с низкой температурой. Это вызывает конденсацию влаги в облаках. Выпадая на поверхность суши в виде осадков, она способствует разрушению горных пород, делает их доступными для растений и микроорганизмов, размывает верхний почвенный слой и уходит вместе с растворенными в ней химическими соединениями в виде рек в моря и океаны. Часть воды впитывается в грунт, проникает глубоко в землю и пополняет источники грунтовых вод, которые также аккумулируют в себе пресную воду в течение длительного времени. Осадки выпадают в виде снега и могут накапливаться в ледниках, которые хранят замороженную воду в течение от нескольких месяцев до десятков тысяч лет.

Вода играет важную роль в жизни нашей планеты с первых дней своего появления на Земле. Тело живых организмов больше чем наполовину состоит из воды. Поэтому все организмы, нуждаются в постоянном снабжении пресной водой для выживания. Растения извлекают воду из



**Рис.47.** Схема круговорота воды.

почвы и активно транспирируют ее в атмосферу. Часть воды в клетках растений расщепляется в процессе фотосинтеза. При этом водород фиксируется в виде органических соединений, а кислород выделяется в атмосферу. Животные используют воду для поддержания осмотического и солевого равновесия в организме и выделяют ее во внешнюю среду вместе с продуктами обмена веществ.

Недостаток пресной воды может иметь самые серьезные последствия для различных экосистем нашей планеты. В результате деятельности человека сокращается пополнение фонда грунтовых вод – запаса пресной воды. Уже сейчас имеются территории, на которых используются грунтовые воды, накопившиеся в течении столетий.

**Круговорот фосфора.** Фосфор – один из наиболее важных биогенных компонентов. Он входит в состав нуклеиновых кислот, клеточных мембран, АТФ, костной ткани и дентина. Круговорот фосфора всецело связан с деятельностью организмов (рис.48). Редуценты минерализуют органические соединения фосфора в фосфаты, которые вновь потребляются корнями растений. В отличие от азота и углерода, резервуаром фосфора служат не атмосфера, а горные породы и отложения, образовавшиеся в прошлые геологические эпохи.

**Круговорот серы.** Сера необходима для построения белков и аминокислот. В природе сера существует в виде газообразных соеди-

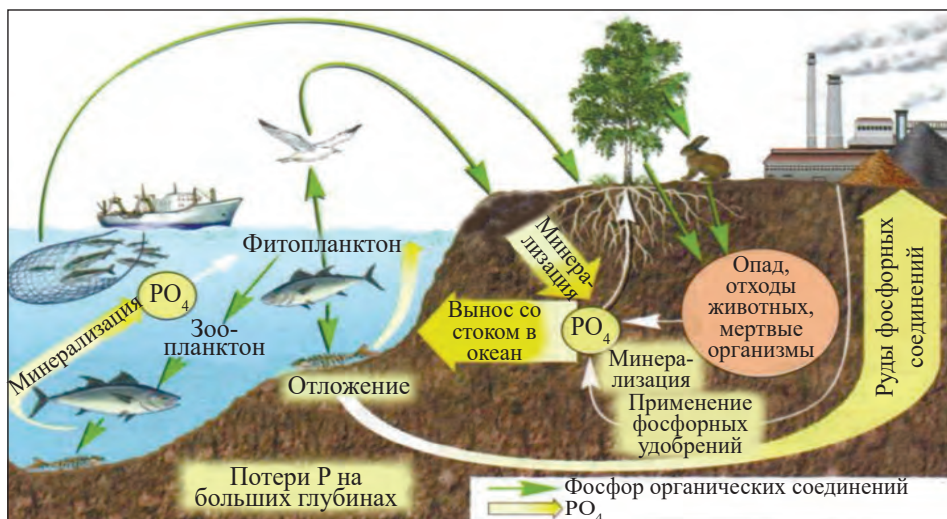


Рис.48. Схема круговорота фосфора в биосфере.

нений, таких, как  $H_2S$  – сероводород,  $SO_2$  – сернистый ангидрид, в свободном состоянии, а также в виде минералов – сульфидов (соли сероводорода) и сульфатов (соли серной кислоты). Хорошо растворимые в воде сульфаты являются основным источником серы для растений. Поглощая сульфаты, растения создают серосодержащие аминокислоты. Животные организмы усваивают и используют только серу, включенную в органические вещества. Возвращается сера в окружающую среду после отмирания растений и животных и переработки их тел редуцентами. При разложении белков после смерти животного или растения, гнилостные бактерии отрывают серу из белков и выпускают ее в соединении с новым элементом водородом. В виде сероводорода сера попадает в почву. Затем хемосинтезирующие бактерии вновь окисляют сероводород до сульфатов, доступных продуцентам (рис.49).

Деятельность человека, в особенности выбросы в атмосферу сульфатов, образующихся в результате сжигания горючего материала с высоким содержанием серы для получения электроэнергии, приводит к перенасыщению атмосферного воздуха оксидами серы, которые обычно присутствуют в нем в незначительном количестве. В атмосфере оксиды серы реагируют с водяным паром, образуя в конечном итоге серную кислоту. В результате загрязняется атмосферный воздух, на землю выпадают осадки в виде «кислотных дождей», нарушается природный круговорот серы.

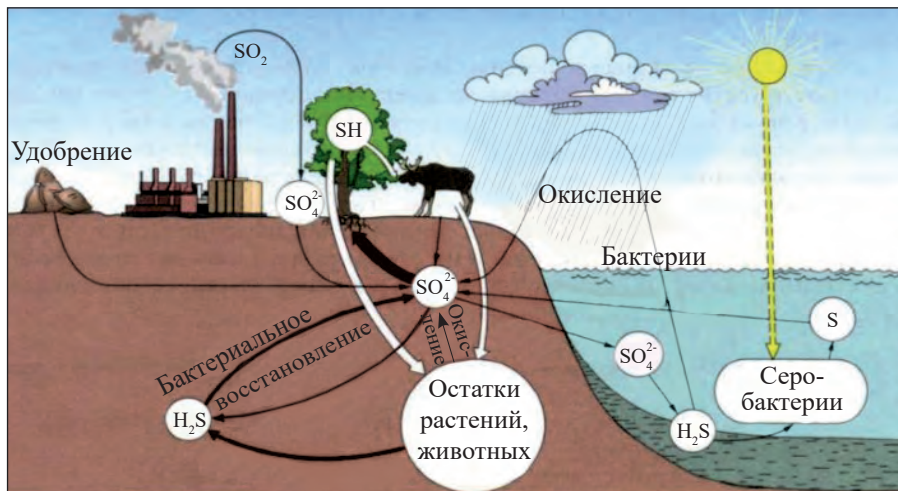


Рис.49. Схема круговорота серы в биосфере.

Круговороты веществ и биогенных элементов сильно отличаются друг от друга процессом движения элементов и скоростью, но обладают сходными чертами: 1) все круговороты связаны с потоком энергии, проходящим через экосистему и приводящим ее в движение; 2) химические элементы, входящие в состав питательных веществ, участвуя в биохимических процессах обмена веществ (синтеза и распада) организмов, попеременно переходят из косного вещества в живое и обратно. При этом сама биосфера как функциональная система глобального масштаба и как устойчивая биосистема в значительной степени является результатом этого процесса.



**Ключевые слова:** биогеохимические циклы; круговороты углерода, азота, кислорода, воды, фосфора и серы; фиксация азота; аммонификация; нитрификация; денитрификация.



### Вопросы и задания.

1. По рисунку № 44 опишите биогеохимический цикл углерода. Где может накапливаться углерод в биосфере? Какое это имеет значение для живого вещества?
2. По рисунку № 45 опишите биогеохимический цикл азота. В каком виде азот могут использовать растения, животные и микроорганизмы?
3. По рисунку № 46 опишите биогеохимический цикл воды. Укажите значение данного процесса для биосферы.
4. По рисунку № 47 опишите биогеохимический цикл кислорода. Какое значение имеет кислород для растений и животных. Укажите источники кислорода.
5. По рисунку № 48 опишите биогеохимический цикл фосфора. Где может накапливаться фосфор в биосфере?
6. По рисунку № 49 опишите биогеохимический цикл серы. Какое значение имеет сера в процессе хемосинтеза?



### Выскажите свое мнение.

1. Укажите возможные последствия чрезмерного поступления углекислого газа в атмосферу, а также азота в почву и водные экосистемы.
2. Докажите, что биосфера является глобальной экосистемой. Какими особенностями она характеризуется, как глобальная экосистема?



### Задания для самостоятельной работы.

1. Разработайте схемы круговорота кальция в биосфере.
2. Выполните рефераты на темы: «Сохранение грунтовых вод – актуальная проблема человечества», «Значение лесов для устойчивости биосферы».





*Вспомните гипотезы происхождения живых организмов на Земле, этапы появления жизни на Земле. Какие факторы движут эволюцией?*

**Этапы эволюции биосферы.** В трудах В.И. Вернадского особое место занимает концепция эволюции биосферы. Основная идея концепции эволюции биосферы заключается в том, что биосфера формировалась под воздействием живых организмов. Процесс эволюции биосферы происходит постоянно, начиная с момента возникновения жизни. В.И. Вернадский выделял три этапа развития биосферы.

Первый этап – возникновение жизни и первичной биосферы. Этот этап продолжался до кембрийского периода палеозойской эры. Ведущие факторы здесь – геохимические и климатические изменения на Земле.

Второй этап – усложнение структуры биосферы в результате появления многочисленных и разнообразных многоклеточных эукариотных организмов. Движущим фактором выступает биологическая эволюция. Этот этап начался с кембрийского периода и продолжался до появления современных людей. Эти два этапа, осуществлявшиеся в связи с чисто биологическими закономерностями жизнедеятельности и развития, могут быть объединены в период биогенеза.

Третий этап – возникновение человека, человеческого общества и постепенное превращение биосферы в ноосферу. Он начался приблизительно 40–50 тысяч лет тому назад и продолжается по сей день. Третий этап связан с возникновением человеческого общества. Разумная по своим намерениям деятельность людей в масштабе биосферы способствует превращению последней в ноосферу, поэтому рассматриваемый этап называется ноогенезом.

**Биогенез.** Образование биосферы происходило одновременно с появлением живых организмов на Земле. Эволюция живых организмов шла параллельно с изменением биосферы. Первые живые организмы были одноклеточными гетеротрофными, анаэробными прокариотами. Эти организмы накапливали энергию в основном, в результате процессов гликолиза и брожения.

В первичной биосфере было мало органических веществ, и гетеротрофные прокариоты не могли быстро размножаться. В результате естественного отбора возникли автотрофные организмы, способные

Эры		Периоды и их продолжительность (в млн. лет)	Животный и растительный мир
возраст			
Кайнозойская	67 млн. лет	Антропоген (четвертичный), 1,5	Появление и развитие человека. Животный и растительный мир принял современный облик
		Неоген (нижнетретичный), 23,5	Господство млекопитающих, птиц
		Палеоген (верхнетретичный), 42	Появление лемуринов, долгопятов, позднее – парапитеков, дриопитеков. Бурный расцвет насекомых. Господство покрытосеменных растений
Мезозойская	230 млн. лет	Меловой, 70	Появление сумчатых и плацентарных млекопитающих и настоящих птиц. Преобладают костистые рыбы. Появление и распространение покрытосеменных. Распространение насекомоопыляемых растений. Появляются общественные насекомые: термиты, муравьи, пчелы, осы. Сокращение папоротников и голосеменных. В конце периода вымирание крупных рептилий – динозавров, плезиозавров и ихтиозавров.
		Юрский, 58	Господство пресмыкающихся (динозавры) и голосеменных. Появление археоптерикса. Процветание головоногих моллюсков.
		Триасовый. 35	Расцвет пресмыкающихся – черепах, крокодилов, летающих ящеров, динозавров и первых млекопитающих. Вымирание трилобитов.
Палеозойская	570 млн. лет	Пермский, 55	Быстрое развитие пресмыкающихся. Возникновение зверозубых пресмыкающихся. Увеличивается разнообразие голосеменных.
		Каменноугольный, 75 – 65	Возникновение первых пресмыкающихся. Появление пауков, летающих форм насекомых. Заметное уменьшение трилобитов. Расцвет папоротникообразных.
		Девонский, 60	Уменьшение панцирных рыб. Появление кистеперых рыб, стегоцефалов. Распространение на суше высших споровых.
		Силурийский, 30	Пышное развитие кораллов, трилобитов. Выход растений на сушу – псилофиты. Широкое распространение водорослей.

	Ордовикский, 60 Кембрийский, 70	Прцветают морские беспозвоночные: кишечно-полостные, черви, моллюски, трилобиты. Появление бесчелюстных позвоночных – панцирных рыб.
	Девонский, 60	Уменьшение панцирных рыб. Появление кистеперых рыб, стегоцефалов. Распространение на суше высших споровых.
<b>Протерозойская</b>	2700 млн. лет	К этому времени существовали все типы беспозвоночных животных. Широко распространены простейшие, губки, кишечнополостные, черви, моллюски, иглокожие и трилобиты. Появление первичных хордовых – подтипа бесчерепных.
<b>Архейская</b>	более 3500 млн. лет	Следы жизни незначительны. Возникновение прокариотов. Возникновение фотосинтеза. Широкое распространение цианобактерий.

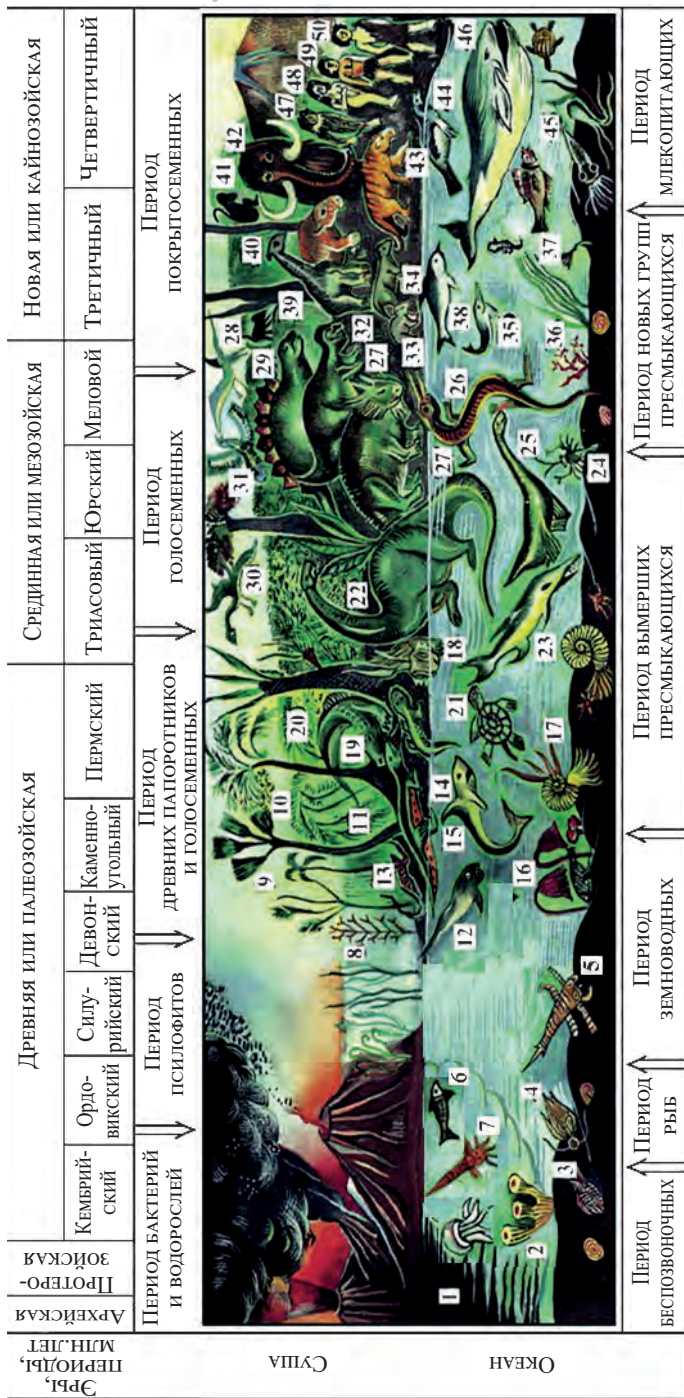
самостоятельно синтезировать органические вещества из неорганических – первые хемосинтезирующие и фотосинтезирующие бактерии и сине-зеленые водоросли.

Первые фотосинтезирующие организмы, поглощая углекислый газ и выделяя кислород, изменили состав атмосферы. В результате содержание углекислого газа в атмосфере уменьшалось, а содержание кислорода все больше увеличивалось. В верхних слоях атмосферы под воздействием электрохимических процессов кислород образовал озоновый экран, который защищал живые организмы на Земле от губительного воздействия ультрафиолетовых лучей. В этих условиях происходило дальнейшее увеличение численности живых организмов.

Увеличение свободного кислорода в атмосфере обусловило появление на поверхности Земли организмов, приспособленных к аэробному дыханию кислородом существ.

Фотосинтезирующие организмы, обитающие в морях, вырабатывали избыточное количество кислорода, что привело к интенсивному развитию аэробных организмов. Вследствие расщепления веществ в процессе аэробного дыхания выделялось большое количество энергии, а большой запас энергии создавал возможности для морфологического и физиологического усложнения организмов.

Важным событием в эволюции органического мира был выход живых организмов на сушу. По мнению ученых, первыми вышли на сушу бактерии и цианобактерии около 3,5–3,2 млрд. лет назад, то есть



**Рис. 51.** Развитие органического мира: 1 – известковые водоросли; 2 – организмы, родственные губкам и кораллам; 3 – трилобиты; 4 – моллюски; 5 – гигантские ракоскорпионы; 6 – панцири; 7 – головоногие моллюски; 8 – псилофиты; 9 – сигиллярии; 10 – лепидодендроны; 11 – древовидные папоротники; 12 – кистеперые рыбы; 13 – сухопутные скорпионы; 14 – гигантские земноводные; 15 – древние акулообразные рыбы; 16 – морские лилии; 17 – аммониты; 18 – парязавры; 19 – инастранцевия; 20 – каламиты; 21 – предки черепах-плакохелис; 22 – травоядные ящеры-бронтозавры; 23 – рыбаоящеры-ихтиозавры; 24 – ракообразные; 25 – плезиозавры; 26 – змееящеры-мезозавры; 27 – трехрогие ящеры-трицепторсы; 28 – цикас; 29 – стегозавр; 30 – летающий ящер; 31 – первоптица археоптерикс; 32 – ветвистые кораллы; 33 – древние млекопитающие; 34 – предки лошадей; 35 – островная рыба; 36 – ветвистые кораллы; 37 – морские водоросли; 38 – дельфин; 39 – полуобезьяна лемуру; 40 – безрогий носорог; 41 – человекообразная обезьяна; 42 – мамонт; 43 – саблезубый тигр; 44 – тюлень; 45 – калмар и костные рыбы; 46 – кит; 47 – южная обезьяна-австралопитек; 48 – обезьяночеловек-питекантроп; 49 – неандерталец; 50 – человек разумный.

задолго до появления эукариот. С выходом на сушу прокариот связан процесс образования почвы. Около 500–450 млн лет назад на сушу вышли и эукариоты – растения, затем и животные. С этого времени эволюция живого мира шла не только в водной, но и в наземно-воздушной среде.

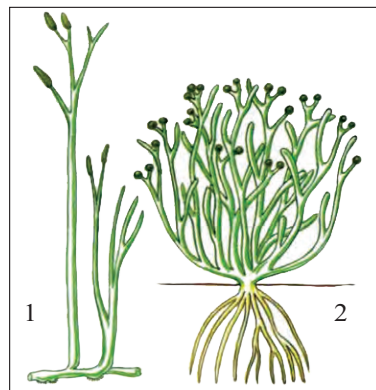
Первые растения, вышедшие на сушу, поселились на влажных прибрежных участках вдоль пресных водоемов. Это были теперь уже давно вымершие многоклеточные растения – риниофиты (риния, куксония), произошедшие от зеленых многоклеточных водорослей (рис.50).

В последующих этапах эволюции появились мхи, плауны, хвощи, папоротники, на смену которым пришли семенные растения. У растений сформировались система минерального питания – корни и система воздушного питания – побеги, а для лучшего улавливания света у растений развились листья.

Почти одновременно с растениями на сушу вышли и первые животные – пауки и скорпионы. В период около 380 млн лет назад появились первые земноводные. В дальнейшем, приблизительно 300 млн лет назад, массового распространения и процветания достигли пресмыкающиеся: динозавры, древние черепахи и крокодилы. Около 200–230 млн лет назад появились птицы и млекопитающие (рис.51).

Биосферная роль животных связана с их гетеротрофным типом питания и способностью к передвижению. Они потребляют органические вещества, создаваемые растениями, и перемещают его на значительные расстояния. Тем самым животные способствуют распространению плодов, семян, спор.

В результате уравнивания деятельности автотрофов, гетеротрофов и редуцентов, участвующих в круговороте веществ, в биосфере сформировалось состояние гомеостаза (постоянство, устойчивость). Появление человека привело к образованию очень мощного в истории биосферы фактора, который по степени своего воздействия приравнивался к крупным геологическим процессам. Этот фактор (человеческая деятельность) становился причиной нарушения гомеостатического состояния биосферы.



**Рис.50.** Первые наземные растения: 1 – риния; 2 – куксония.



**Ключевые слова:** эволюция биосферы, период биогенеза, период ноогенеза.



### Вопросы и задания.

1. Проанализируйте основные этапы развития биосферы.
2. Назовите условия, которые обеспечили возникновение живых организмов на нашей планете.
3. В каких условиях возникли фототрофы?
4. Раскройте значение живого вещества биосферы на всех этапах эволюции.
5. Какую роль на каждом из них играли зеленые растения?

## § 32. ЭВОЛЮЦИЯ БИОСФЕРЫ. НООГЕНЕЗ



*Вспомните, историю становления вида Homo sapiens. Охарактеризуйте место человека в системе органического мира.*

**Понятие о ноосфере.** Ноосфера – это название биосферы в ее новом, преобразованном человеком состоянии.

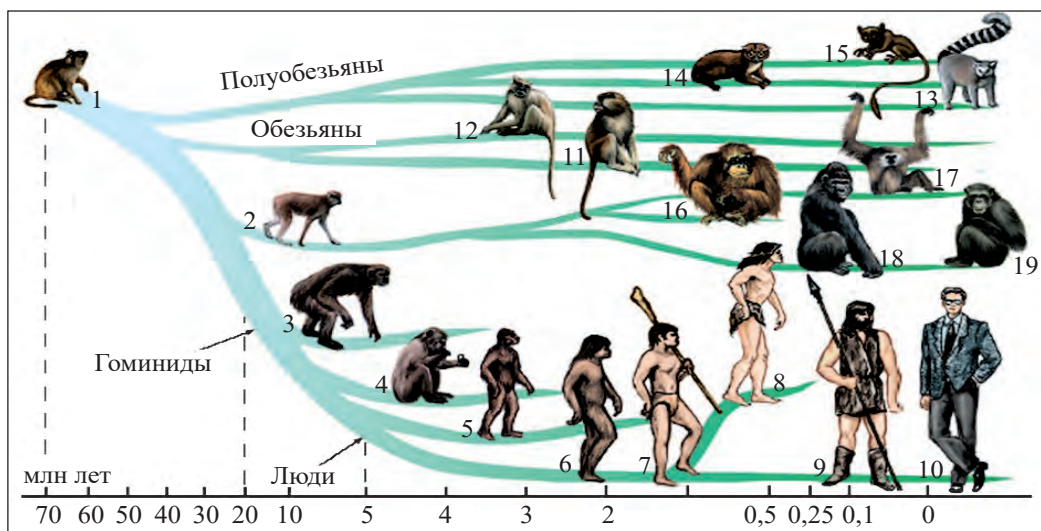
Человек как часть природы непрерывно связан с ней и неотделим от общих законов, присущих всему живому. Но в отличие от всех других представителей живой материи человек наделен разумом, что делает его уникальным живым организмом на Земле.

Французский математик Эдуард Леруа предложил термин – *ноосфера* (от греч. noos – разум + sphaira – шар). Он назвал ноосферой оболочку биосферы, которая формируется человеческим сознанием.

**Ноосфера** – оболочка Земли, включающая человеческое общество с его языком, мышлением, культурой, индустрией и прочими атрибутами разумной деятельности. Основоположник учения о биосфере В.И. Вернадский расширил данное понятие: разумная деятельность человека должна стать ведущим фактором в отношениях общества и природы. Он представляет ноосферу, как новый этап в развитии биосферы, заключающийся в разумном регулировании отношений человека и природы. Он же сформулировал концепцию, в соответствии с которой деятельность человека носит творческий характер. Благодаря человеческому разуму, создаются сорта культурных растений и породы домашних животных, ранее не существовавших в природе. Ноосфера – высшая стадия развития биосферы, при которой разумная деятельность человечества становится главной движущей силой ее развития. Человек должен правильно понимать зако-

номерности эволюции биосферы и исходя из этого разумно регулировать ее экологическое развитие. Другими словами, своей трудовой деятельностью человек не должен нарушать закономерности эволюции биосферы.

**Ноогенез.** Около 50 тыс. лет назад в эволюцию биосферы стал вносить вклад новый фактор – антропогенный, связанный с деятельностью человека. С появлением человеческого общества в эволюции биосферы начался период ноогенеза (рис.52). В начале своего становления человек как биологический вид являлся обыкновенным гетеротрофным компонентом биоценозов. Интенсивность воздействия людей на среду обитания не отличалась от воздействия других организмов. Деятельность человека в первую очередь было связана с удовлетворением насущных потребностей человека в пище и жилье. Получая от окружающей среды средства к существованию в таком количестве, которое полностью восстанавливалось за счет естественных процессов биотического круговорота. Люди возвращали в биосферу то, что использовали другие организмы для своей жизнедеятельности.



**Рис.52.** Эволюция человека. 1 – первоначальный предок приматов; 2 – дриопитек; 3 – рамапитек; 4,5 – австралопитек; 6,7 – *Homo erectus* (архантропы: питекантроп, синантроп); 8 – палеоантроп (неандерталец); 9 – *Homo sapiens* (кроманьонец); 10 – современный человек; 11 – узконосые обезьяны; 12 – широконосые обезьяны; 13 – лемуры; 14 – лори; 15 – долгопяты; 16 – орангутаны; 17 – гиббоны; 18 – гориллы; 19 – шимпанзе.

Благодаря развитию умственных способностей, трудовой деятельности и социальному образу жизни, человек выходил из-под контроля биологических законов развития, все больше подчинялся законам развития человеческого общества. Использование огня, совершенствование орудий для охоты, рыболовство, строительство жилищ, активное расселение, развитие земледелия, скотоводство, а также последовавшая затем оседлость многих народов, сделали человека силой, изменяющей окружающую среду.

В Средние века темпы развития общества, промышленности и сельского хозяйства ускорились. Географические открытия позволили заметно расширить освоение природных территорий для человеческих нужд. Человек для удовлетворения своих потребностей стал все больше использовать живое и косное вещества. Начиная с XIX в. человек стал активно сжигать ископаемое топливо – уголь и нефть. Накопленное в земной коре биогенное вещество, которое ранее не вовлекалось в круговорот элементов и в поток энергии, было искусственно введено в них человеком. В результате изменилась и сама система, то есть биосфера перестала быть только природной экосистемой, а превратилась, по существу, в антропобиосферу.

Еще более глубокие изменения в биосферных процессах начались в XX в. в результате научно-технической революции. Бурными темпами стали развиваться энергетика, транспорт, химическая промышленность. Это привело к тому, что деятельность человека постепенно стала фактором, изменяющим облик Земли. Результатом стало разрушение природных экосистем (озер, болот, лугов), а также вымирание многих видов животных и растений, истощение полезных ископаемых. Кроме того, загрязнение окружающей среды радиоактивными веществами, ядохимикатами, а также промышленными и бытовыми отходами приобрело глобальные масштабы. Все это поставило человечество на грань экологической катастрофы. Сегодня масштабы влияния человеческой деятельности на эволюцию биосферы стали поистине гигантскими. Большинство действий, порой приводящих к катастрофическим последствиям, совершаются человеком от непонимания природных процессов и явлений, а также их взаимосвязей. Примером может служить загрязнение окружающей среды и интенсивное, неумеренное использование природных ресурсов.

Науку управления взаимоотношениями между человеческим обществом и природой можно назвать ноогеникой. Основная цель ноогеники – планирование настоящего во имя будущего, а ее главная задача –



исправление нарушений в отношениях человека и природы, вызванных научно-технической революцией. Основной задачей этой науки является восстановление нарушенных взаимоотношений между человеком и природой, обусловленных техническим прогрессом.

Ноогеника должна не только выполнять охранные функции, но должна способствовать увеличению многообразия форм жизни путем создания новых форм растений, животных и микроорганизмов. Эти новые организмы призваны не только служить источником пищи, кислорода, сырья для промышленности, но и помогать человеку, осуществляя буферные функции, бороться с вредными побочными результатами технического прогресса, способствовать еще более активному освоению неживой природы, сопровождать человека в космических полетах.

Познание закономерностей существования антропобиосферы, разумное регулирование ее процессов позволят предотвратить глобальный экологический кризис (от греч. krisis – поворотный пункт, исход) – такое состояние природной окружающей среды, при котором она становится непригодной для существования различных форм жизни.

Этапы эволюции биосферы характеризовались увеличением разнообразия живых форм и усложнением их организации. Именно живые организмы позволили Земле приобрести ее уникальный облик и стать планетой жизни среди других планет Солнечной системы. Главными факторами эволюции биосферы на рассмотренных этапах являются процессы, связанные с функционированием живых организмов: синтез, разрушение, круговорот. Высшей стадией развития биосферы, основанной на человеческом разуме, является ноосфера.



**Ключевые слова:** антропобиосфера, ноосфера, автотрофность человека, ноогеника, глобальный экологический кризис.



### Вопросы и задания.

1. Охарактеризуйте вклад человека в эволюцию биосферы.
2. Что подразумевал В. И. Вернадский под понятием «ноосфера»?
3. В чем заключается биосферная роль человека?
4. Что такое антропогенный круговорот?
5. Что представляет собой глобальный экологический кризис?



### Выскажите свое мнение.

1. Существует выражение: «Гибель природы начинается с исчезновения лесов». Как вы думаете, верно ли оно? Ответ обоснуйте с позиции различных этапов эволюции биосферы.

2. Докажите, что наибольшее антропогенное воздействие в биосфере сказывается на биогеохимическом цикле углерода. Каковы его последствия для живой и неживой природы?



**Задания для самостоятельной работы.** Заполните таблицу.

Стадия антропогенеза	Представители, ископаемые формы	Объем мозга, см <sup>3</sup>	Рост, см	Признаки, характерные для людей

### § 33. ЧЕЛОВЕК КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ БИОСФЕРЫ. ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА И ЕГО ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРИРОДУ



*В чем состоит антропогенное воздействие на растения и животных? Каковы его последствия?*

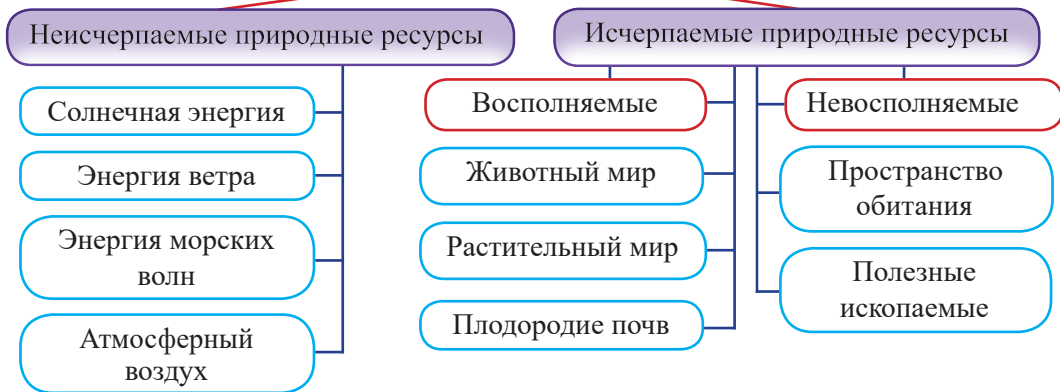
Преобразующее влияние человеческого общества на природу является неизбежным. С ростом населения воздействие общества на биосферу постоянно усиливается. Это связано с вовлечением в хозяйственный оборот большого количества веществ и энергии, а также перестройки общей структуры биосферы. Деятельность человека все сильнее изменяет облик планеты. Усиление влияния человека на природу идет одновременно с возрастанием численности населения планеты. Если к началу XVIII века население Земли составляло приблизительно 600 млн человек, то сейчас оно достигает более 7,5 млрд.

**Способы воздействия человека на биосферу.** Взаимодействие общества с природой проявляется в изъятии из природы веществ и энергии, уничтожении огромного количества видов живого мира, кардинальном преобразовании природных сообществ и целых ландшафтов, в сбросе колоссального количества отходов в окружающую среду и многое другое.

Люди заселяют наиболее богатые в материальном отношении, благоприятные зоны Земли и коренным образом изменяют существующие здесь природные биогеоценозы, воздвигают города, размещают объекты промышленности и сельскохозяйственные угодья. Тем самым они обедняют экосистему, разрушают сложившиеся природные комплексы и уничтожают места обитания живых организмов. Вода, атмосфера, почвы загрязняются отходами производства, вырубается леса, истребляются дикие животные,

разрушаются природные биогеоценозы. В результате этого биотический круговорот становится незамкнутым. Изменяется течение многих геохимических процессов на Земле.

## Классификация природных ресурсов



Особенно острый конфликт в экосистеме биосферы возник под влиянием засорения среды радиоактивными осадками, газообразными отходами производств, продуктами сгорания, разливами нефти, всевозможными химическими веществами и многими другими. Большинство искусственных органических веществ (полиэтилен и пластмасса) не поддается био-генной переработке даже с помощью грибов и бактерий, потому они не вовлекаются в биологический круговорот, а накапливаются в биосфере.

В биосфере идет сокращение биологического разнообразия – огромного материального ресурса, который помогает ей сохранять устойчивое состояние. Темп вымирания видов в настоящее время намного раз выше, чем во весь предшествующий период. Количество исчезающих видов растений, животных, грибов возрастает.

По своим последствиям воздействия человеческого общества на среду обитания могут быть положительными и отрицательными. Основные пути отрицательного воздействия людей на природу заключаются в расходовании естественных богатств – природных ресурсов в виде минерального сырья, водных ресурсов; загрязнении окружающей среды, истреблении видов, разрушении биогеоценозов.

В экологическом, природоохранном аспекте природные ресурсы принято делить на исчерпаемые и неисчерпаемые.

Естественные богатства планеты делятся на невозполняемые и восполняемые. К первым, например, относят полезные ископаемые, запасы которых ограничены. Тенденцию в изменениях восполняемых природных ресурсов можно проследить на примере леса. В настоящее время лесами покрыто менее трети суши (без Антарктиды), тогда как в доисторические времена им было занято не менее 70%. Уничтожение лесов, прежде всего, резко нарушает водный режим планеты. Прерывается задержка воды в поверхностных слоях почвы за счет изменения ее структуры: безлесные участки земной поверхности обычно почти лишены рыхлого, богатого гумусом почвенного слоя, способного накапливать и удерживать воду. Уменьшаются запасы грунтовых вод, мелеют реки. Их дно покрывается илом, что приводит, в свою очередь, к уничтожению мест нереста рыб и сокращению их численности. Талая вода и дождевые потоки смывают, а ветры, не сдерживаемые лесной преградой, выветривают почвенный слой. В результате возникает эрозия почвы. С вырубкой лесов гибнут населяющие их птицы, звери, насекомые-энтомофаги. Вследствие этого беспрепятственно размножаются вредители сельскохозяйственных культур. Лес очищает воздух от ядовитых загрязнений, в частности он задерживает радиоактивные осадки и препятствует их дальнейшему распространению, то есть рубка лесов устраняет важный компонент самоочищения воздуха.

Таким образом, из-за нерационального землепользования человечество потеряло вследствие эрозии почв обширные территории, ставшие практически непригодными для земледелия. Сходная ситуация создалась и в среднеазиатском регионе, когда большая часть водного стока рек Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи отводилась на хлопковые и рисовые поля. В результате размеры Аральского моря стали катастрофически быстро уменьшаться, резко возросла его соленость. Уменьшилось испарение воды с его поверхности, а климат в регионе стал существенно более сухим. Исчезла большая часть видов животных и растений, обитавших в нем и на прилегающих территориях.

Одна из серьезнейших проблем современности – постепенное потепление климата планеты, связанного в первую очередь с выбросом в атмосферу промышленными предприятиями огромного количества углекислого газа, большая часть которого не может быть утилизирована растениями в процессе фотосинтеза. В результате он накапливается в верхних слоях атмосферы и препятствует естественной теплоотдаче, создавая так называемый парниковый эффект. Температура атмосферы

и верхних слоев земной поверхности при этом неуклонно повышается. Это приводит к таянию арктических и антарктических ледников, что сопровождается разрушением приполярных экологических систем. Прогнозируется дальнейшее повышение уровня мирового океана.

Промышленные отходы, радиоактивные вещества, пестициды, применяемые для борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур, загрязняют природную среду. К числу отрицательных влияний человека на биосферу относится также нерегулируемый промысел рыбы, млекопитающих, беспозвоночных, водорослей, изменение химического состава вод, воздуха, почвы в результате сбросов отходов промышленности, транспорта и сельскохозяйственного производства. При этом уменьшается не только число диких животных и дикорастущих растений на Земле, но и бесследно исчезает их естественная среда обитания.

Деятельность людей, преобразующая природу, неизбежна, так как с ней связано современное и будущее благосостояние населения. Современное человечество располагает исключительно мощными факторами воздействия на природу планеты, которое по своим последствиям может быть и отрицательным, и положительным. Следование принципу научно обоснованного рационального природопользования позволяет получить в целом позитивный итог.

**Рациональное природопользование** – тип взаимоотношений человека с окружающей средой, при котором люди способны разумно осваивать природные ресурсы и предупреждать негативные последствия своей деятельности. Примером рационального природопользования служит создание культурных ландшафтов, применение малоотходных и безотходных технологий. К рациональному природопользованию относят внедрение биологических методов борьбы с вредителями сельского хозяйства. Рациональным природопользованием также можно считать создание экологически чистых видов топлива, широкое использование возобновляемых и экологически чистых источников энергии, таких как ветровая, солнечная, энергия приливов, получение и использование биотоплива из продуктов растительного происхождения.

**Малоотходные технологии** – производственные процессы, которые обеспечивают максимально полное использование перерабатываемого сырья и образующихся отходов. При этом в окружающую среду возвращаются вещества в относительно безвредных количествах.

Следование принципу научно обоснованного рационального природопользования позволяет получить в целом позитивный итог.



**Ключевые слова:** биологическое разнообразие, экологический кризис, неиспользуемые и используемые природные ресурсы, парниковый эффект, рациональное природопользование.



**Вопросы и задания.**

1. Охарактеризуйте основные направления антропогенного воздействия, вызывающего загрязнение окружающей среды.
2. Каким образом человек влияет на климат Земли? Каковы последствия такого влияния?
3. Опишите основные пути антропогенного загрязнения водной среды.
4. Каковы основные источники атмосферных загрязнений?
5. Охарактеризуйте проблемы, связанные с загрязнением автотранспортом в крупных городах атмосферного воздуха.
6. В чем опасность загрязнения воздушной среды выбросами промышленных предприятий?



**Выскажите свое мнение.**

1. Какие мероприятия по повышению плодородия почв проводятся в вашей местности?
2. Для борьбы с насекомыми-вредителями применили пестицид, который быстро разлагался и не вредил природе. В результате насаждения были спасены. Тем не менее это привело к серьезным экологическим последствиям. Подумайте к каким.
3. Раскройте суть малоотходных и безотходных технологий. Приведите примеры их применения в вашем регионе.
4. В нашей стране в последнее время распространена сортировка мусора. Обоснуйте смысл данного мероприятия с позиции рационального природопользования и устойчивого развития.



**Задания для самостоятельной работы.**

Используя дополнительную литературу и собственные наблюдения, заполните таблицу. Создайте презентацию в PowerPoint, на которой отразите свои результаты.

Антропогенные изменения в экосистемах	Собственная деятельность по охране окружающей среды



*Вспомните, из курса ботаники и зоологии, какие виды животных и растений подлежат защите.*

**Охрана природы** – совокупность международных, государственных и региональных мероприятий для сохранения, рационального использования и воспроизводства природы Земли. Данная деятельность реализуется в интересах ныне живущего и будущих поколений людей. Основной задачей природоохранной деятельности является сохранение видового разнообразия и генофонда флоры и фауны планеты.

Охрана может быть эффективной только в том случае, если будут учитываться различные экологические факторы, комплексно влияющие на растения и животных, так как они являются неотъемлемыми компонентами окружающей среды и взаимосвязаны друг с другом.

Необходимо сохранить биоразнообразие современной биосферы нашей планеты, поскольку только в этом случае возможно дальнейшее устойчивое сосуществование природы и человечества на Земле.

Охрана природы, в том числе растительного и животного мира нашей планеты, относится к глобальным проблемам современности. Ее решение требует объединенных усилий и совместных действий ученых, правительственных учреждений и общественных организаций на межгосударственном уровне. Этой цели служат созданный в 1948 г. Международный союз охраны природы (МСОП) и основанный в 1961 г. Всемирный фонд дикой природы (WWF). Важным шагом для выделения и сохранения биоразнообразия в самостоятельное научное направление служило проведение в Париже в 1970 г. специальной международной конференции экспертов по научным основам рационального использования и охраны ресурсов биосферы. В 1979 г. на сессии Генеральной Ассамблеи ООН была учреждена «Программа ООН по окружающей среде» (ЮНЕП). В 1992 году на Международной конференции ООН в Рио-де-Жанейро по проблеме «Планета Земля» была выдвинута программа «Сохранение биологического разнообразия» и принята Конвенция о биологическом разнообразии, подписанная представителями правительств 179 стран мира. В этих документах разработана всемирная стратегия охраны всего разнообразия видов, существующих на Земле.

Начиная с 2001 года, ежегодно 22 мая отмечается Международный день биологического разнообразия (International Day for Biological Diversity). Этот праздник напоминает не только о ценности биоразно-

образия, доставшегося нам от эволюции, но и о глобальной экологической проблеме, связанной с его сокращением. Генассамблея ООН объявила 2010 год – Международным годом биоразнообразия. Значимым событием стало принятие Сторонами Конвенции в Нагое в 2010 г. Стратегического плана в области сохранения и устойчивого использования биоразнообразия на 2011–2020 годы. В рамках этого десятилетнего плана все страны должны принять меры к сохранению биоразнообразия и выгод, которые им обеспечиваются.

Охрана природы – это система мер, направленных на сохранение, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов Земли.

**Красные книги.** При построении классификационных систем живых организмов ученые столкнулись также с тем фактом, что некогда уже известные формы животных и растений оказываются исчезнувшими с лица Земли, вымершими. Среди них, например, шерстистый носорог, вымерший 10 тыс. лет назад в результате охоты на него людей и изменения климата; три вида нелетающих птиц рода дронг (додо) из семейства голубеобразных, обитавших в лесах острова Маврикий, истребленных в XVIII веке; вид странствующий голубь в Северной Америке, полностью истребленный человеком в конце XIX века; сумчатый волк в Тасмании, еще изредка встречавшийся в 40-х годах XIX века, но уже полностью истребленный; дикий бык, или тур, вымерший в Европе в начале XVII века (рис.53).

Истребление человеком животных и растений, нарушение их мест обитания привели к тому, что многие из них стали редкими и нуждаются в охране. По инициативе МСОП в 1966 г. впервые была издана международная Красная книга, включающая виды, подлежащие охране.

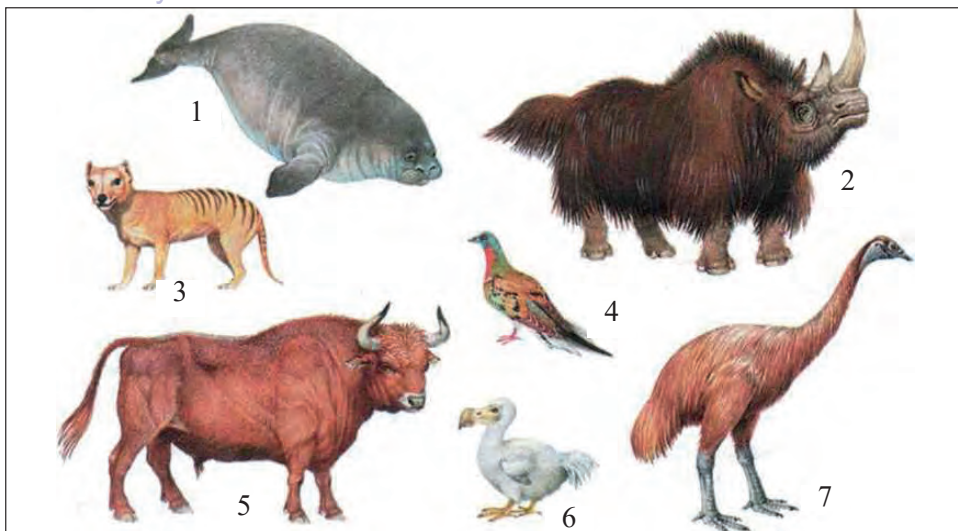
В 1979 году была учреждена "Красная книга Узбекистана", где собраны основные сведения о редких и находящихся под угрозой исчезновения видах растений и животных.

Первая Красная книга Узбекистана, в которую вошли 63 вида позвоночных животных, была опубликована в 1983 году. В издание "Красной книги" 1984 года были включены 163 находящихся под угрозой исчезновения вида растений, судьба которых находилась и находится в центре внимания ученых и специалистов республики.

Красная книга должна переиздаваться не реже одного раза в пять лет.

Виды растений в "Красной книге" распределяются по 4 категориям (статусам) в соответствии с классификацией Международного Союза охраны природы (МСОП).





**Рис.53.** Животные, вымершие к XX в.:

1 – стеллерова корова; 2 – шерстистый носорог; 3 – сумчатый волк;  
4 – странствующий голубь; 5 – тур; 6 – дронг; 7 – гигантский динорнис.

**1. По-видимому исчезнувшие или исчезающие виды,** численность и ареал которых сократились до критического уровня в результате истребления человеком и виды находящиеся под угрозой исчезновения.

**2. Сокращающиеся виды,** численность и ареал которых имеют тенденцию к уменьшению под действием экологических факторов. Необходима регулярная оценка их состояния.

**3. Редкие виды.** Виды, не находящиеся под непосредственной угрозой исчезновения, но встречающиеся в таком небольшом количестве или в таких ограниченных по площади и специфических местах обитания, что могут быстро исчезнуть. Требуется тщательное наблюдение.

**4. Недостаточно изученные виды,** о которых нет точных научных сведений, но есть основания считать, что они могут попасть в первые три категории (эти виды требуют дальнейшего изучения).

Рекомендации по внесению видов растений или животных в Красную книгу готовят представители ряда неправительственных общественных научных и экологических организаций. По многим причинам статус вида изменяется, восстановленные виды выводятся из категории охраняемых.

**Особо охраняемые природные территории.** Для наиболее полного сохранения растительного и животного мира нашей планеты, а также

связанных с ними компонентов биосферы в разных странах мира организуются особо охраняемые природные территории – заповедники, заказники и национальные парки.

**Заповедники** – участки поверхности суши или водного пространства, в пределах которых весь природный комплекс – растительность, животные, почва и т.п. – полностью и навечно изъяты из хозяйственного использования и находится под охраной государства. В заповедниках ведется только научно-исследовательская работа.

Некоторые заповедники объявлены биосферными. В них в нетронутом состоянии сохраняются наиболее типичные для каждой природной зоны биогеоценозы.

**Заказники** – охраняемые участки, на которых при ограниченном использовании природных ресурсов охраняют промысловые виды растений и животных. Заказники служат для сбора лекарственных растений, грибов, ягод, спортивной охоты, рыбной ловли и организуются обычно сроком на 10 лет. Ограниченная хозяйственная деятельность в заказниках допускается лишь в той мере, в какой это не наносит вреда охраняемым объектам (охотничье-промысловым зверям, гнездовьям птиц, нерестилищам и местам нагула рыб, лекарственным растениям, грибам и др.). Заказники существенно дополняют систему заповедников, обеспечивая сохранение богатства флоры и фауны той или иной страны.

**Национальные (природные) парки** – охраняемые территории и акватории, на которых расположены природные комплексы, представляющие экологическую, историческую и эстетическую ценность. В отличие от заповедников, часть площади национальных парков открыта для регулируемого посещения.

**Ботанические сады и зоологические парки.** В деле сохранения и восстановления численности редких видов животных и растений важную роль играют ботанические сады и зоологические парки. Они позволяют спасти отдельные исчезающие в природе виды организмов и тем самым сохранить генофонд живого вещества биосферы, ее биоразнообразие.

**Памятники природы** – ценные в научном, культурно-познавательном или эстетическом отношении природные объекты, охраняемые государством: рощи, озера, водопады, старинные парки, реликтовые сообщества, отдельные деревья, реликтовые виды.

В Узбекистане в качестве особо охраняемых природных территорий действуют заповедники, заказники и национальные парки, экоцентры, ботанические сады, зоологические парки и памятники природы.



**Рис.54.** Гиссарский государственный заповедник.



**Рис.55.** Зааминский государственный заповедник.

**Гиссарский государственный заповедник.** На территории заповедника обитает более 250 видов позвоночных и около 900 видов беспозвоночных животных. Здесь встречаются виды животных, занесенных в Красную книгу Узбекистана: из млекопитающих Тянь-шанский бурый медведь, Среднеазиатский соболь, снежный барс, Туркестанская рысь, малый подковонос и большой подковонос, из птиц – бородач, орел, черный аист и ястреб. Заповедник богат растительным миром. Из растений тюльпан белый, тюльпан желтый, тюльпан Чимганский, астрагал Боброва, эремурус красный, дельфиниум, лук Ошанина, ферула мускусная занесены в Красную книгу (рис. 54).

**Зааминский государственный заповедник.** В Зааминском заповеднике растет около 700 видов растений. Из лекарственных видов встречаются дельфиниум, тысячелистник, валериана, мята и другие. Животный мир заповедника разнообразен, здесь обитают пресмыкающиеся: туркестанская агама, полоз, желтопузик, пустынная ящерица. Птицы: воробьи, грачи, арчовый дубонос, Туркестанский филин, куропатка, Туркестанский скворец, черноголовый ремез, обыкновенная оляпка, горная трясогузка. Высоко на скалах гнездятся крупные хищные птицы – белоголовые сипы, черные грифы, бородачи-ягнятники (рис.55).

**Кызылкумский государственный заповедник.** На территории заповедника произрастает более 160 видов растений. Здесь растут тюльпан Согдийский, эремурус Королькова, туранга, черная ива, черный саксаул, белый саксаул, гребенщик, кандым. Фауна заповедника довольно разнообразна. В заповеднике отмечены виды, включенные как в Красную книгу Республики Узбекистан, так и в Международный Красный лист МСОП. Это большой и малый амударьинский лжеопатоносы, турке-



**Рис.56.** Сурханский государственный заповедник.

станский и аральский усач, аральский шип. Млекопитающих представляют бухарский олень, джейран, из птиц чирок, обыкновенная дрофа, орлан белохвостый.

**Сурханский государственный заповедник.** В настоящее время в заповеднике зарегистрировано более 500 видов растений. Фауна заповедника представляет собой сложный естественный комплекс, свойственный природным условиям гор Средней Азии: бухарский уриал (баран), джейран, Туркестанская рысь, варан, кобра, Туркестанский аист, орел, бородач, белоголовый сип, черный гриф, орел-змеяяд, ястреб (рис.56).

**Зарафшанский долинно-тугайный заповедник** расположен вдоль реки Зарафшан. В заповеднике зарегистрировано более ста видов животных. Здесь охраняется обычный заяц-толай, барсук, караганка, шакал, камышовый кот, дикобраз (рис.57).



**Рис.57.** Зарафшанский долинно-тугайный заповедник.



**Рис.58.** Чаткальский горно-лесной биосферный заповедник.

**Китабский государственный заповедник.** Китабский государственный заповедник расположен в юго-западных отрогах Зарафшанского хребта. Объектами охраны в заповеднике являются уникальные палеонтологические находки. Фауна представляет птиц включенных в Красную книгу Узбекистана: беркут, бородач и другие.

**Чаткальский горно-лесной биосферный заповедник.** В заповеднике охраняются уникальные и эндемичные виды растений и животных, которые встречаются только здесь. Животный мир состоит из горных козлов, косуль, кабанов, туркестанской рыси, каменных куниц, сурков Мензбира, дикобразов, горностаев, снежного барса (ирбис), реликтовых сусликов (рис.58).

Сохранять природу и окружающую среду, а также бережно относиться к природным богатствам – это как правовая и как моральная обязанность каждого человека.



**Ключевые слова:** заповедник, заказник и национальный парк, экоцентр, ботанический сад, зоологический парк, памятник природы, «Красная книга».



### Вопросы и задания.

1. С какой целью создаются особо охраняемые природные территории (ООПТ): заповедники, заказники и национальные (природные) парки? Чем они отличаются друг от друга?
2. В чем заключаются функции заповедников, заказников и национальных парков,
3. Что такое Красная книга? Какие задачи она выполняет? Каковы основания для внесения того или иного вида в Красную книгу?
4. Возможно ли исключение вида из Красной книги? Что является основанием для этого?
5. На какие категории подразделяются растения, внесенные в «Красную книгу»?



### Задания для самостоятельной работы.

Используя полученные знания, из курса ботаники и зоологии, заполните таблицу.

Животные занесенные в «Красную книгу»	Растения занесенные в «Красную книгу»

## ГЛАВА IV. ФИЛОГЕНЕЗ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

Изучив материал IV главы, вы сумеете:

- понимать и объяснять сущность саморегуляции, как свойство живых организмов;
- понимать и объяснять сущность нервной регуляции;
- описывать значение и виды раздражимости живых организмов;
- различать и сравнивать типы нервной системы;
- понимать и объяснять сущность гуморальной регуляции;
- сравнивать роли нервной и гуморальной регуляций;
- описывать и обосновывать эволюционные изменения, которые произошли в филогенезе в системах органов у растений и живых организмов.

### § 35. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЛОГЕНЕЗА ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА



*Вспомните, на какие эры и периоды делится история развития Земли?*

**Филогенез или филогения** (от греч. phulon – поколение, племя, род; genesis – развитие), означает историческое развитие органического мира.

Филогенез органического мира изучается взаимосвязанном с индивидуальным развитием организмов. Онтогенез (от греч. ontos – личный, индивидуальный; genesis – развитие), период индивидуального развития многоклеточных организмов начиная с зиготы до конца жизни.

Биология изучает филогенез органического мира, с точки зрения появления и развития биологических видов за исторический период с момента появления жизни. Изучение филогенеза очень важно, так как, современная классификация биологических видов основана на нем.

В филогенезе органического мира важное место имеют биологический прогресс и биологический регресс. Биологический прогресс характеризуется возрастанием приспособленности организмов к среде обитания увеличением численности особей данной группы, расшире-

нием ареала, появлением многообразия форм, ускорением процессов видообразования, на основании которого ускоряется возникновение других систематических групп.

Главными направлениями биологического прогресса являются арогенез, аллогенез, катагенез.

**Арогенез** (от греч. *airo* – поднимаю и *genesis* – развитие), или морфофизиологический прогресс, – эволюционное направление, сопровождающееся приобретением крупных изменений строения – ароморфозов.

Благодаря наследственной изменчивости, в процессе эволюции возникают новые признаки, позволяющие освоить новые среды обитания. Организмы с новыми признаками являются морфологически, анатомически, физиологически более приспособленными, чем их предки, и поэтому имеют больше преимуществ в борьбе за выживание.

**Ароморфоз** (от греч. *airo* – поднимаю, *morpha* – образец, форма) или морфофизиологический прогресс, означает усложнение организации, поднятие ее на более высокий уровень. Изменения в строении животных в результате ароморфоза не являются приспособлениями к каким-либо специальным условиям среды. Они носят общий характер и дают возможность расширить использование условий внешней среды (новые источники пищи, новые места обитания).

В начальном этапе развития органического мира произошли три крупных ароморфоза сыгравших громадную роль в дальнейшем развитии жизни на Земле:

1. Появление фотосинтезирующих организмов. Первые живые организмы были гетеротрофами, использующими в качестве пищи органические соединения океана (первичного бульона), у них все жизненные процессы протекали в анаэробных условиях. Возникновение фотосинтеза обусловило разделение органического мира на растительный и животный. Фотосинтезирующие организмы выделяли в атмосферу свободный кислород. Процесс накопления в атмосфере кислорода способствовал возникновению озонового слоя, который способен задерживать большую часть коротковолновых и ультрафиолетовых лучей, губительных для всего живого. Наличие свободного кислорода в атмосфере способствовало возникновению аэробного типа дыхания и ускорению обмена веществ, вследствие которого произошли эукариоты.

2. Возникновение многоклеточных организмов. Это закономерный процесс в эволюции живых форм, так как при этом организм приобретает ряд преимуществ в борьбе за существование. Если у однокле-

точных все жизненно важные процессы протекают в одной клетке, то у многоклеточных происходит специализация клеток в пределах одного организма, включая возникновение отдельных, но взаимосвязанных тканей и органов. Взаимосвязь клеток усиливает жизненную силу системы за счет повторения клеточных процессов, разделения функций, образования специальных структур (тканей, органов, систем органов). Многоклеточность позволяет наиболее полно использовать резерв наследственной изменчивости, что ускоряет эволюционные изменения. Большую роль в этом играет половое размножение, в котором объединены половой процесс и воспроизведение.

3. Возникновение полового размножения. Известно, что живые организмы размножаются бесполым и половым способами. В большинстве случаев половое размножение сопровождается слиянием гамет, при котором восстанавливается удвоенный набор хромосом. Оно позволяет объединять генетический материал от двух родительских организмов, обеспечивает оптимальные условия для создания генетического разнообразия и рекомбинации генетического материала в пределах вида. Новые генетические комбинации тестируются отбором и дают возможность виду выжить в случае резко меняющихся условий окружающей среды.

Главными ароморфозами, происходящие в животном мире, являются появление и последующее усовершенствование нервной системы, пищеварительной системы, выделительной системы, дыхательной системы, системы кровообращения, разделение артериального и венозного кровотока у птиц и млекопитающих, возникновение теплокровности.

В мире растений типичными ароморфозами являются, выход растений на сушу, возникновение голосеменных, покрытосеменных растений и другие. Ароморфозы сохраняются при дальнейшей эволюции и приводят к возникновению новых крупных систематических групп – отделов, типов, классов.

*Аллогенез* (от греч. *alios* – иной, другой и *genesis* – развитие) – эволюционное направление, сопровождающееся приобретением частных приспособлений (идеоадаптаций), при которой у близких видов происходит смена одних частных приспособлений другими, а общий уровень организации остается прежним. Этот путь достижения биологического прогресса связан с проникновением организмов в какие-либо конкретные и определенные условия среды в результате развития частных приспособлений. Так как, эти изменения позволяют организмам



адаптироваться к узким (дифференцированным) условиям, их называют экологической дифференциацией. Аллогенез ведет к быстрому повышению численности, многообразию видового состава.

Биологический прогресс иногда вызван и упрощением структуры тела. В филогенезе этот процесс называется катагенезом.

**Катагенез** (от греч. kata – движение вниз, genesis – развитие) это эволюционное направление, связанное с проникновением организмов в более простую среду обитания и сопровождающееся общим упрощением организма – общей дегенерацией. Общая дегенерация – морфофизиологический регресс, который ведет к упрощению или исчезновению органов активной жизни. Общая дегенерация как путь биологического прогресса наблюдается у многих форм и связана главным образом с переходом к паразитическому или сидячему образу жизни. Например, у видов, обитающих в пещерах, происходит редукция органов зрения, депигментация, снижается активность передвижения. При дегенерации естественным путем устраняются органы, потерявшие прежнее значение, открываются возможности для большего использования энергетических материалов. Хотя переход к сидячему образу жизни и пассивному питанию сопровождается упрощением организации, но приводит к увеличению численности особей этого вида, расширению его ареала, к развитию новых систематических групп, то есть к биологическому прогрессу.



**Ключевые слова:** филогения, ароморфоз, аллогенез, катагенез, ароморфоз, идиоадаптация, общая дегенерация, экологическая дифференциация.



**Вопросы и задания.**

1. Дайте определение филогенезу органического мира.
2. На какие эры и периоды разделяется историческое развитие органического мира.
3. Найдите причины возникновения экологической дифференциации.
4. Какие направления эволюции приводят к биологическому прогрессу?




**Задания для самостоятельной работы.**

Определите изменения произошедшие в строении у бычьего цепня и дождевого червя, с изменением образа жизни? Заполните таблицу.

Сравниваемые признаки	Бычий цепень	Дождевой червь
Образ жизни		
Дыхание		

Кровообращение		
Пищеварение		
Размножение		
Цикл развития		

## § 36. ФИЛОГЕНЕЗ РАСТЕНИЙ. ФИЛОГЕНЕЗ ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ

 Основываясь на знания, приобретенные вами в младших классах, опишите вегетативные органы растений и их функции.

Под филогенезом растений понимается развитие от одноклеточного состояния до появления цветковых растений, а также их историческое развитие.

Все живые организмы, как целостная система, состоят из систем органов, в которых органы взаимосвязаны между собой определенным строением и выполняемыми функциями. Органы занимают определенное место, а также выполняют определенную функцию.

Известно, что органы высших растений делятся на две группы: вегетативные органы и генеративные органы. Вегетативными органами называются органы, которые обеспечивают рост и развитие органов и вегетативное размножение. К вегетативным органам относятся корень, побег и их видоизмененные формы. Вегетативные органы высших растений из-за длительного филогенеза обладают высшей степенью строения и функциями.

В конце архейской эры появились одни из первых представителей простых организмов, которые осуществляли фотосинтез, такие как бактерии и сине-зеленые водоросли. Фотосинтез, протекающий, в сине-зеленых водорослях обогатил кислородом окружающую среду.

В протерозойскую эру появились настоящие растения, такие как зеленые и красные водоросли. При достижении высокого уровня фотосинтеза в зеленых водорослях, они стали господствовать в водной среде. В протерозойской эре жизнь протекала только в воде. Появление из одноклеточных водорослей многоклеточных водорослей является в мире растений – крупным ароморфозом. Многоклеточные водоросли с помощью ризоидов прикреплялись ко дну.

Необходимость усложнения тела и расчленения его на разные органы у водорослей отсутствует, так как все их клетки находятся в одинаковых

условиях (температурный режим, освещенность, минеральное питание, газообмен). Каждая клетка водорослей обычно способна к фотосинтезу.

Уменьшение воды в водных бассейнах привело к тому, что многие водные растения оказались на суше. На берегу за счет деятельности бактерий и микроорганизмов начался процесс возникновения почвы.

Выйдя на сушу, предки современных высших растений попали в неблагоприятные и совершенно новые условия. Кислород, необходимый для дыхания, и углекислый газ, используемый для фотосинтеза, растения должны были получать из воздуха, а воду – из почвы. Новая среда обитания не была однородной. Возникли проблемы, связанные с защитой от высыхания, поглощения воды из почвы, создание механической опоры, сохранения спор. Известно, что приспособившиеся организмы выживают, размножаются и развиваются, а неприспособившиеся организмы – вымирают.

Существование растений в наземно-воздушной среде связано с возникновением полярности: нижняя часть растения, погружаясь в почву, поглощала воду с растворенными в ней минеральными веществами, верхняя часть, оставаясь на поверхности, активно фотосинтезировала и обеспечивала все растение органическими веществами. Эти приспособления привели к появлению двух основных вегетативных органов современных высших растений – корня и побега.

Расчленение тела растений на отдельные органы, усложнение их структуры, функций и тканевой организации происходило постепенно, и являлось результатом длительной эволюции растительного мира.

Первой у наземных растений появилась покровная ткань, обеспечившая защиту растения от высыхания и механических повреждений. Благодаря развитию проводящей ткани, подземные и наземные части растений имеют возможность обмениваться различными веществами. Вода с растворенными в ней минеральными солями поднималась вверх из почвы, а органические вещества перемещались вниз, к подземным частям растения. Чтобы противостоять силам гравитации в воздушной среде, выдерживать порывы ветра, растениям потребовалась механическая ткань. Таким образом, в силурийском периоде палеозойской эры возникли первые наземные растения – псилофиты. Выход растений из воды на сушу и появление псилофитов, адаптировавшихся к неблагоприятной среде, является одним из крупных ароморфозов в мире растений. Вместе с этим в кембрийском, ордовикском и силурийском периодах палеозойской эры развивались водоросли во всемирном океане.

В следующем за силуром девонском периоде палеозойской эры появляются мхи, папоротники, хвощи, плауны. Вегетативные органы мхов состоят из ризоидов, выполняющих функцию корней, и из листьев и стеблей имеющие простое строение. Листья мхов состоят из однослойных клеток с хлорофиллом, у них отсутствует проводящая ткань.

Древние хвощевидные, например каламиты, достигали до 25 метров высоты, расцветали в каменноугольном периоде, но в пермском периоде, из-за резкого изменения климата, вымерли. Современные хвощи – многолетние травянистые корневищные растения, имеющие корень, листья, стебель. Их стебель расчленен на длинные междоузлия и узлы, от узлов отходят мутовки боковых побегов, листья мелкие чешуевидные, очень сильно редуцированы и не имеют хлорофилла.

В отличие от засушливого девона, карбон был влажным и теплым, что привело к значительному развитию папоротников. Папоротниковидные – это многолетние листостебельные растения, обладающие корневищем и листьями, спорангии собраны в группы – сорусы. Влажная, теплая, богатая углекислым газом атмосфера способствовала интенсивному развитию гигантских папоротников. Их отмершие стебли попадали в анаэробные условия, не подвергались гниению, что привело к формированию залежей каменного угля. Каменноугольный период характеризуется господством папоротникообразных на суше, различных водорослей в море. В этом периоде псилофиты вымирают и появляются семенные папоротники. У семенных папоротников семена развивались на краях листьев, что доказывает филогенетическую связь между вегетативными и генеративными органами растений.

В карбоне возникают первичные голосеменные растения. Появление семенного размножения явилось значительным ароморфозом в мире растений.

Палеозойская эра завершается пермским периодом, который в отличие от карбона характеризовался сухим климатом. В этих условиях гигантские папоротники стали вымирать, появились травянистые формы папоротников, хвощей и плаунов, приспособленные к экономии воды. В конце периода вымирают и семенные папоротники, а их место занимают древние голосеменные растения.

В триасовом периоде появляются современные голосеменные растения, господствуют древние голосеменные, достигающие наивысшего расцвета. Древние голосеменные растения, такие как, кордаиты, беннеттиты вымерли, сохранились сосна, кедр, пихта, вельвичия, саговник, гинкго билоба и другие виды.

Появление первых покрытосеменных растений в юрском, периоде мезозоя, является новым значительным ароморфозом в растительном мире. Путем идиоадаптаций возникли различные формы жизни: однолетние, двулетние, многолетние травянистые растения, полукустарники, кустарники и деревья. Среди покрытосеменных есть виды – паразиты, возникшие путем дегенерации.

Морфологическое, анатомическое и физиологическое усовершенствование вегетативных органов цветковых растений обеспечило покрытосеменным большое биологическое разнообразие и господствующее положение в растительном мире.

Начиная с середины мелового периода, начинается господство покрытосеменных растений. В настоящее время покрытосеменные играют решающую роль в формировании растительного покрова Земли. Адаптивные реакции, основанные на экологических и генетических (анеуплоидия, полиплоидия) факторах способствовали образованию огромного разнообразия жизненных форм и экологических групп покрытосеменных растений.

Все растения появились благодаря длительному историческому развитию, и являются основной составной частью биоценоза и основой цепей питания. Благодаря фотосинтезу, состав атмосферы находится в равновесии.



**Ключевые слова:** филогенез растений, ароморфоз, идиоадаптация, общая дегенерация, вегетативные органы.



### Вопросы и задания.

1. Дайте объяснение филогенезу растений.
2. Объясните усовершенствование вегетативных органов голосеменных растений.
3. Объясните усовершенствование вегетативных органов покрытосеменных растений.
4. Объясните роль растений в эволюции в биосфере.



### Задания для самостоятельной работы.

Заполните таблицу эволюционными изменениями в мире растений.

Эры и периоды	Эволюционные изменения



*Объясните значимость генеративных органов растений.*

Генеративные (или репродуктивные) органы – специальные органы, обеспечивающие размножение растений, расселение потомства, сохранение и процветание вида. Эти органы обеспечивают бесполое и половое размножение растений.

Анализируя с точки зрения размножения организмы, относящиеся к систематическим разделам растений, можно увидеть то, что они размножаются обычным делением, с помощью спор и семян.

Различают следующие типы полового процесса: изогамия, гетерогамия и оогамия. В половом размножении растений при слиянии половых клеток и образование зиготы у некоторых видов происходит изогамия, у других – гетерогамия, у большинства видов наблюдается оогамия.

Половое размножение широко встречалось у развивающихся в воде растений. У водорослей генеративные органы отсутствуют, одноклеточные водоросли размножаются путем обычного деления, а в неблагоприятных условиях это клетка участвует в половом размножении.

Колониальные водоросли размножаются с помощью гормогониев, а многоклеточные водоросли размножаются разделением таллома на части – фрагментацией или зооспорами. В неблагоприятных условиях водоросли образуют жгутиковые гаметы, в результате их слияния образуется зигота. Зигота покрыта плотной оболочкой, она способна переносить неблагоприятные условия и сохранять жизнеспособность, из зиготы развивается новый организм.

В результате тектонических изменений поднималась земная кора, постепенно расширялась суша, водорослям, приспособленным к жизни в водной среде, приходилось адаптироваться к новым условиям. Некоторые древние водоросли постепенно смогли приспособиться к наземному образу жизни. Изменение среды обитания привели не только к изменению вегетативного таллома, но и процесса размножения.

Репродуктивными органами растений являются: у споровых растений – сорусы, спороносные колоски, спорангии, антеридии и архегонии; у семенных растений – шишки, цветки, плоды, семена, пыльцевой мешок и семязачаток. Эти органы формируются в жизни растений в определенный период и выполняют главную функцию – размножения.

У наземных растений в отличие от водорослей, появились многоклеточные спорообразующие органы (спорангии) и гаметообразующие органы (гаметангии: архегонии и антеридии). В цикле развития у высших споровых растений, таких как, мхи, плауны, папоротники, хвощи происходит смена поколений: гаметофита (поколение, обеспечивающее развитие гамет и оплодотворение) и спорофита (поколение, обеспечивающее развитие и созревание спор). У мхов в онтогенезе доминирует гаметофит. В процессе исторического развития высших споровых растений (плауны, папоротники, хвощи) выявилось упрощение гаметофита и усложнение, улучшение в строении спорофита. У них господствует спорофит.

Споровые растения размножаются спорами. Споры растений – микроскопические зачатки растений, служащие для их размножения. Представляют собой одноклеточные образования, содержащие очень малое количество питательных веществ для развития. При неблагоприятных условиях большая часть спор погибает. Обязательным условием для нормального развития гаметофита является достаточное количество влаги. Из спор, вырастают особи полового поколения (гаметофит). Они имеют специальные мужские и женские половые органы, в которых развиваются мужские и женские половые клетки (гаметы) – подвижные сперматозоиды и неподвижные яйцеклетки. Для оплодотворения необходима вода. Из оплодотворенной яйцеклетки образуется зародыш. Зародыш, образовавшийся, в процессе оплодотворения развивается за счет гаметофита. Он прорастает и превращается в особь бесполого поколения, которая размножается спорами.

В процессе эволюции произошли первые семенные растения – семенные папоротники. Семя – высокоспециализированный орган размножения и расселения растений по земной поверхности. Семя до полного созревания развивается в материнском растении. В отличие от споры, семена многоклеточны, содержат значительное количество питательных веществ; имеют тройную природу: эндосперм, зародыш, семенная кожура. Семя защищает зародыш от неблагоприятных воздействий внешней среды, обеспечивает его питательными веществами на ранних этапах развития.

Следующим ароморфозом семенных растений следует считать появление пыльцевой трубки, по которой мужская гамета движется к женской. Оплодотворению предшествует опыление. Мужские гаметы, лишены жгутиков и называются спермиями, процесс оплодотворения не зависит от наличия воды. Благодаря этому семенные растения смогли распространиться по всей Земле и занять господствующее положение почти во всех биоценозах.

Семенные растения представлены двумя отделами: голосеменные и покрытосеменные.

*Голосеменные растения* – высшие растения, не имеющие цветков и плодов, но способные к образованию семян. Они имеют незащищенные семязачатки, располагающиеся открыто на семенных чешуях шишек. Образованию семени предшествует опыление, затем оплодотворение. Голосеменные характеризуются наличием архегония и гаплоидного эндосперма, отсутствием завязи.

Широкое распространение и разнообразие строения цветковых растений обусловлено приобретением ими в процессе эволюции ряда ароморфозов: цветка, образование в составе цветка завязи, заключающей в себе семязачатки и предохраняющей их от действия неблагоприятных условий среды, плода, более совершенной проводящей системы – сосудов.

Главными частями цветка являются тычинка и пестик, после процесса опыления происходит двойное оплодотворение. Семяпочка, расположенная в завязи, превращается в семя, а завязь – в плод. Семена, имеющие зародыш, запас питательных веществ и кожуру, защищены тканями околоплодника от внешних воздействий. В дальнейшем околоплодник обеспечивает распространение семян тем или иным способом.

Морфологические признаки цветков и плодов разнообразны, именно они лежат в основе систематики покрытосеменных растений. Различные механизмы опыления цветков, осуществляемые насекомыми, ветром, водой, животными, а также механизмы распространения семян и плодов также с помощью животных и птиц, саморазбрасыванием и другими способами привели к расширению ареалов и увеличению разнообразия видов. В результате возникновения разнообразных жизненных форм (деревья, кустарники, травы и др.), покрытосеменные – единственная группа растений, образующая сложные многоярусные сообщества и занимающая господствующее положение в растительном мире.

Все растения отдела Покрытосеменные подразделяются на два класса: двудольные и однодольные.



**Ключевые слова:** изогамия, гетерогамия, оогамия, размножение растений, гаметофит, спорофит, генеративные органы.



**Вопросы и задания.**

1. Дайте определение генеративным органам растений.
2. Сравните формирование семени у семенных папоротников и у голосеменных растений.



- Сравните процессы опыления и оплодотворения у голосеменных и покрытосеменных растений. Объясните их сходства и различия.
- Объясните сущность процесса двойного оплодотворения, происходящего у покрытосеменных растений.



### Задания для самостоятельной работы.

- Дайте сравнительную характеристику споровым растениям.

Сравниваемые свойства	Мхи	Папоротники	Хвощи
Вегетативные органы			
Генеративные органы			
Смена поколений			
Бесполое размножение			
Половое размножение			
Ароморфозы			

- Дайте сравнительную характеристику голосеменным и покрытосеменным растениям.

Сравниваемые свойства	Голосеменные растения	Покрытосеменные растения
Жизненные формы		
Ароморфозы		
Жизненный цикл		
Представители		



### Лабораторная работа №4.

**Тема:** Изучение ароморфозов и идиоадаптаций на примере споровых, голосеменных и покрытосеменных растений.

**Цель работы:** определить направления эволюции, изучить ароморфозы и идиоадаптации споровых, голосеменных и покрытосеменных растений.

**Материал и оборудование:** гербарии или живые образцы споровых, голосеменных и покрытосеменных растений.

#### Ход работы:

- Определите вегетативные органы мхов, папоротниковидных, хвощевидных, споровых, голосеменных и покрытосеменных растений.
- Определите генеративные органы мхов, папоротниковидных, хвощевидных, споровых, голосеменных и покрытосеменных растений.
- Изучите ароморфозы каждого отдела растений. Заполните таблицу.

Отделы растений	Ароморфозы
Отдел моховидные	
Отдел папоротниковидные	

Отдел хвощевидные	
Отдел голосеменные	
Отдел покрытосеменные	

4. Определите идиоадаптации каждого вида растений. Заполните таблицу.

Виды растений	Идиоадаптации
Мох фунария	
Водяной папоротник	
Хвощ полевой	
Сосна обыкновенная	
Культурный виноград	

5. Сделайте вывод на основе сделанных вами наблюдений.

## § 38. ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЖИВОТНОМ МИРЕ



*Вспомните из курса зоологии классификацию животного мира.*

**Филогенез животных** – историческое развитие животного мира, начиная от одноклеточных до млекопитающих. Живые организмы, обладающие полезной наследственной изменчивостью, имеют морфологические, анатомические преимущества по сравнению с предками, в результате естественного отбора увеличивается число особей, обладающих максимальной приспособленностью. В эволюции животных большое значение имеет крупные ароморфозы, возникшие на начальных этапах развития жизни на земле: появление полового размножения и появление многоклеточных организмов. Общий план строения, сходство жизненных процессов между представителями разных систематических групп является доказательством эволюционного происхождения видов от общего предка. Современную систему животных, построенную на принципах родства, можно представить как родословное (или филогенетическое) древо, отражающее основные этапы эволюции животных (рис.59).

**Происхождение одноклеточных животных.** Первые живые существа – протобионты были похожи на мельчайшие слизистые комочки. Они могли расти, усваивая из окружающей среды питательные вещества, и размножаться. В результате естественного отбора эти первичные

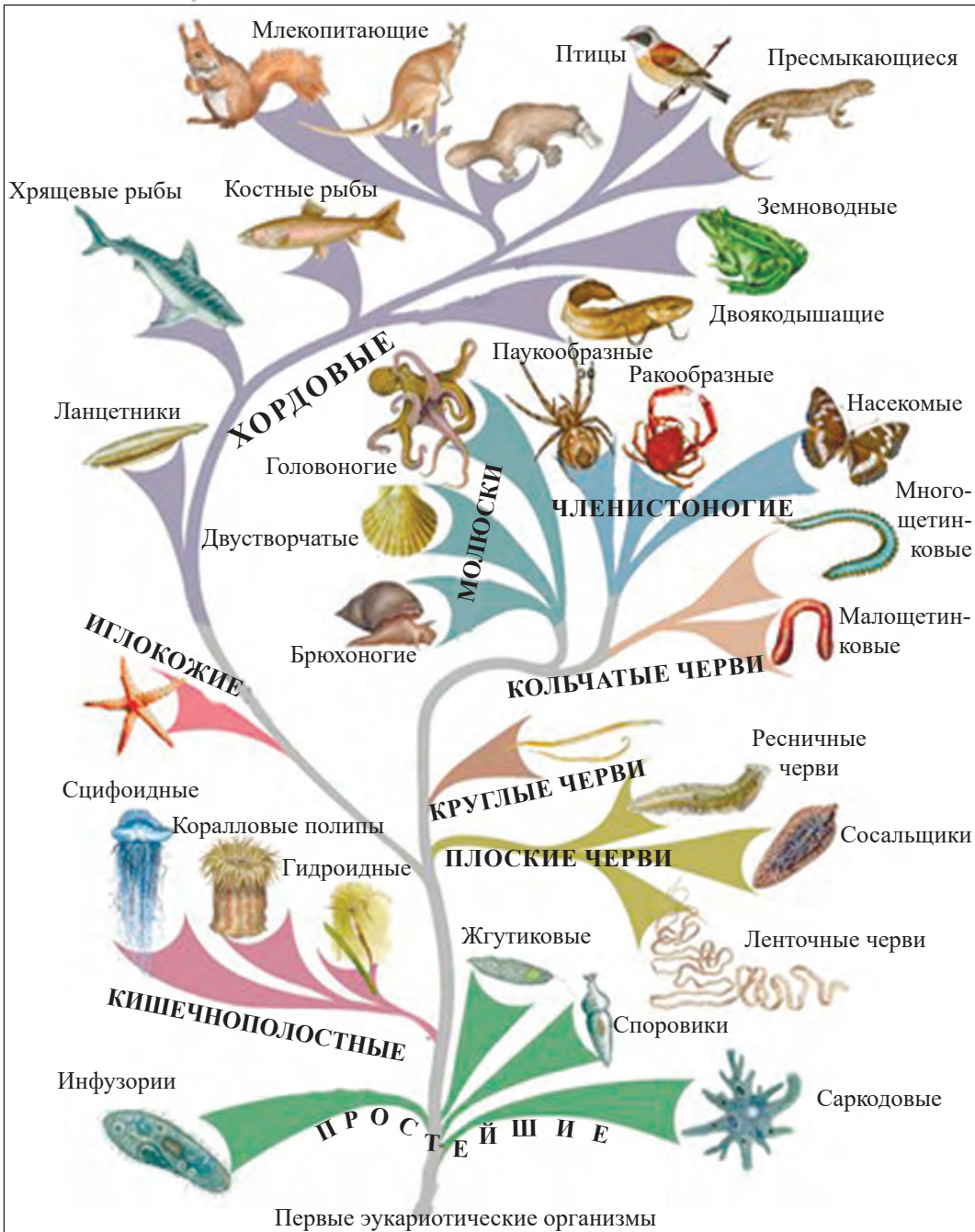


Рис.59. Эволюция животного мира.

организмы постепенно усложнялись, впоследствии от них произошли первые одноклеточные организмы – прокариоты, затем эукариоты. Ученые полагают, что предками одноклеточных животных были гетеротрофные организмы – простейшие жгутиковые. Среди простейших имеются не только одноклеточные, но и колониальные формы.

**Происхождение многоклеточных животных.** Ученые считают, что первые многоклеточные животные произошли от древних колониальных жгутиковых. Составляющие их клетки расположились в два слоя, образуя эктодерму и энтодерму. Полость гастролы образует первичный кишечник, который открывается первичным ртом наружу.

Существует ряд гипотез происхождения многоклеточных животных. Наиболее широко известными являются гипотезы И.И. Мечникова. Изучая примитивных многоклеточных животных – губок, он обнаружил, что образование внутреннего слоя у них происходит путем иммиграции во внутреннюю полость. Предки многоклеточных были организмами, состоящими из двух слоев клеток: наружного и внутреннего. Наружный слой образован жгутиковыми клетками, выполняющими функцию движения, внутренний же слой состоит из клеток, осуществляющих фагоцитоз. Таким образом, произошли губки и кишечнополостные, которые являются настоящими многоклеточными животными. У них нет тканей и органов.

У плоских червей впервые среди многоклеточных животных появляется третий, средний, слой – мезодерма, участвующий в образовании органов и систем органов. Возникновение пищеварительной, выделительной, нервной и половой систем являются крупными ароморфозами. Вместе с тем плоские черви сходны с кишечнополостными по строению пищеварительной системы, которая имеет вид слепо замкнутого мешка с единственным отверстием – ротовым. Предполагают, что в процессе борьбы за существование, естественного отбора плоские черви произошли от вымерших древних кишечнополостных. В связи с ползанием у этих животных возникли передний и задний концы, брюшная и спинная стороны. Они стали двусторонне-симметричными. Первыми появились свободноживущие черви, а паразитические возникли позднее.

Основной признак, отличающий круглых червей от плоских, – округлая в поперечном сечении форма тела, наличие первичной полости тела и анального отверстия, среднего и заднего отделов кишечника.

Предполагают, что круглые черви произошли от древних морских ресничных плоских червей. Подтверждения этому можно найти в строении примитивных круглых червей, тело которых покрыто на брюшной поверхности ресничками.

Предки современных кольчатых червей произошли от древних свободноживущих ресничных плоских червей. Доказательством этому служит, сходство нервной системы и выделительной системы личинок многощетинковых кольчатых червей с системами органов планарий. Важным моментом в их эволюции является расчленение тела на сегменты. Появление вторичной полости тела, имеющего собственные стенки, появление мозгового ганглия, окологлоточного нервного кольца и брюшной нервной цепочки, появление кровеносной системы, усложнение пищеварительной системы являются главными эволюционными изменениями, благодаря которым они сохранились в борьбе за существования и естественном отборе. В связи с активным движением у кольчатых червей появилась кровеносная система, снабжающая тело питательными веществами и кислородом. Малощетинковые черви произошли от древних многощетинковых. Некоторое упрощение в их строении органов движения связано с приспособлением к жизни в почве. От древних малощетинковых червей произошли и пиявки.

Моллюски ни по внешнему, ни по внутреннему строению не похожи на кольчатых червей. Однако развитие у них происходит одинаково: у многих видов морских брюхоногих моллюсков есть личинка, очень похожая на личинку морских многощетинковых червей. Таким образом, о происхождении моллюсков и кольчатых червей от общих предков свидетельствуют данные эмбриологии. Моллюски – двусторонне-симметричные животные, но некоторые виды становятся асимметричными из – за спирального закручивания тела. У них несегментированное тело, состоящее у большинства из головы, туловища и ноги. Органы дыхания – жабры или легкие. Появилось сердце, увеличившее скорость кровообращения, что существенно повысило интенсивность метаболических процессов. Произошла дальнейшая концентрация нервной системы – образование крупных нервных узлов в различных отделах тела. Возникли пищеварительные железы, обеспечившие более быстрое и полное переваривание пищи. Образовались раковины, выполняющие функции наружного или внутреннего скелета и защищающие моллюсков.

Представители разных классов членистоногих отличаются между собой отделами тела, уровнем дифференциации головного отдела, количеством и строением ног, развитием. Древние членистоногие – трилобиты – напоминали морских многощетинковых червей, но в отличие от них имели на каждом кольце тела одну пару конечностей, похожих на ноги членистоногих. Процветание членистоногих связано с приобретением в процессе эволюции ряда ароморфозов: прочного наружного скелета; разделенное на отделы сегментированное тело; подвижные членистые конечности, пучки мышц, представленные поперечнополосатой мускулатурой. Конечности членистоногих состоят из члеников, соединенных друг с другом при помощи суставов, которые помогают членистоногим совершать сложные разнообразные движения. Расположенные в разных частях тела, конечности выполняют различные жизненно важные функции: двигательную, пищедобывающую, чувствительную. Мышцы членистоногих дифференцированы к выполнению функций: мышцы головы – жевательную, грудные – дыхательную. Органы дыхания – жабры, легочные мешки либо трахеи. Нервная система состоит из слившихся надпочечных нервных ганглиев и брюшной нервной цепочки.

**Эволюционные изменения хордовых.** Низшее хордовое животное – ланцетник, которого, относят к группе бесчерепных типа хордовых, имеет черты сходства с кольчатыми червями. Мышцы ланцетника расположены в виде лент и поделены поперечными перегородками на сегменты, что говорит о его сходстве с кольчатыми червями. Его замкнутая кровеносная система без сердца сходна с кровеносной системой кольчатых червей. Строение органов выделения, отсутствие головного мозга, как и у кольчатых червей.

Тип Хордовые объединяет животных, весьма разнообразных по внешнему виду, образу жизни и условиям обитания. Но представители этого типа обладают общими признаками и единым планом строения. Внутренним осевым скелетом служит хорда. При развитии зародыша хорда образуется из слоя энтодермы, отделяясь от спинной части зародышевой кишки. У низших хордовых она выполняет функцию внутреннего осевого скелета пожизненно, у высших – функционирует в зародышевом развитии, а у взрослых животных замещается позвоночником. Центральная нервная система представлена нервной трубкой, которая при развитии зародыша образуется из слоя эктодермы. Расположена нервная трубка над хордой. У низших хордовых она не подразделяется

на отделы, а у высших разделяется на спинной и головной мозг. Трубочатое строение центральной нервной системы характерно практически для всех хордовых. Кровеносная система замкнутая, у высших хордовых развивается мускульный насосный орган – сердце. Передний отдел пищеварительной трубки – глотка имеет жаберные отверстия и функционирует как общий отдел пищеварительной и дыхательной систем. У низших форм на их стенках располагаются жабры, функционирующие в течение всей жизни. У высших хордовых зачатки жабр появляются на определенных стадиях зародышевого развития, а у взрослых животных развиваются легкие.

Одна группа хордовых перешла к жизни на дне моря, роющему образу жизни и сохранилась до наших дней. Это ланцетники, принадлежащие к бесчерепным. Личиночно-хордовые на раннем этапе эволюции перешли к сидячему образу жизни на твердых грунтах. В ходе регрессивной эволюции строение взрослых животных упростилось – хорда и нервная трубка редуцировались. А другая группа стала вести хищный, активный образ жизни. Среди древних хордовых появились хищные животные с парными плавниками. В связи с хищническим образом жизни у них развились острые зубы. Отыскивая и преследуя добычу, они совершали быстрые и сложные движения. Увеличение подвижности способствовало усовершенствованию внутреннего скелета животных этой группы. Хорда превратилась в позвоночник. В результате естественного отбора у них получили высокое развитие органы чувств и центральная нервная система. Так возникли первые рыбы, внешне похожие на современных акул.

Земноводные произошли от древних кистеперых рыб. Происхождение земноводных связано с двумя важнейшими обстоятельствами: превращением парных плавников в наземные конечности и возникновением легочного дыхания и двух кругов кровообращения. Предками амфибий считаются ихтиостеги, произошедшие от кистеперых рыб. У них, как у рыб, был хвостовой плавник, жаберная крышка, чешуя. Но в отличие от рыб имели две пары пятипалых конечностей и легкие. От ихтиостег произошли настоящие земноводные – стегоцефалы (панцирноголовые). Основные прогрессивные признаками, которые позволили предкам современных амфибий освоить наземную среду являются: формирование пятипалой конечности, которая позволяет передвигаться по твердому субстрату, в связи с появлением легочного дыхания – возникновение

трехкамерного сердца и второго круга кровообращения, появление барабанной перепонки и слуховой косточки, что позволило эффективно приспособиться к новым наземным условиям существования.

Класс Пресмыкающиеся – это класс настоящих наземных позвоночных. Кожа сухая, малопроницаемая для воды и газов, образует чешуйки. Появляется внутреннее оплодотворение. Для яиц характерно большое количество желтка. Усложняется центральная нервная система, органы чувств. Усложняется строение позвоночника, в нем выделяют пять отделов. Шейные позвонки обеспечивают подвижность головы, и позволяет совершать вращательные движения, увеличивая возможность максимально пользоваться органами чувств. Появляется грудная клетка, защищающая легкие. Дыхание исключительно легочное. Формируются дыхательные пути – трахея, бронхи, увеличивается дыхательная поверхность легких. Появляется неполная перегородка в желудочке сердца. Расцвет пресмыкающихся был в мезозое. Осваивая незаселенную позвоночными сушу, пресмыкающиеся дали начало огромному количеству самых разнообразных форм. В конце мезозойской эры подавляющее большинство пресмыкающихся вымерло.

У птиц появились следующие прогрессивные изменения: высокий уровень развития нервной системы и органов чувств; четырехкамерное сердце, одна правая дуга аорты, интенсивный обмен веществ, более совершенная терморегуляция, теплокровность, губчатые легкие, система воздушных мешков, двойное дыхание. Появились приспособления к полету: преобразование передних конечностей в крылья, перестройка скелета и мускулатуры, образование костного киля на груди, перьевой покров. Указанные черты позволили птицам выживать в борьбе за существования и распространиться по всему земному шару.

Млекопитающие – наиболее высокоорганизованный класс позвоночных животных. Благодаря теплокровности, млекопитающие имели возможность выживать в неблагоприятных для земноводных и пресмыкающихся условиях. Важнейшими прогрессивными чертами млекопитающих является высокий уровень развития центральной нервной системы, в первую очередь – коры больших полушарий, совершенное и разнообразное приспособительное поведение. Органы слуха и обоняния служит основным органом, при помощи которого они ориентируются в пространстве, добывая пищу, отыскивая особей противоположного пола или спасаясь от опасностей. Интенсивный обмен веществ и совершен-



ная система терморегуляции, обеспечивают животным относительно высокую и постоянную температуру тела. Сердце четырехкамерное, сохраняется только левая дуга аорты, легкие имеют большую дыхательную поверхность за счет альвеолярного строения, хорошо развиты кожные железы, выполняющие многочисленные функции, тело покрыто волосяным покровом. Млекопитающим свойственно живорождение и выкармливание детенышей молоком. Все перечисленные прогрессивные изменения являются крупными ароморфозами. Благодаря идиоадаптациям млекопитающие приобрели возможность адаптироваться к разнообразнейшим условиям обитания и заселили все земные среды – наземную, воздушную, водную и почвенную.

Чтобы полностью представить филогенез животных, необходимо изучить развитие систем органов живых организмов.



**Ключевые слова:** филогенез, филогения, фагоцителла, происхождение одноклеточных, происхождение многоклеточных.



### Вопросы и задания.

1. Объясните эволюционные изменения одноклеточных животных.
2. Объясните эволюционные изменения многоклеточных беспозвоночных животных.
3. Объясните эволюционные изменения позвоночных животных.
4. Сравните разные отряды класса млекопитающие. Какие признаки появились в процессе эволюции у представителей каждого отряда.




### Задания для самостоятельной работы.

1. Напишите в таблицу ароморфозы и идиоадаптации представителей позвоночных животных.

Организмы	Ароморфозы	Идиоадаптации
Рыбы		
Амфибии		
Рептилии		
Птицы		
Млекопитающие		

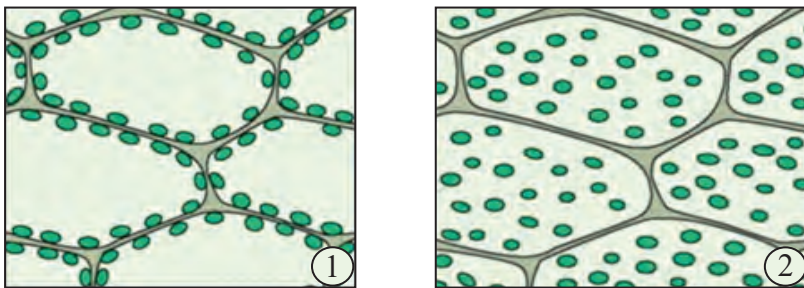
## § 39. ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНОВ ГУМОРАЛЬНОЙ И НЕРВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ

 *Вспомните, какие механизмы саморегуляции выработаны у живых организмов в процессе эволюции.*

Важной особенностью живых организмов является способность к саморегуляции. Саморегуляция – свойство биологических систем автоматически устанавливать и поддерживать на определенном, относительно постоянном уровне те или иные физиологические и другие биологические показатели. На разных уровнях организации живой материи, от молекулярного до надорганизменного, конкретные механизмы саморегуляции весьма разнообразны.

Сигналом для включения того или иного механизма саморегуляции может быть изменение концентрации какого-либо вещества или состояния какой-либо системы, проникновение во внутреннюю среду организма чужеродного вещества. Например, хлоропласты под влиянием света способны к передвижению в клетках с током цитоплазмы. В яркий солнечный день хлоропласты располагаются вдоль клеточной оболочки, как бы стараясь избежать действия сильного света. А в пасмурные или облачные дни они равномерно распределяются по всей цитоплазме клетки, чтобы поглощать больше солнечного света. Переход хлоропластов из одного положения в другое под влиянием света, совершается благодаря механизмам клеточной регуляции (рис.60).

Для бактерий, одноклеточных растений и растительных половых клеток характерен таксис – перемещение всего организма под действием внешнего раздражителя (света, химического вещества, кислорода и т.п.).



**Рис.60.** Перемещение хлоропластов в клетке под действием солнечного света:  
1 – на ярком солнце; 2 – в пасмурные дни.

У многоклеточных организмов выделяют в основном три вида регуляции: нервная, гуморальная и иммунная. У простейших одноклеточных организмов нервной системы еще нет, а связь с окружающей средой осуществляется при помощи жидкостей, находящихся внутри и вне организма – гуморальная регуляция.

В результате возникновения нервной системы, появляется и другая форма регуляции – нервная. По мере развития нервной системы образуется единая нейрогуморальная регуляция под контролем нервной системы.

Нервная регуляция – это совокупность процессов, обеспечивающих существование организма как единого целого с помощью нервной системы.

Несмотря на разный уровень сложности различных животных, нервная система выполняет сходные функции: объединяет все органы и ткани в единое целое; обеспечивает связь с внешней средой. Вся работа нервной системы по регуляции деятельности организма осуществляется с помощью рефлексов. Из курса «Человек и его здоровье», вам известны, такие понятия, как рефлекс, рефлекторная дуга и ее части: нервные центры, чувствительные и двигательные нервы, взаимосвязь безусловных и условных рефлексов.

**Филогенез нервной системы.** Филогенез нервной системы подразделяется на следующие этапы. Первый этап – сетевидная или диффузная нервная система. У кишечнополостных нервная система состоит из нервных клеток, многочисленные отростки которых соединяются друг с другом в разных направлениях, образуя сеть, диффузно пронизывающую все тело животного. При раздражении любой точки тела возбуждение распространяется по всей нервной сети, и животное реагирует движением всего тела.

Второй этап – стволовая нервная система. У ресничных плоских червей нервная система состоит из парного мозгового ганглия, от которых вдоль тела тянется пара нервных стволов с нервными окончаниями, соединенных кольцевыми перемычками. В общем виде нервная система напоминает лестницу.

Нервная система сосальщиков и ленточных представлена окологлоточным нервным кольцом и отходящими от него тремя парами нервных стволов, которые соединены перемычками. Из этих трех пар наиболее развита пара боковых стволов. Нервная система круглых

червей состоит из окологлоточного нервного кольца, окружающего глотку, и отходящих от него вперед и назад 6 нервных стволов, из которых спинной и брюшной развиты наиболее сильно.

Третий этап: узловая нервная система. Нервную систему кольчатых червей составляют: пара надглоточных узлов, пара подглоточных узлов, окологлоточное кольцо и пары узлов брюшной нервной цепочки. Нервная цепочка берет начало от подглоточного узла и представляет собой поsegmentно расположенные пары нервных узлов, соединенных между собой. От ганглиев узлов отходят нервы к различным органам.

Нервная система моллюсков состоит из окологлоточного нервного кольца, в котором наиболее развит надглоточный нервный узел (головной мозг), и нервных стволов, соединяющих нервные узлы, расположенные в разных участках тела. Такую нервную систему называют разбросанно-узловой. От нервных узлов отходят нервы к различным органам тела.

Сложнее устроена нервная система у головоногих моллюсков, которые ведут подвижный образ жизни, и большинство из них являются хищниками. Головные ганглии осьминога, располагающиеся вокруг пищевода, сливаются, образуя головной мозг. У этой группы моллюсков наиболее развитыми из органов чувств являются глаза и органы обоняния. Они могут научиться различать большое количество зрительных образов, тактильных и химических раздражителей, умеют строить из камней дома, обладают хорошей зрительной памятью, могут использовать предварительный индивидуальный опыт.

Максимального развития нервная система беспозвоночных достигла у членистоногих. Нервная система членистоногих сходна по строению с таковой у кольчатых червей. Нервная система членистоногих обеспечивает рефлекторную деятельность, которая приобретает характер сложного целенаправленного поведения. Центральная нервная система представлена головным мозгом, расположенным над глоткой, и брюшной нервной цепочкой. Брюшная нервная цепочка усложняется за счет слияния нервных узлов в головном, грудном и брюшном отделах. У них увеличены размеры нервных центров головного отдела тела в связи с концентрацией здесь основных органов чувств.

Четвертый этап заключается в образовании нервными клетками непрерывного нервного тяжа, внутри которого имеется полость – трубчатая нервная система, характерная для всех представителей типа хордовых. Отростки нейронов, входящих в состав данного нервного сегмента, иннервируют определенный участок тела и его мускулатуру.

Хордовые животные принадлежат к одному типу и имеют общий план строения. Единственный представитель бесчерепных – ланцетник, имеет над хордой нервную трубку. С усложнением строения животного заметно изменяется и структура нервной системы (рис.61).

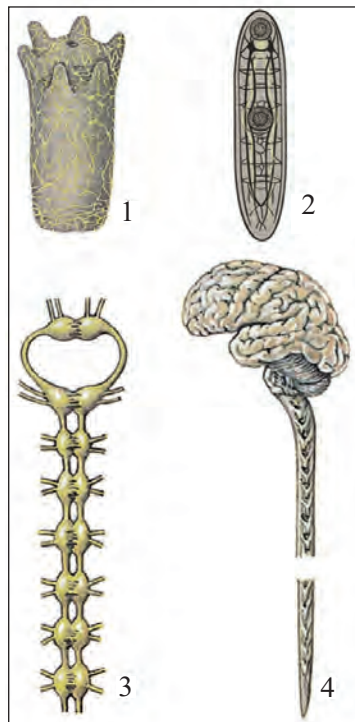
Следующим этапом является образование головного мозга, который берет на себя функцию формирования поведения. Позвоночные животные (круглоротые, рыбы, амфибии, рептилии, птицы и млекопитающие) имеют единый план анатомической организации и их нервная система достигла максимального развития, особенно у млекопитающих.

Центральная нервная система всех позвоночных животных состоит из головного и спинного мозга. Головной мозг включает пять отделов: передний, промежуточный, средний, мозжечок, мозговой мост и продолговатый мозг. Каждый из отделов филогенетически связан с конкретными органами чувств.

У рыб головной мозг в целом невелик. Слабо развит его передний отдел. Передний мозг не разделен на полушария. По сравнению с рыбами у земноводных передний мозг имеет большие размеры и разделен на полушария. Мозжечок несколько редуцирован в связи с примитивным характером движений.

Условия наземного существования пресмыкающихся требуют более сложной морфофункциональной организации мозга. Передний мозг – наиболее крупный отдел по сравнению с остальными. Мозжечок сильно развит благодаря сложности и многообразию движений пресмыкающихся.

У птиц в связи с активным образом жизни происходит дальнейшее усложнение нервной системы, особенно головного мозга. В головном мозге увеличиваются большие полушария. В среднем мозге очень сильное развитие получили зрительные бугры, что связано с первостепенным значением зрения в жизни



**Рис.61.** Типы нервной системы: 1 – нервная система диффузного типа у кишечнополостных; 2 – нервная система ствольного типа у плоских червей; 3 – нервная система узлового типа у кольчатых червей; 4 – трубчатая нервная система хордовых.

птиц. Мозжечок очень большой, его развитие связано с полетом, требующим быстрой и точной координации движений.

Для млекопитающих характерно сильное развитие переднего мозга за счет коры. В ней располагаются высшие центры зрительного, слухового, осязательного, двигательного анализаторов, а также центры высшей нервной деятельности. В среднем мозге располагается четверохолмие в виде четырех бугров. Два передних связаны со зрительным анализатором, два задних – со слуховым. Очень хорошо развит мозжечок (рис.62).



Рис.62. Филогенез головного мозга у позвоночных животных.

**Гуморальная регуляция** – это совокупность процессов, обеспечивающих существование организма как единого целого с помощью химических веществ, которые переносятся жидкостями внутренней среды. Гуморальная регуляция присуща животным, растениям и грибам.

У растений и грибов – регуляция осуществляется биологически активными веществами, которыми являются фитогормоны, алкалоиды и др. У животных она обеспечивается специализированной эндокринной системой. Передача осуществляется у животных с помощью гормонов через кровь, лимфу и тканевую жидкость, у растений – проводящими тканями, у грибов – через гифы мицелия.

Нервный и гуморальный способы регуляции функций тесно между собой связаны. С одной стороны, на деятельность нервной системы постоянно влияют принесенные с током крови химические вещества, с другой – образование большинства химических веществ и выделение их в кровь находятся под постоянным контролем нервной системы,

поэтому регуляция физиологических функций в организме всегда обеспечивается единым нейрогуморальным механизмом. Кроме того, отдельные органы и системы органов взаимно влияют друг на друга, благодаря чему достигается саморегуляция всех физиологических процессов организма.

**Иммунная регуляция** – это совокупность процессов, обеспечивающих существование организма как единого целого и направленная на поддержание устойчивости к чужеродным влияниям. Обеспечивается: у животных – иммунной системой, у растений и грибов – устойчивостью клеточных стенок и защитными веществами, например, фитонцидами, антибиотиками.

Из курса «Человек и его здоровье», вам известно, что иммунитет – это способ защиты организма от генетически чужеродных веществ, направленный на поддержание и сохранение гомеостаза каждого организма и вида в целом. Первую линию защиты организма обеспечивают кожа и слизистые оболочки; вторую линию защиты обеспечивают клеточные факторы: лейкоциты, способные к фагоцитозу; третья линия защиты обеспечивается гуморальными факторами: антителами, интерферонами. Врожденный (видовой) иммунитет – это выработанная в процессе филогенеза, передающаяся по наследству, присущая всем особям одного вида устойчивость к антигенам. Способность к распознаванию чужеродных структур и защите собственного организма от антигенов сформировалась в процессе эволюции и направлена на выживание вида.

Саморегуляция функций в организме обеспечивается тесно взаимосвязанными между собой нервным, гуморальным и иммунным механизмами регуляции.



**Ключевые слова:** саморегуляция; нервная регуляция; типы нервных систем: диффузная, стволовая, узловая, трубчатая; гуморальная регуляция; иммунная регуляция.



### Вопросы и задания.

1. Что такое регуляция функций? Назовите основные механизмы регуляции функций.
2. Каким образом осуществляется регуляция процессов жизнедеятельности у животных? Как обеспечивается саморегуляция у растений?
3. Какая связь существует между нервной и эндокринной системами? Назовите особенности гуморальной регуляции.
4. Что такое иммунная регуляция?

**Задания для самостоятельной работы.**

1. Напишите в таблицу особенности нервной и гуморальной регуляции.

<b>Особенности нервной и гуморальной регуляции</b>	
Нервная регуляция	Гуморальная регуляция

2. Напишите в таблицу характерные признаки нервной системы животных.

Группа животных	Характерные особенности нервной системы
Кишечнополостные	
Плоские черви	
Круглые черви	
Кольчатые черви	
Моллюски	
Членистоногие	
Ланцетники	
Рыбы	
Земноводные	
Пресмыкающиеся	
Птицы	
Млекопитающие	

## § 40. ЭВОЛЮЦИЯ ПОКРОВОВ ТЕЛА И ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ЖИВОТНЫХ



*Какие факторы имеют значение в формировании покрова тела и опорно-двигательной системы у беспозвоночных и позвоночных животных?*

**Эволюция покровов тела животных.** Основными функциями покровов тела являются защита от механических, физических и химических воздействий. В процессе эволюции усложнение одной системы органов приводит к усложнению другой системы органов. В процессе эволюции произошло: расширение числа выполняемых функций – помимо защиты, покровы принимают участие в газообмене, в выведении конечных продуктов обмена; появление новых структурных элементов кожи – волосяного покрова и перьевого



покрова в терморегуляции; появление специализированных производных потовых желез – млечных желез в выкармливании потомства.

У хордовых животных покров состоит из двух частей – эпидермиса и дермы, которые тесно связаны друг с другом, но различаются по происхождению: эпидермис развивается из эктодермы, дерма – из мезодермы. Для низших хордовых, в частности для бесчерепных, характерна слабая степень дифференцировки обоих слоев кожи. Эпидермис однослойный, содержит одноклеточные слизистые железы. Под эпидермисом лежит слабовыраженный слой студенистой соединительной ткани, представляющий собственно кожу или дерму.

У позвоночных, покровы тела состоят из многослойного эпидермиса, клетки нижнего, слоя которого служат для воспроизведения новых слоев клеток, а клетки верхнего слоя выполняют защитную функцию. Клетки эпидермиса дифференцируются, гибнут и слущиваются. В дерме появляются волокна соединительной ткани, придающие покровам прочность. Кожа позвоночных образует производные, выполняющие многообразные функции, в зависимости от образа жизни и уровня организации. Также развиты железы, выполняющие различные функции: потовые, сальные.

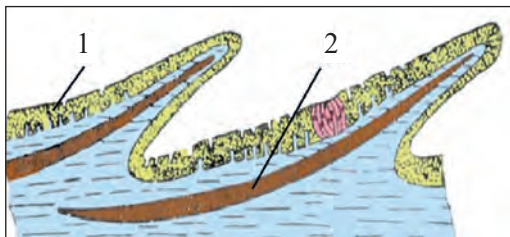
У рыб в эпидермисе железы одноклеточные. Как и у ланцетника, железы выделяют слизь, облегчающую движения рыб в воде. В зависимости от систематического положения, тело рыб покрыто чешуей, имеющей разное строение. Тело хрящевых рыб покрыто чешуйками, которые называют плакоидными. Плакоидные чешуйки состоят из дентина, покрыты снаружи эмалью и имеет форму шипа. Чешуйки в ротовой полости сильно увеличены, они являются и зубами, и выполняют функцию захвата и удержания пищи.

У костных рыб чешуйки имеют вид тонких круглых костных пластинок, покрытые тонким слоем эпидермиса. Костная чешуя развивается полностью за счет дермы (рис.63).

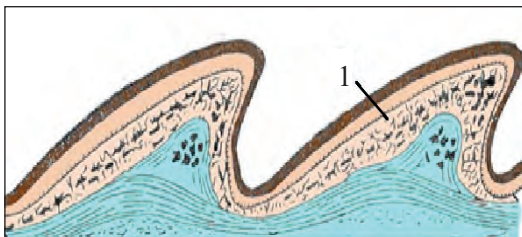
Кожа стегоцефалов – древних вымерших земноводных, соответствовала покровам рыб и тоже была покрыта чешуей. У современных амфибий (земноводные) кожа тонкая, принимает участие в защите и в газообмене. Многоклеточные слизистые железы, вырабатывают секрет, который постоянно увлажняет покровы и обладает бактерицидными свойствами. Кожа земноводных содержит также ядовитые железы, выполняющие защитную функцию (рис.64).

Кожа пресмыкающихся, перешедших полностью к наземному существованию, сухая, не участвует в дыхании. Наружный многослойный ороговевающий слой – эпидермис формирует утолщения – чешуи. Производными

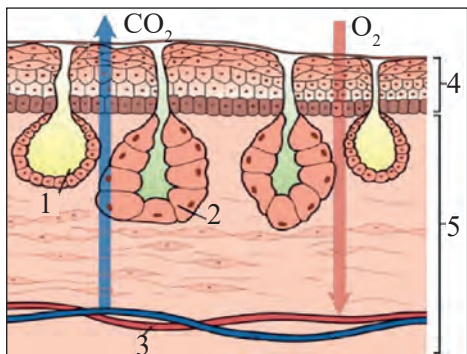
эпидермиса являются когти и роговые чешуи. Большинство пресмыкающихся по мере роста линяют, сбрасывая периодически свой роговой покров. Современные пресмыкающиеся не имеют кожных желез. Покровы тела пресмыкающихся обеспечивает целостность, защиту от механических воздействий и от болезнетворных микроорганизмов (рис.65).



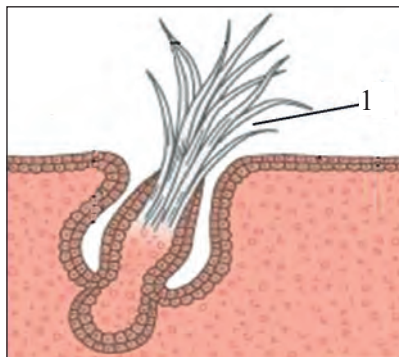
**Рис.63.** Строение кожи рыбы:  
1 – эпителий; 2 – костные чешуйки.



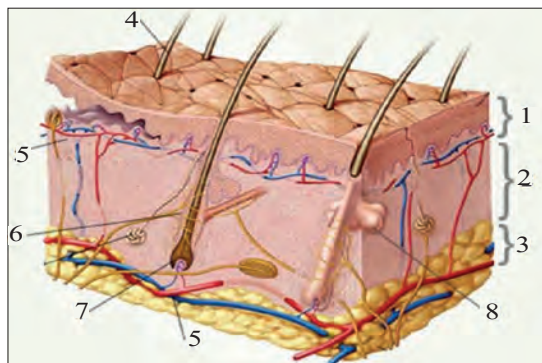
**Рис.64.** Строение кожи пресмыкающихся:  
1 – роговые чешуйки.



**Рис.65.** Строение кожи лягушки:  
1 – слизистая железа; 2 – ядовитая железа;  
3 – капилляры; 4 – эпидермис; 5 – дерма.



**Рис.66.** Строение кожи птицы:  
1 – перо.



**Рис.67.** Строение кожи млекопитающих:

- 1 – эпидермис;
- 2 – дерма;
- 3 – гиподерма;
- 4 – волосы;
- 5 – капилляры;
- 6 – рецепторы;
- 7 – волосяной мешочек;
- 8 – сальные железы.

У птиц кожа сухая без желез, покрыта пухом и перьями. У большинства птиц развита копчиковая железа, выделяющая маслянистую жидкость, которой птицы смазывают перья. Производным эпидермиса являются роговой клюв, когти, перья, чешуйки. Перья – это видоизмененные чешуйки пресмыкающихся, состоят из рогового вещества. Перьевой покров осуществляет теплоизоляцию и обеспечивает обтекаемость тела. Ежегодно происходит линька (рис.66).

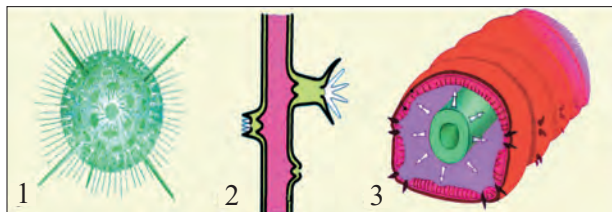
Кожные покровы млекопитающих устроены наиболее сложно в связи с выполнением ими многообразных функций. Характерны различные производные кожи: волосы, когти, рога, копыта, а также потовые, сальные и млечные, пахучие железы. Потовые железы дифференцировались в млечные железы. Сальные железы свойственны только млекопитающим. Сальные железы выделяют жирный секрет, который смазывает поверхность кожи, волосы, способствуя сохранению эластичности, предохраняя их от высыхания и намокания. У млекопитающих образуются особые роговые образования, которые являются производными эпидермиса: волосы, когти, ногти, копыта, рога, чешуи. Из клеток верхнего слоя кожи образуются волосы. Длинные волосы называются остевыми, как правило, придают защитную окраску зверям. Они прикрывают слой более густых и коротких волос – подшерсток, сохраняющий тепло. Осязательные длинные жесткие волосы, снабженные нервными окончаниями, многих млекопитающих называются вибриссами (рис.67). В онтогенезе человека закладывается большее количество волосяных зачатков, но к концу эмбриогенеза наступает редукция большинства из них.

**Эволюция опорно-двигательного аппарата животных.** Большинство организмов обладают разного рода опорными системами, поддерживающими форму их тела, играющими защитную роль и обеспечивающие движения. У животных бывают внутренний, наружный и гидростатический скелеты. Сложно устроенный внутренний скелет имеется у одноклеточных морских простейших – радиолярий. Он представлен скелетными иглами, состоящими из кремнезема, радиально сходящимися к центру клетки.

Этот скелет выполняет двоякую роль: защищает тело животного от повреждения и способствует его пассивному передвижению в воде.

Внутренний известковый скелет имеется у колониальных коралловых полипов. Он состоит из известковых игл, которые формирует каждый отдельный полип из солей морской воды и откладывает в своей подошве, в результате чего внутри колонии, состоящей из множества полипов, образуется плотная и твердая масса, выполняющая роль опоры.

Гидростатический скелет встречается у мягкотелых животных, например, у кольчатых червей. У них в полости тела имеется особая полостная жидкость, которая оказывает давление на мышцы животного, соединенные с его кожными покровами. Мышцы способны сокращаться и преодолевать это давление, в результате чего червь передвигается (рис.68).



**Рис.68.** Внутренние скелеты беспозвоночных животных:

1 – скелетные иглы у радиоларии; 2 – известковый скелет у колониальных коралловых полипов; 3 – гидростатический скелет у кольчатого (дождевого) червя.

Наружный скелет имеют членистоногие. Он вырабатывается клетками кожи и состоит из неклеточного образования – хитина. Поэтому его называют хитиновым покровом. В участках наружного скелета членистоногих, которые должны сохранять подвижность, в частности в местах сочленения отделов конечностей, хитиновый покров мягкий. Отделы конечностей соединены при помощи этих сочленений подвижно, подобно рычагам. Их движение обеспечивают мышцы, которые прикрепляются к хитиновому покрову изнутри. Снаружи хитиновый покров имеет водонепроницаемый воскоподобный слой, предохраняющий тело наземных членистоногих от потери воды. Таким образом, наружный скелет членистоногих (хитиновый покров) выполняет функции опоры и защиты для внутренних органов и защищает организм от обезвоживания.

Появление хорды и позвоночника являются главными ароморфозами. Внутренний скелет, состоящий из костной, хрящевой и волокнистой соединительной тканей, имеют позвоночные животные и человек.

Движение организма в пространстве – один из характерных признаков живого. Оно может совершаться пассивно (с током воды или воздуха), но встречается и активное движение, которое лучше выражено у животных, чем у растений и грибов. У простейших различают три способа движения: амебоидное, жгутиковое и ресничное. Большинство многоклеточных животных передвигаются благодаря мышечной системе. У кишечнополостных она представлена сократительными волокнами, расположенными внутри кожно-мышечных и пищеварительно-мышечных клеток. Мышечная система у большинства червей образована кожно-мышечным мешком, куда входят кольцевые

и продольные мышцы. У многощетинковых кольчатых червей по бокам сегментов тела образовались своеобразные органы – пароподии, снабженные многочисленными щетинками. У моллюсков появилась нога.

Мышечная система членистоногих состоит из мышц, прикрепленных к наружному скелету – хитиновому покрову. В связи с развитием отдельных мышц членистоногие могут ходить, прыгать, плавать. Одно из наиболее сложных движений – это полет насекомых. Мышечное движение у позвоночных животных представлено различными способами плавания, полета и перемещения по суше.



**Ключевые слова:** покровы тела, эпидермис, дерма, производные эпидермиса, плакоидные чешуйки, роговые чешуйки, гидроскелет, наружный скелет, внутренний скелет.



### Вопросы и задания.

1. Какие функции выполняют покровы тела животных?
2. Какие покровы тела имеют беспозвоночные животные?
3. Сравните покровы тела рыб и земноводных.
4. Сравните покровы тела пресмыкающихся, птиц и млекопитающих.
5. Из каких отделов состоит скелет рыб и земноводных?
6. Из каких отделов состоит скелет птиц и млекопитающих?
7. Сравните органы передвижения беспозвоночных животных.
8. Сравните органы передвижения позвоночных животных.



### Задания для самостоятельной работы.

1. Сравните скелет рыб и земноводных. Заполните таблицу.

Животные	Отделы скелета	Кости, составляющий отдел скелета	Функции отдела скелета	Эволюционные изменения
Скелет рыб				
Скелет лягушки				

2. Сравните скелет пресмыкающихся и птиц. Заполните таблицу.

Животные	Отделы скелета	Кости, составляющий отдел скелета	Функции отдела скелета	Эволюционные изменения
Скелет ящерицы				
Скелет голубя				

3. Определите отделы скелета млекопитающих. Заполните таблицу.

Отделы скелета	Кости, составляющий отдел скелета	Функции отдела скелета

**Выскажите свое мнение.**

1. Какие приспособления к водной среде появились в скелете рыб в процессе эволюции?
2. Какие приспособления к наземно-водной среде появились в скелете земноводных в процессе эволюции?
3. Какие приспособления к наземной среде появились в скелете пресмыкающихся в процессе эволюции?
4. Какие приспособления к полету появились в скелете птиц в процессе эволюции?

**§ 41. ЭВОЛЮЦИЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЖИВОТНЫХ**

*Из курса зоологии вспомните о значении процесса дыхания в жизнедеятельности живых организмов.*

Дыхание является жизненно необходимым процессом для всех живых организмов. Известно, что живые организмы обитают в анаэробной и аэробной средах. Первые обитатели Земли были анаэробными организмами, у которых все жизненные процессы протекали анаэробным способом, они использовали энергию процессов гликолиза и брожения. С возникновением фотосинтеза в атмосферу выделялся кислород, и это явилось причиной возникновения аэробных организмов. Аэробное дыхание является гораздо более эффективным процессом с точки зрения снабжения клеток энергией. Оно стало причиной ускорения эволюционных процессов.

У одноклеточных и многих беспозвоночных животных, например, у кишечнополостных, плоских и круглых червей еще нет специальных органов дыхания. У них газообмен со средой осуществляется всей поверхностью тела. В процессе эволюции появляются органы дыхания, у водных животных функцию дыхания выполняют жабры, у наземных животных легкие и трахеи. У земноводных в процессе дыхания участвует также, кожа, а у птиц легочные мешки. В организме транспорт кислорода обеспечивают специфичные белки-пигменты. У низших беспозвоночных такие белки растворены в плазме, либо включены в кровяные тельца. У многих моллюсков и членистоногих кровь окрашена в голубой цвет благодаря содержащимся в ней гемоцианину. Красный пигмент – гемоглобин растворен в полостной жидкости у многих беспозвоночных, у всех позвоночных гемоглобин находится в эритроцитах.

Впервые дыхательная система появляется у морских многощетинковых кольчатых червей, у которых на спинных ветвях параподий распо-

ложены примитивные жабры. У малощетинковых кольчатых червей и пиявок газообмен происходит через богатую кровеносными сосудами кожу. У моллюсков строение органов дыхания зависит от условий их обитания: у водных форм – это жабры, способные использовать растворенный в воде кислород; у наземных – легкие и трахеи, приспособленные к использованию кислорода воздуха.

Дыхательная система паукообразных представлена либо листовидными легкими, либо трахеями (у скорпионов – легкие, у пауков – легкие и трахеи, у сольпуг и клещей – трахеи). В легочных мешках расположены многочисленные листовые складки, в которых проходят кровеносные капилляры. Трахеи представляют собой систему разветвленных трубочек, которые подходят непосредственно ко всем органам, где и совершается тканевой обмен. У насекомых дыхание осуществляется с помощью трахей.

У рыб жаберный аппарат состоит из жаберных дуг, располагающихся в жаберной полости и прикрытых жаберной крышкой. Эволюция жаберного аппарата у хордовых выразилось в уменьшении числа жаберных щелей при одновременном увеличении дыхательной поверхности путем образования жаберных лепестков, снабженных капиллярами.

У рыб стенки плавательного пузыря богаты кровеносными сосудами, поэтому у некоторых зарывающихся в ил рыб он может служить для газообмена. У кистеперых рыб вместе с жабрами роль дыхательного органа исполняет плавательный пузырь, образующий настоящие легкие. Плавательный пузырь образуется как выпячивание глотки и служит гомологом легких наземных животных. Связь между плавательным пузырем и глоткой, возникшая в эмбриогенезе, сохраняется в течении всей жизни.

У амфибий, происхождение которых связано с кистеперыми рыбами, личинки дышат жабрами, а взрослые амфибии дышат легкими и кожей. Легкие представляют мешковидную структуру, бронхи не развиты. Легкие начинаются непосредственно от гортани. В связи с отсутствием грудной клетки и диафрагмы воздух в легкие попадает из ротовой полости за счет глотательных движений. Легкие имеют малую дыхательную поверхность, в связи, с чем газообмен в большей степени осуществляется через кожные покровы, которые пронизаны большим количеством кровеносных капилляров.

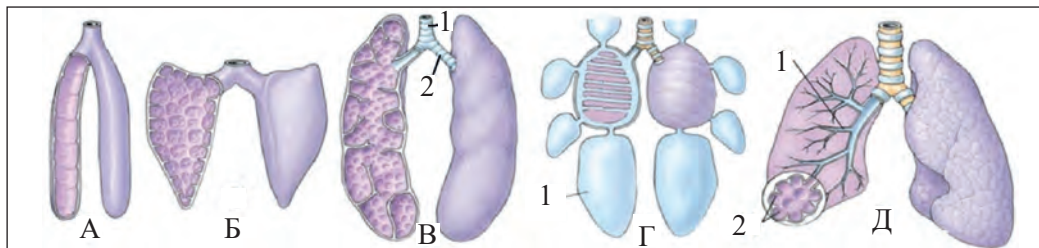
У рептилий в связи с окончательным выходом на сушу в дыхательных путях появляются гортань, трахея и бронхи. Легкие ячеистые, они содержат многочисленные ячеистые перекладки и обладают большой дыхательной поверхностью. Но бронхи у них не ветвятся. Механизм

дыхания осуществляется за счет сокращения межреберных мышц, приводящих в движение грудную клетку. Кожа не участвует в дыхании.

Легкие птиц хорошо развиты, представляют собой плотно-губчатые тела пронизанные разветвлениями бронхов и бронхиол. Бронхи входят в легкие, где дают ряд ответвлений (вторичные и третичные bronхи) и в конце концов открываются в воздушные мешки. Они представляют собой тонкостенные полости, образующиеся как выросты бронхов и располагающиеся между внутренними органами; ответвления воздушных мешков заходят в некоторые трубчатые кости. При подъеме крыльев воздушные мешки через легкие наполняются воздухом, при опускании крыльев воздух через легкие выходит наружу. Так, во время полета у птиц осуществляется двойное дыхание. В результате обмен веществ усиливается, так как, при вдохе и выдохе кровь насыщается кислородом.

У млекопитающих дыхательные пути, выстланы мерцательным эпителием. Они полностью отделены от пищеварительной системы и только перекрещиваются с ней в глотке. Бронхи многократно разветвляются, вплоть до бронхиол, ведущих в альвеолы – легочные пузырьки, имеющие в сумме огромную площадь поверхности. Стенки альвеол состоят из однослойного эпителия и покрыты густой сетью капилляров. У разных видов количество альвеол отличается. Основной мышцей, изменяющей объем грудной полости, является диафрагма (рис.69).

В эмбриогенезе человека отражается первоначальное единство пищеварительной и дыхательной систем. Дыхательная система новорожденного, как и все прочие системы, еще несовершенна. Формирование органов дыхательной системы заканчивается в среднем к 7 годам, и в дальнейшем увеличиваются только их размеры.



**Рис.69.** Филогенез дыхательной системы: А – дыхательная система саламандры.

Б – дыхательная система лягушки. В – дыхательная система ящерицы:

1 – трахея; 2 – бронхи. Г – дыхательная система птиц: 1 – воздушные мешки.

Д – дыхательная система млекопитающих: 1 – бронхи; 2 – альвеолы.





**Ключевые слова:** гемоглобин, трахея, бронхи, бронхиолы, альвеолы, диафрагма.

**Вопросы и задания.**

1. Объясните строение дыхательных органов беспозвоночных животных.
2. Объясните, в чем проявляется сходство и различие в строении дыхательной системы рыб и земноводных.
3. Объясните, в чем проявляется сходство и различие в строении дыхательной системы пресмыкающихся и птиц.
4. Объясните, в чем проявляется сходство и различие в строении дыхательной системы птиц и млекопитающих.



**Задания для самостоятельной работы.** Заполните таблицу.

Животные	Строение дыхательной системы
Рыбы	
Земноводные	
Пресмыкающиеся	
Птицы	
Млекопитающие	

## § 42. ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНОВ КРОВООБРАЩЕНИЯ ЖИВОТНЫХ



*Какое значение для животных имеет система кровообращения?  
Какие органы относятся к системе кровообращения?*

Все живые организмы представляют собой саморегулирующиеся, самовоспроизводящиеся, динамически развивающиеся открытые биологические системы. Для открытой биологической системы характерен обмен веществ (получение из внешней среды необходимых для организма веществ, выведение ненужных). В данном процессе особое значение имеет внутренняя среда организма, которая объединяет все органы в единую систему и находится в постоянном движении.

У высших организмов к их внутренней среде организма относится кровь, лимфа, тканевая жидкость, цитоплазма в составе клетки.

Основную часть внутренней среды организма составляет кровь, которая выполняет транспортную и защитную функцию, а также функцию гуморальной регуляции и терморегуляции.

Кровеносная система как и все системы органов является результатом длительной эволюции. Кровь является жидкой соединительной тканью и включает в себя плазму и форменные элементы.

В процессе эмбрионального развития кровь и органы системы кровообращения развиваются из мезодермы и выполняют функцию транспорта питательных веществ, кислорода и продуктов выделения.

**Эволюционные изменения в кровеносной системе беспозвоночных животных.** У низших беспозвоночных животных (губок, кишечно-полостных, плоских и круглых червей) кровеносная система отсутствует. У них кислород и питательные вещества распространяются по телу путем диффузии. Кровеносная система впервые появилась у кольчатых червей, которая включает в себя спинную и брюшную аорту, проходящие вдоль всего тела. Они соединяются между собой кольцевыми сосудами. Кровь по спинному сосуду течет в переднюю, а по брюшному сосуду в заднюю часть тела. Функцию «сердца» выполняют кольцевые сосуды, окружающие пищевод. Кровь из крупных сосудов переходит в мелкие сосуды, а из них в капилляры. В коже кровь насыщается кислородом. Кровь у них красного цвета, но железо не входит в состав гемоглобина, а находится в растворенном виде в плазме. Кровеносная система замкнутого типа.

У моллюсков первым появляется сердце и располагается в окологерцной сумке. В результате поочередного сокращения предсердия и желудочка кровь переходит в сосуды. Кровеносные сосуды ветвятся и образуют капилляры. Концы сосудов открытые и кровь выливается в полость тела, где отдает кислород органам и тканям. Насыщается углекислым газом. Из полости тела кровь обратно собирается в венозные сосуды, в жабрах или легких насыщается кислородом и вливается в предсердие. У головоногих моллюсков сердце имеет один желудочек, два или четыре предсердия. У членистоногих кровеносная система также открытого типа. Кровь смешивается с полостной жидкостью и образует гемолимфу. У ракообразных сердце в виде пятиугольного мешочка и располагается оно в задней части головогруды. У паукообразных сердце располагается на задней части брюшка. Обогащенная кислородом кровь из сердца выходит в сосуды и выливается в полость тела. Кислород и питательные вещества переходят в органы и ткани, оттуда забираются углекислый газ и продукты выделения. Венозная кровь в органах дыхания насыщается кислородом и через сердечные отверстия переходит в полость сердца.

У насекомых кровеносная система похожа на длинную трубочку: она включает в себя многокамерное сердце и короткую аорту, она не переносит кислород. Поэтому в составе крови отсутствуют эритроциты и форменные элементы крови. Гемолимфа насекомых имеет бесцветную,

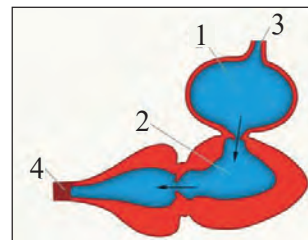
желтоватую или зеленую окраску. Кровь из сердца переходит в короткую аорту, омывает органы и вливается в сердце через пару отверстий на каждой камере. Их состав крови близок к тканевой жидкости насекомых.

**Эволюционные изменения в кровеносной системе позвоночных животных.** В результате увеличения потребности в кислороде и питательных веществах у тканей и органов наблюдается ускорение процессов обмена веществ и увеличение образования энергии. Это приводит к ускорению эволюции систем органов.

У бесчерепных кровеносная система имеет простое строение, сердце отсутствует. Функцию сердца выполняет брюшная аорта. По брюшной аорте кровь течет в переднюю часть тела. Брюшная аорта разветвляется на жаберные артерии и доходит до жабр. Жаберные артерии не ветвятся на капилляры. В жабрах кровь насыщается кислородом и переходит в спинную аорту. Аорта ветвится на артерии, они в свою очередь на капилляры и обеспечивают органы и ткани кислородом и питательными веществами. Кровь из внутренних органов и кишечника очищается в печени и вливается в брюшную аорту.

У рыб кровь вырабатывается в почках, селезенке. Кровеносная система усложняется и имеет прогрессивные признаки. Сердце двухкамерное, в предсердии и желудочке содержится только венозная кровь. Кровь переходит из предсердия в желудочек, далее в 4 пары жаберных артерий и доходит до жабр, где ветвится на капилляры. Кровь насыщается кислородом и переходит в спинную аорту и распространяется по органам и тканям (рис.70).

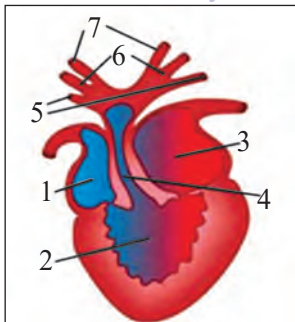
Переход животных к наземному образу жизни приводит к изменениям в кровеносной системе. У земноводных кровь вырабатывается в почках, селезенке и костном мозге. Сердце состоит из двух предсердий и желудочка, имеется два круга кровообращения. Эти круги кровообращения неполностью разделены. С желудочка начинается артериальный конус, который ветвится на 3 пары артерий. По одной паре легочно-кожных артерий венозная кровь доходит до легких и кожи. Образовавшаяся артериальная кровь по легочной вене переходит в левое предсердие, а по кожной вене в полую вену. Эти сосуды составляют малый круг кровообращения. Смешанная кровь из желудочка переходит через правую и левую дугу в артерии и разносится по телу, а не успевшая смешаться артериальная кровь по сонным артериям доставляется к головному мозгу. Из мозга и тела веноз-



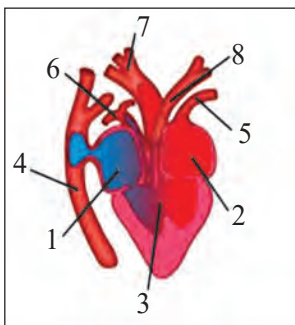
**Рис.70.**

Строение сердца рыб:

- 1 – предсердие;
- 2 – желудочек;
- 3 – вена;
- 4 – брюшная аорта.



**Рис.71.** Строение сердца земноводных:  
 1 – правое предсердие;  
 2 – желудочек;  
 3 – левое предсердие;  
 4 – артериальный конус; 5 – легочные артерии; 6 – сонные артерии; 7 – дуги аорты.



**Рис.72.** Строение сердца пресмыкающихся:  
 1 – правое предсердие;  
 2 – левое предсердие;  
 3 – желудочек;  
 4 – полые вены;  
 5 – легочная вена;  
 6 – легочная артерия;  
 7 – правая дуга аорты;  
 8 – левая дуга аорты.

ная кровь собирается в полые вены и вливается в правое предсердие. Это считается большим кругом кровообращения. Пульс сердца земноводных составляет за минуту 40–50, у некоторых видов всего 20–30 (рис.71).

Пресмыкающиеся истинные наземные животные, кровь образуется в красном костном мозге и селезенке. Сердце состоит из двух предсердий и желудочка, в желудочке появляется неполная перегородка. У крокодилов перегородка полная, сердце четырехкамерное. У всех пресмыкающихся по телу течет смешанная кровь. В отличие от земноводных у пресмыкающихся из желудочка выходит 3 сосуда. Из левой части желудочка выходит правая дуга аорты, из которой начинается сонная артерия, снабжающая артериальной кровью головной мозг. Из средней части желудочка выходит левая дуга аорты, которая снабжает смешанной кровью тело, а из правой части желудочка выходит легочная артерия, которая доставляет венозную кровь к легким. Правая и левая дуга аорты соединяясь образуют спинную аорту. Легочные вены вливаются в правое предсердие.

Малый круг кровообращения начинается с желудочка, кровь насыщается кислородом в легких и вливается в левое предсердие. В желудочке происходит частичное смешивание артериальной и венозной крови. Из желудочка начинается большой круг кровообращения. После газообмена в органах, тканях и клетках кровь вливается в правое предсердие. Из-за смешения артериальной и венозной крови пресмыкающиеся считаются холоднокровными животными, так как в процессе обмена веществ образуется мало количество энергии (рис.72).

У птиц и млекопитающих сердце четырехкамерное, артериальная и венозная кровь разделены. Они считаются теплокровными животными.

У птиц кровь образуется в селезенке и костном мозге. Сердце имеет правое предсердие и желудочек, левое предсердие и желудочек. В левой части сердца имеется артериальная, а в правой части венозная кровь. С левого желудочка начинается правая дуга аорты, которая снабжает артериальной кровью все тело. У млекопитающих имеется левая дуга аорты. Венозная кровь, образованная в результате газообмена, проходит через печень в правое предсердие, а легочная вена вливается в левое предсердие. У птиц пульс сердца за минуту равен 500, очень интенсивный обмен веществ, температура тела высокая  $+42^{\circ}\text{C}$  (рис.73).

У млекопитающих кровь образуется в костном мозге, селезенке и лимфатических узлах. Как у птиц, большой и малый круг кровообращения полностью разделен. Из левого желудочка начинается левая дуга аорты, которая снабжает кровью ткани и органы (рис.74).

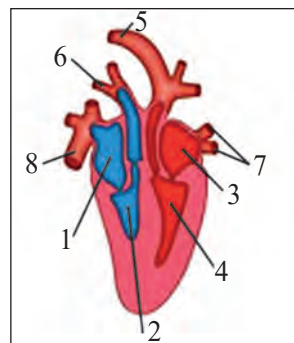
**В эволюции кровеносной системы выделяются 3 этапа.**

1. Появление сердца и увеличение количества камер сердца.
2. Наличие двух кругов кровообращения.
3. Разделение сердца на левую артериальную и правую венозную части.

На начальных этапах эволюции наблюдается разнообразие клеток крови. В результате естественного отбора у млекопитающих их число уменьшается и сохраняются только основные форменные элементы. Так в эволюции кровеносной системы наблюдается совершенствование клеток крови, изменение строения и функции клеток крови.

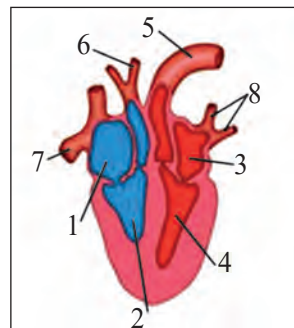


**Ключевые слова:** диффузия, гемолимфа, артериальный конус.



**Рис.73.** Строение сердца птиц.

- 1 – правое предсердие;
- 2 – правый желудочек;
- 3 – левое предсердие;
- 4 – левый желудочек;
- 5 – правая дуга аорты;
- 6 – легочная артерия;
- 7 – легочные вены;
- 8 – полые вены.



**Рис.74.** Строение сердца млекопитающих.

- 1 – правое предсердие;
- 2 – правый желудочек;
- 3 – левое предсердие;
- 4 – левый желудочек;
- 5 – левая дуга арта;
- 6 – легочная артерия;
- 7 – полые вены;
- 8 – легочные вены.

**Вопросы и задания.**

1. Объясните эволюцию кровеносной системы у беспозвоночных.
2. Сравните кровеносные системы рыб и земноводных. В чем проявляется усложнение системы у земноводных?
3. Выделите особенности в строении кровеносной системы пресмыкающихся.
4. В чем проявляется сходство и различие в строении кровеносной системы птиц и млекопитающих?

**Задания для самостоятельной работы.** Заполните таблицу.

	Строение сердца	Круги кровообращения
Беспозвоночные		
Рыбы		
Земноводные		
Пресмыкающиеся		
Птицы		
Млекопитающие		

## § 43. ЭВОЛЮЦИЯ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЖИВОТНЫХ



*Вспомните, какие органы входят в состав пищеварительной системы у позвоночных животных?*

Для животных характерен гетеротрофный тип питания, то есть использование готовых органических веществ, которые поступают внутрь тела.

Пища служит для животных источником энергии и «строительным материалом». В процессе пищеварения сложные органические вещества расщепляются на более простые, которые в растворенном виде всасываются в кровь, а уже затем организм строит из них свое тело. Пищеварение – совокупность процессов, обеспечивающих механическое измельчение пищи, расщепление питательных веществ на компоненты, пригодные к участию в обмене веществ и их всасывание.

У одноклеточных пищеварение внутриклеточное с помощью пищеварительной вакуоли. У амёбы и подобных животных захват пищи происходит с помощью ложноножек. Вокруг пищи образуется мембранный пузырек – первичная пищеварительная вакуоль. Этот процесс называют фагоцитозом. Затем вакуоль сливается с лизосомами, содержащими пищеварительные ферменты. Пища переваривается, и питательные вещества переносятся в цитоплазму. В теле амёбы одновременно может присутствовать несколько пищеварительных вакуолей. У инфузории захват пищи осуществляется с

помощью клеточного рта и клеточной глотки, куда пищевые частицы направляются с помощью биения ресничек. Глотка открывается непосредственно в цитоплазму. Непереваренные остатки выбрасываются через порошицу.

У кишечнополостных пищеварение происходит в гастральной полости, оно становится полостным, но сохраняется и внутриклеточное пищеварение, так как клетки энтодермы имеют жгутики и способны к фагоцитозу. Непереваренные остатки пищи удаляются из организма через ротовое отверстие.

У плоских червей пищеварительная система начинается ртом, который ведет в глотку. Из глотки пища переходит в пищевод, а затем в кишечник, ветви которого заканчиваются слепо. Кишечник густо разветвлен, что облегчает процесс распределения продуктов пищеварения в паренхиме. Через ротовое отверстие происходит и удаление непереваренных остатков. Пищеварительная система свойственна не всем плоским червям. У ленточных червей, в связи с паразитическим образом жизни, она редуцируется, питание осуществляется через всю поверхность тела.

Пищеварительная система круглых червей начинается на переднем конце тела ротовым отверстием, которое окружено губами. Состоит из трех отделов: переднего, среднего и заднего. Передний отдел обычно разделяется на ротовую полость, глотку и пищевод. Пищеварение происходит в средней части кишки. Появляется анальное отверстие и пища начинает двигаться в одном направлении.

В пищеварительной системе кольчатых червей выделяется ротовое отверстие, мускулистая глотка, пищевод, зоб и мышечный желудок, кишечник. Для увеличения всасывающей поверхности в верхней части кишечника образовалась складка.

Пищеварительная система моллюсков состоит из тех же отделов, что и у кольчатых червей. В глотке находится подвижный язычок, который одет роговой кутикулой с зубчиками – радулой. Возникли пищеварительные железы, обеспечившие более быстрое и полное переваривание пищи. В глотку открываются протоки слюнных желез, в желудок открываются протоки печени.

В пищеварительной системе членистоногих появляются сложно устроенные различные типы ротовых аппаратов, усложняются пищеварительные железы. Например, у пауков секрет ядовитых желез содержит и пищеварительные ферменты. Пищеварительная система паука начинается глоткой, снабженной сильными мышцами, куда открываются протоки слюнных желез, секрет которых эффективно расщепляет белки. Он вводится в тело добычи и приводит ее содержимое в состояние жидкой кашицы, которая затем всасывается пауком. Здесь имеет место, так называемое внекишечное пищеварение. С помощью сосательного желудка частично переваренная пища попадает в среднюю кишку, кото-

рая имеет длинные слепые боковые выпячивания, увеличивающие площадь всасывания и служащие местом временного хранения пищевой массы. Сюда же открываются протоки печени. На границе среднего и заднего отделов в кишечник впадают мальпигиевы сосуды.

Уникальной особенностью организации хордовых является филогенетическая, эмбриональная, а также функциональная связь пищеварительной и дыхательной системы. У бесчерепных она в виде прямой трубки, слабо развиты пищеварительные железы. Желудка нет, имеется печеночный вырост.

Начиная с рыб пищеварительная и дыхательная функции осуществляются специализированными системами, объединенными анатомически общей полостью рта и глотки. У позвоночных хорошо развиваются железы, лежащие за пределами пищеварительного тракта – поджелудочная железа и печень. Пищеварительный канал дифференцируется на ротовую полость, глотку, пищевод, желудок и кишечник.

В ротовой полости большинства рыб на челюстях располагаются конические зубы, принимающие участие в захватывании и удержании пищи. Из ротовой полости пища попадает в глотку. За глоткой начинается мускулистый пищевод, который переходит в желудок. Кишечник относительно длинный, образует петли. В передний отдел тонкого кишечника впадает желчный проток печени. Кишечник заканчивается анальным отверстием.

Пищеварительная система земноводных характеризуется приобретением некоторых особенностей, связанных с наземным образом жизни. В отличие от рыб, у земноводных развиваются слюнные железы, протоки которых открываются в ротоглоточную полость. Кроме того, появляется язык, обладающий собственной мускулатурой и принимающий участие в захватывании и удержании пищи. Кишечник относительно длиннее, чем у рыб. Прямая кишка кишечника открывается в клоаку. Крупная печень секретирует желчь, которая накапливается в желчном пузыре и через протоки попадает в переднюю часть тонкой кишки, туда же впадают протоки поджелудочной железы.

Пищеварительная система рептилий по сравнению с амфибиями усложняется. Это выражается в большей расчлененности пищеварительного тракта и в появлении некоторых новых структур. На челюстях располагаются мелкие конические зубы, прирастающие к костям. В ротовую полость открываются протоки слюнных желез, секрет которых смачивает пищу и облегчает ее заглатывание. У змей и некоторых ящериц часть слюнных желез вырабатывает токсины, способные обездвиживать и убивать добычу. Длинный пищевод ведет в мускулистый желудок. От желудка отходит двенадцатиперстная кишка, в которую открываются протоки печени, желчного



пузыря и поджелудочной железы. На границе тонкого и толстого кишечника располагается зачаточная слепая кишка. Прямая кишка открывается в клоаку, в которую также впадают мочеточники и протоки половых желез.

В пищеварительной системе птиц появляются изменения, связанные с приспособлениями к полету. У них отсутствуют зубы, кишечник укорочен, у некоторых птиц отсутствует желчный пузырь. В размельчении пищи участвует зоб и желудок. Сильно развиты мышцы желудка. Механическая и химическая обработка пищи также происходит в желудке. Для птиц характерно питание самой разнообразной пищей, быстрое пищеварение. Из желудка пищевая масса поступает в двенадцатиперстную кишку, где на нее воздействуют ферменты поджелудочной железы и желчь печени. Из двенадцатиперстной кишки пища попадает в тонкий кишечник, где завершается переваривание белков, жиров и углеводов. Толстый отдел кишечника короткий и заканчивается клоакой. Прямой кишки нет, фекалии не накапливаются, что уменьшает массу тела.

Для млекопитающих характерно питание самой разнообразной пищей. Млекопитающие отличаются более удлинённым, чем у других позвоночных, пищеварительным трактом. Пищеварительная система начинается ротовым отверстием, окруженным мягкими губами. Губы играют важную роль при сосании молока. В ротовой полости находится язык, с вкусовыми рецепторами, в ротовую полость открываются протоки слюнных желез. Зубы сидят в особых ячейках – альвеолах, образованы костной тканью – дентином, относительно мягким материалом, их наружная часть покрыта прочной эмалью, Зубы дифференцированы на резцы, клыки и коренные, в связи с разным характером пищи происходит изменение числа зубов, их внешнего строения. Пищеварительная система млекопитающих состоит из ротового отверстия, глотки, пищевода, желудка, тонкого кишечника, толстого кишечника. Желудок у разных видов млекопитающих имеет различное строение, что объясняется различным характером пищи. Общая длина кишечника (относительно длины тела) зависит от характера пищи. У травоядных животных кишечник гораздо длиннее, чем у плотоядных. На границе тонкой и толстой кишки отходит длинная слепая кишка. Она богата микрофлорой и развита сильнее у животных, пища которых богата клетчаткой.

Основными идиоадаптациями являются: дифференциация зубов, усложнение желудка. У жвачных парнокопытных, питающихся грубыми растительными кормами, состоящими из клетчатки, желудок сложный состоит из нескольких отделов (рубец, сетка, книжка, сычуг). Сначала слабо пережеванный корм растительной пищи накапливается в рубце,

где начинается ее расщепление под влиянием слюны и деятельности бактерий и инфузорий, затем попадает в сетку, откуда она отрыгивается в рот и тщательно пережевывается с помощью коренных зубов, проглатывается и попадает в книжку, и затем в сычуг. Из желудка пищевая масса небольшими порциями попадает в кишечник. В начальный отдел тонкого кишечника (двенадцатиперстную кишку) выделяются желчь из печени, ферменты из поджелудочной железы.

Эволюция пищеварительной системы позвоночных шла по пути усложнения: разделения на отделы, развитии пищеварительных желез, удлинении тракта, увеличения всасывающей поверхности, дифференциации зубов.



**Ключевые слова:** пищеварительная вакуоль, пищевод, желудок, тонкий кишечник, толстый кишечник.



### Вопросы и задания.

1. Объясните строение пищеварительной системы беспозвоночных животных.
2. В чем проявляется сходство и различие в строении пищеварительной системы рыб и земноводных?
3. В чем проявляется сходство и различие в строении пищеварительной системы пресмыкающихся и птиц?
4. В чем проявляется сходство и различие в строении пищеварительной системы пресмыкающихся и млекопитающих?



**Задания для самостоятельной работы.** Заполните таблицу.

Пищеварительная система человека		
Отделы выделительной системы	Строение отдела	Функции отдела



### Выскажите свое мнение.

Какие факторы, по вашему мнению, являются главными движущими силами в эволюции пищеварительной системы животных?

## § 44. ЭВОЛЮЦИЯ ВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ И ПОЛОВОЙ СИСТЕМ ЖИВОТНЫХ



*Из каких органов состоит и какое значение имеет выделительная система в жизнедеятельности животных?*

Сложные органические вещества, поступающие в организм, подвергаются распаду и окислению. В результате жизнедеятельности в организмах образуются ненужные для организма вещества. Выведение таких веществ происходит с помощью многих систем органов – дыхательной, пищевари-

тельной, через покровы, но, кроме того, формируется специальная выделительная система, которая отвечает за выведение продуктов метаболизма.

У одноклеточных животных процессы выделения токсических продуктов осуществляются с помощью сократительной вакуоли.

Например, избыток воды у инфузорий удаляется с помощью двух сократительных вакуолей. Эти органеллы имеют значительно более сложное устройство: в состав каждой из них входит собственно вакуоль, радикально расположенные вокруг вакуоли приносящие каналы и один выносящий канал. Вакуоли сокращаются попеременно.

У кишечнополостных выделительная система отсутствует. Продукты обмена веществ удаляются сократительными вакуолями клеток энтодермы.

Впервые выделительная система как самостоятельная система появилась у плоских червей. Она выполняет функции выведения продуктов метаболизма и осморегуляции. Она представлена протонефридиями (греч. protos – первая, первичная, nephros – почка), расположенными в паренхиме. Отдельный протонефридий состоит из ветвящихся канальцев, которые слепо заканчиваются особой звездчатой клеткой с пучком ресничек. Через мембрану этих клеток происходит фильтрация жидкости, поступающей из паренхимы. Тонкие канальцы сливаются в один или два крупных выводящих канала, которые открываются на поверхности тела червя выделительными порами.

Выделительная система круглых червей представлена шейной железой, от которых отходят продольные выделительные каналы, расположенные по бокам. В передней части тела каналы объединяются и открываются общим выделительным отверстием на брюшной стороне позади рта.

Выделительная система кольчатых червей представлена метанефридиями, которые попарно располагаются в каждом сегменте, кроме передних трех. Внутренняя часть метанефридия напоминает собой воронку, изнутри она выстлана мерцательным эпителием и открывается в полость сегмента. От воронки отходит длинный извитой канал. Он пронизывает перегородку, которая разделяет соседние сегменты, и заканчивается выделительной порой на поверхности следующего сегмента.

Органы выделения моллюсков – лентовидные почки, напоминающие метанефридии кольчатых червей, но устроенные более сложно. Внутренние концы (воронки) почек открываются в полость окологорловой сумки, а выделительные отверстия – в мантийную полость.

Выделительная система членистоногих своеобразна для каждого класса. У ракообразных органы выделения представлена парой зеленых желез (почек), видоизмененных метанефридиев. Каждый орган состоит

из мешочка и отходящего от него извитого канальца, который открывается наружу у основания второй пары усиков выделительными порами.

Органами выделения паукообразных являются мальпигиевы сосуды, которые представляют собой выделительные трубки, одним концом открывающиеся в полость кишки, а другим замкнутыми в полость тела. Конечные продукты жизнедеятельности всасываются из крови и по трубочке впадают в кишечник.

Кроме мальпигиевых сосудов некоторые паукообразные обладают еще и коксальными железами – парными мешковидными образованиями, лежащими в головогрудь. От них отходят извитые каналы, заканчивающиеся мочевыми пузырями и выводными протоками, которые открываются у основания конечностей. У насекомых имеются мальпигиевы сосуды, открывающиеся в пищеварительный тракт.

Несмотря на то, что у многих беспозвоночных развиты органы выделительной системы, эти системы функционально не очень совершенные, так как между кровеносной и выделительной системами отсутствует прямая связь. Продукты распада сначала поступают в полость тела, затем либо в кровь или во внешнюю среду. Поэтому в полости тела всегда содержится определенное количество остатков обмена.

Выделительная система бесчерепных представлена многочисленными метанефридиями, расположенными над глоткой. Продукты метаболизма фильтруются в полость тела, а оттуда попадают в трубочку нефридия и выводятся в околожаберную полость.

У позвоночных животных функцию выделения выполняют почки, кожа, легкие. Являясь основным органом выделения, почки в филогенезе проходят три этапа. Первый этап – предпочка, существует только у личинок рыб и амфибий. Вторым этапом – первичная почка – туловищная, у взрослых рыб и амфибий. Третьим этапом – вторичная почка – тазовая, у рептилий, птиц и млекопитающих (рис.75).

Органы выделения позвоночных – парные почки, структурная единица которых представлена нефроном. Они имеют мезодермальное происхождение и закладываются на самых ранних стадиях эмбриогенеза.

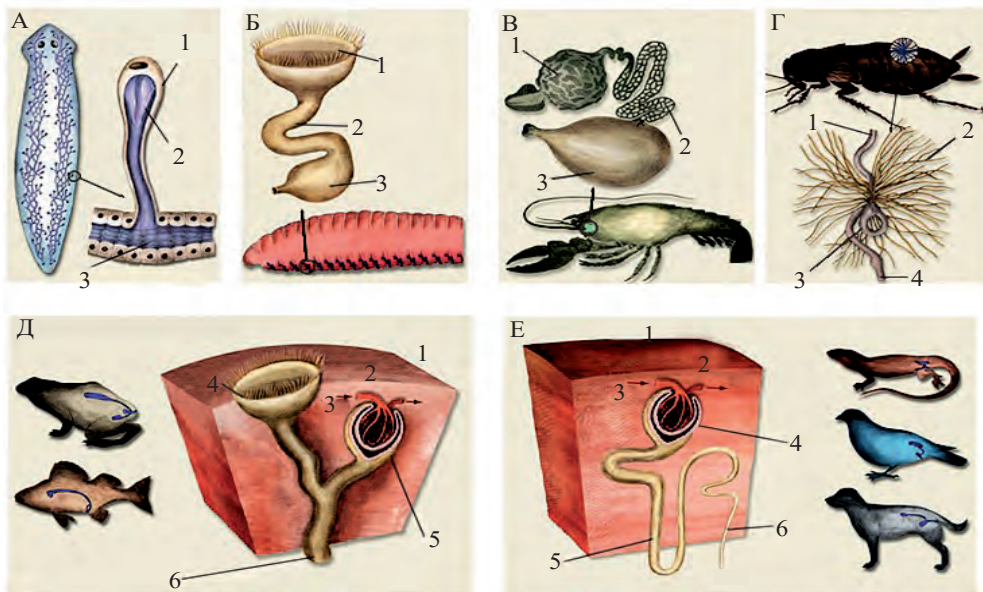
Предпочка полностью развивается и функционирует как самостоятельный орган у личинок рыб и земноводных. Она находится на переднем конце тела, состоит из нефронов, не связана с кровеносной системой. Продукты выделения поступают в воронки нефронов, которые открыты в полость тела, а выводные канальцы открываются наружу.

У взрослых рыб и амфибий предпочка редуцируется и закладывается первичная или туловищная почка, которая у рыб и амфибий функцио-

нирует всю жизнь. В первичной почке появляются капсулы Боумена – Шумлянского, в которых располагаются сосудистые (мальпигиевы) клубочки. Таким образом, возникает прямая связь между кровеносной и выделительной системой и образующаяся моча по выделительным канальцам поступает в мочеточник.

У высших позвоночных (рептилии, птицы, млекопитающие) в эмбриональном периоде закладывается последовательно предпочка, туловищная почка, которые редуцируются, затем развивается тазовая почка. Нефроны полностью теряют связь каналец нефрона удлинняется, теснее контактирует с кровеносной системой, а у млекопитающих появляется еще петля Генле.

Такое строение нефрона обеспечивает не только полноценную фильтрацию плазмы крови в капсуле, но и, что более важно, эффективное обратное всасывание в кровь воды, глюкозы, гормонов, солей и других необходимых организму веществ.



**Рис.75.** Филогенез выделительной системы.

- А.** Протонефридий: 1 – звездчатая клетка; 2 – реснички; 3 – выводящий канал.  
**Б.** Метанефридий: 1 – воронка с ресничками; 2 – канал; 3 – мочевой пузырь.  
**В.** Зеленые железы: 1 – зеленая железа; 2 – извитой канал; 3 – мочевой пузырь.  
**Г.** Мальпигиевые сосуды: 1 – средняя кишка; 2 – мальпигиевые сосуды; 3 – задняя кишка; 4 – прямая кишка.  
**Д.** Туловищные почки: 1 – полость тела; 2 – разрез почки; 3 – кровь; 4 – воронка с ресничками; 5 – капсула нефрона; 6 – выводящий канал.  
**Е.** Тазовые почки: 1 – полость тела; 2 – разрез почки; 3 – кровь; 4 – капсула нефрона; 5 – петля Генле; 6 – извитой канал.

У эмбриона человека с третьей недели развития формируются предпочки, к концу третьей недели туловищные почки, со второго месяца эмбрионального развития формируются тазовые почки. Кроме экскреторной (выделительной) функции почки обеспечивают гомеостаз, постоянство водно-солевого баланса организма, артериального давления, участвуют в обмене жиров, белков, углеводов, витаминов.

Таким образом, эволюция почек шла по пути сближения с кровеносной системой и развития большой поверхности выделения. При этом половая и выделительная системы в своем развитии оказываются анатомически связанными. Выделительная система в эмбриогенезе образуется первой, проходя ряд стадий ее филогенетической истории, с началом функционирования выделительной системы, появляется репродуктивная система.

У низших беспозвоночных животных (губки, кишечнополостные) еще нет обособленных половых органов. Половые клетки (сперматозоиды и яйцеклетки) созревают в эктодерме (у гидроидных полипов) или энтодерме (у сцифоидных и коралловых полипов). Для медуз характерно чередование поколений. Медузы размножаются половым путем, из оплодотворенных яиц образуются личинки – планулы, покрытые ресничками. Они прикрепляются к субстрату и дают начало новому поколению полипов. Полипы размножаются почкованием и дают начало медузам.

У плоских червей мужские и женские половые клетки образуются в одном организме, то есть у этих животных гермафродитный тип половой системы. У паразитических форм половые железы сильно развиты. Круглые черви раздельнополые животные. Половая система у них имеет трубчатое строение. У самок она парная, а у самцов – непарная. Женский половой аппарат включает два яичника, два яйцевода, две матки.

Из кольчатых червей многощетинковые являются раздельнополыми, но половой диморфизм не выражен. Развитие с метаморфозом, образуется плавающая личинка трохофора. Малощетинковые являются гермафродитами, оплодотворение перекрестное.

Многие моллюски раздельнополые, но встречаются и гермафродиты. Развитие прямое или с превращением.

Членистоногие раздельнополые животные, с четко выраженным половым диморфизмом, размножаются только половым путем. У членистоногих четко выражен половой диморфизм. Оплодотворение внутреннее. Развитие насекомых протекает с метаморфозом, развитие ракообразных как с метаморфозом, так и без метаморфоза. Развитие паукообразных чаще прямое, у клещей развитие с метаморфозом – из яйца выходит личинка с тремя парами ног.

В эволюции беспозвоночных намечается усложнение в строении половых желез, половых протоков, а также тенденция к разделению полов и переходу от наружного оплодотворения к внутреннему.

Хордовые животные, за исключением оболочников, являются раздельнополами. У бесчерепных половая система представлена половыми железами, метамерно расположенными в полости тела. Половые клетки попадают в околожаберную полость, откуда с током воды выходят наружу, где и оплодотворяются.

Рыбы раздельнополы, гермафродитные виды встречаются крайне редко (морской окунь). У гермафродитов гонады функционируют то как семенники, то как яичники, поэтому самооплодотворения не происходит. Хрящевые рыбы откладывают яйца, у некоторых встречается живорождение. Костные рыбы выметывают большое количество мелкой икры. Выражен половой диморфизм.

Половые органы самцов земноводных представлены парными семенниками. Семявыносящие каналы впадают в мочеточник. Половая система самок представлена парными яичниками и яйцеводами, одним концом впадающим в клоаку, оттуда половые клетки поступают наружу. Оплодотворение у амфибий обычно происходит в воде, у некоторых хвостатых и у безногих амфибий оплодотворение внутреннее. Развитие земноводных происходит с метаморфозом, то есть из яиц, которые обычно развиваются в воде, появляются личинки.

Размножение рептилий имеет ряд особенностей, связанных с наземным существованием. Оплодотворение только внутреннее. Половые органы самцов пресмыкающихся представлены парными семенниками, лежащими в полости тела по бокам позвоночника. Половые органы самок представлены парными яичниками, открывающимися воронками в полость тела, а противоположным концом – в клоаку.

Яйца имеют ряд защитных приспособлений для развития вне воды. Яйцо чешуйчатых пресмыкающихся покрыто волокнистой оболочкой, предохраняющей от механических повреждений, вредных микроорганизмов и пересыхания. У черепах и крокодилов формируется белковая оболочка, являющаяся основным запасом воды для зародыша, вместо волокнистой оболочки появляется известковая, не пропускающая воду. Развитие – без метаморфоза. У некоторых видов развивается яйцеживорождение (гадюки, живородящие ящерицы).

У самцов птиц в брюшной полости рядом с почками находятся бобовидные семенники; сперматозоиды по семяпроводам попадают в семенные пузырьки, служащие резервуаром для семени, затем в клоаку.

У самок развивается только один левый яичник и только левый яйцевод. Оплодотворение внутреннее, происходит в яйцеводе. По мере прохождения яйцеклетка одевается оболочками: белковой, подскорлуповой, известковой скорлуповой. Яйца с большим запасом питательных веществ. Развиваются без метаморфоза. Выражен половой диморфизм. Птицы насиживают кладку яиц, заботятся о потомстве.

У самцов млекопитающих имеются парные семенники, от которых отходят семяпроводы, впадающие в мочеиспускательный канал. У самок парные яичники, яйцеводы. Нижние отделы яйцеводов, расширяясь, образуют матку, в которой у плацентарных происходит развитие зародыша. Яйцекладущие откладывают яйца. У сумчатых и плацентарных млекопитающих развитие яйца происходит в особом органе – матке. У сумчатых млекопитающих плацента не образуется. Продолжительность беременности у млекопитающих зависит от размеров животного, а также экологических особенностей вида. Выражен половой диморфизм. Потомство выкармливается молоком.

Таким образом, в процессе эволюции половой системы произошли изменения в сторону установления тесной связи с различными частями выделительной системы и окончательного перехода от наружного оплодотворения к внутреннему.



**Ключевые слова:** сократительная вакуоль, «шейные железы», протонефридий, метанефридий, нефрон, капсула Боумена – Шумлянско-го, мальпигиевы клубочки, половой диморфизм, гермафродитизм.



### Вопросы и задания.

1. Объясните строение выделительной системы беспозвоночных животных.
2. В чем проявляется сходство и различие в строении выделительной системы рыб и земноводных?
3. В чем проявляется сходство и различие в строении выделительной системы пресмыкающихся и птиц?
4. В чем проявляется сходство и различие в строении выделительной системы пресмыкающихся и млекопитающих?
5. Объясните строение половой системы беспозвоночных животных.
6. Определите сходные и отличительные признаки в половой системе позвоночных животных.



**Задания для самостоятельной работы.** Заполните таблицу.

Организмы	Особенности выделительной системы	Особенности половой системы
Рыбы		
Земноводные		



Пресмыкающиеся		
Птицы		
Млекопитающий		



**Выскажите свое мнение.**

Какие факторы, по вашему мнению, являются главными движущими силами в эволюции выделительной и половой системы органов?



**Лабораторная работа №5.**

**Тема:** Определение ароморфозов и идиоадаптаций у позвоночных животных.

**Цель работы:** выявить ароморфозы и идиоадаптации животного мира на примере позвоночных животных.

**Материал и оборудование:** влажные препараты рыб, земноводных, муляжи пресмыкающихся, птиц, млекопитающих.

**Ход работы.**

1. Изучите строение рыб, земноводных, пресмыкающихся, птиц, млекопитающих. Установите, какие изменения животных являются ароморфозами, какие идиоадаптациями?

2. Заполните таблицу.

Классы животных	Ароморфозы
Рыбы	
Земноводные	
Пресмыкающиеся	
Птицы	
Млекопитающие	

3. Выявите у каждого вида животного примеры идиоадаптаций. Заполните таблицу.

Виды животных	Идиоадаптации
Электрический скат	
Зеленая жаба	
Среднеазиатская черепаха	
Белый аист	
Синий кит	

4. Сделайте вывод о роли ароморфозов и эволюционной значимости идиоадаптаций у животных.

**Абиотические факторы** (от греч. а – отрицание, biotids – живой, жизненный) – элементы неживой природы, которые прямо или косвенно влияют на организм и вызывают у него ответную реакцию.

**Агроэкосистемы** (от греч. agros – поле и экосистема) – искусственные экосистемы, созданные и используемые человеком для получения сельскохозяйственной продукции или отдыха.

**Адаптация** (от лат. adaptatio – прилаживание, приспособление) – признак или комплекс признаков, обеспечивающих выживание и размножение организмов в конкретной среде обитания.

**Аллогенез** (от греч. allos – другой, иной, genesis – происхождение, возникновение) – путь развития частных адаптаций, не изменяющих уровень организации особей и позволяющих им более полно заселить среду обитания.

**Антропогенные факторы** (греч. anthropos – человек, genesisum – происхождение, лат. factor – дело) – разнообразные виды деятельности человека, влияющие как на сами организмы, так и на их местообитания.

**Арогенез** (от греч. airo – поднимаю, genesis – происхождение, возникновение) – эволюционный путь развития адаптаций широкого значения, повышающих уровень организации особей и их приспособленность к различным средам обитания.

**Аэренхима** (от греч. aer – воздух и enchyma – наполнение) – ткань, запасующая воздух в межклетниках у водных и болотных растений.

**Бентос** (от греч. benthos – глубина) – организмы, обитающие на дне водоема или в толще донного грунта.

**Биогеоценоз** (от греч. био – жизнь, гео – земля, ценоз – сообщество) – исторически сложившаяся совокупность живых (биоценоз) и неживых (биотоп) компонентов однородного участка суши, где происходит круговорот веществ и превращение энергии.

**Биологическая эволюция** – поступательный направленный исторический процесс изменения живых организмов и их сообществ.

**Биологический прогресс** (от лат. progressus – движение вперед) – направление эволюции, характеризующееся повышением приспособленности организмов определенной систематической группы к окружающей среде.

**Биологический регресс** (от лат. regressus – возвращение, движение назад) – направление эволюции, характеризующееся снижением приспособленности организмов определенной систематической группы к условиям обитания.

**Биомасса экосистемы** – общее количество органического вещества всех живых организмов, накопившееся в данной экосистеме за предыдущий период ее существования.

**Биосфера** (от греч. bios – жизнь, sphaira – шар) – оболочка Земли, созданная живыми организмами в результате жизнедеятельности и заселенная ими.

**Биотические факторы** (от греч. bioticos – живой, жизненный) – элементы живой природы (живые организмы), влияющие на определенный организм и вызывающие у него ответную реакцию.

**Биотоп** (от греч. bios – жизнь, topos – место) – участок территории с однородными условиями среды.

**Гигрофиты** (от греч. hygros – влажный, phyton – растение) – растения, живущие на обильно увлажненных почвах и при высокой влажности воздуха.

**Гидробионты** (от греч. hydro – вода, bios – жизнь) – организмы, обитающие в водной среде.

**Гидросфера** (от греч. hydro – вода, sphaira – шар) – водная оболочка Земли, включающая все водные запасы планеты.

**Детрит** (от лат. detritus – истертый) – мертвое органическое вещество, возникшее в результате жизнедеятельности или гибели организмов.

**Детритные цепи питания** – пищевые цепи, которые начинаются с детрита, включают детритофагов и редуцентов и заканчиваются минеральными веществами.

**Дивергенция** (от лат. diverge – отклоняюсь, отхожу) – расхождение признаков у родственных организмов или их групп, обитающих в разных экологических условиях.

**Дрейф генов** – случайное, не подверженное закономерностям изменение частоты встречаемости генов в генофонде популяции.

**Живое вещество** – совокупность всех живых организмов на Земле с их способностью к размножению и распространению на планете, к борьбе за пищу, воду, территорию, воздух.

**Заказник** – охраняемая территория, на которой постоянно или временно запрещены отдельные виды хозяйственной деятельности человека (рыболовство, охота, сенокос).

**Зона оптимума** (от лат. optimus – наилучший) – диапазон силы воздействия фактора, в пределах которого организм проявляет максимальную жизнедеятельность, наблюдается его активный рост, развитие и эффективное размножение.

**Зооценоз** (от греч. zoon – животное, живое существо, koinos – общий) – совокупность популяций животных, населяющих определенный биотоп.

**Изоляция** – это наличие барьеров, препятствующих свободному скрещиванию особей (панмиксии), в результате чего исходная популяция разделяется на несколько популяций.

**Катагенез** (от греч. kata – приставка, обозначающая движение сверху вниз, genesis – происхождение, возникновение) – особый путь эволюции в более простой среде, сопровождающийся редукцией отдельных систем органов с одновременным повышением эффективности репродуктивной системы.

**Комменсализм** (от лат. com – с, вместе и mensa – стол, трапеза) – тип взаимоотношений, при котором популяция одного вида извлекает пользу, не принося ни вреда, ни пользы популяции другого вида.

**Конвергенция** (от лат. convergo – приближаюсь, схожусь) – независимое развитие сходных признаков (схождение признаков) у неродственных организмов или их групп, обитающих в одинаковой среде.

**Конкуренция** (от лат. concurrentia – соперничество) – взаимоневыгодный тип взаимоотношений между видами со сходными потребностями.

**Консументы** (от лат. consumo – потребляю), или потребители, – гетеротрофные организмы, потребляющие живое органическое вещество и передающие содержащуюся в нем энергию по пищевым цепям.

**Космополиты** (от греч. cosmopolites – гражданин мира) – виды, имеющие обширный ареал распространения в пределах разных континентов.

**Критерий вида** – совокупность характерных однотипных признаков, по которым особи одного вида, а особи разных видов различаются.

**Круговорот веществ** – циклический, многократно повторяющийся процесс совместного, взаимосвязанного превращения и перемещения веществ.

**Ксерофиты** (от греч. xeroh – сухой, phyton – растение) – растения, приспособившиеся к жизни в засушливых местах (степях, пустынях, полупустынях, саваннах, высокогорьях).

**Лимитирующий (ограничивающий) фактор** – фактор, наиболее отклонившийся от своего оптимального значения по сравнению с другими факторами и определяющий уровень жизнедеятельности организма в данной среде.

**Мезофиты** (от греч. mesos – средний, промежуточный, phyton – растение) – растения, обитающие в условиях умеренного увлажнения.

**Микоценоз** (от греч. mykos – гриб, koinos – общий) – сообщество различных видов грибов.

**Микробоценоз** (от греч. micros – малый, koinos – общий) – совокупность популяций микроорганизмов (бактерий, протистов) и вирусов.

**Мутуализм** (от лат. mutual – взаимный) – взаимовыгодный и обязательный для жизни хотя бы одной из популяций тип взаимоотношений.

**Нектон** (от греч. nektos – плывущий) – организмы, обитающие в толще воды и ведущие активный образ жизни.

**Ноосфера** (сфера разума) – высшая стадия развития биосферы, при которой разумная деятельность человечества становится главной движущей силой ее развития.

**Паразитизм** (от греч. parasitos – нахлебник) – тип взаимоотношений популяций разных видов, из которых одна популяция (паразит) использует другую (хозяина) в качестве среды обитания и источника пищи.

**Планктон** (от греч. planktos – парящий, блуждающий) – организмы, обитающие в толще воды и пассивно передвигающиеся под действием ее тока.

**Пойкилотермные организмы** (от греч. poikilos – изменчивый, thermo – тепло) – организмы, температура тела которых непостоянна и изменяется вместе с температурой окружающей среды.

**Продуценты** (от лат. producens – создающий), или производители, – автотрофные организмы, синтезирующие органическое вещество из минерального с использованием энергии.

**Редуценты** (от лат. reducens – возвращающий), или разрушители, – гетеротрофные организмы, разрушающие мертвое органическое вещество любого происхождения до минерального.

**Симбиоз** (от греч. symbiosis – совместная жизнь) – длительное сожительство популяций двух или нескольких видов, извлекающих из него взаимную или одностороннюю пользу.

**Склерофиты** (от греч. scleros – твердый, phyton – растение) – растения со сниженной транспирацией и способностью активно добывать воду при ее недостатке в почве.

**Суккуленты** (от лат. succulentus – сочный) – многолетние растения, способные запасать воду в своих тканях и органах, а затем экономно ее расходовать.

**Сукцессия** (от лат. successio – преемственность, наследование) – закономерная, последовательная смена одних экосистем другими на определенной территории под влиянием направленного изменения природных факторов или деятельности человека.

**Таксис** (от греч. taxis – расположение) – форма пространственной ориентации организмов по отношению к источнику раздражения.

**Фитоценоз** (от греч. phyton – растение, koinos – общий) – растительное сообщество на определенной территории, изменяющееся как по сезонам года, так и по годам.

**Фотопериодизм** (от греч. photos – свет и periodos – круговращение, определенный круг времени) – характерная реакция организмов на сезонные изменения длины светового дня, синхронизирующая их биологическую активность с временами года.

**Фототропизм** (от греч. photos – свет, tropos – поворот, направление) – ростовые движения органов растений под влиянием одностороннего освещения.

**Эврибионты** (от греч. eurys – широкий, bios – жизнь) – виды организмов, имеющие широкие пределы толерантности и способные заселять обширные территории со значительными колебаниями условий среды.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	3
-------------------	---

### ГЛАВА I. ЭКОЛОГИЯ И ЖИЗНЬ

§ 1. Биологические системы. Экология – наука о биосистемах .....	4
§ 2. История развития, разделы и методы экологии.....	9

### ГЛАВА II. ОБЩЕБИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭКОСИСТЕМНОГО УРОВНЯ ЖИЗНИ

§ 3. Экосистемный уровень организации жизни и его особенности. Биогеоценоз как биологическая система.....	14
§ 4. Структурная организация экосистем .....	18
§ 5. Среда обитания организмов. Водная среда жизни.....	23
§ 6. Наземно-воздушная, почвенная среды обитания. Живые организмы как среда жизни .....	29
§ 7. Факторы среды и их классификация .....	38
§ 8. Свет – абиотический фактор среды.....	45
§ 9. Температура – абиотический фактор среды .....	51
§ 10. Влажность как экологический фактор .....	56
§ 11. Почвенные и топографические факторы .....	61
§ 12. Биотические факторы среды. Формы взаимодействий организмов.....	65
§ 13. Антропогенные факторы .....	74
Лабораторная работа №1.....	76
§ 14. Популяционная структура вида.....	78
§ 15. Популяционная структура вида (продолжение).....	83
§ 16. Трофическая структура экосистем.....	90
§ 17. Продуктивность экосистем.....	98
§ 18. Правила экологической пирамиды. Пирамида биомассы и энергии.....	100
Лабораторная работа №2.....	103
§ 19. Природные экосистемы.....	105
§ 20. Естественные экосистемы Центральной Азии и Узбекистана.....	109
§ 21. Искусственные экосистемы.....	114
§ 22. Устойчивость биогеоценозов.....	119
§ 23. Экология человека .....	123
Лабораторная работа №3.....	129

## ГЛАВА III. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ БИОСФЕРНОГО УРОВНЯ ЖИЗНИ

§ 24. Особенности биосферного уровня. Учение о биосфере.....	131
§ 25. Границы биосферы.....	134
§ 26. Компоненты биосферы .....	138
§ 27. Свойства и функции живого вещества в биосфере.....	140
§ 28. Биомасса биосферы.....	145
§ 29. Круговорот веществ и энергии в биосфере .....	148
§ 30. Биогеохимические циклы .....	152
§ 31. Эволюция биосферы. Биогенез .....	161
§ 32. Эволюция биосферы. Ноогенез.....	166
§ 33. Человек как составная часть биосферы. Влияние человека и его деятельности на природу .....	170
§ 34. Охрана растительного и животного мира.....	175

## ГЛАВА IV. ФИЛОГЕНЕЗ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

§ 35. Общая характеристика филогенеза органического мира.....	182
§ 36. Филогенез растений. Филогенез вегетативных органов растений.....	186
§ 37. Филогенез репродуктивных органов растений.....	190
Лабораторная работа №4.....	193
§ 38. Эволюционные изменения в животном мире.....	194
§ 39. Эволюция органов гуморальной и нервной регуляций .....	202
§ 40. Эволюция покровов тела и опорно-двигательного аппарата животных..	208
§ 41. Эволюция дыхательной системы животных .....	214
§ 42. Эволюция органов кровообращения животных.....	217
§ 43. Эволюция пищеварительной системы животных.....	222
§ 44. Эволюция выделительной и половой систем животных.....	226
Лабораторная работа №5.....	233
Словарь терминов .....	234

*O'quv nashri*

A. G'afurov, A. Abdukarimov, J. Tolipova, O. Ishankulov,  
M. Umaraliyeva, I. Abduraxmonova

# BIOLOGIYA

*O'rta ta'lim muassasalarining II-sinfi va o'rta maxsus,  
kasb-hunar ta'limi muassasalarining o'quvchilari uchun darslik*

*(rus tilida)*

*Издание 1-ое*

«Sharq» nashriyot-matbaa  
aksiyadorlik kompaniyasi  
Bosh tahririyati  
Toshkent – 2018

Перевод *Маъмура Умаралиева*  
Редактор *Дилбар Ибрагимова*  
Художественный редактор *Умида Акбарова*  
Корректор *Сураё Таджикиева*  
Компьютерная верстка *Дилбар Ибрагимова*

**Лицензия издания АI № 201, 28.08.2011 г.**

Подписано в печать 12.07.2018. Формат 70x90<sup>1/16</sup>.  
Гарнитура «Times New Roman». Офсетная печать. Усл.печ. л. 17,55.  
Уч.–изд. л. 15,96 . Тираж 53 504. Заказ №143.

**Типография издательско-полиграфической акционерной  
компании «SHARQ», 100000, г. Ташкент, ул. Буюк Турон, 41.**

Сведения о состоянии учебника, выданного в аренду

№	Имя и фамилия ученика	Учебный год	Состояние учебника при получении	Подпись классного руководителя	Состояние учебника при сдаче	Подпись классного руководителя
1						
2						
3						
4						
5						
6						

**При выдаче учебника в аренду и сдаче его в конце учебного года классный руководитель заполняет приведенную выше таблицу в соответствии со следующими критериями**

<b>Новый</b>	Состояние учебника перед поступлением в аренду.
<b>Хороший</b>	Обложка целая, не оторвана от основной части книги. Все страницы имеются, целые, не порваны, не отклеены, на страницах нет надписей и линий.
<b>Удовлетворительный</b>	Обложка измята, исчерчена, края обтрепаны, отделена частично от основной части книги и отреставрирована пользователем. Реставрирование удовлетворительное. Вырванные страницы подклеены, некоторые страницы исчерчены.
<b>Неудовлетворительный</b>	Обложка исчерчена, разорвана и полностью или частично оторвана от основной части книги, отреставрирована неудовлетворительно. Страницы порваны, некоторые отсутствуют, разукрашены, испачканы, восстановление невозможно.