

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Майкопский государственный технологический университет»

Кафедра экологии и защиты окружающей среды

Шадже А.Е., Шадже А.И.

# ЭКОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие

Майкоп – 2016

**УДК 574 (07)**  
**ББК 20.1**  
**Ш-91**

Рекомендовано Научно-техническим советом ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет».

**Р е ц е н з е н т ы :**

доктор биологических наук, профессор **Сиротюк Э.А.**,  
кандидат биологических наук, доцент **Панеш О.А.**

**Шадже А.Е., Шадже А.И. ЭКОЛОГИЯ. Учебно-методическое пособие.** – Майкоп: ИП Коблева М.Х., 2016. – 60 с.

Учебно-методическое пособие содержит лекционный материал по темам программы дисциплины, необходимый для расширения теоретических знаний и выполнения практических заданий. Для каждого занятия приведены задания и вопросы, позволяющие студенту самостоятельно выполнить практическую работу и принять активное участие в обсуждении вопросов темы. Пособие содержит список литературы.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по разным специальностям и направлениям подготовки бакалавров.

© Шадже А.Е., Шадже А.И.,  
Майкоп, 2016

## **ВВЕДЕНИЕ**

Учебно-методическое пособие по экологии составлено с учетом требований ФГОС ВО к содержанию программы и формируемым компетенциям для специальностей и направлений подготовки специалистов и бакалавров в системе высшего образования. В пособии приведены теоретический материал и рекомендации по выполнению практических и семинарских занятий.

Пособие составлено также с учетом содержания лекционного материала, направлено на выработку у студентов определенных навыков и умений; ответственного отношения к природе, необходимого в будущей профессиональной деятельности. Формирование экологической культуры, грамотного природопользования важно для специалистов любой направленности, т.к. не только профессиональная деятельность, непосредственно связанная с извлечением и использованием природных ресурсов, с загрязнением окружающей среды, но и любая форма природопользования, в том числе широко распространенного рекреационного, приводит к негативным изменениям в биосфере.

### **Занятие 1**

#### **Тема. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ИСТОРИЯ И СТРУКТУРА ЭКОЛОГИИ**

##### **Краткие теоретические материалы по теме**

**Основные понятия темы.** Экология как наука, ее основные понятия. Специфика экологии как общебиологической науки. История науки и особенности современного этапа её развития. Структура современной экологии, её связи с другими науками и практической деятельностью человека.

**Содержание темы.** Термин **экология** (от греч. *oikos* – жилище, дом, убежище, *logos* – наука) был предложен в 1866 году авст. (нем.) естествоиспытателем Эрнстом Геккелем. Н.М. Чернова и А.М. Былова (2007) определили экологию как науку о взаимоотношениях живых существ между собой и с окружающей их неорганической природой, о связях в надорганизменных системах, о структуре и функционировании этих систем.

Все организмы разделены биологами на четыре основных **царства**: растения, животные, грибы и бактерии (дробянки, прокариоты), которые различаются по типу питания и функциям, выполняемым в биосфере. По источнику энергии и форме потребляемого углерода выделяют два основных типа питания: автотрофный и гетеротрофный.

**Автотрофный** (от греч. *autos* – сам и *trophe* – пища) тип питания характерен для растений и отличается существованием за счет органических веществ, синтезированных самостоятельно из неорганических веществ (воды, минеральных веществ и углекислого газа) с использованием солнечной энергии. Все остальные организмы (за небольшим исключением – цианобактерии, пурпурные и зеленые серные бактерии) могут существовать только за счет готовых органических веществ, которые они получают

вместе с пищей. Такой тип питания называется **гетеротрофным** (от греч. heteros – иной, другой и trophe).

Растения, благодаря автотрофному типу питания и способности к фотосинтезу, выполняют функцию образования сложных органических веществ, богатых энергией, из простых – неорганических. Поэтому растения являются **образователями** органических веществ, за счет которых живут все остальные гетеротрофные организмы. Животные выполняют роль **потребителей** готовых органических веществ и, поедая друг друга, передают по цепям питания энергию Солнца, аккумулированную автотрофами. Гетеротрофные бактерии, потребляя готовые органические вещества, разрушают их до минеральных. В связи с указанными выше функциями организмы разделены на три функциональные группы или категории организмов: **продуценты** (от лат. producentis – производящий, создающий), **консументы** (от лат. consumo – потребляю) и **редуценты** (от лат. reducentis – восстанавливающий, возвращающий).

Эколог животных В.Н. Беклемишев разделил взаимоотношения между организмами по их значению на четыре типа: **трофические, топические, форические и фабрические**.

**Трофические** (от греч. trophe – пища) или пищевые связи – взаимоотношения продуцентов, консументов и редуцентов, сопровождающиеся передачей энергии, необходимой для жизнедеятельности.

В **топических** (от греч. topos – место) отношениях одни организмы предоставляют другим место или среду обитания.

**Форические** (от лат. foras – вон, наружу) связи – это отношения, в которых одни организмы участвуют в переносе и распространении других или их частей (пыльцы, спор, плодов и семян).

**Фабрические** (от лат. fabrica – мастерская) связи обеспечивают животных строительным материалом (ветки и листья растений, пух, перья животных, раковины моллюсков) для построения жилищ.

Взаимоотношения между организмами по критерию пользы или вреда для партнеров делят на: взаимно-полезные, взаимно-вредные, полезно-вредные, полезно-нейтральные, вредно-нейтральные, взаимно-нейтральные.

В природе организмы взаимодействуют не только друг с другом, но и с окружающей их неживой природой, испытывают влияние жизнедеятельности человека и его хозяйственной деятельности. Все компоненты окружающей среды, влияющие на организмы, чаще всего делят на три основные группы **экологических факторов** (от лат. factor – делающий, производящий): **абиотические** (от греч. частицы а – отрицание и biotikos – живой, жизненный) – элементы неживой природы; **биотические** (от греч. biotikos – живой, жизненный) – факторы живой природы и **антропогенные** (от греч. anthropos – человек, genero – рождаю, произвожу), исходящие от человека.

Для живой природы характерны разные уровни организации её структур, между которыми существует сложное соподчинение. Жизнь на каждом уровне изучают определенные частные биологические науки и разделы общей экологии. Уровни организации живого от молекулы до организма изучаются специальными науками (молекулярной биологией, вирусологией, микробиологией и т.д.), а организмы и состоящие из них надорганизменные системы являются объектами исследования экологии,

т.к. взаимоотношения организмов с различными факторами можно изучать только в сложных биологических системах.

В общей экологии по изучаемым объектам выделяют разделы: экология особей (аутэкология), экология популяций (популяционная экология, демэкология), экология сообществ (синэкология, биоценология), экология экосистем (биогеоценология), глобальная экология (учение о биосфере) и учение о ноосфере.

Таким образом, **объектами** исследования экологии являются: особи и факторы на них влияющие, популяции, биоценозы, биогеоценозы, экосистемы и биосфера. **Предметом** изучения науки являются адаптации (от позднелат. *adaptatio* – приспособление) организмов к внешней среде (средам обитания и их факторам), структура и закономерности существования надорганизменных систем, т.е. популяций, сообществ, экосистем, биосферы.

Экология отличается от других биологических наук: объектами и предметом исследования, общим задачами (изучение образа жизни организмов в разных условиях, закономерностей динамики численности в популяциях и биоценозах; выявление механизмов длительной устойчивости более сложных надорганизменных систем); основным методом исследования (количественный учёт особей в популяциях, видов – в биоценозах, продуктивности и энергетики – в экосистемах и биосфере); характером работы эколога (организмы и их группировки изучаются в естественных условиях (биоценозах и экосистемах) или в искусственных системах, созданных человеком (агроценозах, аквариумах, городах, рыборазводных прудах, очистных сооружениях); тесной связью с другими науками и практической деятельностью человека.

Современная экология является теоретической основой рационального природопользования, научной базой для разработки стратегии и тактики взаимоотношений человеческого общества и природы.

**История экологии как науки.** Возникновение и развитие экологии связано с запросами общества, уровнем развития естествознания и производительных сил. В истории науки можно выделить пять основных этапов.

**Первый этап** связан с накоплением данных о многообразии организмов, особенностях их строения и жизнедеятельности в разных условиях, т.е. с появлением элементов экологии в зоологических и ботанических трудах. Этап продолжался с древнейших времен до конца 18 века, может быть назван накопительным или этапом зарождения экологических взглядов на природу в трудах Геродота, Аристотеля (описал более 500 видов животных), Теофраста, Плиния Старшего, А. Цезальпино, Д. Рея (описал более 18 тыс. видов растений), Ж. Турнефора, Р.А. Реомюра, Л. Трамбле, И. Гмелина, Г. Стеллера, С.П. Крашенинникова, И.И. Лепехина, П.С. Палласа, Ж. Бюффона, Ж.Б. Ламарка.

**Второй этап** характеризуется детальной обработкой и систематизацией ранее накопленных фактических сведений, сопоставлением сведений о флоре и фауне различных областей земного шара, что привело к созданию экологического направления в естествознании – биогеографии. Биогеография – наука о закономерностях распространения видов растений, животных и ком-

плексов из них по земной поверхности. Основы географии растений (ботанической географии) заложил в 1807 г. нем. ест. А. Гумбольдт (обследовал С. и Ю. Америку, Ц. Европу, Китай, берега Каспия и выделил растительные области, вертикальную поясность, жизненные формы организмов). Основателями географии животных (зоогеографии) являются русские зоологи К.Ф. Рулье и Н.А. Северцов. Этап приходится на первую половину 19 века.

**Третий этап** связан с выходом в 1859 году книги англ. натуралиста Ч. Дарвина "Происхождение видов путем естественного отбора...", характеризуется увеличением числа и глубины экологических исследований и превращением экологии в самостоятельную науку. Обособление экологии в самостоятельную науку произошло благодаря Э. Геккелю, который в 1866 г. ввёл в научную литературу термин "экология" и определил его как "науку о взаимоотношениях живого вещества с окружающей его средой". Этап продолжался до начала 20 века.

**Четвертый этап** отличается становлением экологии как общебиологической науки о динамике численности организмов в популяциях и сообществах, о разных экологических явлениях; разработкой основных теоретических вопросов экологии особей, сообществ и экосистем. Этап продолжался с 20-х по 50-е гг. 20 века.

**Пятый этап** – современный, продолжается с 60-х гг. прошлого века до настоящего времени и отличается: бурным ростом экологических исследований во всех странах и осознанием необходимости всеобщего экологического образования и воспитания; детальными и глубокими исследованиями, связанными с практической деятельностью человека; комплексностью и многоплановостью в исследованиях; унифицированием в терминах и определениях; развитием понятий об уровнях организации жизни, функциональных группах, жизненных формах организмов; интеграцией экологии с различными науками и практической деятельностью, т.е. их экологизацией; расширением международного сотрудничества в области экологии и охраны окружающей среды.

**Структура современной экологии, её связи с другими науками и практической деятельностью человека.** Многообразие организмов, сред обитания, элементов ландшафта и потребности общества обусловили формирование экологии как многопрофильной науки, представляющей в настоящее время комплекс из теоретических и прикладных направлений.

Общая экология (биоэкология) в отличие от частных экологических направлений изучает общие для всех организмов закономерности взаимоотношений друг с другом и с абиотическими факторами среды обитания. Как отмечено выше, в общей экологии по уровням организации жизни выделяют разделы: экология особей, популяций, сообществ, экосистем, глобальная экология.

**Экология особей** или **аутэкология** (от греч. autos – сам) изучает основные адаптации (анатомо-морфологические, физиологические и поведенческие, т.е. этологические) организмов к средам обитания и их факторам (экологические группы, жизненные формы, пути приспособления к неблагоприятным факторам, в т.ч. биологические ритмы).

**Экология популяций, популяционная экология, демэкология** (от греч. demos – народ, население) изучает структуру, свойства и динамику основных популяционных

характеристик (численность, плотность, рождаемость, смертность и др.), факторы на них влияющие, роль популяций в биоценозах и экосистемах.

**Экология сообществ, биоценология** (от греч. *bios* – жизнь и *koinos* – общий) или **синэкология** (от греч. *syn* – вместе) изучает компоненты, структуру (видовую, пространственную, экологическую), свойства биоценозов и многообразие связей в них.

**Экология экосистем** (от греч. *oikos* и *systema* – объединение) или **учение об экосистемах, биогеоценология** (от греч. *bios*, *ge* – земля и *koinos*) занимается изучением компонентов, структуры, динамики, продуктивности, энергетики и механизмов устойчивости экосистем и биогеоценозов.

**Учение о биосфере** (от греч. *bios* и *sphaira* – шар) или **глобальная экология** рассматривает биосферу как единую глобальную экосистему с определенными границами, составом и свойствами, уникальными функциями живого вещества, биологическим и геологическим круговоротами веществ.

По отношению к изучаемым систематическим группам организмов выделились **частные экологические направления (экология растений, экология животных, микроорганизмов, насекомых, грибов, человека и других организмов)**, изучающие экологические особенности отдельных групп организмов.

К настоящему времени в экологии по средам обитания, их частям и элементам ландшафта сформировалось множества направлений: **экология суши или атмосферы, воды или гидросферы, почвы или литосферы, морских и пресных вод, континентальных вод, морских побережий, высокогорий и равнин, тундр, пустынь, степей, лесов, лугов и др. географических подразделений.**

По сферам деятельности человека выделились прикладные направления экологии: **лесная экология, сельскохозяйственная (аграрная), промышленная (инженерная), городская, химическая, медицинская, рекреационная, математическая, экономическая, юридическая, социальная экология; охрана природы; экология человека, личности, народонаселения; этноэкология.**

**Лесная экология** изучает роль лесов в природе, их структуру, динамику под влиянием различных факторов, способы рационального использования лесных ресурсов.

**Сельскохозяйственная (аграрная) экология** изучает особенности организации агроэкосистем, разрабатывает способы получения максимального количества первичной и вторичной продукции без истощения ресурсов почвы и получения экологически чистой продукции.

**Промышленная (инженерная) экология** изучает влияние выбросов промышленных предприятий на окружающую среду и возможности снижения этого воздействия.

**Городская экология (экология города, урбоэкология** – от лат. *urbs* – поселение, город) изучает состояние городской среды, возможности его улучшения.

**Химическая экология** разрабатывает методы определения веществ – загрязнителей атмосферы, воды, почвы, продуктов питания; способы химической очистки отходов, новые технологии производства.

**Медицинская экология** изучает болезни человека, связанные с загрязнением сред обитания, разрабатывает способы их предупреждения и лечения.

**Рекреационная экология** изучает пригодность природных комплексов для рекреационного (от лат. *rescreatio* – отдых, оздоровление) природопользования и последствия пребывания человека на природе с целью отдыха и оздоровления.

**Математическая экология** моделирует экологические процессы, происходящие в биологических системах, т.е. изменения в природе под влиянием внешних воздействий.

**Экономическая экология (экологическая экономика, эконология)** разрабатывает экономические механизмы рационального природопользования, т.е. дает оценку стоимости ресурсов и размеров штрафов за загрязнение, определяет предельно-допустимые нагрузки на природную среду и пути преодоления лимитов в природопользовании, т.е. исследует экономию природы.

**Юридическая экология** разрабатывает систему законов об использовании природных ресурсов и охране окружающей среды.

**Социальная экология** исследует взаимоотношения между человеческим обществом и окружающей географо-пространственной, социальной и культурной средой.

**Экология человека** – комплексная наука, сформировавшаяся в 70-80 гг., изучающая закономерности взаимодействия человека как биологического явления с окружающей средой, вопросы развития населения, сохранения и развития здоровья.

На определенных этапах развития представлений человека о природе происходило сближение экологии с другими биологическими и небιологическими науками. Экология тесно связана с анатомией, морфологией и физиологией растений, животных и человека; систематикой, генетикой, эволюцией и биогеографией, изучающими специфические особенности организмов, обусловленные воздействующими на них факторами; с другими естественными науками (климатологией, метеорологией, физической географией, геоморфологией, почвоведением, физикой, химией), изучающими факторы неживой природы; а также с точными науками (математикой, информатикой), позволяющими описывать, анализировать и моделировать процессы, происходящие в биосистемах.

Достижения экологии широко используются в практической деятельности человека, связанной с изъятием и последующим использованием природных ресурсов (сельское, лесное, охотничье-промысловое, горнодобывающее и др. производства) и с использованием природных ресурсов и условий без их изъятия (рекреационное природопользование), при разработке мероприятий по использованию и охране природных ресурсов.

**Охрана природы или охрана окружающей среды** – отрасль научных знаний, занимающаяся разработкой мероприятий по охране, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов, по защите окружающей среды от загрязнения и разрушения. Охрана природы – это также раздел практической деятельности человека; система государственных, общественных и международных мероприятий по охране, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов, по защите окружающей среды. Термин «охрана природы» получил распространение после первого Международного съезда по охране природы в Швейцарии (1913 г.)

Экология и охрана природы тесно связаны друг с другом, т.к. первая является теоретической, естественнонаучной основой для второй, называемой прикладной экологией.

### ***Вопросы и задания***

1. Определите термин «экология» и перечислите основные понятия науки.
2. В чем особенности автотрофного и гетеротрофного типов питания?



3. Назовите основные функциональные группы организмов, дайте их характеристику.

4. Что такое уровни организации жизни, какие из них являются объектами исследования экологии? Примеры надорганизменных систем.

5. Какие экологические факторы влияют на любой организм?

6. В чём заключается специфика экологии как науки?

7. Составьте схемы, отражающие вклад отдельных ученых в развитие экологии на разных этапах.

8. Отрадите структуру современной экологии, составив схемы (у).

9. Покажите связь экологии с другими науками, практической деятельностью человека и с будущей профессиональной деятельностью.

## Занятие 2

### Тема. СРЕДЫ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

#### Краткие теоретические материалы по теме

**Основные понятия темы.** Понятие о среде обитания, условиях существования и экологических факторах. Среда жизни на Земле: водная, наземно-воздушная, почвенная, организменная: их физико-химические особенности и адаптации обитателей к ним. Гидробионты, геобионты, паразиты, симбионты, осморегуляция, планктон, пойкилотермность, гомойотермность, stenothermность, эвритермность, плодородие, сапрофагия, плодовитость.

**Содержание темы.** В пределах биосферы организмами освоены разные среды жизни. **Среда жизни или среда обитания** – относительно однородная часть биосферы, включающая элементы живой и неживой природы, прямо или косвенно влияющие на организмы или окружающие их; это та однородная часть биосферы, которая окружает организмы и с которой они непосредственно взаимодействуют.

Среда обитания каждого организма включает множество элементов неорганической и органической природы и элементов, привносимых человеком; она предоставляет организмам всё, что необходимо для жизни, а они выделяют в неё продукты обмена веществ. Составные части и свойства каждой среды имеют различное значение для организмов: одни элементы необходимы для жизни (пища, вода, кислород), другие оказывают вредное влияние (конкуренты, хищники, паразиты, сильный мороз, высокое излучение), третьи – безразличны (ветер, пень, дерево).

Элементы среды, необходимые организмам или отрицательно на них воздействующие, являются **экологическими факторами**; это любые элементы среды, на которые организмы реагируют приспособительными реакциями, т.е. адаптациями. Экологические факторы действуют в природе в виде сложного взаимосвязанного комплекса, а те из них, без которых организмы не могут существовать (пища, вода, свет), представляют собой **условия существования или условия жизни определенных организмов**.

По качественно различающимся комплексам условий, обеспечивающих возможность жизни в биосфере, различают четыре среды обитания: водную, наземно-воздушную, почвенную и организменную. Своеобразие факторов каждой среды привело к появлению у обитателей специфических адаптаций, отражающихся на внутреннем и внешнем строении, особенностях обмена веществ и поведения особей.

**Водная среда жизни** была освоена организмами первой и она характеризуется большим своеобразием физико-химических факторов, т.к. ей свойственны: высокие плотность и вязкость; высокие теплопроводность и скрытая теплота плавления; относительно сглаженный ход суточной и сезонной температуры (на поверхности океана колебания не превышают 10-15<sup>0</sup>С, на глубине – 3-4); постоянная максимальная (100%) влажность; универсальная растворимость многих минеральных и органических веществ, в т.ч. газов; обилие карбонатов, сульфидов, хлоридов; недостаток нитратов и фосфатов; большая подвижность – текучесть и вертикальные перемещения; обилие дисперсной (от лат. dispersio – рассеяние) пищи в виде мелких подвижных растений и животных (**планктона** – от греч. planktos – парящий); сильные перепады давления, возрастающего с глубиной на 1 атм. через каждые 10 м; слабая **аэрация** (от греч. aer – воздух), высокое содержание углекислого газа и низкое содержание кислорода; высокая звукопроводность: в 6 (4) раз выше, чем у воздуха; относительно высокая прозрачность; убывание количества света и изменение его спектрального состава с глубиной; незначительное влияние ветра; влияние организмов на газовый состав среды; первичное происхождение; однородная структура; жидкое агрегатное состояние.

**Водная среда** отличается следующими особыми свойствами: высокими удельной теплоемкостью и теплопроводностью, универсальной растворимостью, увеличением давления и уменьшением освещенности с глубиной, текучестью, постоянной 100% влажностью, дисперсностью пищи, первичным происхождением и жидким агрегатным состоянием.

Обитатели водной среды называются **гидробионтами** (от греч. hydor – вода и biontos – живущий), они обитают во всей толще воды: от пленки поверхностного слоя натяжения до максимальных глубин Мирового океана (11 км) и имеют различные адаптации.

1. Наиболее крупные животные имеют обтекаемую форму тела, плавники, особые покровы тела (чешуя и слизь), сильную мускулатуру, плавательный пузырь. Планктон, образованный мелкими организмами (создает пылевидный эффект), снабжен щетинками и выступами (эффект пера), шапковидной или зонтиковидной формой тела (эффект парашюта); капельками масла (рачки и диатомовые водоросли), пузырьками газа, уменьшающими удельный вес тела. У растений отсутствуют механические ткани.

2. Большинство гидробионтов являются холоднокровными, **пойкилотермными** (от греч. poikilos – изменчивый и therme – тепло) и stenотермными (от греч. stenos – узкий) организмами, т.е. обитающими в узком температурном диапазоне.

3. У обитателей пресных вод сформировались механизмы **осморегуляции** (от греч. osmos – давление, толчок и лат. regulo – привожу в порядок), направленные на постоянное удаление из организмов воды, поступающей внутрь из-за разницы в концентрации солей в среде и в клетках. Морские гидробионты осмотически открыты.

4. Многие гидробионты – сидячие формы растений и животных (сувойки, губки, трубчатые черви, устрицы, морские лилии, оболочники), приспособленные к использованию обильной дисперсной пищи .

5. К высокому давлению гидробионты приспособляются с помощью плоской формы тела и особых органов (газовых камер, статоцистов и др.).

6. Растения имеют рассеченные листья, накапливают воздух в тканях (в аэренхиме); животные дышат через особые органы (жабры) и покровы тела, создают направленные потоки воды вокруг себя, перемешивая ее движениями тела и улучшая режим аэрации.

7. Из-за ухудшения светового режима с глубиной, гидробионты размещаются на определенной глубине, имеют пигменты различной окраски, а животные используют разные способы ориентации: зрительная; излучение звуков (рыбы плавательным пузырем, ракообразные трением частей тела); излучение и восприятие отраженных высокочастотных звуковых сигналов китообразными и дельфинами, т.е. **эхолокация** (от греч. echo – звук, отголосок и лат. lokatio – размещение); восприятие отраженных электрических импульсов (около 300 видов рыб регенерируют электричество частотой до 2 тыс. импульсов в сек.); восприятие гидростатического давления с помощью газовых камер и статоцистов; биолюминесценция (от греч. bios – жизнь, лат. luminis – свет) – ориентация с помощью испускаемого света; восприятие химизма среды с помощью чувствительных хеморецепторов (обнаруживают наличие 1 г вещества в 6 тыс. км<sup>3</sup>).

**Наземно-воздушная среда жизни** – самая сложная и разнообразная по экологическим факторам, отличается: низкими плотностью и давлением; плохой теплопроводностью и теплоемкостью; обилием воздуха, достаточно высоким содержанием кислорода (21% по объему), азота (78%) и низким углекислого газа (0,039%); обилием солнечного света, несущего значительный поток энергии; резкими суточные и сезонные колебаниями температуры; наличием влаги в различных агрегатных состояниях, резкими колебаниями влажности и периодическим дефицитом воды; высокой динамичностью большинства абиотических и биотических факторов во времени и пространстве; большой регулирующей ролью ветра; существенным влиянием на среду самих организмов.

**Особые свойства наземно-воздушной среды:** низкие плотность и давление; обилие воздуха, кислорода, азота и солнечного света; сложность и динамичность всех экологических факторов; наибольшее видовое и экологическое разнообразие биоты; уменьшение давления с высотой, высокая регулирующая роль ветра, газообразное агрегатное состояние. Состав атмосферы, температурный и световой режимы сформировались в результате жизнедеятельности организмов.

Указанные особенности наземно-воздушной среды обусловили величайшее разнообразие обитателей и адаптаций у них.

1. Из-за низкой плотности этой среды организмы не могут постоянно в ней находиться и многие животные приспособились к полету и к переносу воздушными потоками. У наземных растений развиты механические ткани, выполняющие функцию опоры, у животных – внутренний (хорда, позвоночник) и внешний (панцири) скелеты.

Большинство (2/3) обитателей суши (насекомые и птицы) освоили активный и пассивный полет. В этой среде организмы способны развивать наиболее высокую скорость перемещения: сокол-сапсан летит со скоростью до 290 км/час., стриж – 180, гепард – 120, человек бежит со скоростью 36 км/час., плавает – 7 км/час. Для сравнения: в воде дельфин передвигается с скоростью 45, тунец и меч-рыба – 75 и 90 км/час.

2. Часть животных (птицы и млекопитающие) поддерживает постоянную температуру тела (гомойотермные организмы), благодаря особым покровам тела (перья, пух), подкожному жиру и другим механизмам терморегуляции.

3. У животных появились особые органы дыхания – трахеи и легкие.

4. Способность наземных растений к фотосинтезу в различных световых условиях и ориентация большинства животных с помощью органов зрения.

5. Различные механизмы экономного расходования влаги.

6. Большая подвижность животных (кочевки, миграции), высокая эффективность окислительных процессов и их регуляция, выработка суточных и сезонных адаптаций растениями и животными.

7. Укоренение всех растений, использование ветра животными и растениями для опыления, ориентации и распространения.

**Почва как среда жизни.** Почва – рыхлый поверхностный слой суши, контактирующий с **литосферой** (от греч. lithos – камень и sphaira) и **атмосферой** (от греч. atmos – пар), и преобразованный в результате совместной деятельности организмов и абиотических факторов. Почва – биокосная среда, представляющая собой смесь минеральных (из горных пород) и органических (остатков организмов) веществ, система неоднородная, содержащая воду, воздух, твердые частицы, поэтому ее населяют как мелкие водные, так и воздуходышащие организмы. Мощность почвы определяется глубиной проникновения корней и деятельностью роющих животных, составляет не более 1,5-2,0 м.

Как среда обитания почва отличается: большой плотностью, оказывающей механическое сопротивление движению животных; резкими колебаниями температуры на поверхности почвы и более сглаженными на глубине; сравнительно высоким содержанием углекислого газа и недостатком кислорода; отсутствием света; наличием непостоянного количества воды в различных состояниях и содержащей растворенные вещества, определяющие реакцию среды; рыхлой пористой структурой, создающей условия для жизни множества микроорганизмов – бактерий, грибов, простейших, круглых червей, членистоногих; плодородием – постоянным поступлением органических веществ за счет отмирающих корней растений, опадающей листвы, мертвых животных и продуктов жизнедеятельности различных организмов.

**Особые свойства почвенной среды:** высокое содержание углекислого газа и азота в доступной для организмов форме, плодородие, неподвижность, биокосность, рыхлая пористая структура, сапрофагия большинства геобионтов.

Обитатели почвы называются **геобионтами** (от греч. ge – земля и biontos) и они отличаются особыми адаптациями.

1. Животные имеют прочные и гибкие покровы, хитинизированные головные капсулы (у насекомых), специализированные органы движения – роющие конечности, округлую червеобразную форму тела, способны изменять толщину тела.

2. Большинство обитателей имеет мелкие размеры.

3. Животные совершают вертикальные миграции в течение суток, сезонов года, изменяют степень активности и подвижности в зависимости от температуры.

4. Развитие кожного дыхания у беспозвоночных животных, дыхание растений всей поверхностью корневой системы.

5. Редукция глаз и исчезновение пигментов у животных, развитие различных органов чувств, позволяющих ориентироваться в полной темноте с помощью термо- и хеморецепторов.

6. Наличие проницаемых для влаги покровов и слизи на поверхности тела.

7. Широкое распространение у почвенных животных сапрофагии (от греч. sapros – гнилой, мертвый и phagos – пожирать) – питания мертвым органическим веществом.

**Специфические особенности организма как среды обитания.** Появление данной среды жизни на Земле происходило почти одновременно с появлением живых организмов и освоением ими других сред. Использование одних организмов другими в качестве среды обитания – очень древнее и широко распространенное явление. Фактически нет ни одного вида, не имеющего паразитов и симбионтов, включая даже одноклеточные бактерии.

Живой организм как среда обитания имеет ряд благоприятных и неблагоприятных для обитателей специфических особенностей: хозяин предоставляет **паразиту** (от греч. *parasitos* – нахлебник) или сожителю среду обитания и обеспечивает его обильной, легкодоступной и легкоусвояемой пищей, относительно постоянными абиотическими и биотическими факторами: благоприятным температурным, солевым, водным и осмотическим режимами; защитой от угрозы дефицита пищи, от конкурентов, хищников и других негативных воздействий. Паразиты и симбионты сталкиваются с неблагоприятными факторами: нехваткой кислорода и отсутствием света; ограниченностью объема жизненного пространства и пищевых ресурсов; необходимостью преодоления защитных реакций организма хозяина – его активного иммунитета; распространением от одной особи хозяев к другой; ограниченностью продолжительности жизни хозяина.

**Особые свойства организма как среды обитания:** наличие относительно постоянных благоприятных экологических факторов, ограниченного физического пространства и запасов пищи, легкоусвояемой и легкодоступной пищи; ограниченность продолжительности жизни хозяина; активное сопротивление обитателям; живая природа; упрощение строения и редукция отдельных органов и систем у обитателей.

К указанным специфическим факторам обитатели живого организма приспосабливаются благодаря следующим особенностям.

1. Преобладание мелких размеров у большинства обитателей.
2. Тонкая биохимическая специализация паразитов в отношении хозяев.
3. Преимущественно анаэробный тип дыхания и способность переключаться на аэробный тип обмена.
4. Упрощение строения тела, систем органов, органов чувств, включая потерю отдельных из них (упрощение пищеварительной и нервной систем, органов зрения, утрата ряда ферментов, отсутствие хлорофилла и корней у растений).
5. Наличие особых органов, позволяющих прикрепляться к органам хозяина (гаустории у растений, присоски и крючки у животных), системы защиты от иммунитета хозяина.
6. Сложные жизненные циклы, связанные со сменой хозяев; приспособления, позволяющие переживать неблагоприятные условия вне хозяина (толстые многослойные защитные оболочки яиц, анабиоз).
7. Синхронизация жизненных циклов паразитов и их хозяев.
8. Существенное развитие органов размножения и высокая плодовитость.

Паразиты в свою очередь оказывают влияние на организм своего хозяина, вызывая: механическое раздражение (щекотание, раздражение от укусов, разрушение тканей и т.д.); токсическое действие продуктами обмена веществ эндопаразитов – отравление (например, холерный вибрион в тонком кишечнике человека); бактериальные (у человека – дифтерия, туберкулез, коклюш, гонорея, сифилис, тиф, столбняк, брюшной тиф) и ви-

русные (грипп, простуда, оспа, свинка, корь, краснуха, полиомиелит, желтая лихорадка) заболевания; истощение организма хозяина; активизацию иммунитета хозяина, что сопровождается выработкой антител; разрастание тканей и образование капсул (галл у растений).

В природе широко распространено явление **гиперпаразитизма**, или сверхпаразитизма – наличие паразита второго порядка в организме паразита первого порядка. Например, у наездников (из перепончатокрылых) – паразитов капустной белянки имеется более 20 видов вторичных паразитов. У обитателя кишечника человека кишечной палочки есть свой паразит – бактериофаг T<sub>2</sub>.

### **Вопросы и задания**

1. Определите понятия: среда обитания, условия существования и экологические факторы среды.
2. Отрадите физико-химические свойства водной среды жизни.
3. Покажите адаптации гидробионтов к среде.
4. Особенности наземно-воздушной среды жизни и ее обитателей.
5. Особенности почвы и адаптации геобионтов к ней.
6. Специфические особенности организма как среды жизни и его обитателей.
7. Заполните таблицу 1, составив сравнительную характеристику сред обитания и их обитателей. Выделите особые свойства каждой среды.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика сред обитания и их обитателей

Признаки (физико-химические свойства)	Водная	Особенности гидробионтов	Наземно- воздушная	Особенности обитателей	Почва	Особенности геобионтов	Организм	Особенности обитателей
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Плотность и вязкость								
2. Теплопроводность и теплоемкость								
3. Динамика температуры								
4. Влажность								
5. Солевой режим								
6. Подвижность								
7. Количество, форма и доступность пищи								
8. Давление								
9. Аэрация								
10. Звукопроводность								
11. Прозрачность								
12. Освещенность								
13. Влияние ветра								
14. Влияние организмов								
15. Происхождение								
16. Структура								
17. Агрегатное состояние								
18. Особые свойства среды								

### Занятие 3

## Тема. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА ОРГАНИЗМЫ

### Краткие теоретические материалы по теме

**Основные понятия темы.** Закономерности действия факторов среды на организмы: законы оптимума, неоднозначности действия одного фактора на разные функции и организмы, минимума, толерантности, лимитирующих факторов. Экологическая пластичность и валентность видов. Основные пути адаптаций организмов к изменениям условий среды.

**Содержание темы. Закон оптимума. Экологическая пластичность и валентность видов.** Каждый экологический фактор характеризуется определенным диапазоном действия. Диапазон положительного действия неодинаковый для организмов разных видов, поэтому каждый фактор имеет «нижнюю», минимальную или начальную границу действия фактора и «верхнюю» или максимальную границу. Для жизнедеятельности организмов важны оба значения каждого экологического фактора, характеризующие границы действия (это точки **пессимума** – от лат. *pessimum* – наихудшее) и определяющие пределы выносливости или **толрантности** (от лат. *tolerantia* – терпение). Третье кардинальное значение фактора – это точка оптимума (от лат. *optimum* – наилучшее), при которой процессы жизнедеятельности протекают наилучшим образом. Организмы могут существовать лишь в диапазоне значений экологического фактора, ограниченном точками пессимума (критическими), за пределами которых существование невозможно. Как недостаточное, так и избыточное действие фактора отрицательно сказывается на жизнедеятельности особей, в отличие от оптимального значения фактора. Отмеченная закономерность получила названия **закона (правила) оптимума**.

Свойство организмов адаптироваться к тому или иному диапазону фактора отражает их **экологическую пластичность** (от греч. *plastos* – лепной, податливый). Виды с широкой экологической пластичностью способны выдерживать широкий диапазон колебаний фактора. Пределы выносливости между критическими точками определяют **экологическую валентность** особей вида к конкретному фактору (например, песцы в тундре имеют широкую валентность по отношению к температуре – от + 30<sup>0</sup>С до –55<sup>0</sup>С, теплолюбивые рачки рода *Copilia* наоборот: – от 23 до 29<sup>0</sup>С). Широкую экологическую пластичность организмов по отношению к комплексу факторов обозначают термином **эврибионтность** (от греч. *eury* – широкий и *biontos*), узкую – **стенобионтность** (от греч. *stenos* – узкий и *biontos*). Пластичность организмов по отношению к конкретному фактору выражают добавлением к названию фактора приставок «эври-» и «стено-». Например, эвригидрические и стеногидрические; эвритермные и стенотермные; эври- и стенобатные; эври- и стеногалинные; эври- и стенофагные организмы. К эвритермным организмам относятся коловратки и тихоходки (от +151<sup>0</sup>С до – 273<sup>0</sup>С), песцы (от + 30<sup>0</sup>С до – 55<sup>0</sup>С), икра леопардовой лягушки из Сев. Америки (от 0 до 30<sup>0</sup>С,

опт. 22°C), карпозубая рыба (от 10 до 40°C); к stenothermным – икра гольца (от 1 до 12°C, опт. 4°C), арктическая рыба *Trematomus* (от –2 до +2°C).

**Закон неоднозначности действия одного фактора на разные функции организма и отдельные особи.** Каждый фактор неодинаково влияет на разные процессы жизнедеятельности организма – оптимум для одних процессов может являться пессимумом для других. Например, температура воздуха от 40 до 45°C у холоднокровных животных сильно увеличивает скорость обменных процессов, но тормозит двигательную активность, и они впадают в тепловое оцепенение. Температура важна для прорастания семян, но для цветения и плодоношения не имеет определяющего значения. Температура воды, оптимальная для созревания половых продуктов рыб, неблагоприятна для икрометания.

Каждый экологический фактор (комплекс факторов) по-разному действует на особи животных и растений в разные фазы их онтогенеза (от греч. *ontos* – сущее и *genos* – род), индивидуального развития. Степень выносливости, определяемая критическими точками, зона оптимума для отдельных особей вида разного возраста не совпадают. Например, у бабочки мельничной огневки – вредителя муки и зерновых продуктов, критическая минимальная температура для гусениц составляет – 7°C, взрослых форм – 22°C, яиц – 27°C, что объясняется экологическими и биологическими различиями между особями разного возраста и пола, жизненным состоянием. У многих видов растений и животных со сложным жизненным циклом отдельные функции всегда протекают в определенные сезоны года, подвижные формы организмов меняют места обитания. Поэтому, экологическая пластичность и валентность вида всегда шире пластичности отдельных особей.

**Закон минимума Либиха.** Немецкий агрохимик Юстус Либих (1840, 1846), выращивая растения на синтетических средах и изучая влияние разнообразных факторов на рост растений, пришел к выводу, что вещества, находящиеся в минимуме (например, бор, а не углекислый газ, вода, которые требуются в избытке для урожая зерна) определяют величину урожая и его устойчивость во времени. Эта зависимость получила название либиховского закона минимума.

**Закон толерантности Виктора Шелфорда.** Амер. зоолог В.Э. Шелфорд показал (1913) на насекомых, что не только фактор, находящийся в минимуме, но и фактор, находящийся в максимуме, может иметь ограничивающее значение. Он сформулировал закон толерантности, в соответствии с которым возможность жизнедеятельности определяется как недостатком, так и избытком любого фактора. Открытие закона позволило выявить пределы существования многих видов растений и животных.

**Закон лимитирующих (ограничивающих) факторов** открыт Ф. Блэкманом в 1909 г. и объединяет в себе закон минимума Либиха и закон толерантности В. Шелфорда. Любое значение экологического фактора, которое приближается к пределам толерантности или выходит за них, является лимитирующим или ограничивающим фактором. В роли лимитирую-



ших факторов могут выступать любые (абиотические, биотические и антропогенные) элементы среды, которые приобретают первостепенное значение в жизни организмов и становятся ограничивающими, прежде всего, географический ареал видов.

Например, в тропиках распространение рифообразующих кораллов ограничено температурой +20<sup>0</sup>С. Распространение инжира связано с наличием его опылителя – осы *Blastophaga*. Завезенный в Калифорнию из Средиземноморья инжир не плодоносил до тех пор, пока туда не завезли ос, а на острове Диксон нет бобовых растений из-за отсутствия там шмелей. Наличие более сильных конкурентов может ограничивать географическое распределение видов, например, австралийские сумчатые не выдерживают конкуренции с кроликами и овцами.

Таким образом, несмотря на огромное разнообразие комплекса факторов, окружающих организмы, существует ряд общих правил, отражающих их влияние, которые могут быть использованы на практике. Например, в сельском хозяйстве выявление и устранение ограничивающих факторов может позволить быстро и эффективно повысить продуктивность растений и животных, или уничтожить их вредителей.

На влияние факторов среды, особенно неблагоприятных, организмы реагируют определенными действиями или изменениями состояния, способствующими выживанию. Н.М. Чернова и А.М. Былова (2007) выделяют три основных **пути приспособлений** организмов к факторам среды: **1) активный, 2) пассивный и 3) избегание неблагоприятных воздействий.**

**Активный путь** связан с активным сопротивлением организмов, поддержанием постоянства внутренней среды, несмотря на колебания воздействий внешних факторов. Сопротивление влиянию внешних факторов требует больших затрат энергии и специальных приспособлений – развития регуляторных процессов, позволяющих осуществлять все жизненные функции организма, несмотря на отклонение внешних воздействий от оптимума. Этот путь ярко выражен у теплокровных или **гомойотермных** (от греч. homoios – подобный и therme – тепло) животных, способных регулировать интенсивность обмена веществ; слабо – у некоторых высших растений, еще слабее – у холоднокровных или **пойкилотермных** (от греч. poikilos – переменчивый и therme – тепло) животных. Такие организмы очень неустойчивы к отклонению режима их внутренней среды, например, повышение температуры тела человека всего на один градус свидетельствует о нездоровье.

**Пассивный путь адаптаций** – подчинение жизненных функций организма изменениям факторов внешней среды, которое свойственно всем растениям и пойкилотермным животным, некоторым гомойотермным, впадающим в спячку или оцепенение. Например, типичные теплокровные животные в условиях крайних температур прибегают к такой пассивной защите путем снижения уровня обмена веществ, замедления темпов роста и развития. В зимнюю спячку впадают летучие мыши, ежи, сони, хомяки, суслики, которые становятся как бы пойкилотермными, а суслики и песчанки (подсемейство хомяковые) впадают в летнюю спячку.

**Анабиоз** (от греч. *ana* – нет и *bios* – жизнь) – состояние мнимой смерти, практически полная остановка обмена веществ, наступающая при полном обезвоживании организмов, но не приводящая к нарушению внутриклеточных структур. Анабиоз характерен для семян и спор растений, коловраток и нематод, выдерживающих температуру от  $-190$  до  $+259^{\circ}\text{C}$ . Переходя в состояние покоя или оцепенения, организмы подчиняются воздействию среды, экономя затраты на свое существование. Например, суслики, впадающие в спячку зимой, снижают температуру тела до  $+5^{\circ}\text{C}$ , частоту сердечных сокращений до 3 (вместо 300 летом), сильно теряют в весе и могут погибнуть от истощения, если не накопят к зиме достаточно жира.

**Избегание неблагоприятных воздействий** – активное перемещение из неблагоприятных условий в благоприятные или определенные формы поведения и сезонные адаптации. Организмы вырабатывают такие жизненные циклы, при которых наиболее уязвимые стадии развития завершаются в самые благоприятные периоды года. Животные, обладающие подвижностью, передвигаются в благоприятную зону путем миграций и **таксиса** (от греч. *taxis* – расположение) или вырабатывают определенные формы поведения (строят норы и гнезда с благоприятным климатом, защищаются от врагов). Так, зимующие тетерева и рябчики на большую часть суток зарываются в снег, где гораздо теплее. Большинство растений лишено возможности перемещаться, поэтому они приспособливаются соответствующей организацией жизненных процессов во времени, т.е. сезонными адаптациями.

### **Вопросы и задания**

1. Сформулируйте основные закономерности действия факторов среды на организмы. Сделайте в тетради рисунки, отражающие эти законы.

2. Используя сведения об экологической пластичности видов по отношению к определенным факторам среды, дайте им названия (эврифагный, эвритермный, стеногалинный, стенотермный, эвригалинный), с помощью приставок "эври-" или "стено-":

1) Икра леопардовой лягушки развивается в диапазоне температур от  $0$  до  $30^{\circ}\text{C}$ , (опт.  $22^{\circ}\text{C}$ ), икра гольца – от  $0^{\circ}\text{C}$  до  $12^{\circ}\text{C}$  (опт.  $4^{\circ}\text{C}$ ).

2) Трехиглая колюшка обитает как в пресных, так и в соленых водах; большинство обитателей морей – только в соленых водах.

3) Назовите животных, способных питаться только одним видом растений; животной и растительной пищей, используя термины п. 2.

3. После просмотра д/ф «Чудеса адаптации», дайте характеристику основных путей адаптаций организмов к изменениям внешних факторов, заполнив таблицу 2.

Таблица 2 – Основные пути адаптаций организмов к внешним факторам

Путь адаптации	Общая характеристика	Характер изменений в организмах	Примеры видов
1. Активный			
2. Пассивный			
3. Избегание неблагоприятных воздействий			

## Занятие 4

### Тема. ВАЖНЕЙШИЕ АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ

#### Краткие теоретические материалы по теме

**Основные понятия темы.** Абиотические экологические факторы среды, формы их действия. Роль воды в жизни организмов. Экологические группы организмов по отношению к влажности местообитания и их адаптации. Роль температуры в жизни организмов и адаптации к различным температурным режимам. Роль разных видов солнечных излучений в жизни организмов. Экологические группы растений и животных по отношению к различным световым режимам.

**Содержание темы.** **Абиотические** (от греч. частицы а – отрицание и *biotikos* – живой, жизненный) факторы – все элементы и свойства неживой (неорганической) природы, прямо или косвенно влияющие на организмы. По механизму действия абиотические факторы делят на химические (состав среды, содержание примесей, реакция среды и др.) и физические (шум, магнетизм, температура, ветер, давление, радиоактивные и космические излучения, течения, влажность и др.). Известны и более сложные классификации абиотических факторов, в которых выделяются **климатические**, **эдафические** (от греч. *edaphos* – почва) или почвенные, **орографические** (от греч. *oros* – гора и *grapho* – пишу) факторы.

**Абиотические** факторы среды могут действовать в разных формах: прямо или косвенно, положительно или отрицательно и чаще всего независимо от плотности в популяции. В зависимости от эффекта воздействия абиотические факторы могут выступать как витальные (энергетические) и сигнальные. **Витальные факторы** (например, температура) оказывают непосредственное воздействие на жизнедеятельность организмов, **сигнальные** несут информацию об изменении энергетических характеристик (например, изменение продолжительности светового дня является сигналом для организмов скорого наступления зимы).

По периодичности проявления абиотические факторы делят на три группы: первичные периодические (температура, освещенность, приливы), вторичные периодические (влажность воздуха) и непериодические (пожары, шквальные ветры, грозы).

Для жизнедеятельности всех организмов наиболее важны среди абиотических факторов влажность, температура и излучения.

**Роль воды в жизни организмов и основные адаптации к различной влажности.** Вода – компонент всех живых организмов и чрезвычайно важный экологический фактор. На её долю приходится в среднем 2/3 массы клетки и организма, в том числе человека. Высокое содержание воды в любом организме является непременным условием его жизнедеятельности. Потеря большей части воды ведет к гибели организма или временной утрате признаков живого – анабиозу, т.к. она выполняет важные функции. Вода – универсальный растворитель; основное средство для передвижения веществ; непосредственный участник многих химических реакций (гидролиза);

основная среда для протекания реакций в клетке; основной источник кислорода и водорода – участников окислительно-восстановительных реакций. Кроме того, вода обладает важными для поддержания в организме теплового равновесия свойствами: высокими теплоемкостью и теплопроводностью.

Вода – это также важный компонент всех сред обитания и экологический фактор, ограничивающий жизнедеятельность, численность, поведение и географическое размещение видов. Диапазон воды как фактора в биосфере велик: от полного ее отсутствия в абсолютно сухом воздухе до полного насыщения ею водной среды обитания. Жизнь в наземно-воздушной и почвенной средах возможна лишь при наличии определенного количества воды. Для организмов важны также ее физическое состояние, распределение по сезонам года и почвенным горизонтам; характер и продолжительность выпадающих осадков.

По отношению к влажности местообитания все наземные организмы делят на **три основные экологические группы: гигрофильные** (от греч. *hygros* – влажный, *phileo* – люблю) – влаголюбивые; **мезофильные** (от греч. *mesos* – средний) – живущие в условиях умеренной влажности; **ксерофильные** (от греч. *xeros* – сухой) – сухолюбивые.

Водный обмен с окружающей средой у них различен: наиболее интенсивно протекает у гигрофилов, слабее – у ксерофилов. **Гигрофилы** (например, кислица обыкновенная, лютик ползучий, калужница болотная; мокрицы, ногохвостки, комары, стрекозы, ужи) не выносят водного дефицита и плохо переносят даже кратковременную засуху. **Ксерофилы** (кактусы, алоэ, молочаи; термиты, жуки-чернотелки, вараны, верблюды) приспособлены к поддержанию воды в клетках и организме различными механизмами.

Влажность местообитания действует на организмы прямо и косвенно, изменяет влияние других факторов, отражается на внутреннем и внешнем строении, процессах жизнедеятельности и поведении организмов, т.е. проявляется в различных **адаптациях**.

**Анатомо-морфологические адаптации ксерофилов:** непроницаемость покровов тела за счет воскового налета, различных волосков и щетинок у растений, хитина – у животных; разветвленные корневые системы растений, достигающие водоносных горизонтов почвы; редукция листовой поверхности, полное сбрасывание листьев, ветвей в сухой период года; наличие внутренних дыхательных органов (трахей и легких); **физиологические адаптации:** запасание большого количества воды в тканях растений и животных; продолжительное удерживание воды (в кишечнике путем реабсорции или связывание воды коллоидами – у амёбного долгоносика 46% воды; уменьшение потерь воды с выделениями – у насекомых и моллюсков – концентрированная моча, у грызунов и антилоп в пустыне – обезвоженные экскременты); использование метаболической воды при разложении жиров или других органических веществ (например, большой мучной хрущак, личинки муравьев, кенгуровая крыса, верблюд); поглощение воды покровами тела насекомыми или частями тела (пустынная жаба брюшком); **этологические адаптации:** выработка определенных форм поведения, суточного и сезонного ритма жизни: выбор места обитания и кормов животными; выбор времени суток (ночной образ жизни) и времени года, переход в состояние вынужденного покоя (спячка, покой). Своеобразный ритм сезонного развития характерен для растений и животных. Многие растения (бурачок пустынный, луки, тюльпаны, пролески, безвременники), используя весеннюю влагу, успевают в короткие сроки пройти все активные фазы вегетации, как и ряд видов насекомых, ракообразных, рыб (сохраняются в иле в виде икры).

По способу регулирования водного режима организмы можно разделить на пойкилогидрические и гомойогидрические. **Пойкилогидрические** (от греч. *poikilos* – пе-

ременчивый и hydor – вода) организмы не способны поддерживать постоянное количество воды в тканях и органах, активно регулировать свой водный режим, т.к. у них нет механизмов защиты от потерь воды. Например, наземные водоросли, грибы, лишайники, некоторые мхи способны высыхать почти до воздушно-сухого состояния, но после смачивания «оживают». **Гомойогидрические** (от греч. homoios – подобный, одинаковый и hydor) организмы активно регулируют водный режим и поддерживают постоянное количество воды внутри тела (большинство высших сосудистых растений, регулирующих потерю воды путем закрывания устьиц и складывания листьев).

**Роль температуры в жизни организмов и адаптации к различным температурным режимам.** Температура – это важнейший экологический фактор, т.к. все физиологические процессы возможны только при определенных температурах, от которых зависит скорость протекания физико-химических процессов в клетках, рост, развитие, поведение особей, численность, двигательная активность животных и географическое распределение видов. Основным источником тепла в биосфере является солнечное излучение, а количество тепла, достигающего поверхности Земли, зависит от высоты Солнца над горизонтом, угла падения лучей (широты местности и высоты над уровнем моря). Диапазон температур на нашей планете от **минус 89** в Антарктиде до **+ 58<sup>0</sup>С** в Африке. Температурный диапазон **пассивной жизни** на Земле – от **минус 200** (споры, семена) до **+ 100<sup>0</sup>С** (споры, бактерии). Большинство организмов активно в более узком диапазоне температур (табл. 3), позволяющем сохранять структуру белков и их функционирование.

Таблица 3 – Температурный диапазон активной жизни на Земле, <sup>0</sup>С

Среда жизни	Максимум	Минимум	Амплитуда
Суша	55,5	-70,0	125,5
Вода	35,6	-3,3	38,9
Пресные воды	93,0	0	93,0

На суше температура подвержена резко выраженным суточным и сезонным колебаниям, которые обуславливают соответствующий ритм биологических процессов и явлений. При характеристике температуры как экологического фактора наиболее важны: крайние значения, продолжительность и повторяемость действия; температура воздуха и почвы, разница между ними. Так, растения способны поглощать питательные вещества из почвы лишь в том случае, если температура почвы на несколько градусов ниже, чем воздуха. В противоположной ситуации растения не цветут и могут погибнуть при увеличении этой разницы.

По отношению к температуре среды все организмы делят на три основные экологические группы: **теплолюбивые или термофилы** (от греч. therme – тепло и phileo); **холодолюбивые или криофилы** (от греч. kryos – холод и phileo) и **мезофилы**, обитающие в условиях умеренных температур (от греч. mesos – средний и phileo).

**Термофилы** – преимущественно обитатели жарких, тропических районов Земли, не переносящие низких температур и погибающие при +10<sup>0</sup>С из-за нарушения обмена веществ, накопления вредных веществ (многие беспозвоночные животные, теплокровные и холоднокровные позвоночные, растения). Температурный оптимум для большинства тер-

мофилов составляет 20-25<sup>0</sup>С, для некоторых видов значительно выше – рыбка пятнистый ципринодон обитает в горячих источниках Калифорнии при температуре 52<sup>0</sup>С, цианобактерии на Камчатке выдерживают температуру 75-82<sup>0</sup>С. **Криофилы** способны жить в условиях низких температур, не переносят высоких, сохраняют активность при температуре клеток от –8 до –10<sup>0</sup>С. Представители всех групп организмов (бактерии, грибы, животные и растения) населяют холодные и умеренные зоны. Так, древесные и кустарниковые растения способны в условиях Ц. Сибири переносить температуры до –70<sup>0</sup>С. В неактивном состоянии (споры, семена, пыльца растений, цисты простейших) после обезвоживания организмы выдерживают температуры, близкие к абсолютному нулю (–271<sup>0</sup>С). **Мезофилы** обитают в умеренном поясе в условиях средних температур: от 20 до 40<sup>0</sup>С.

**У термофилов** имеются следующие **морфологические адаптации**: сокращение размеров поверхности тела и отдельных органов (листьев до игл, щетинок и чешуй); особые покровы тела (войлок, глянec); наличие эфирных желез; длинные ноги у насекомых; различная окраска животных (белая у жука жужелицы и долгоносика, металлическая у златки блестянки); **физиологические**: высокая жаропрочность клеток и тканей; выделение солей, воды или эфирных масел, приводящее к охлаждению; переход в состояние вынужденного покоя; **этологические**: уход в более прохладные, затененные места, в песок, щели, норы, под камни; ночной образ жизни.

**Морфологические адаптации криофилов**: изменение формы, окраски органов и их метаморфозы; увеличение размеров тела животных (правило Бергмана), которое подтверждается на примере разных видов пингвинов: самый крупный императорский пингвин (длина 1,2 м, вес 34 кг) живет в центре Антарктического материка, самый мелкий (длина 50 см) – под экватором на Галапагосских островах. В соответствии с правилами Дрё и Аллена в условиях низких температур у животных форма тела приближена к шару, покровы тела (мех, перья) более толстые; уменьшены размеры поверхности ушей, хвоста, длина шеи и конечностей. **Физиологические адаптации** связаны с изменениями физико-химического состояния веществ в клетке: повышением концентрации растворов и осмотического давления клеточного сока; уменьшением количества свободной воды в организме – обезвоживанием, позволяющим длительное время (до 1000 дней у насекомых) переносить низкие температуры в промерзшей почве; накоплением запасных питательных веществ в виде высокоэнергетических соединений – жира, масла, глицерина, гликогена. Мелкие арктические млекопитающие усиливают обмен веществ при температуре окружающей среды –30<sup>0</sup> С, а более крупные (мускусный бык) выдерживают мороз до –40<sup>0</sup> С без усиления обмена веществ. У растений сахара и масла откладываются в надземных органах, крахмал – в подземных. **Этологические адаптации криофилов** заключаются в перемещение животных в благоприятные зоны, в сезонных миграциях и перелетах, изменении сроков активности в течение суток; переходе в неактивное состояние – спячку, оцепенение (сурки, сони, белки, бурые медведи, рукокрылые); скоплении животных в группы – сучивание (клоп-солдатик); принятие особой позы относительно солнца (саранча, пустынная ящерица), скручивание тела кольцами, укутывание хвостом; утепление гнезд, убежищ; повышение активности за счет прыжков и пробежек; изменение характера пищи (белки зимой питаются семенами хвойных, в теплое время использует более 100 кормов; олени соответственно – травой и лишайниками, богатыми белками, жирами и сахарами).

По способу регулирования температуры тела организмы разделены на две группы: **пойкилотермные** и **гомойотермные**. У **пойкилотермных** организмов температура тела зависит от температуры окружающей среды из-за отсутствия эффективных механизмов терморегуляции (растения и большая часть животных – все беспозвоночные, рыбы, земноводные, пресмыкающиеся). Пойкилотермные организмы называют **эктотермными** (от греч. *ektos* – вне, внешний), т.к. источником тепла для них служит внешняя среда. Они могут регулировать температуру тела, перемещаясь в зоны с подходящим температурным режимом. **Гомойотермные** способны поддерживать постоянную температуру тела (у млекопитающих 36-37<sup>0</sup>С, у птиц до 40<sup>0</sup>С), благодаря высокому уровню обмена веществ, нали-

чую термоизоляционный слой (оперение, мех, жир). Гомойотермные или **эндотермные** (от греч. endon – внутри) организмы производят большую часть собственного тепла за счет биохимических окислительных реакций, способны рассеивать лишнее тепло в теплые периоды и удерживать в холодные.

Особую группу составляют **гетеротермные** (от греч. heteros – иной, другой) организмы (суслики, сурки, ежи, барсуки, медведи, летучие мыши), значительно понижающие температуру тела в период зимней спячки (у сусликов до  $+5^{\circ}\text{C}$ ).

**Роль излучений в жизни организмов. Экологические группы растений и животных по отношению к различным световым режимам.** Источником лучистой энергии на Земле является Солнце, дающее тепло и свет и являющееся одним из наиболее важных, особенно для растений, абиотических факторов. Количество достигающей поверхности Земли радиации обусловлено географической широтой местности, продолжительностью дня, прозрачностью атмосферы, высотой стояния солнца или углом падения солнечных лучей. При прохождении лучей через атмосферу около 19% поглощается облаками и водяными парами, 34% отражается обратно в космос, 47% (от 42 до 70%) достигает земной поверхности, из них 24% – прямая радиация и 23% – отраженная.

В спектре солнечного излучения выделяют лучи разной длины волны, окраски и биологического значения. Наиболее изучены световые (видимые), тепловые (инфракрасные) и ультрафиолетовые лучи. На долю первых двух приходится примерно по 50%, третьих – около 1%. Световые лучи – основной источник жизни на Земле, дающие энергию для фотосинтеза и необходимые для ориентации животных. Инфракрасные лучи – источник тепловой энергии, влияющий на тепловые центры нервной системы животных. Ультрафиолетовые лучи в небольших дозах необходимы организмам, т.к. они оказывают бактерицидное действие, стимулируют рост и развитие клеток, синтез витамина D и защитного пигмента в коже – меланина.

Разные местообитания отличаются интенсивностью радиации, спектральным составом, продолжительностью освещения, пространственным и временным распределением света и разнообразием адаптаций организмов к ним.

Растения по отношению к условиям освещенности делят на три основные экологические группы: **светолюбивые или гелиофиты** (от греч. helios – свет, phyton – растение); **тенелюбивые или сциофиты** (от греч. skia – тень и phyton); **теневыносливые или факультативные гелиофиты** (от лат. facultas – необязательный). Гелиофиты и сциофиты различаются положением экологического оптимума, который у светолюбивых организмов находится в области полного солнечного освещения, у тенелюбивых – слабой освещенности, т.к. они не выносят прямых солнечных лучей. Теневыносливые растения лучше растут при полной освещенности и способны хорошо адаптироваться к слабому свету. У растений, обитающих в условиях различного светового режима выработались следующие адаптации.

**Анатомо-морфологические адаптации:** размеры листьев у гелиофитов более мелкие, стебли сильно ветвистые, укороченные; листовые пластинки ориентированы на уменьшение прихода радиации в самые «опасные» дневные часы; поверхность листа, отражающая солнечные лучи (блестящая – у лавра, покрытая светлым восковым налетом – у кактуса, молочаев) или ослабляющая их действие (толстая кутикула, густое опушение);

наличие большого количества мелких и светлых хлоропластов, изменение их ориентировки и перемещение в клетке; у сциофитов – крупные тонкие листья, расположенные горизонтально, с небольшим количеством устьиц; приземистость, розеточное расположение листьев; изменение положения листовых пластинок при попадании на них сильного света и движение цветков растений вслед за солнцем – фототаксис.

**Физиологические адаптации:** усиленное вытягивание стеблей у светолюбивых растений; изменение интенсивности фотосинтеза; сезонная динамика реакции на свет: весной фотосинтез происходит при большей освещенности, летом – при слабом освещении; потеря растением способности к фотосинтезу при недостатке света и переход к гетеротрофному типу питания (орхидеи тенистых лесов).

**Этологические адаптации:** листопад у растений; выбор времени суток и времени года для активной жизнедеятельности.

Для наземных животных свет является важным фактором, позволяющим им ориентироваться. По степени активности в разное время суток животных делят на три **экологические группы: дневные, ночные и сумеречные**. Для дневных и ночных животных зрение является одним из способов ориентации в поисках пищи и при избегании врагов. Цветное зрение у многих животных привело к формированию у их жертв различных адаптаций: защитная, маскирующая и предупреждающая окраска, покровительственное сходство, мимикрия и т.п.

По отношению к продолжительности светового дня организмы делят на **короткодневные** (обитатели низких широт) и **длиннодневные** (обитатели умеренных и высоких широт).

### **Вопросы и задания**

1. Назовите экологические факторы, действующие на организмы и дайте им характеристику.

2. Классификации абиотических факторов и формы их воздействия на организмы.

3. Покажите роль воды в жизни организмов и экологические группы по отношению к влажности местообитания.

4. Роль температуры в жизни организмов, экологические группы растений и животных по отношению к этому фактору.

5. Роль солнечных и других видов излучений в жизни организмов. Экологические группы растений и животных по отношению к излучениям.

6. Приспособления организмов к различным абиотическим факторам отразите в таблице 4.

Таблица 4 – Адаптации организмов к основным абиотическим факторам

Фактор	Значение для организмов	Адаптации, экологические группы		
		анатомо-морфологические	физиологические	этологические
1. Влажность				
2. Температура				
3. Излучения: – видимые – инфракрасные – ультрафиолетовые				



## Занятие 5

### Тема. ОСНОВНЫЕ ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

#### Краткие теоретические материалы по теме

**Основные понятия темы.** Современное представление о популяции. Величина популяции и факторы на нее влияющие. Типы роста численности популяций: экспоненциальный и логистический. Динамика численности популяций. Факторы, зависящие и независящие от плотности. Биотический потенциал. Рождаемость и плодовитость. Смертность в популяциях растений и животных. Типы кривых выживания. Плотность популяции. Миграции. Половая и возрастная структура популяций растений и животных, факторы их определяющие, значение.

**Содержание темы.** Термин **популяция** (от лат. *populus* – народ, население) был введен в экологию датск. биологом и генетиком Вильгельмом Иоганzenом в 1903 г. для обозначения генетической неоднородности группы особей одного вида в отличие от однородной чистой линии, возникающей из генетического материала одной особи. Термин заимствован из демографии и к настоящему времени его содержание значительно изменилось, став синтетическим, вобравшим в себя существовавшие в прошлом экологический и генетический подходы. Основой для такого синтеза явилось учение о микроэволюции, т.к. именно в нем видна роль популяции как элементарной эволюционной единицы. В соответствии с таким синтетическим подходом в настоящее время под **популяцией** понимают минимальную самовоспроизводящуюся группу особей одного вида, на протяжении эволюционно длительного времени населяющую определенное пространство, образующую самостоятельную генетическую и экологическую системы. Популяция характеризуется с трех сторон: 1) как наименьшая, элементарная эволюционная единица; 2) как самостоятельная генетическая и 3) самостоятельная экологическая система. Такие группы особей, как пара размножающихся особей, семья, колония животных, не могут быть названы популяциями, т.к. они погибают, не успев эволюционно измениться.

Популяция как биологическая система характеризуется следующими чертами или критериями: определенной численностью, длительностью существования, наличием собственного ареала, генетической и экологической самостоятельностью. Популяция – это всегда достаточно многочисленная группа особей одного вида, на протяжении большого числа поколений в высокой степени изолированная от других аналогичных групп особей.

Каждая популяция, обладает биологическими особенностями, которые свойственны отдельным особям, и групповыми особенностями, которые служат её уникальными характеристиками. К биологическим особенностям относятся: определенный жизненный цикл, способность к росту и дифференцировке. **Групповые особенности – популяционные (демографические) характеристики**, не присущи каждой отдельной особи и имеют смысл только на уровне группы: к ним относятся численность, размер

ареала, рождаемость, биотический потенциал, плодовитость, смертность, миграции, прирост, темпы прироста, плотность; а также определенная организация – половая, возрастная, пространственная и этологическая структура. Все характеристики популяции имеют эволюционное значение, закреплены генетически в ее аллелофонде и отражают особенности ареала (от лат. *area* – площадь, пространство) популяции. Их делят на статические (величина, размер ареала, плотность, структура) и динамические (скорость изменения численности, рождаемость, смертность).

**Величина популяции** определяется числом особей, т.е. численностью и размером занимаемого пространства, точнее, репродуктивного (от лат. *re* – вновь, *producere* – производить, создавать) ареала. Их выявление – это важная часть любого популяционного исследования.

**Численность популяции** определяется общим количеством особей на ареале, которое непостоянно, испытывает периодические и непериодические изменения под влиянием внешних абиотических и биотических, а также внутренних факторов. Факторы, влияющие на численность популяций, делят на независимые и зависимые от плотности в самой популяции. Численность природных популяций может быть различной, но всегда должна быть достаточно большой, чтобы выдерживать неизбежные колебания внешних факторов. Например, население домовых мышей на острове Скокольм (юго-западное побережье Англии) за 11 лет наблюдений колебалось от 150 до 12 000 особей. В критические периоды жизни популяции численность может быть очень низкой: например, численность белого носорога в Южной Африке в начале XX века составляла около 10 особей, а в 1978-1979 гг. была восстановлена до 2200-2300 особей, благодаря организации заповедников и расселению животных.

**Размер и структура ареала** популяций растений и животных также существенно различаются: от нескольких десятков кв. м до млн. га, что определяется особенностями занимаемой территории и степенью подвижности особей. Небольшой по размеру ареал занимают популяции видов, ведущих сидячий и оседлый образ жизни (у наземных моллюсков – от нескольких десятков кв. м до нескольких га), у подвижных животных – наоборот (у чирка-свистунка – до тысячи км<sup>2</sup>).

Реальная величина популяции в каждый момент ее существования определяется тремя внутренними факторами: рождаемостью, смертностью и миграциями.

**Биотический потенциал** (от греч. *biotikos* – живой и лат. *potentia* – сила, возможность). Увеличение численности природных популяций происходит путем умножения (геометрического роста), а не простого прибавления (арифметического роста), т.к. рождающиеся молодые особи, вырастая, сами производят потомство. Любая популяция обладает огромной внутренней способностью к увеличению численности, т.к. обладает высоким биотическим (репродуктивным) потенциалом. Термин **биотический потенциал** предложил Р. Чепмен в 1928 г. для обозначения врожденного свойства организмов к размножению и выживанию. Биотический потенциал отражает

теоретически возможный максимум потомков одной пары (или особи) за единицу времени (год, жизненный цикл) при отсутствии тормозящих факторов. Количественно его выражают **коэффициентом  $r$**  или максимально возможным приростом популяции  $\Delta N$  за отрезок времени  $\Delta t$ , отнесенным к одной особи, при начальной численности популяции  $N_0$ :  $r = \Delta N / N_0 \times \Delta t$ .

Теоретически возможный рост численности популяции, обладающей неограниченными ресурсами и пространством, выражается **экспоненциальной** кривой, кривой биотического потенциала или теоретического роста. Из-за ограниченности ресурсов местообитания, воздействия других видов и абиотических факторов этот потенциал обычно не реализуется в полной мере. Реальная кривая роста имеет S-образную форму и называется **логистической** и отражает стабилизацию численности на определенном уровне, соответствующем емкости среды. Такая динамика роста численности была предложена французским математиком П.-Ф. Верхюльстом в 1845 г. для популяции человека.

Биотический потенциал у разных видов различен: самка косули за жизнь производит 10-15 козлят; треска откладывает несколько млн. икринок; рыба-луна – до 3 млрд. икринок. Виды, имеющие наиболее высокий потенциал способны за короткий срок произвести огромное количество потомков: одна инфузория может за несколько дней образовать массу протоплазмы, превышающую по объёму в 10 тыс. раз объём Земного шара. Бактерия кишечная палочка, делящаяся через каждые 20 мин., может покрыть своими потомками весь Земной шар сплошным покровом (толщиной 30 см) через 36 часов, а потомство одного растения одуванчика – через 8-10 лет.

**Рождаемость** определяется числом новых особей, появившихся в популяции за единицу времени в результате размножения (в расчете на определенное число ее членов, например, на 1 тыс.). Различают **абсолютную и удельную рождаемость**. **Абсолютная рождаемость** – общее число родившихся в популяции особей за год, сезон или другой отрезок времени. **Удельная рождаемость** – среднее изменение численности в расчете на одну особь за определенный интервал времени.

Величина рождаемости зависит от внешних абиотических и биотических факторов, а также от биологических особенностей организмов и особенностей популяции в целом: частоты последовательности генераций (многолетние и полиголетные виды); числа периодов размножения одной особи (моно- и полициклические растения, моно- и поликарпические виды); скорости полового созревания; соотношения продолжительности периода размножения и общей продолжительности жизни (у дрозофил – 65%, поденок – 1%); доли размножающихся особей в популяции.

**Плодовитость** характеризуется коэффициентом рождаемости – числом потомков, производимых единицей популяции в единицу времени. Она, как правило, не связана прямо пропорционально с рождаемостью, а зависит от: степени развития заботы о потомстве; продолжительности беременности; обеспеченности яиц запасными питательными веществами; степени смертности от внешних факторов, в т.ч., хищников; образа жизни. У видов, оберегающих и вскармливающих свой молодняк, плодовитость резко понижена (например, у птиц варьирует от 1 до 20-25 яиц). Средняя

величина плодовитости вида и его популяций определяется исторически как приспособление, обеспечивающее пополнение убыли особей.

**Смертность в популяциях растений и животных** определяется количеством особей, погибших за определенный период, и выражается в процентах к средней или начальной величине численности. Смертность – величина непостоянная и изменяющаяся под влиянием: абиотических факторов среды; возрастной структуры и состояния популяции; воздействия конкурентов, хищников, паразитов, болезней, деятельности человека.

Для анализа динамики смертности в популяциях составляют таблицы и кривые выживания, в которых для каждой возрастной группы указываются эмпирические данные по количеству погибших особей. Таблицы и кривые выживания позволили выявить у разных видов неодинаковый уровень смертности в зависимости от возраста особей и выделить три основных типа кривых выживания или смертности (рис.).

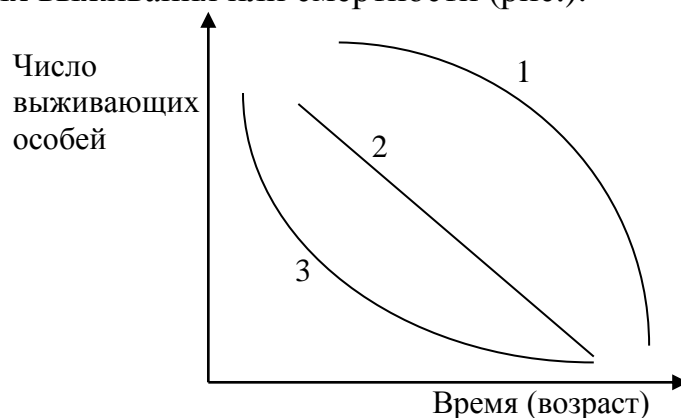


Рис. – Типы кривых выживания (смертности)

**Первый тип** характерен для видов, имеющих высокую продолжительность жизни у большинства особей и умирающих в течение короткого периода в зрелом возрасте из-за старости (отмечен для многих видов млекопитающих, в т.ч. человека в высокоразвитых странах, жуков-златок, однолетних культурных растений, дрозофил). **Второй тип** кривой – промежуточный, характерен для видов, у которых смертность почти не зависит от возраста (многие виды птиц, мыши, кролики, пресноводная гидра и другие беспозвоночные животные; ряд растений). **Третий тип** кривой свойственен видам с повышенной смертностью особей в ранний период жизни, поэтому средняя продолжительность жизни намного меньше максимальной (виды рыб, птиц, многие насекомые, ракообразные, горные овцы, устрицы, полевки, двустворчатые моллюски, растения).

Таблицы и кривые выживания позволяют экологам оценивать и прогнозировать состояние очередных генераций и популяции в целом, определять уязвимый для вида и популяции возраст, что необходимо учитывать при планировании мероприятий по регулированию численности особей, устройству охотничьих хозяйств, определению форм и сроков охоты и борьбы с вредителями и болезнями.

**Миграции** (от лат. *migratio* – переселяюсь) растений и животных – процесс перемещения особей из одной популяции в другую, обеспечивающий обмен генетическим материалом и определяющий вместе с рождаемостью и смертностью характер роста численности популяции и её плотность. Миграции – это закономерное явление в популяции, включающее выселение особей из популяции – эмиграцию (от лат. *emigrare* – выселяться) и вселение особей в популяцию – иммиграцию (от лат. *immigro* – вселяюсь и *immigrantis* – вселяющийся). Наиболее интенсивно миграции происходят при несбалансированных рождаемости и смертности, при увеличении или снижении плотности. Темпы миграции особей у разных видов различны: у зайца-беляка 1% молодняка регулярно покидает места рождения, у большой синицы – 2/3 молодых особей.

Миграции обычно совершаются у: птиц и млекопитающих при подрастании и расселении молодняка; насекомых на стадии взрослой особи (имаго); сидячих животных – плавающими личинками и специальными поколениями; растений – спорами, семенами, плодами, частями растений. Миграции служат средством связи между популяциями и изменяют (снижают или увеличивают) численность и плотность в них, степень конкуренции и поведение животных, обеспечивают единство и устойчивость вида.

**Плотность популяций** определяется численностью или биомассой особей на некоторой единице пространства: 500 деревьев на 1 га, 5 млн. диатомовых водорослей в 1 куб. м воды, 200 кг рыбы на 1 га поверхности водоема. Плотность, как и все остальные популяционные характеристики, изменчива во времени и зависит от численности, при возрастании которой она может не увеличиваться, если возможно расселение особей и расширение ареала. Для популяций неблагоприятно значительное изменение плотности, как в сторону увеличения, так и уменьшения из-за ограниченности кормовых ресурсов, и жизненного пространства, изменения степени конкуренции и защитных реакций группы, другим отрицательным последствиям.

**Структура популяций растений и животных.** Каждой популяции, как сложной биологической системе, свойственна определенная организация или структура, которая определяется количественным соотношением и связями ее частей, т.е. особей: их соотношением по признаку пола (половая структура); по возрастным группам (возрастная структура); распределением в пределах ареала (пространственная структура); морфологическими и физиологическими особенностями (экологическая структура); поведением (этологическая структура). Структура популяции формируется на основе общих свойств вида, под влиянием внешних абиотических факторов и популяций других видов, имеет приспособительный характер.

**Половая структура популяций** чрезвычайно важна для воспроизводства, особенно, у видов с половым размножением. Соотношение полов в популяции устанавливается по генетическим законам и под влиянием абиотических и биотических факторов среды. Перекомбинация половых хромосом в момент оплодотворения обеспечивает равное соотношение зигот по признаку пола, но это не означает, что для популяции характерно такое соотношение. Гибель представителей одного из полов происходит вследствие генетически

обусловленных различий в физиологии, экологии, поведении и смертности особей. Например, самки комаров сем. Culicidae в имагинальный период, некоторых иксодовых клещей и мошек являются кровососущими, а самцы питаются нектаром, росой, сладким соком или вообще не питаются. Различия особей разного пола по темпам роста, срокам полового созревания, степени смертности, устойчивости к голоданию и к изменениям температуры проявляются в различном возрасте: например, смертность самок у ондатр среди новорожденных в 1,5 раза больше, чем у самцов; у пингвинов при выходе птенцов из яиц соотношение полов одинаковое, но к 10-летнему возрасту на каждых двух самцов приходится по одной самке; у некоторых летучих мышей доля самок после зимней спячки снижается иногда до 20%.

На половую структуру популяций заметное влияние оказывают абиотические факторы. Так, у рыжих лесных муравьев пол особи зависит от температуры, при которой развиваются яйца: при температуре более 20°C из оплодотворенных яиц развиваются самки, при более низкой температуре – почти исключительно самцы (у крокодилов наоборот). У видов с чередованием половых и партеногенетических поколений (дафнии, тля) пол особи зависит от температуры и способа размножения (при половом – самцы, при партеногенетическом при оптимальной температуре – самки), длины светового дня, плотности в популяции.

**Половая структура популяций растений** так же, как и у животных, может быть сложной, т.к. растения могут иметь однополые и двуполые цветки, однодомные и двудомные экземпляры. Генетически неоднородны популяции двудомных видов (ива, тополь, дрема белая, щавель малый, бодяк полевой, пролесник многолетний), растений с женской двудомностью, имеющих особи с обоеполыми и с женскими цветками (многие растения семейства губоцветные – чабрец Маршала, душица обыкновенная, мята полевая, будра плющевидная; гвоздичные – смолевка поникшая, гвоздики; ворсянковые и колокольчиковые). Пол некоторых растений зависит от размеров клубней, из которых они вырастают – у *Arisaema japonica* из крупных клубней развивается женское растение. На половую структуру популяций растений, как и животных, влияют абиотические факторы: в Зауралье из-за засухи в 1975 г. соотношение женских и мужских особей у шалфея степного составило 1:10, у спаржи лекарственной – 1:3.

Половая структура популяций может служить индикатором их состояния и условий существования. Например, повышение числа самцов в популяции зубра в Беловежской пуще – следствие недокорма животных; числа самок в популяции сусликов, мышей, чернохвостого оленя – действия низких температур; увеличение числа самцов в популяциях обыкновенной полевки и малого суслика – действия химической обработки.

**Возрастная структура популяций растений и животных** является их важной характеристикой, которая определяет величину рождаемости и смертности, имеет приспособительный характер, формируется на основе биологических особенностей вида, но всегда отражает силу воздействия факторов окружающей среды.

Продолжительность жизни особей и периода размножения, степень плодовитости и смертности; число генераций; время наступления половой зрелости неодинаковы у разных видов, что обуславливает более или менее сложную возрастную структуру популяций. Чем сложнее эта структура, тем выше приспособительные возможности популяции, что объясняется законами оптимума и неоднозначности действия факторов. Возрастные различия в популяции существенно увеличивают ее экологическую неоднородность и, следовательно, сопротивление среде. Повышается вероятность того, что при сильных отклонениях факторов от нормы в популяции сохранится хотя бы часть жизнеспособных особей и она сможет продолжить свое существование.

По отношению к популяции выделяют три экологических возраста: **предрепродуктивный, репродуктивный и пострепродуктивный**. **Предрепродуктивный** (от лат. *prae* – перед, впереди, *re* – возобновление, повторение и *produco* – производжу) период предшествует периоду половой зрелости и у многих видов животных и растений бывает особенно длительным. У насекомых из отряда поденок этот период продолжается несколько лет (до 3 лет в течение которых личинка линяет 25 раз), у американской цикадки – 17 лет. **Репродуктивный** период особенно короткий у видов с продолжительным первым периодом, составляет от одного до нескольких дней, в течение которых животные не питаются, а их кишечник превращен в воздушный пузырь. Популяции с коротким репродуктивным периодом быстро восстанавливают свою численность. **Пострепродуктивный** (от лат. *post* – после, *re* и *produco*) период особенно короток или отсутствует у видов с продолжительным предрепродуктивным периодом (у цикадок и поденок).

Количественное соотношение в популяциях разных возрастных групп определяет их способность к росту. В **стабильных популяциях** соотношение разных возрастных групп составляет 1:1. В **быстро растущих популяциях** доминируют интенсивно размножающиеся молодые особи. В **сокращающихся популяциях** преобладают старые особи, уже не способные интенсивно размножаться, что свидетельствует о неблагоприятных условиях и состоянии популяции. В популяции человека более 50% составляют люди возрастом 20-30 лет.

При благоприятных условиях в популяции присутствуют все возрастные группы и поддерживается более или менее стабильный уровень численности. Распределение особей по возрастным состояниям называется ее **возрастным спектром**, который может варьировать в зависимости от реактивности и устойчивости самих видов. Например, у растений разная сопротивляемость к выпасу: у одних он вызывает омолаживание (полынь равнинная), у других способствует старению из-за снижения возобновления (жабрица). В популяции бука большое количество возрастных групп, т.к. он дает семенную продукцию в течение столетий. Популяция лосей в любое время года состоит из 10-11 групп, но размножаться особи начинают с пятой.

**По возрастному спектру** выделяют три основных типа популяций: 1) **инвазионная, внедряющаяся** (от лат. *invasio* – вторжение, нападение) популяция имеет в возрастном спектре только семена или молодые особи, не способна к самоподдержанию, нуждается в поступлении зачатков извне и может быть молодой популяцией в сообществе; 2) **нормальная популяция** представлена всеми или почти всеми возрастными группами, независима и способна к поддержанию семенным или вегетативным способом. В зависимости от преобладающей группы различают молодые, средневозрастные или старые нормальные популя-

ции. Нормальная полночленная популяция состоит из особей всех возрастных групп, нормальная неполночленная популяция лишена каких-либо возрастных групп; 3) **регрессивная** (от лат. regressus – движение назад, возвращение) популяция представлена только сенильными (старые генеративные) и субсенильными (старые вегетативные) или также генеративными, но старыми, не образующими всхожих семян особями. Такие ценопопуляции растений не способны к самоподдержанию и зависят от зачатков, поступающих извне.

Количество возрастных групп у разных видов неодинаково. Т.А. Работнов (1950) для растений выделил следующие **возрастные группы**: **латентная** – зачатки растений в виде спор, семян, плодов, почек возобновления; **виргинильная**; **генеративная** (молодые, средневозрастные, старые); **сенильная** (старческие особи, потерявшие способность к размножению).

Соотношение численности разных возрастных групп в популяции отражают графически с помощью **возрастных пирамид**. Различают три типа пирамиды возрастов, характеризующих популяции с высокой, умеренной и малой численностью (в %) молодых особей: 1) пирамида с широким основанием, высоким процентом молодняка и быстрым ростом; 2) пирамида с умеренным процентом молодняка; 3) пирамида с узким основанием и численным преобладанием старых особей над молодыми.

Количественное соотношение возрастных групп является индикатором состояния популяции и ее будущего в биоценозе, а также индикатором условий жизни. В благоприятных условиях в популяции присутствуют все возрастные группы, между ними наблюдаются постепенные переходы и регулярное возобновление обеспечивает поддержание нормального уровня численности. При эксплуатации природных популяций учет возрастной структуры необходим, т.к. позволяет определить допустимый размер изъятия ресурса и сохранить оптимальную структуру системы. Пирамида возрастов у многих видов животных - объектов охоты или рыболовного промысла, меняется по воле человека.

### ***Вопросы и задания***

1. Определите понятие «популяция» и назовите ее основные критерии.
2. Что понимают под популяционными или демографическими характеристиками? Чем они отличаются от биологических особенностей?
3. Величина популяции и факторы на неё влияющие.
4. Теоретическая и реальная кривые роста численности популяции, биотический потенциал.
5. Дайте характеристику рождаемости и плодовитости.
6. Смертность в популяциях разных видов растений и животных.
7. Типы кривых выживания и их практическое значение? Зарисуйте типы кривых выживания и приведите для них примеры видов.
8. Миграции и плотность популяций животных и растений.
9. Что понимают под структурой популяции?
10. Половая структура популяций, способы размножения разных видов растений и животных. Половая структура популяции человека.
11. Возрастная структура популяций у растений и животных. Типы популяций по возрастной структуре.
12. Составьте половозрастные пирамиды для населения разных стран мира.



## Занятие 6

### Тема. СТРУКТУРА БИОЦЕНОЗОВ

#### Краткие теоретические материалы по теме

**Основные понятия темы.** Биоценозы и сообщества, их компоненты и границы. Многообразие биоценозов. Видовая структура биоценозов, факторы ее определяющие. Бедные и богатые видами сообщества, их доминанты и эдификаторы. Пространственная структура биоценозов – ярусность и мозаичность. Экологическая структура биоценозов. Экологическая ниша. Биотическая структура биоценозов.

**Содержание темы.** Термин **биоценоз** (от греч. *bios* – жизнь и *koinos* – вместе, сообща) был предложен в 1877 г. нем. зоологом Карлом Августом Мёбиусом, изучавшим комплексы донных животных и сформулировавшим основные признаки этого уровня организации жизни: 1) объединяет всю массу микро- и макроскопических форм организмов (набор видов и индивидуумов), занимающих однородный участок суши или воды; 2) организмы разных видов связаны друг с другом взаимной зависимостью, что отличает биоценоз от случайного скопления видов, где нет такой зависимости; 3) находится в непосредственной зависимости от факторов внешней среды и сам влияет на них; 4) способен поддерживать стабильное равновесие и устойчивость во времени, т.е. к саморегуляции; 5) подвержен естественному отбору; 6) имеет длительное время существования.

**Биоценоз или сообщество** – совокупность взаимосвязанных растений, животных и других организмов, т.е. популяций разных видов, совместно населяющих однородный участок суши или водоема – биотоп (от греч. *bios* и *topos* – место). Термин сообщество используется в основном в англоязычных странах. Примеры биоценозов: совокупность взаимосвязанных организмов разных видов однородного участка леса (дубовый, буково-пихтовый лес, яблоневый сад), луга (разнотравно-злаковый луг, пшеничное поле), степи (ковыльная, типчаковая степь); пашни (пшеничное поле) или водоема (биоценоз поверхности или дна водоёма).

**Основные компоненты биоценозов.** В составе большинства наземных и водных биоценозов обычно присутствует четыре **компонента**, различающихся по выполняемым функциям: **фитоценоз** (от греч. *phyton* – растение и *koinos*) – совокупность растений, продуцирующих органические вещества; **зооценоз** (от греч. *zoon* – животное и *koinos*) – совокупность животных, потребляющих готовые органические вещества; **микро-биоценоз** (от греч. *mikros* – малый) – совокупность микроорганизмов, разлагающих мертвые органические вещества; **микоценоз** (от греч. *mykes* – гриб) – совокупность грибов, потребляющих и разлагающих органические вещества. Основные компоненты биоценозов тесно связаны между собой, с условиями биотопа и образуют с ними биогеоценозы.

Таким образом, биоценозы – исторически сложившиеся комплексы организмов, продукты естественного отбора, которые не могут развиваться сами по себе, вне и независимо от внешней среды.

**Границы биоценозов** на суше определяют по относительно однородной растительности: видовому составу и структуре фитоценозов, что отражается в их названиях, в водной среде – по экологическим зонам: прибрежным грунтам, поверхностному слою или толще воды.

**Разнообразие биоценозов.** В зависимости от среды обитания, происхождения, степени насыщенности видами, полнотелности и структуры различают биоценозы: суши (наземные), воды (водные), почвы (почвенные); первичные и вторичные; естественные, полуйскусственные и искусственные (антропогенные); богатые и бедные видами; насыщенные и ненасыщенные видами; полнотелные и неполнотелные; простые и сложные по структуре.

**Понятие о структуре биоценозов.** Структура биоценозов как надорганизменных систем, состоящих из особей разных видов, определяется общим видовым разнообразием, соотношением численности отдельных популяций, их размещением в пространстве и связями друг с другом. Соответственно различают видовую, пространственную, экологическую и биотическую структуру сообществ.

**Видовая структура биоценозов** определяется: общим видовым составом организмов – биоразнообразием и соотношением численности (биомассы) всех входящих в сообщество видов. Общее видовое разнообразие биоценозов определяется рядом факторов: географическим положением, условиями биотопа и их разнородностью, длительностью существования, происхождением, историческими причинами (изоляция, похолодание, землетрясение). Различают бедные и богатые видами биоценозы. **Бедные видами** сообщества образуются в таких биотопах, где один или несколько факторов среды сильно отклоняются от средних оптимальных для жизни значений (например, биоценозы тундр, полярных арктических и безводных жарких пустынь, сильно загрязненных водоемов, садов, сельскохозяйственных полей). **Богатые видами** биоценозы формируются в таких местообитаниях, где все экологические факторы находятся в пределах оптимальных для жизни значений (биоценозы влажных тропических лесов, лесов умеренной зоны, долин рек, коралловых рифов).

Сложность видового состава биоценозов в значительной мере зависит от разнородности условий биотопа, которая формируются на границе разных типов сообществ (например, на опушке леса) и под влиянием организмов (например, суслики, осваивая новые местообитания, могут привлечь своих хищников, около 50 видов паразитов и сотни видов норových сожителей).

Для характеристики видовой структуры биоценозов, кроме общего числа видов, определяют численность популяций разных видов. В каждом сообществе обычно можно выделить группу основных, наиболее многочисленных видов, связи между которыми являются определяющими для функционирования системы в целом. Такие, преобладающие по численности виды, являются **доминантами** (от лат. *dominantis* – господствующий) и они занимают господствующее, ведущее положение в биоценозах. Например, в

еловых лесах среди деревьев доминирует ель, в травяном покрове – кислица и другие виды, в птичьем населении – королек, зарянка, пеночка-теньковка, среди мышевидных грызунов – рыжая и красно-серая полевка. Все эти доминанты образуют "**видовое ядро**" сообщества и среди них выделяются виды, которые своей жизнедеятельностью в наибольшей степени создают определенные условия для всех других организмов и без которых существование системы невозможно. Такие доминантные виды являются **эдификаторами** (от лат. aedificator – строитель) сообществ, а их выпадение из биосистем обычно вызывает изменение физических условий среды и их распад. Эдификаторами в наземных сообществах чаще всего выступают определенные виды растений: в лесах – основные лесообразующие породы (дуб, бук, ель, граб, сосна, пихта); в степях и лугах – многолетние травы. В некоторых случаях эдификаторами могут быть животные, например, сурки, изменяющие своей роющей деятельностью характер ландшафта, микрорельеф и микроклимат, плотность почвы и условия произрастания растений.

**Редкие и малочисленные виды** также очень важны для биоценозов, т.к. они увеличивают их видовое богатство и разнообразие биотических связей, служат резервом для пополнения и замещения доминантов, придают сообществам устойчивость и обеспечивают надежность их функционирования в разных условиях.

**Пространственная структура** биоценозов определяется закономерностями размещения разных популяций относительно друг друга в пространстве в горизонтальном и вертикальном направлениях, и прежде всего, сложением их растительной части – фитоценозов. В ходе длительного формирования сообществ популяции разных видов, приспосабливаясь к определенным абиотическим факторам и друг к другу, размещаются в пространстве таким образом, что практически не мешают друг другу, т.к. их размещение носит ярусный и мозаичный характер. **Ярусность** – явление вертикального расчленения сообщества на разновысокие структурные части, которые наиболее четко выражены в лесных фитоценозах. Благодаря ярусности различные растения, особенно их органы питания (листья и окончания корней), располагаются на разной высоте и глубине в несколько слоев, что способствует увеличению числа видов на единице площади, значительному ослаблению конкуренции между ними, более полному и разностороннему использованию ресурсов среды и увеличению продуктивности сообществ в целом. Растения каждого яруса и обусловленный ими микроклимат создают специфические условия для определённых видов животных, грибов и бактерий, что приводит к возникновению группировок популяций разных видов, тесно взаимосвязанных между собой. Некоторые организмы не покидают соответствующего яруса на протяжении большей части жизни. Например, среди птиц есть виды, гнездящиеся только на поверхности почвы (куриные, тетеревиные, овсянки), в кустарниковом ярусе (певчие дрозды, снегири, славки) или в кронах деревьев (зяблики, корольки, щеглы, крупные хищники).

Таким образом, ярусы можно рассматривать как структурные единицы биоценозов, отличающиеся определенными экологическими условиями.

ми, набором растений, животных, грибов и микроорганизмов, системой взаимоотношений между ними.

Неравномерное вертикальное распределение популяций в биоценозах обуславливает их определенную структуру в горизонтальном направлении. Организмы, распределяясь в пространстве чаще всего неравномерно, создают скопления разной численности и видового состава, чем придают растительному и животному покрову своеобразный **мозаичный** (от итальян. *mosaico* – изображение, орнамент, выполненный из отдельных разноцветных кусочков стекла и камней) характер. Мозаичность обусловлена неоднородностью микрорельефа, почв, средообразующим влиянием организмов и их биологическими особенностями. Она может возникать в результате деятельности растений, животных (например, образование выбросов почвы и их последующее зарастание, образование муравейников) или человека.

**Экологическая структура биоценозов** определяется соотношением численности отдельных экологических групп организмов, выделяемых по разным признакам: жизненным формам организмов (например, для растений – деревья, кустарники, травы, лианы); типам питания (автотрофы и гетеротрофы; фитофаги, сапрофаги, хищники, детритофаги); способам передвижения и добывания пищи животными; отношению к абиотическим факторам (термо-, мезо- и криофилы; гелио- и сциофиты и т.п.); широте диапазона приспособлений к факторам среды (эври- и стенобионты). Например, в лесах преобладают сапрофаги (от греч. *sapros* – гнилой, мертвый и *phagos* – пожирать), в степях и полупустынях – фитофаги (от греч. *phyton* – растение и *phagos*), в глубинах Мирового океана – хищники и детритофаги (от лат. *detritus* – истертый и *phagos*).

Таким образом, экологическая структура биоценозов – это их состав из экологических групп организмов, выполняющих определенные функции и отражающих специфику условий биотопа.

**Экологическая ниша.** Термин экологическая ниша (от фр. *niche* – камера, ячейка, гнездо) был предложен англ. экологом Р. Джонсоном в 1910 г. Экологическая ниша – понятие емкое, включающее в себя физическое пространство, занимаемое организмами; функциональную роль организмов в сообществе; их положение относительно градиентов внешних абиотических факторов (температура, влажность, кислотность, почва и т.д.). Эти три аспекта ниши можно обозначить как: **пространственную нишу** или нишу места – специфический способ использования физического пространства; **трофическую нишу** или функциональная роль вида в системе; **многомерную нишу** – совокупность экологических факторов внутри экосистемы, соответствующих требованиям, предъявляемым к среде особями. Ниша обозначает совокупность экологических характеристик (химических, физических и биотических факторов) популяции и вида – местообитание; пищу; отношения с конкурентами и другими видами; место размножения; сопротивление факторам среды или комплекс требований к абиотическим факторам среды. По С.И. Колесникову (2010) эколо-

гическая ниша – совокупность всех факторов среды, в пределах которых возможно существование вида в природе.

**Экологическую нишу**, определяемую физиологическими особенностями организмов, называют **фундаментальной**, а ту, в пределах которой вид реально встречается в природе, – **реализованной**. Реализованная ниша – это та часть фундаментальной ниши, которую данный вид, популяция в состоянии «отстоять» в конкурентной борьбе.

### **Вопросы и задания**

1. Определите понятия «биоценоз» и «сообщество». Приведите примеры биоценозов, отражающие их многообразие.
2. Какие компоненты присутствуют в большинстве биоценозов и какова их роль?
3. Как определяют границы разных типов сообществ?
4. Что понимают под структурой биоценозов?
5. Назовите факторы, влияющие на биоразнообразие в сообществах, приведите примеры бедных и богатых видами биоценозов.
6. Что такое разнородность условий биотопа, какие факторы могут её создавать?
7. Какие виды называются доминантами и эдификаторами сообществ и приведите их примеры?
8. Что понимают под пространственной структурой сообществ?
9. Что такое ярус, ярусность, мозаичность и чем они обусловлены?
10. Отрадите на примерах различия в экологической структуре разных сообществ.
11. Что понимают под экологической нишей, фундаментальной и реализованной нишей? Приведите примеры.
12. Типы биотических связей по В.Н. Беклемишеву, их биологическое значение (см занятие 1).
13. Заполните таблицу 5, отразив характер влияния партнеров в разных типах связей.

Таблица 5 – Характеристика биотических связей по критерию их пользы или вреда для партнеров

Форма связи, этимология термина	Значение для партнеров (+, –, 0)	Характер воздействия	Примеры
1. Мутуализм			
2. Симбиоз			
3. Протокооперация			
4. Конкуренция			
5. Антагонизм			
6. Хищничество			
7. Паразитизм			
8. Полупаразитизм			
9. Аменсализм			
10. Комменсализм			
11. Синойкия			

## Занятие 7

### Тема. СТРУКТУРА И ЭНЕРГЕТИКА ЭКОСИСТЕМ

#### Краткие теоретические материалы по теме

**Основные понятия темы.** Экосистемы и биогеоценозы как экологические единицы биосферы. Типы экосистем. Компоненты и функциональные группы экосистем, их роль. Биотическая структура экосистем. Пищевые цепи и сети. Трофические уровни. Правило десяти процентов (Линдемана). Экологические пирамиды. Принципы функционирования (энергетика) экосистем. Агроэкосистемы, особенности организации, проблемы стабильности.

**Содержание темы.** Термин экосистема (от греч. oikos – жилище, дом, убежище и systema – объединение, сочетание) был впервые предложен в 1935 году англ. экологом А. Тэнсли. **Экологическая система** – совокупность совместно обитающих организмов разных видов и окружающих их абиотических факторов, находящихся в закономерной взаимосвязи друг с другом и образующих систему взаимообусловленных абиотических и биотических явлений и процессов, обеспечивающих круговорот веществ и однонаправленный поток энергии. Экосистемы – основные единицы природы на поверхности Земли, которые часто не имеют определенного объема и могут охватывать пространство любой протяженности (например, биосфера, комочки почвы, капля воды, Мировой океан, лес, луг, степь, пшеничное поле, сад, водоем, река, отдельное дерево, город, очистное сооружение).

Параллельно с развитием учения об экосистемах формировалось учение о биогеоценозах (от греч. bios, ge – земля и koinos), основоположником которого является В.Н. Сукачев (1942). **Биогеоценозы** – части земной или водной поверхности, однородной по абиотическим (топографическим, микроклиматическим, почвенным, гидрологическим) и биотическим факторам (например, ельник кисличник, дубрава грабовая, типчаково-ковыльная степь, разнотравно-злаковый луг, пшеничное поле, яблоневый сад). Биогеоценоз – это однородный участок суши или водной поверхности с определенным составом живых и косных (приземный слой атмосферы, солнечная энергия, почва и др.) компонентов, объединенных обменом вещества и энергии в единый природный комплекс. Совокупность биогеоценозов образует биогеоценотический покров Земли, связанный через миграцию веществ, и в то же время автономных и специфичных по своим круговоротам.

**Особенности экосистемного уровня организации жизни:** 1) объединяют абиотические органические и неорганические вещества среды, автотрофные продуценты, гетеротрофные консументы и редуценты; 2) являются открытыми в разной степени системами в термодинамическом отношении для потоков веществ и энергии, для эмиграции и иммиграции организмов и относительно стабильными во времени; 3) сложились в ходе длительной эволюции и являются результатом приспособления видов к окружающей среде и друг к другу; 4) обладают саморегуляцией и способны противостоять, в определенных пределах, изменениям внешних факторов и резким колебаниям численности и плотности их популяций.

**Типы экосистем по происхождению:** первичные и вторичные; естественные (природные), т.е. образованные под влиянием природных факторов; искусственные (антропогенные), созданные человеком и полусинтетические, сформированные человеком на базе естественных (например, лесопарки); **по источнику энергии:** автотрофные и гетеротрофные. Автотрофные экосистемы в свою очередь можно разделить на: фотоавтотрофные и хемоавтотрофные (например, экосистемы биологических очистных сооружений). Фотоавтотрофные экосистемы – это тундры, болота, степи, леса, моря, агроценозы, лесные культуры, сады. Гетеротрофные экосистемы бывают естественными (экосистемы высокогорных ледников и океанических глубин) и искусственными (города, промышленные предприятия, экосистемы биологических очистных сооружений, рыборазводные пруды). **По средам обитания** экосистемы делят на наземные, водные и почвенные.

**Компоненты и функциональные группы экосистем.** Сравнение различных экосистем показывает, что для функционирования большинства из них необходимы следующие элементы: солнечная и другие виды энергии, вода, элементы питания (основные абиотические неорганические и органические соединения) в почве и воде, автотрофные и гетеротрофные организмы, образующие биотические пищевые цепи и сети. В структуре большинства экосистем и биогеоценозов можно выделить четыре основных компонента или звена: 1) комплекс абиотических факторов, из которого организмы получают средства жизни и куда выделяет продукты обмена веществ; 2) комплекс фотосинтезирующих и хемосинтезирующих автотрофных организмов, образующих органические вещества из воды, углекислого газа, минеральных веществ с помощью энергии Солнца, т.е. продуценты или образователи; 3) комплекс всевозможных гетеротрофных организмов, живущих за счет готовых органических веществ, созданных продуцентами (консументы или потребители первого, второго, третьего и т.д. порядков); 4) комплекс гетеротрофных организмов, разлагающих органические вещества до минерального состояния, т.е. редуценты.

Одна из общих черт всех экосистем – взаимодействие абиотических и биотических компонентов, обеспечивающее круговорот веществ и поток энергии. Прочные пищевые связи между продуцентами, консументами и редуцентами образуют пищевые цепи, в которых каждый играет определенную роль. Поэтому их называют **функциональными группами** или категориями организмов.

**Биотическая структура экосистем.** Несмотря на громадное разнообразие экосистем, всем им свойственна одинаковая биотическая структура, т.к. 1) они включают одни и те же категории организмов или функциональные группы; 2) организмы связаны стереотипным образом, т.к. продуценты, консументы и редуценты связаны друг с другом прочными пищевыми и другими биотическими связями.

Таким образом, все экосистемы и биогеоценозы обладают структурным и функциональным сходством: состоят из четырех компонентов, трёх функциональных групп, тесно взаимосвязанных друг с другом пищевыми

и непищевыми связями и обеспечивающих круговорот веществ и поток энергии.

**Трофическая структура экосистем (цепи и сети питания).** Пищевые взаимоотношения, возникающие между организмами, создают в экосистемах сложный взаимосвязанный комплекс, объединяющий все организмы в единое целое и обеспечивающий трансформацию биогенных веществ и энергии, а также их распределение между популяциями. Пути, по которым осуществляется этот постоянный поток веществ и энергии, называются цепями питания. Термин "**цепи питания**" был предложен амер. зоологом Чарльзом Элтоном в 1934 г. **Пищевые цепи или цепи питания** – ряды, состоящие из последовательно питающихся друг другом организмов; ряды организмов, в которых одни поедают предшественников по цепи и в свою очередь поедаются теми, кто следует за ними.

Существует два основных **типа цепей питания**: 1) цепи выедания, потребления или пастбищные и 2) цепи разложения или детритные (детрит – остатки разложившихся растений, животных, грибов вместе с содержащимися в них бактериями). Цепи первого типа начинаются с живых растений, которыми питаются растительноядные животные. Например, продуценты → первичные консументы → вторичные консументы → третичные консументы → деструкторы; нектар → муха → паук → землеройка → сова; сок розового куста → тля → божья коровка → паук → насекомоядная птица → хищная птица.

Цепи разложения начинаются с мертвых остатков организмов – частично разложившихся веществ растительного и животного происхождения, потребляемых редуцентами. Например, корневые выделения растений → бактерии, питающиеся ими; листовая подстилка (опад) → дождевой червь → черный дрозд → ястреб-перепелятник.

Среди цепей выедания можно выделить цепи хищников и цепи паразитов. Примеры цепей хищников: трава → кролик → лисица; или нектар → муха → паук → землеройка → сойка; цепей паразитов: трава → травоядное млекопитающее → блохи → жгутиковые одноклеточные; гусеница → мухи → тахины → хальциды.

Оба основных типа цепей питания присутствуют в экосистемах чаще всего одновременно, переплетаются, но почти всегда один из них доминирует. В наземных экосистемах мощность потока энергии через цепи выедания составляет не более 10% энергии, связанной растениями; через цепи разложения – более 90%. В водных экосистемах наоборот, большая часть массы и энергии, фиксированной автотрофами, поступает к фитофагам – в цепи выедания и значительно меньше (до 50%) – в цепи разложения.

**Трофические уровни.** Каждое звено в цепи питания или его место называют **трофическим уровнем**, которые различаются между собой интенсивностью протекания потока вещества и энергии. Первый трофический уровень в цепях выедания занимают продуценты, в цепях разложения – органические остатки; второй – соответственно первичные консументы (консументы первого порядка) и редуценты первого порядка; третий – соответ-



ственно вторичные консументы и редуценты второго порядка. Число трофических уровней в отдельной цепи питания ограничено, т.к. путь каждой конкретной порции энергии, накопленной автотрофами, короток: она может передаваться не более чем через четыре-шесть звеньев, так как на каждом последующем трофическом уровне массы и энергии становится меньше на 90-99%, чем на предыдущем.

Выражение пищевых связей в виде цепей является их упрощенным и неполным отражением, т.к. реальные пищевые связи в экосистемах гораздо сложнее. Животные, особенно хищники, могут питаться разными организмами из одной или из разных пищевых цепей, которые в экосистемах переплетаются таким образом, что образуют пищевые сети. **Пищевые сети** (циклы питания по Пономаревой) – тесное переплетение разных цепей питания, возникающее на базе одного или нескольких видов.

**Экологические пирамиды.** Для количественной характеристики отдельных трофических уровней цепи питания используют экологические пирамиды, впервые разработанные амер. зоол. Чарлзом Элтоном в 1927 г. **Экологические пирамиды (пирамиды Элтона)** – графические модели (как правило, в виде треугольников или пирамид), отражающие число особей (пирамиды чисел), их биомассу (пирамиды биомассы) или заключенную в них энергию (пирамиды энергии) на каждом трофическом уровне и обычно указывающие на закономерное снижение всех показателей с повышением уровня. Каждый уровень цепи питания в модели выражается в виде прямоугольника, длина которого соответствует его численности, биомассе или энергии. В основании пирамиды располагают первый трофический уровень, над ним – второй и т.д. до наиболее крупных хищников или редуцентов верхних уровней. Экологические пирамиды обычно отражают правило 10% или принцип Р. Линдемана (1942). В соответствии с этим правилом только небольшая часть энергии (в среднем около 10%), поступившей на определенный уровень, передается на более высокие уровни, что объясняет ограниченность количества звеньев в пищевых цепях. В водных экосистемах, отличающихся высокой биологической продуктивностью, указанная закономерность нарушается, и пирамида оказывается «перевернутой» или «обращенной», т.к. показатели консументов выше, чем у продуцентов и редуцентов.

**Принципы функционирования (энергетика) экосистем.** Продуценты, консументы и редуценты, тесно взаимодействуют друг с другом, поглощая и выделяя различные вещества в окружающую среду. Органические вещества и кислород, необходимые консументам для питания и всем организмам для дыхания, образуют продуценты, а выделяемый всеми организмами при дыхании углекислый газ и неорганические вещества, образуемые редуцентами, используются растениями в процессе фотосинтеза. В этом заключается **первый принцип функционирования экосистем**, основанный на первом законе термодинамики (законе сохранения массы) – получение и избавление от продуктов жизнедеятельности происходит в рамках единого круговорота всех элементов (принцип непрерывного круговорота биогенных элементов).

**Второй принцип функционирования экосистем** – принцип одностороннего потока солнечной энергии и существования организмов за счет потока солнечной энергии, не загрязняющей биосферу, практически вечной, количество которой относительно постоянно и избыточно.

Избыток энергии означает, что растения используют лишь 0,5% энергии Солнца, её чистота – отсутствие радиоактивного загрязнения поверхности Земли из-за удаленности на 150 млн. км, постоянство – доступность и бесплатность, вечность – Солнце может погаснуть через несколько млрд. лет.

**Третий принцип функционирования** основан на втором законе термодинамики и объясняет снижение биомассы и энергии при повышении трофического уровня, что связано с использованием большей части энергии на процессы жизнедеятельности и потерей некоторой ее части в форме тепла (правило Линдемана или 10%).

**Агроэкосистемы, особенности организации, проблемы стабильности.** Агроэкосистемы (от греч. agros – поле) – вторичные трансформированные человеком искусственные сельскохозяйственные системы, созданные для получения чистой продукции автотрофов и гетеротрофов. Агроэкосистемы позволяют производить и рационально использовать определенные биологические ресурсы – пищевые, лекарственные, технические и кормовые растения; рыба, крупный рогатый скот и др.

Агроэкосистемы, как и естественные экосистемы, состоят из трех основных трофических (функциональных) групп (продуцентов, консументов и редуцентов) и абиотических факторов среды. К продуцентам агроэкосистем относятся культурные растения, травы сенокосов, деревья садов, сорняки; к консументам – человек, сельскохозяйственные животные, их вредители и паразиты, полезные насекомые, симбиотрофы (клубеньковые азотфиксаторы, микоризообразователи); к редуцентам – главным образом, бактерии.

**Особенности организации агроэкосистем.** Автотрофные экосистемы, как и естественные биосистемы, используют в качестве основного источника энергии энергию Солнца. Дополнительная (антропогенная) энергия, которую затрачивает человек при обработке почвы, при производстве и использовании техники, удобрений, пестицидов, не превышает 1% от солнечной энергии, усваиваемой агроэкосистемой. Структура и состав последних формируются человеком, который влияет на их трофические элементы для получения наибольшего количества первичной и вторичной продукции.

Независимо от специфики все агроэкосистемы обладают следующими особенностями.

1. В них резко снижено видовое разнообразие и выражено господство одного, реже, нескольких видов сельскохозяйственных растений или животных. Создание монокультур (пшеничное поле, культурное пастбище, яблоневый сад, ферма крупного рогатого скота) приводит к видовой обеднённости системы в целом. Например, в полях пшеницы насчитывается около 300 видов членистоногих животных, пшеница и её вредители, грызуны, птицы, грибы, бактерии.

2. Виды сельскохозяйственных растений и животных, их сорта и породы отличаются непродолжительным существованием (сельскохозяйственные растения 10-15 лет) и низкой конкурентной способностью в борьбе с дикими видами и поддерживаются человеком искусственным отбором в состоянии далеком от первоначального – дикого.

3. Упрощенность пространственной и экологической структуры, неустойчивость и непостоянство структуры биомассы биоценозов.

4. Агроэкосистемы должны получать дополнительный поток вещества и энергии, кроме солнечной, благодаря деятельности человека, механизмов и животных, обеспечивающих культивируемые виды необходимыми условиями.

5. Чистая первичная (и вторичная) продукция (урожай) экосистемы не поступает в цепи питания биоценозов, а удаляется из системы человеком, который всячески препятствует потреблению продукции вредителями, потерям ее при уборке и поступлению в естественные цепи питания. Поэтому агроэкосистемы не в состоянии в полной мере поддерживать круговорот веществ, что приводит к истощению почвы и необходимости пополнения запасов её питательных веществ за счет удобрений.

6. Агроэкосистемы – трансформированные человеком системы, являющиеся элементарными частицами биосферы и испытывающие влияние компонентов окружающих их естественных систем – диких видов организмов и неорганических факторов. В свою очередь агроэкосистемы оказывают влияние на естественные системы, что необходимо учитывать, создавая и поддерживая первые (например, применяя химические средства защиты растений).

7. Агроэкосистемы – короткоживущие системы, не являющиеся результатом естественного приспособления и эволюции видов, поддерживаемые человеком на ранних стадиях сукцессии (от лат. *succesio* – приемственность), неустойчивые, не способные к саморегуляции и существованию без поддержки человека.

8. Продуктивность агроэкосистем определяется уровнем хозяйственной деятельности, экономическими и техническими возможностями, а не приспособительными особенностями видов биоценозов.

9. Для агроэкосистем характерны частые вспышки массового размножения отдельных видов, в том числе вредителей и паразитов из-за обедненности видовой и упрощенности пространственной структуры.

Агроэкосистемы занимают около 10% поверхности суши (около 12 млрд. га) и их площадь уменьшается из-за изъятия на несельскохозяйственные нужды. Между тем, 88% пищевой энергии человеку даёт пашня, около 10% – пастбищные экосистемы, 2% – Мировой океан.

**Проблемы стабильности агроэкосистем.** Многие современные способы сельскохозяйственного производства не экологичны, т.к. связаны с созданием монокультур, применением пестицидов и больших доз удобрений, сплошной распашкой почвы, отсутствием севооборотов и перевыпасом скота на пастбищах. Сельскохозяйственная деятельность должна основываться на экологических законах, принципах сотрудничества с природой (а не противоборства), которые заключаются в следующем:

1) должно быть сбалансировано получение сельскохозяйственной продукции и возврат ее составляющих на поля, т.е. элементы питания растений, изъятые с полей вместе с урожаем должны возвращаться в систему биологического круговорота вместе с минеральными и органическими удобрениями;

2) поддержание высокого биологического разнообразия за счет специального планирования ландшафта: чередования пашни, полей, лугов, лесов и пастбищ, животноводческих комплексов и водоемов; создания смешанных посевов, лесных полезащитных полос; использования севооборотов – чередования культур во времени и пространстве;

3) использование адаптивного подхода, т.е. подбора видов, сортов и пород, наиболее приспособленных к условиям агроэкосистемы и региона для сокращения затрат на дополнительную антропогенную энергию (на полив, внесение удобрений, строительство животноводческих помещений). Адаптивный подход позволяет повысить количество солнечной энергии, фиксируемой растениями на единицу антропогенной

энергии, т.е. увеличить отдачу урожаем каждого килограмма удобрений, уменьшить затраты на обработку почвы и т.д.

4) использование биологических методов для регулирования в агроценозах численности отдельных видов (например, использование паразитов растительноядных насекомых позволит сохранить урожай).

Т.о., основным направлением энергосбережения в сельском хозяйстве должен быть адаптивный подход.

### **Вопросы и задания**

1. Определите понятия: экосистемы и биогеоценозы. Приведите примеры местных экосистем из фильма «Большой Кавказ».

2. Назовите компоненты и функциональные группы экосистем и покажите их роль.

3. Что общего в биотической структуре экосистем, имеющих различное происхождение, использующих солнечную и др. виды энергии?

4. Что такое пищевые цепи? Приведите примеры цепей разного типа.

5. Составьте схемы сетей питания для лесных и луговых экосистем.

6. Что такое трофические уровни и какие организмы занимают первый, второй и последующие уровни в разных типах цепей питания?

7. Что такое экологические пирамиды? Для чего они необходимы?

8. Изобразите экологические пирамиды разного типа.

9. Назовите основные принципы функционирования экосистем и законы термодинамики, на которых они основаны.

10. Составьте схему, отражающую структуру экосистем, включив в неё биоту (продуценты, консументы, редуценты), абиоту и их элементы.

11. Сравните между собой естественные и искусственные экосистемы, заполнив таблицу 6.

Таблица 6 – Сравнительная характеристика природных и антропогенных экосистем

Признаки	Природные экосистемы	Агроэкосистемы	Пути повышения продуктивности и устойчивости агроэкосистем
Видовое разнообразие			
Конкурентоспособность видов			
Длительность существования доминантов			
Источники энергии			
Чистая первичная продукция			
Структура			
Устойчивость			
Способность к саморегуляции			
Факторы, определяющие продуктивность			
Общие свойства			

## Занятие 8

### Тема. КРУГОВОРОТЫ ВЕЩЕСТВ В БИОСФЕРЕ

#### Краткие теоретические материалы по теме

**Основные понятия темы.** Понятие о биосфере, её основные особенности по В.И. Вернадскому. Распределение жизни в биосфере и её границы. Биологический и геологический круговороты веществ в биосфере и условия её стабильности. Круговороты воды и основных биогенных элементов в биосфере.

**Содержание темы. Понятие о биосфере, её основные особенности по В.И. Вернадскому.** Термин **биосфера** (от греч. *bios* и *sphaira* – шар) впервые был использован в научной литературе в 1875 году австрийским геологом Эдуардом Зюссом. Основы нового учения о биосфере как уровня организации живой материи были сформулированы В.И. Вернадским, который, вероятно, был первым (или одним из первых вместе с Ж.-Б. Ламарком), кто понял, что весь лик Земли, её ландшафт, химизм океана, структура атмосферы – это порождение жизни.

**Биосфера** – оболочка земного шара, занятая живыми организмами, действующими как геологическая сила, формирующая и меняющая облик Земли; это область активной оболочки Земли, включающей части атмосферы и литосферы, гидросферу, заселённые живыми организмами.

В.И. Вернадский, определяя биосферу по-разному, везде подчёркивал её отличительные особенности: 1) биосфера – оболочка жизни, область существования живого вещества; 2) биосфера – область земной коры, занятая трансформаторами, переводящими космическое излучение в действительную земную энергию – химическую, механическую, тепловую, электрическую; 3) всюдность жизни – заселённость организмами самых невероятных, экстремальных местообитаний (термальных источников, вечных снегов Гималаев, безводных пустынь, сверхсолёных озёр). В основе учения В.И. Вернадского о биосфере лежат представления о планетарной геохимической роли живого вещества в образовании биосферы. В пределах биосферы везде встречаются либо само живое вещество, либо следы его деятельности: газы атмосферы; вода; запасы нефти, газа, известняка, глины; сланцы, граниты. Таким образом, В.И. Вернадский показал, что ведущим фактором, преобразующим облик Земли, являются организмы, которые отличаются от других типов веществ планеты по составу, свойствам и выполняемым функциям.

**Распределение жизни в биосфере и её границы.** Биосфера включает главные абиотические сферы обитания организмов (атмосферу, гидросферу и литосферу) и организмы – биоту. Толща биосферы не превышает 40 км. Она включает нижнюю часть атмосферы, всю гидросферу и верхнюю часть литосферы. **Атмосфера** (от греч. *atmos* – пар и *sphaira*) – газообразная оболочка Земли, предохраняющая её от резких колебаний температуры (суточные до 200<sup>0</sup>С) и среда, в которой формируется климат. Верхняя граница жизни в атмосфере определяется нарастанием с высотой ультрафиолетовой радиации

Солнца и формируется на высоте 22-25 км, на которой достигается максимальная концентрация озона, поглощающего жесткое ультрафиолетовое излучение. **Гидросфера** (от греч. *hydor* – вода и *sphaira*) – водная оболочка Земли, расположенная между атмосферой и литосферой. Организмы в гидросфере встречаются на дне океанических впадин в 10-12 км от поверхности при температуре около 0°, поэтому вся водная оболочка является частью биосферы. **Литосфера** (от греч. *lithos* – камень и *sphaira*) – твердая поверхностная оболочка планеты, в которой организмы концентрируются только в поверхностном слое – в почве, не проникая на большую глубину (до 8-10 м) из-за увеличивающейся температуры горных пород и подземных вод.

Живые организмы в пределах биосферы распределены крайне неравномерно, сконцентрированы в своеобразной оболочке земного шара, называемой биогееосферой – "слоем сгущения жизни" или "пленкой жизни". Биогееосфера располагается на границе поверхностного слоя земной коры с атмосферой и в верхней части гидросферы. Её толщина варьирует от нескольких метров в степях, пустынях и тундре до сотен метров в лесных сообществах и морях.

**Биологический и геологический круговороты веществ в биосфере.** Биосфера – единая термодинамическая оболочка, в которой осуществляется постоянное взаимодействие всего живого с неорганическими элементами среды. В основе этой взаимосвязи лежит миграция химических элементов литосферы, гидросферы и атмосферы, в которой ведущее значение имеет образование органических веществ продуцентами и их разрушение редуцентами. Переход питательных веществ и элементов от неживой природы (из запасов атмосферы, гидросферы и земной коры) к живым организмам и обратно в неживую среду происходит в биогеохимических круговоротах. Эти циклы обусловлены прямым и косвенным воздействием солнечной энергии и включают круговороты углерода, кислорода, азота, фосфора, серы, воды.

Существует два основных типа биогеохимических круговоротов: **малый биологический или круговорот газообразных веществ и большой геологический или осадочные циклы.**

**Малый биологический круговорот** веществ заключается в перемещении веществ и элементов из атмосферы, гидросферы или почвы к организмам и обратно. В нём атомы многократно включаются в тела организмов и, попав в окружающую среду, вновь используются организмами. Циклы биологического круговорота, как правило, быстротечны и включают круговороты углерода, азота, водорода и кислорода. Скорость круговоротов на суше составляет годы и десятки лет, а в водных экосистемах – несколько дней или недель.

**Большой геологический круговорот** включает движение питательных веществ и элементов между земной корой (почвами и горными породами), гидросферой и организмами. Он вовлекает осадочные породы в глубь земной коры и надолго исключает содержащиеся в них элементы из биологического круговорота. Скорость перемещения элементов в них небольшая,

так как они в горных породах могут находиться в течение тысяч и миллионов лет. В ходе геологической истории осадочные породы, оказавшись на поверхности Земли, постепенно разрушаются деятельностью организмов, воды, воздуха и снова включаются в биологический круговорот.

Атмосфера, океан, осадочные породы служат долговременным резервуаром биогенных элементов. Скорости всех циклов отдельных элементов в биосфере теснейшим образом сопряжены между собой, что является одним из важнейших условий сохранения **стабильности биосферы**. Кроме того, стабильность этой глобальной экосистемы основывается на: высоком видовом разнообразии организмов, отдельные группы которых выполняют различные функции; сложности структуры отдельных экосистем и биосферы в целом; поддержании общего круговорота веществ и потока энергии теснейшим переплетением и взаимосвязью биогенных и абиогенных процессов; уравнивании ёмкости отдельных экосистем (постоянна около 230 млн. лет примерно с карбона); деятельности живого вещества. Однако, стабильность биосферы имеет определенные пределы и нарушение её регуляторных возможностей чревато серьезными последствиями.

**Круговороты воды и основных биогенных элементов в биосфере.** Важнейшей характеристикой биосферы являются протекающие в ней круговороты веществ, которые обусловлены биогенными и абиогенными причинами, а в настоящее время нарушаются хозяйственной деятельностью человека.

**Круговорот воды** во многом обусловлен её способностью переходить из одного агрегатного состояния в другие. Важную роль в годовом водном балансе биосферы играет океан, с поверхности которого испаряется примерно в два раза больше воды, чем с поверхности суши. Вода испаряется не только с поверхности водоемов и почв, но и живых организмов, ткани которых на 70 % состоят из неё. Большое количество воды (около 1/3 всей воды осадков) испаряется растениями, особенно деревьями: на созидание 1 кг органического вещества в разных районах они расходуют от 200 до 700 л этого вещества. Различные фракции воды гидросферы участвуют в круговороте по-разному и с разной скоростью. Так, полное обновление воды в составе ледников происходит за 8 тыс. лет, подземных вод – за 5 тыс. лет, океана – за 3 тыс. лет, почвы – за 1 год. Пары атмосферы и речные воды полностью обновляются за 10-12 суток.

До развития цивилизации круговорот воды был равновесным, однако вмешательство человека стало нарушать этот цикл, особенно в последние десятилетия. Происходит уменьшение испарения воды лесами ввиду сокращения их площади, увеличение испарения влаги с поверхности почвы при орошении сельскохозяйственных культур. Испарение воды с поверхности океана уменьшается из-за появления на ее значительной части пленки нефти. Влияет на круговорот воды потепление климата, вызываемое парниковым эффектом. При усилении этих тенденций могут произойти существенные изменения круговорота, опасные для биосферы.

## **Круговороты основных биогенных элементов в биосфере**

**Круговорот углерода** – это один из самых важных биосферных процессов, т.к. углерод составляет основу органических веществ. Особенно велика в цикле этого химического элемента роль диоксида углерода или углекислого газа, поступающего в биосферу за счёт дыхания всех организмов и выделения по трещинам земной коры из осадочных пород за счёт процессов, происходящих под влиянием высоких температур. Расходуется углекислый газ в процессах органического синтеза, выветривания горных пород и образования карбонатов.

Запасы «живого» углерода в составе организмов суши и океана составляют, по разным данным, от 550 до 750 Гт (1 Гт = 1 млрд. т), причем 99,5% этого количества сосредоточено на суше, остальное – в океане. Кроме того, в океане содержится до 700 Гт элемента в составе растворенного органического вещества. Запасы неорганического углерода значительно больше: над каждым квадратным метром суши и океана находится 1 кг углерода атмосферы, и под каждым квадратным метром океана на глубине 4 км – 100 кг углерода в форме карбонатов и бикарбонатов. Огромны запасы углерода в осадочных породах – в известняках содержатся карбонаты, в сланцах – керогены и т.д. Примерно 1/3 «живого» углерода (около 200 Гт) циркулирует, т.е. ежегодно усваивается организмами в процессе фотосинтеза и возвращается обратно в атмосферу, причем вклад океана и суши в этот процесс почти одинаковый.

До 50% (по некоторым данным – до 90%) углерода в форме диоксида возвращают в атмосферу микроорганизмы-редуценты почвы. В этот процесс равный вклад вносят бактерии и грибы. Возврат диоксида углерода при дыхании всех прочих организмов меньше, чем при деятельности редуцентов.

В настоящее время отмечается нарушение круговорота углерода в связи со сжиганием значительного количества ископаемых углеродистых энергоносителей, а также дегумификацией (разрушением почвенного гумуса) пахотных почв и осушением болот. В целом содержание диоксида углерода в атмосфере ежегодно возрастает на 0,6% и в настоящее время составляет 0,039%. Еще быстрее возрастает содержание метана (на 1-2%), который, как и диоксид углерода, является одним из главных виновников усиления парникового эффекта, обусловленного на 50% углекислым газом и на 33% метаном. Для поддержания равновесия круговорота углерода необходимо увеличить площадь лесов, сократить выбросы парниковых газов при сжигании углеродистых энергоносителей и в сельском хозяйстве.

**Круговорот азота.** Азот атмосферы (78% по объему) химически инертен, но он участвует в процессах синтеза и распада органического вещества благодаря превращению его молекулярной формы в доступные для всех организмов соединения (нитраты) азотфиксирующими прокариотами (клубеньковыми и свободноживущими бактериями в почве, цианобактериями в воде).

Циркуляция азота в биосфере протекает по следующей схеме: 1) перевод инертного азота атмосферы в доступные для растений формы (биологическая азотфиксация, образование аммиака при грозовых разрядах, произ-



водство азотных удобрений на заводах); 2) усвоение азота растениями; 3) переход части азота из растений в ткани животных; 4) накопление азота в детрите; 5) разложение детрита микроорганизмами-редуцентами вплоть до восстановления молекулярного азота, возвращаемого в атмосферу.

В настоящее время вследствие разрушения естественных экосистем, доля биологической азотфиксации уменьшается по сравнению с промышленной фиксацией (соответственно 90-130 и 140 миллионов тонн в год), причем к 2020 г. ожидается увеличение второй на 60%. До половины азота, вносимого на поля, вымывается в грунтовые воды, озера, реки и вызывает эвтрофикацию водоемов. Значительное количество азота в форме оксидов поступает в атмосферу, а затем в почву и водоемы в результате ее загрязнения промышленностью и транспортом, что является причиной кислотных осадков. Таким образом при сжигании ископаемого топлива (угля, газа, нефти) возвращается в круговорот азот, некогда изъятый из атмосферы экосистемами геологического прошлого и длительное время находящийся «на депоненте».

Восстановление естественного круговорота азота возможно за счет уменьшения производства азотных удобрений, резкого сокращения промышленных выбросов оксидов азота в атмосферу и расширения площади посевов бобовых, которые симбиотически связаны с бактериями-азотфиксаторами.

**Круговорот кислорода.** Кислород атмосферы (21% по объёму) накоплен за счёт фотосинтеза, причем выделяемое при этом количество молекул пропорционально количеству связываемого углекислого газа. Кислород атмосферы имеет биогенное происхождение и его циркуляция в биосфере осуществляется за счет пополнения запасов фотосинтезирующими растениями, поглощения при дыхании всеми организмами и сжигания ископаемого топлива человеком. Кроме того, некоторое количество кислорода образуется в верхних слоях атмосферы при диссоциации воды и разрушении озона под действием ультрафиолетового излучения, и часть его расходуется на окислительные процессы в земной коре, при вулканических извержениях и др. Этот круговорот очень замедленный и сложный, так как кислород вступает в разнообразные реакции и входит в состав очень многих органических и неорганических соединений. Для полного обновления всего кислорода атмосферы требуется около 2 тысяч лет (для сравнения: ежегодно обновляется около 1/3 диоксида углерода атмосферы). В настоящее время равновесный круговорот кислорода поддерживается, хотя имеют место его локальные нарушения в крупных густонаселенных городах с большим количеством транспорта и промышленных предприятий.

Из кислорода в верхних слоях тропосферы под влиянием ультрафиолетового излучения образуется озон – результат деятельности живого вещества, которое, по выражению В.И. Вернадского, "как бы само создает себе область жизни". В настоящее время отмечается ухудшение состояния озонового слоя и образование «озоновых дыр» (областей с его пониженным содержанием) над полюсами Земли, что представляет экологическую опасность. Временные «дыры» возникают также над обширными районами вне полюсов (в том числе и над континентальными районами России). Причиной этих явлений слу-

жит попадание в озоновый слой хлора и оксидов азота, которые образуются в почве из минеральных удобрений при их разрушении микроорганизмами, а также содержатся в выхлопных газах автомобилей. Эти вещества разрушают озон с более высокой скоростью, чем он может образовываться из кислорода под влиянием ультрафиолетовых лучей.

Сохранение озонового слоя – одна из глобальных задач мирового сообщества и для этого необходимо отказаться от использования хлорсодержащих веществ – хлорфторуглеродов (фреонов), используемых в аэрозольных упаковках и холодильных установках. Необходимо также уменьшить количества выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания и доз азотных минеральных удобрений в сельском хозяйстве.

**Круговорот фосфора.** О круговороте фосфора можно говорить лишь условно, т.к. он гораздо тяжелее углерода, кислорода и азота и почти не образует летучих соединений – он стекает с суши в океан, а возвращается в основном при подъеме суши в ходе геологических преобразований. По этой причине круговорот фосфора называют «открытым». Фосфор содержится в горных породах, откуда выщелачивается в почву и усваивается растениями, а затем по пищевым цепям переходит к животным. После разложения мертвых тел растений и животных часть этого элемента вовлекается в круговорот, другая часть вымывается из почвы в водоемы (реки, озера, моря). Там фосфор оседает на дно и почти не возвращается на сушу, лишь небольшое его количество возвращается с выловленной человеком рыбой или с экскрементами птиц, питающихся рыбой.

Отток фосфора с суши в океан усиливается вследствие возрастания поверхностного стока воды при вырубке лесов, распашке почв и внесении фосфорных удобрений. Поскольку запасы фосфора на суше ограничены, а его возврат из океана проблематичен (хотя в настоящее время активно исследуются возможности его добычи со дна океана), в будущем в земледелии возможен его острый дефицит, что вызовет снижение урожаев, в первую очередь, зерновых культур и потребует экономии его запасов.

### ***Вопросы и задания***

1. Определите понятие «биосфера» и покажите ее особенности.
2. Назовите границы биосферы на Земле и факторы её лимитирующие.
3. Покажите характер распределения организмов в биосфере?
4. Назовите условия стабильности биосферы.
5. Что понимают под круговоротом веществ в природе вообще, биологическим и геологическим круговоротами?
6. Составьте в тетради схему круговорота воды в природе.
7. Составьте в тетради схемы круговоротов основных биогенных элементов (кислорода, углерода, азота, фосфора) и перечислите причины их нарушения.
8. В чем отличия антропогенного круговорота веществ от естественных круговоротов?

## Занятие 9

### Тема. ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ И УСЛОВИЯ, ПРИНЦИПЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

#### Краткие теоретические материалы по теме

**Основные понятия темы.** Природные ресурсы и условия как объекты охраны окружающей среды (ООС). Классификации природных ресурсов и объектов охраны природы. Формы природопользования. Экологические принципы природопользования.

**Содержание темы.** Природные ресурсы и условия как объекты охраны окружающей среды. Природные ресурсы (от фр. resources – средства, запасы, источники) – это важнейшие компоненты природы, используемые для создания материальных и духовных ценностей общества; это естественные природные тела, которые на данном уровне развития производительных сил достаточно хорошо изучены и могут быть использованы для удовлетворения материальных потребностей человеческого общества. Природные (естественные) ресурсы – природные объекты и явления, используемые в настоящем, прошлом и будущем для прямого и непрямого потребления, способствующие созданию материальных благ, воспроизводству трудовых ресурсов, поддержанию условий существования человечества и повышающие качество жизни.

**Природные ресурсы используются** (или потенциально пригодны для использования) в качестве **средств труда** (почва, водные пути, вода для орошения), **источников энергии** (энергия воды, атома, горючих ископаемых), **сырья и материалов** (минералы, леса, техническая вода), **непосредственных предметов потребления** (вода питьевая, растения, грибы, животные), **рекреационных объектов** (леса, горы, водоемы и другие природные комплексы), **банка генетического фонда, источников информации об окружающем мире** (палеонтологические объекты, эталоны природы – заповедники, биоиндикаторы).

**Природные условия** – тела и силы природы, существенные на данном уровне развития производительных сил для жизни и хозяйственной деятельности общества, но непосредственно не участвующие в материальной производственной и непроизводственной деятельности людей (например, климат); это совокупность организмов, явлений и тел природы, существующих помимо деятельности человека и влияющих на организмы, тела и явления.

**Классификации природных ресурсов.** Природные ресурсы принято делить по следующим признакам: 1) по источникам и местоположению; 2) по скорости истощения; 3) по возможности самовосстановления и культивирования; 4) по темпам экономического восполнения; 5) по возможности замены одних ресурсов другими; 6) по степени освоенности; 7) по составу.

**1. Классификация ресурсов по источникам и местоположению:** энергетические, атмосферные, водные, ресурсы литосферы, ресурсы про-

дущих (растений), ресурсы консументов, ресурсы редуцентов, климатические, рекреационные, познавательно-информационные, ресурсы пространства и времени.

**2. Классификация ресурсов по скорости истощения:** истощаемые (возобновимые, невозобновимые, условно возобновимые) и неисчерпаемые (космические, климатические, водные).

**3. Классификация ресурсов по возможности самовосстановления и культивирования:** возобновимые (биологические, водные), невозобновимые (рудные и нерудные полезные ископаемые), относительно возобновимые (почва, древесина).

**4. Классификация ресурсов по темпам экономического восполнения:** восполнимые и невозполнимые.

**5. Классификация ресурсов по возможности замены одних другими:** заменимые (пластмасса, металл, керамика, энергия атома и воды) и незаменимые (кислород, вода, генетические ресурсы).

**6. Классификация ресурсов по степени освоенности:** реальные и потенциальные.

**7. Классификация ресурсов по составу:** элементарные или простые (кислород, водород, железо) и комплексные или сложные (атмосферный воздух, почва, вода, руда, уголь).

**Классификация объектов охраны природы.** Объекты охраны природы подразделяются на национальные (внутригосударственные) и международные (общемировые). К **национальным (внутригосударственным) объектам** относятся земля, вода, недра, дикие виды растений и животных, другие объекты природной среды, находящиеся на территории отдельного государства, охраняемые и управляемые собственными законами в интересах своего народа. **Международные (общемировые) объекты** охраны находятся в пределах международных пространств: Космос, атмосферный воздух, Мировой океан, Антарктида (находятся вне юрисдикции государств, не являются чьим-либо национальным достоянием), либо перемещаются по территории различных государств (например, мигрирующие виды животных). Освоение и охрана первых осуществляется на основании международных договоров, конвенций, протоколов, вторых – отдельными государствами. К объектам, входящим в юрисдикцию отдельных государств, относятся уникальные природные объекты, принятые на международный контроль (заповедники, национальные парки, резерваты, памятники природы); редкие и исчезающие виды растений и животных, занесенные в международную Красную книгу; разделяемые природные ресурсы – постоянно или значительную часть года, находящиеся в пользовании двух и более государств (например, река Дунай, Балтийское море).

Объекты охраны можно разделить на: естественные экологические системы и природные ландшафты; леса и другие типы растительности; почву и недра Земли; поверхностные и подземные воды; атмосферный воздух и озоновый слой атмосферы; животный мир, грибы и микроорга-

низмы; генетический фонд; охраняемые природные территории, особо охраняемые природные территории, редкие исчезающие виды и места их обитания.

**Формы природопользования.** Охрана окружающей среды тесно связана с природопользованием – одним из разделов прикладной экологии. **Природопользование** – совокупность всех форм эксплуатации природных ресурсов и мер по их сохранению; система взаимодействий человека и природы, возникшая в процессе трудовой деятельности; использование природных ресурсов в процессе общественного производства для удовлетворения материальных и культурных потребностей общества. Природопользование включает в себя: охрану, возобновление и воспроизводство природных ресурсов, их извлечение и переработку; использование и охрану природных условий среды жизни человека; сохранение, восстановление и рациональное изменение экологического равновесия природных систем; регуляцию воспроизводства человека и численности людей.

**Объектом природопользования** как науки служит комплекс взаимодействий между природными ресурсами, естественными условиями жизни общества и его социально-экономическим развитием. **Предметом природопользования** является оптимизация этих отношений с целью сохранения и воспроизводства среды жизни.

Природопользование может осуществляться в общей и специальной форме. **Общее природопользование** реализуется всеми гражданами на основе принадлежащих им естественных гуманитарных прав, существующих и вновь возникающих, не требующих специального разрешения. **Специальное природопользование** носит целевой характер, по видам используемых объектов подразделяется на землепользование, пользование животным и растительным миром, лесными ресурсами; осуществляется физическими и юридическими лицами на основании разрешения уполномоченных государственных органов.

Природопользование может быть рациональным и нерациональным. **Рациональное природопользование** – комплексное научно-обоснованное использование природных богатств (ресурсов и условий), при котором достигается максимально возможное сохранение природно-ресурсного потенциала, способности экосистем к саморегуляции и самовосстановлению; это система деятельности, обеспечивающая экономную эксплуатацию ресурсов и условий, наиболее эффективный режим их воспроизводства с учетом перспективных интересов развивающегося хозяйства, сохранения здоровья человека, минимизации ущерба окружающей среде. **Нерациональное природопользование** – система деятельности, не обеспечивающая сохранения природных ресурсов и экологических функций экосистем.

На современном этапе исторического развития сложились ещё две формы взаимодействия общества и природы: экономическая и экологическая. **Экономическая** форма – потребление ресурсов природы для удовлетворения материальных и духовных потребностей человека. **Экологиче-**

**ская форма природопользования** – охрана окружающей среды с целью сохранения человека как биологического и социального организма и его естественной среды обитания.

**Экологические принципы природопользования.** Природопользование в любой отрасли должно осуществляться на основе принципов, образующих общую методологическую базу всего природопользования, которое должно быть направлено на ресурсосбережение и сохранение качества окружающей среды, полностью обеспечивающего существование здорового человеческого общества. Экологические принципы природопользования должны лежать в основе деятельности специалиста любого профиля, уровня и заключаются в следующем.

**1. Принцип системного подхода** предусматривает комплексную всестороннюю оценку воздействия производства на среду и её ответных реакций, использование и охрану ресурсов в зависимости от их связи друг с другом.

**2. Принцип оптимизации природопользования** заключается в принятии наиболее целесообразных решений при использовании тех или иных ресурсов на основе одновременного экологического и экономического подходов, прогноза развития отраслей и географических регионов.

**3. Принцип опережения темпов заготовки и добычи сырья темпами выхода полезной продукции** основан на снижении количества образующихся отходов в процессе производства за счет более полного использования исходного сырья.

**4. Принцип гармонизации отношений природы и производства (оптимального взаимодействия природы и производства)** решается путем создания и эксплуатации различных систем: природно-технических, геотехнических, эколого-экономических, образованных из производств и связанных с ними элементов природной среды.

**5. Принцип комплексного использования природных ресурсов и концентрации производства** заключается в создании территориально-производственных комплексов на базе имеющихся в данном экономическом районе сырьевых и энергетических ресурсов.

**6. Принцип региональности** означает необходимость строгого учета местных условий при использовании и охране природных ресурсов.

**7. Принцип рационального использования возобновимых** (с учетом размера годового возобновления) **и невозобновимых** (экономное использование или замена) ресурсов с учетом взаимосвязей природы, возможностей окружающей природной среды, необходимости воспроизводства ресурсов, предотвращения необратимых последствий для среды и здоровья человека.

### ***Вопросы и задания***

1. Определите понятия охрана природы, охрана окружающей среды, природные ресурсы и природные условия.

2. Приведите классификации природных ресурсов и отразите их в тетради в виде схем.

3. Что такое природопользование? Назовите формы природопользования и составьте схему, отражающую их классификацию.

4. Покажите особенности разных форм природопользования, составив и заполнив таблицу.

5. Разработайте экологические принципы использования местных биологических и небиологических ресурсов.

## Занятие 10

### Тема. ПУТИ СОХРАНЕНИЯ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ

#### Краткие теоретические материалы по теме

**Основные понятия темы.** Общая характеристика биологического разнообразия биосферы, причины его снижения и уровни охраны. Особо охраняемые природные территории (ООПТ). Категории ООПТ: государственные природные заповедники, национальные парки, природные парки, заказники, памятники природы, дендрологические парки и ботанические сады.

**Содержание темы. Общая характеристика биологического разнообразия биосферы.** Биологическое разнообразие (биоразнообразие) – это совокупность видов растений, животных и других организмов, важнейший биологический ресурс, обеспечивающий функционирование экосистем и биосферы в целом. Биоразнообразие включает в себя также формируемые видами сообщества и экосистемы, является источником разнообразной полезной биологической продукции для человека и частью среды его обитания.

Общее число ныне известных видов составляет около 2,5 млн., причем, почти 1,5 млн. из них – насекомые, еще 300 тыс. – цветковые растения. Всех других животных примерно столько же, сколько цветковых растений, в т.ч. млекопитающих – не более 4 тыс., рыб – 40 тыс., птиц – 8600 видов. Грибов известно около 70 тыс., бактерий – менее 6 тыс., вирусов – около тысячи видов. На сегодняшний день биоразнообразие планеты выявлено далеко не полностью. По расчетам ученых, общее число видов организмов, живущих на Земле, составляет не менее 5 млн. видов (по некоторым данным – 15 и даже 30 млн. видов). Особенно много неизвестных видов среди обитающих в тропиках мелких насекомых и грибов.

Биоразнообразие биосферы снижается, но темпы этого процесса можно оценить лишь приблизительно. Более или менее точно потери биоразнообразия подсчитаны только для млекопитающих и птиц: с 1600 года исчезло 85 видов млекопитающих и 113 видов птиц, что составляет соответственно 2,1% и 1,3% от их общего числа видов. Наиболее ошутимое снижение биоразнообразия отмечено в Австралии, Северной и Южной Америке, где после появления человека погибло от 74 до 86% мегафауны (млекопитающих с массой более 44 кг), что связано с охотой, выжиганием и расчисткой лесов.

Наиболее высокие темпы исчезновения видов установились в последние 150 лет. Если за период 1600-1700 гг. исчезновение птиц и млекопитающих составляло примерно 1 вид за десятилетие, то за период 1850-1950 гг. оно возросло до 1 вида в год. Сегодня более 11 тыс. видов занесены в списки растений и животных, которым угрожает исчезновение, и еще 5 тыс. видов являются кандидатами в эти списки.

**Причины снижения биологического разнообразия** в настоящее время разные, к основным из них относятся: чрезмерное использование популяций, разрушение естественных местообитаний, загрязнение окружающей среды, фрагментация местообитаний и краевой эффект.

**Чрезмерное использование популяций** угрожает, в первую очередь, ресурсной биоте – охотничье-промысловым животным, рыбам, ресурсным растениям, особенно ле-

карственным. Значительный ущерб популяциям промысловых животных наносит браконьерство, которое имеет место даже в заповедниках и привело к резкому сокращению численности. По этой же причине истощились запасы наиболее ценных лекарственных растений. Большой ущерб биоразнообразию наносит перевыпас животных. **Разрушение естественных местообитаний.** В сельскохозяйственных, городских и промышленных экосистемах, площадь которых возрастает, биоразнообразие либо полностью уничтожено (промышленные территории), либо сохранилось частично (агроэкосистемы). Разрушаются естественные местообитания растений и животных в пригородных лесах, в эвтрофицированных водоемах. Большой ущерб биоразнообразию наносит осушение болот. **Загрязнение окружающей среды.** На биоразнообразии губительно влияет загрязнение всех сред жизни – атмосферы, воды, почвы, хотя при этом местообитания различных видов сохраняются. Так, для лесных экосистем отрицательным фактором являются кислотные дожди, несущие оксиды серы и азота и резко смещающие реакцию почвенного раствора. Под действием загрязняющих веществ, происходит усыхание деревьев, снижение их устойчивости к болезням и вредителям. Резкое изменение условий среды приводит к гибели теневыносливых трав, обеднению фауны птиц, насекомых и других животных. **Фрагментация местообитаний и краевой эффект.** Кроме полного разрушения местообитаний на процесс уничтожения видов влияет фрагментация, т. е. разделение единого местообитания (экосистемы) на части. Факторами фрагментации могут быть дороги, сельскохозяйственные земли, города, горные разработки, каналы, линии электропередачи, нефтепроводы и др. В результате фрагментации сохраняющиеся участки местообитания уподобляются «островам» в океане антропогенных экосистем и затрудняется перемещение видов из одного «острова» в другой. Каждый фрагмент имеет центральную часть, где условия для обитания животных более или менее благоприятны, и зону проявления краевого эффекта. Для крупных видов резко ухудшаются условия обеспечения питанием, что может привести к гибели популяции. **Занос инвазивных видов.** Процесс внедрения новых видов особенно активно протекает с XX столетия и обедняют состав аборигенных биоценозов. Меняя родину, виды-эмигранты часто избавляются от спутников, которые контролируют плотность их популяций дома. Именно отсутствие фитофагов и патогенов является причиной их быстрого расселения. В то же время занос новых видов не всегда отрицательно сказывается на биоразнообразии, некоторые «гости» находят свободные экологические ниши и встраиваются в местные экосистемы. Часть заносных видов может оказаться полезной и активно участвовать в восстановлении нарушенных экосистем (марь раскидистая, свербига восточная, клен американский).

Различают два основных **уровня сохранения биоразнообразия – популяционно-видовой и экосистемный.** В первом случае охрана популяций или видов реализуется в экосистемах, которые рационально используются, а во втором – охраняются целые экосистемы в составе охраняемых природных территорий (ОПТ).

Сохранять биологическое разнообразие на современном этапе можно несколькими путями. **Первый путь,** исключение воздействия на особо уязвимые виды – редкие, исчезающие, с разорванным ареалом и сокращающие свою численность, путем их включения в специальные списки – Красные книги. Существуют региональные, федеральные и международные Красные книги. Красной книгой международного уровня является Красная книга МСОП. **Второй путь** – организация особо охраняемых природных территорий (ООПТ). ООПТ – это природные территории, которые имеют особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение, полностью или частично изъятые органами государственной власти из хозяйственного использования, и для которых установлен режим особой охраны.



Согласно Федеральному закону «Об особо охраняемых природных территориях» (1995), в Российской Федерации с учетом особенностей режима территорий и статуса находящихся на них природоохранных учреждений выделяют следующие категории ООПТ: государственные природные заповедники, среди которых особое место занимают биосферные заповедники, включенные в международную сеть ЮНЕСКО; национальные парки; природные парки, государственные природные заказники, природные парки, памятники природы, дендрологические парки и ботанические сады, лечебно-оздоровительные местности и курорты. Все ООПТ в России относятся к объектам общенационального достояния.

**Третий путь**, международное сотрудничество в области сохранения видового разнообразия. Например, в 1992 г. в Рио-де-Жанейро состоялась конференция ООН, на которой была принята конвенция о биологическом разнообразии. В настоящее время в рамках Программы защиты окружающей среды при ООН разработана Концепция о биоразнообразии. Главная ее цель – убедить мировую общественность в том, что темпы уничтожения биоресурсов угрожают существованию самого человечества, а также заложить научные основы эффективной политики в области сохранения биоразнообразия. Несмотря на то, что существование людей и обеспеченность их продовольственными ресурсами напрямую зависят от видового разнообразия, человек беспощадно истребляет именно те виды, которые ему так необходимы. Исчезновение любого вида – необратимая потеря для человечества, поскольку каждый из них хранит уникальные генетические ресурсы. Существует и экологическая необходимость сохранения биоразнообразия, поскольку все организмы зависят друг от друга, находятся в прямой или косвенной взаимосвязи и обеспечивают этим устойчивость экосистем различного масштаба, в т.ч. биосферы.

Для сохранения видового разнообразия на планете необходимы и специальные меры, для растений это – борьба с лесными пожарами; защита от вредных болезней; полезащитное разведение; ограничение вырубки лесов; охрана отдельных видов растений и растительных сообществ в заказниках и заповедниках.

### ***Вопросы и задания***

1. Что называют охраняемыми природными территориями (ОПТ), особо охраняемыми природными территориями (ООПТ)?
2. Какие категории ООПТ выделяют для России, какие из них представлены на Северном Кавказе и в Республике Адыгее (РА)?
3. Дайте характеристику наиболее крупных ООПТ РА, составив таблицу. Сделайте вывод о специфике этой системы ООПТ.
4. Предложите пути сохранения природных ресурсов для разных групп (по выбору студента). Оформите записи в тетради.
5. Перечислите основные причины снижения биоразнообразия в регионе (Кавказ, Западный Кавказ, Адыгея – по выбору).
6. Приведите примеры разных форм влияния на охраняемые популяции растений и животных Адыгеи.
7. Составьте список инвазивных видов растений и животных, занесенных на территорию РА и определите какую опасность они несут.

## *ЛИТЕРАТУРА*

1. Горелов, А.А. Экология: учебник для вузов / А.А. Горелов. – М.: Академия, 2009. – 400 с.
2. Ердаков, Л.Н. Экология [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л.Н. Ердаков, О.Н. Чернышова. – М.: Инфра-М, 2013. – 360 с. – ЭБС «Znanium. com» – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=368481>
3. Колесников, С.И. Экология: учеб. пособие / С.И. Колесников. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К»; Ростов н/Д: Академцентр, 2010. – 384 с.
4. Коробкин, В.И. Экология: учебник для вузов / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 602 с.
5. Маринченко, А.В. Экология [Электронный ресурс]: учебник / А.В. Маринченко. – М.: Дашков и К, 2015. – 304 с. – ЭБС «Znanium. com» – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=512919>
6. Методические указания к практическим и семинарским занятиям по дисциплине «Экология» [Электронный ресурс] / сост. Шадже А.Е., Шадже А.И. – Майкоп: ФГБОУ ВПО МГТУ, 2013. – 22 с. – Режим доступа: <http://lib.mkgtu.ru:8002/libdata.php?id=2100002218>
7. Никифоров, Л.Л. Экология [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л.Л. Никифоров – М.: ИНФРА-М, 2015. – 204 с. – ЭБС «Znanium. com». – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=486270>
8. Потапов, А.Д. Экология [Электронный ресурс]: учебник / А.Д. Потапов. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 528 с. – ЭБС «Znanium. com». – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=487374>
9. Христофорова, Н.К. Основы экологии [Электронный ресурс]: учебник / Н.К. Христофорова. – М.: Магистр, ИНФРА-М, 2015. – 640 с. – ЭБС «Znanium. com». – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=516565>
10. Чернова, Н.М. Общая экология: учебник для студентов вузов / Н.М. Чернова, А.М. Былова. – 2-е изд., стер. – М.: Дрофа, 2007. – 416 с.
11. Шадже, А.Е. Экология. Тесты для студентов [Электронный ресурс] / А.Е. Шадже, Э.А. Сиротюк. – Майкоп: МГТУ, 2008. – 60 с. – Режим доступа: <http://mark.nbmgtu.ru/libdata.php?id=1000048915>
12. Шадже, А.Е. Словарь терминов по экологии [Электронный ресурс] / А.Е. Шадже, А.И. Шадже. – Майкоп: МГТУ, 2012. – 90 с. – Режим доступа: <http://mark.nbmgtu.ru/libdata.php?id=2000013482>

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
Занятие 1. Тема. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ИСТОРИЯ И СТРУКТУРА ЭКОЛОГИИ .....	3
Занятие 2. Тема. СРЕДЫ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ .....	9
Занятие 3. Тема. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА ОРГАНИЗМЫ .....	15
Занятие 4. Тема. ВАЖНЕЙШИЕ АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ .....	19
Занятие 5. Тема. ОСНОВНЫЕ ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ .....	25
Занятие 6. Тема. СТРУКТУРА БИОЦЕНОЗОВ .....	33
Занятие 7. Тема. СТРУКТУРА И ЭНЕРГЕТИКА ЭКОСИСТЕМ .....	38
Занятие 8. Тема. КРУГОВОРОТЫ ВЕЩЕСТВ В БИОСФЕРЕ .....	45
Занятие 9. Тема. ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ И УСЛОВИЯ, ПРИНЦИПЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ .....	51
Занятие 10. Тема. ПУТИ СОХРАНЕНИЯ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ .....	55
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	58

**Шадже Аминет Ерестемовна, Шадже Айдамир Ибрагимович**

## **ЭКОЛОГИЯ**

**Учебно-методическое пособие**

Подписано в печать 21.11.2016 г.

Формат бумаги 60х84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага ксероксная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 3,75. Заказ №045. Тираж 100 экз.

ИП Кobleва М.Х.

385000, г. Майкоп, пер. Дачный, 22