

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга
(РЭТЭМ)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий каф. РЭТЭМ
д-р техн. наук

_____ В.И. Туев
" _ " _____ 2015 г.

ЭКОЛОГИЯ

учебное пособие для всех направлений подготовки
очной и заочной формы

Разработчик:

Доцент каф. РЭТЭМ,
канд. биол. наук

_____ Т.В. Денисова
" _ " _____ 2015 г.

Томск 2015

Денисова Т.В. Экология: учебное пособие / Т.В. Денисова. - Томск: ТУСУР, 2015. - 165 с.

Учебное пособие по дисциплине «Экология» подготовлено в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования для студентов, обучающихся по всем направлениям подготовки Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники очной и заочной форм обучения.

В учебном пособии представлены теоретические основы по всем темам учебного курса, вопросы для самоконтроля, а также справочные материалы.

© Денисова Т.В., 2015
© Томский гос. ун-т систем упр.
и радиоэлектроники, 2015

Содержание

1 Введение.....	4
1.1 Предмет, задачи и методы экологии.....	4
1.2 История формирования экологии как науки.....	6
1.3 Основные понятия экологии.....	8
2 Биосфера.....	10
2.1 Характеристика и состав биосферы.....	10
2.2 Живое вещество биосферы.....	18
2.3 Уровни организации живой природы.....	22
2.4 Типы питания и метаболизм живых организмов.....	23
2.5 Экологическая характеристика основных систематических групп организмов.....	24
2.6 Ноосфера.....	28
3 Экологические системы.....	30
3.1 Структура биоценоза.....	31
3.2 Местообитание и экологическая ниша.....	34
3.3 Отношения организмов в биоценозах.....	36
3.4 Структура и функционирование экосистем.....	42
3.5 Круговорот веществ и поток энергии в экосистеме.....	44
3.6 Динамика экосистем.....	47
3.7 Природные экосистемы.....	49
3.8 Антропогенные экосистемы.....	53
4 Факторы среды.....	57
4.1 Экологические факторы и их классификация.....	58
4.2 Адаптация организмов к условиям среды.....	60
4.3 Закономерности действия экологических факторов.....	62
4.4 Характеристика основных экологических факторов.....	65
5 Биосфера и человек.....	70
5.1 История взаимоотношений общества и природы.....	72
5.2 Среда обитания человека.....	75
5.3 Окружающая среда и здоровье человека.....	76
6 Антропогенное воздействие на биосферу ее защита.....	84
6.1 Загрязнение окружающей среды.....	85
6.2 Антропогенное воздействие на атмосферу и ее защита.....	88
6.3 Антропогенное воздействие на гидросферу и ее защита.....	94
6.4 Антропогенное воздействие на почву и ее защита.....	99
6.5 Антропогенное воздействие на биотические сообщества и защита.....	104
6.6 Особые виды воздействий на биосферу и ее защита.....	106
6.7 Малоотходные и безотходные технологии.....	112
7 Основы рационального использования природных ресурсов и охраны природы.....	113
7.1 Природная среда: природные ресурсы и природные условия.....	118
7.2 Принципы рационального природопользования и охраны окружающей среды.....	121
7.3 Нормирование качества окружающей среды.....	122
7.4 Система стандартов, сертификатов и паспортов в области охраны природы.....	126
7.5 Учет состояния природных ресурсов.....	128
7.6 Особо охраняемые природные территории.....	129
7.7 Экологический мониторинг.....	130
7.8 Экологическая экспертиза.....	133
7.9 Экономика природопользования и охраны окружающей среды.....	135
8 Основы экологического права.....	141

8.1 Государственные органы РФ в области охраны окружающей природной среды.....	145
8.2 Управление природопользованием и охраной природы.....	146
8.3 Виды ответственности за экологические правонарушения.....	148
9 Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды.....	153
9.1 Объекты охраны окружающей среды.....	153
9.2 Формы международного сотрудничества в области природопользования и охраны окружающей среды.....	156
Список используемой литературы.....	165

1 Введение

С развитием научно-технического процесса воздействие человека на окружающую природную среду становится все более интенсивным. В настоящее время оно уже соизмеримо с действием природных факторов. На сегодняшний день ясно, что человек очень мало знает о среде, в которой он живет и особенно о механизмах, которые ее формируют и сохраняют. Раскрытие этих механизмов (закономерностей) - одна из важнейших задач современной экологии.

Одной из основных целей преподавания экологии, применительно к деятельности специалистов экономической направленности, является развитие практических навыков экологической оценки принимаемых экономических решений, исходящих из минимального ущерба окружающей природной среде и здоровью человека.

Важной составляющей экологического образования будущих специалистов является овладение практическими методами прогнозирования последствий изменения окружающей среды в результате техногенной деятельности, решения проблем рационального природопользования.

1.1 Предмет, задачи и методы экологии

Экология (от греч. oikos – дом, жилище, местообитание и logos – учение) – наука о взаимоотношениях живых организмов между собой и со средой их обитания.

Экология – биологическая наука, синтезирующая данные естественных и общественных наук о природе и взаимодействии природы и общества. Термин «экология» впервые ввел немецкий зоолог Эрнст Геккель в книге «Всеобщая морфология организмов» (1866). По Геккелю, экология представляет науку о домашнем быте живых организмов, так называемая «экономия природы».

Экология рассматривает пути влияния среды на организм, способность организмов жить и развиваться в конкретных условиях. Основным интерес для экологии представляют организмы, популяции, сообщества, экосистемы.

Общие задачи современной экологии:

1. Раскрытие места и роли человека, цивилизации, техносферы в существовании экосферы планеты Земля с позиций экологических законов. Нахождение и уточнение естественно-научных критериев, определяющих экологическую совместимость биосферы и человека и количественные пределы развития техносферы.

2. Экологизация сознания людей: формирование новой идеологии, направленной на экологизацию экономики, производства, политики и образования.

3. Всеобъемлющая диагностика состояния природы планеты и ее ресурсов.

4. Разработка прогнозов изменений биосферы и состояния окружающей человека среды при разных сценариях экономического и социального развития человечества.

5. Формирование такой стратегии поведения человеческого общества, такой экономики и таких технологий, которые приведут масштабы и характер хозяйственной деятельности в соответствие с экологической выносливостью природы и остановят глобальный экологический кризис.

Для исследования путей влияния среды на организм, способностей организмов жить и развиваться в конкретных условиях в экологии применяют несколько методов.

1. Методы регистрации и оценки состояния среды (метеорологические наблюдения; измерение температуры, прозрачности, солености и химсостава воды; определение характеристик почвенной среды и т.п.; эколог вынужден иногда вносить специальные изменения в технику этих измерений и проявить немалую изобретательность, когда, например, нужно измерить температуру высиживающей птенцов дикой птицы, определить состав воздуха в норе спящего сурка и т.п.; к этой же группе относят *мониторинг* – периодическое или непрерывное слежение за состоянием экологических объектов и за качеством среды);

2. Методы количественного учета организмов и методы оценки биомассы и продуктивности растений и животных применяются подсчеты особей на контрольных площадках, в объемах воды или почвы, отлов и мечение животных, наблюдения за их перемещениями с помощью телеметрии и др. средства вплоть до аэрокосмической регистрации численности стад, скоплений рыбы, густоты древостоя, состояния посевов, урожайности полей);

3. Исследование влияния факторов среды на жизнедеятельность организмов (здесь применяется экспериментальный подход, когда в лабораторных условиях регулируется воздействие строго контролируемого фактора на те или иные функции растений или животных, а также анализируется применимость полученных на животных результатов к экологии человека; этим путем устанавливаются оптимальные и граничные условия существования организмов, нормы их реакции на факторы среды; в частности так определяется критические и летальные дозы химических и др. реагентов);

4. Методы изучения взаимоотношений между организмами во многовидовых сообществах (например, создание и исследование искусственных сообществ и экосистем; лабораторное натурное моделирование взаимодействий друг с другом и окружающей средой);

5. Методы математического моделирования (существуют близкие к реальным процессам математические модели техногенных эмиссий, распространения загрязнителей в атмосфере, самоочищения реки; более сложное моделирование, например, экосистем, осуществляют с применением современной вычислительной техники).

В современной экологии, науке об окружающей среде сталкиваются два подхода к проблеме взаимоотношений человека и природы: антропоцентрический и биоцентрический.

1. *Антропоцентрический или технологический подход* – в центре экологических проблем стоит человек. Переэксплуатация природных ресурсов, загрязнение воды и воздуха рассматриваются лишь с точки зрения их отрицательного влияния на здоровье человека. Возникшие проблемы окружающей среды представляются только как следствие неправильного ведения хозяйства. Считается, что проблемы могут быть устранены путем технологической реорганизации и модернизации, что законы природы не могут и не должны мешать научно-техническому прогрессу.

2. *Биоцентрический или экоцентрический подход* – человек лишь одна из форм жизни, и как биологический вид в значительной мере остается под контролем главных экологических законов и в своих взаимоотношениях с природой вынужден и должен принимать ее условия. Нарушенные человеком регуляторные функции биосферы не могут быть восстановлены или изменены технологическим путем. Прогресс человечества ограничивается экологическим императивом.

Экология тесно связана с фундаментальными науками (математикой, физикой, химией), естественными (биологией, географией, геологией, почвоведением), общественными (экономикой, социологией, политологией, психологией), прикладными (охраной природы, биотехнологией, растениеводством).

В наше время термином «экология» все чаще обозначают совокупность взаимоотношений природы и общества. Рассматривая структуру современной экологической науки, можно выделить три основные ветви экологии.

Первая ветвь. Общая экология, или биоэкология, — это изучение взаимоотношений живых систем разных рангов (организмов, популяций, экосистем) со средой и между собой. Эту часть экологии в свою очередь подразделяют на следующие разделы:

- аутэкологию, т. е. изучение закономерности взаимоотношений организмов отдельного вида со средой обитания;
- демэкологию или экологию популяций;
- синэкологию, т. е. экологию сообществ;
- экосистемную и биосферную экологию.

Вторая ветвь. Геоэкология — это изучение геосфер, их динамики и взаимодействия, геофизических условий жизни, факторов (т. е. ресурсов и условий) неживой окружающей среды, действующей на организмы.

Третья ветвь. Прикладная экология — это аспекты инженерной, социальной, экономической охраны среды обитания человека, проблем взаимоотношений природы и общества, экологических принципов охраны природы.

Экология является теоретическим фундаментом рационального природопользования и охраны природы. Экологические знания используются

в сельском, лесном и промысловом хозяйстве, экономике, медицине, социологии и т.д. Достижения экологии применяются при решении глобальных проблем современности: взаимоотношения общества с окружающей средой, рационального природопользования и охраны природы, продовольственного обеспечения.

1.2 История формирования экологии как науки

Экология как наука сформировалась в середине 19 в. История развития экологии связана с возникновением и развитием человеческого общества. Выделяют 5 этапов становления наук о природе, в том числе и экологии.

Первый период: Аристотель (IV в. до н.э.) предложил первую классификацию животных, описывает их поведение, зависимость морфологии от условий внешней среды, приспособление к условиям среды обитания. Труд «История животных».

Теофраст Эрезийский (IV в.н.э.), ученик Аристотеля дал описание 500 видов растений, с учетом местообитания выделил их естественные группировки, заложив основы геоботаники.

Второй период: Великие географические открытия дали толчок к развитию систематики. Первые систематики – А.Цезальпин (1519-1603), Д.Рей (1623-1705), Ж.Турнефор (1656-1708) сообщали и о зависимости растений от условий произрастания или возделывания, о местах их обитания. Сведения о поведении, повадках, о местах обитания животных называли «историей» жизни животных.

Карл Линней, первый фенолог и основатель научной систематики, в 1749г. опубликовал диссертацию «Экономия природы», в которой под экономией понимал взаимоотношения всех естественных тел. Считал, что необходимо не только размножение, но и разрушение организмов, поскольку гибель одних организмов дает возможность для существования других. Т.о. Линней заложил основы понимания биотического круговорота.

Ж. Бюффон (1707-1788) считал возможным «перерождение» видов и полагал основными причинами такого превращения влияние внешних факторов (температуры, качество пищи и гнет одомашнивания).

Жан-Батист Ламарк (1744-1829) – автор первого эволюционного учения, считал, что влияние внешних обстоятельств – одна из самых важных причин приспособительных изменений организмов, эволюции животных и растений. В книге «Философия зоологии» впервые широко поставил вопрос о влиянии среды на организмы, но не сумел объяснить причин их «пригнанности» к среде обитания.

Т.Р.Мальтус (1766-1834) – в книге «опыт о принципах народонаселения» вывел закономерность роста населения – в геометрической прогрессии, а средства же существования растут в арифметической прогрессии. Результат – объективный разрыв между темпами роста населения и средств существования, а следовательно иллюзорность всеобщего благоденствия.

Александр Гумбольдт (1769-1859) – немецкий естествоиспытатель, показал значение климата для жизни растений, ввел понятие изотерм, выдвинул идею горизонтальной зональной и вертикальной поясности в распространении растений.

К.Ф.Рулье (1814-1858) – российский биолог, разработал систему изучения животных. Раскрыл значение биотических факторов в жизни растений и животных, утвердил понятие географической и экологической изменчивости видов.

Н.А.Северцов (ученик Рулье) в 1855г. опубликовал магистерскую диссертацию «Периодические явления в жизни зверей, птиц, гадюк Воронежской губернии». Это первое специальное экологическое исследование.

Третий период: Появление эволюционной теории Дарвина-Уоллеса. Работа Ч.Дарвин (1859г.) – «Происхождение видов путем естественного отбора». Геккель Э. В 1866 г. определил новую область знаний и дал ей название – экология в трудах «Всеобщая морфология организмов».

К.Мёбиус (1877) – немецкий гидробиолог, труд «Устрицы и устричное хозяйство» – вывод о существовании биоценозов (сообществ организмов).

С.Форбс (США, 1887) впервые рассмотрел озеро как «микрокосм», т.е. целостную систему.

В.А.Докучаев (Россия, 1883) – книга «Русский чернозем», учение о почве как продукте совокупного творчества живых организмов, горной породы и климата, определил пять факторов почвообразования.

Четвертый период: появление в начале XX века системной концепции в экологии благодаря трудам В.И.Вернадского. В 1926 г. вышел его главный труд «Биосфера», в котором биосфера – живые организмы и окружающая их среда – предстает как единая глобальная система; биосфера функционирует благодаря взаимодействию живых, косных, биокосных компонентов.

В 1935 г. английский ученый А.Тэнсли ввел понятие экологическая система, который включает живые организмы и физические условия местообитания и является единым целым, надорганизменным уровнем. В 1942 г. в работах

В.Н.Сукачева появился термин биогеоценоз как синоним экосистемы.

В 70-е годы благодаря развитию вычислительной техники и методов математического моделирования были разработаны методы системного анализа, которые стали широко использоваться и в экологии.

Пятый период: вторая половина XX века - понимание мировым сообществом угрозы экологического кризиса, выявление глобальных экологических проблем. Превращение экологии в интегрированную науку, комплекс естественных, технических и общественных дисциплин.

1.3 Основные понятия экологии

Популяция – все население какой-то территории (с греч. – народ). Это совокупность особей одного вида, которая занимает определенную часть

пространства обособленно от других совокупностей того же вида. Основные характеристики популяции: плотность (число особей на единице площади или объема), численность, рождаемость, смертность, возраст, характер распределения в пределах территории и тип роста.

Экосистема – совокупность взаимодействующих между собой живых и неживых компонентов в том или ином участке природной среды, связанных между собой обменом веществ и энергии. Она состоит из двух составляющих: органическая – населяющий экосистему биоценоз (ассоциация, сообщество) и неорганическая – биотоп.

Биоценоз (сообщество) – (греч. – жизнь вместе) – это биологическая система, состоящая из популяций различных растений, животных и микроорганизмов, населяющих определенную территорию и находящихся в тесном единстве по поводу обмена веществом, энергией и информацией. Биотоп – часть территории с однотипными условиями среды, занимаемая биоценозом.

Экологические факторы – любой элемент среды, оказывающий влияние на живой организм, а также на характер их отношений друг с другом.

Различают биотические, абиотические и антропогенные факторы.

Биотические – обусловлены совокупностью влияний, оказываемых на организм жизнедеятельностью других организмов. Их действие проявляется в форме взаимовлияния живых организмов разных видов друг на друга. Например: растения выделяют O_2 , который необходим живым организмам, а животные выделяют CO_2 , который необходим для фотосинтеза растениям.

Абиотические – совокупность условий неорганической среды, влияющих на организм. Они делятся на химические (химический состав воды); физические или климатические (температура, влажность воздуха, атмосферное давление, ветер, энергия Солнца, уровень радиации и др.).

В современных условиях действие факторов определяется не природной обстановкой, а изменениями в ней под влиянием деятельности человека – *антропогенные факторы* (с греч. *антропос* – человек, *генес* – происхождение). В настоящее время влияние человека на природу утратило локальный характер и имеет глобальное распространение.

Антропогенное воздействие может быть прямым – истребление, размножение и расселение человеком как отдельных видов животных и растений, так и целых биоценозов. Косвенное воздействие осуществляется путем изменения среды обитания организмов: климата, режима рек, распашка земель (освоение целинных земель) и т.д.

Лимитирующим называется фактор, который ставит рамки для протекания какого-либо процесса или существования организма, вида, сообщества. Например, O_2 в воздухе.

Адаптация – эволюционно возникший процесс приспособления строения и функций организма к изменяющимся условиям среды.

Экологическая валентность – степень приспособляемости живого организма к изменениям условий среды, т.е. выносливость вида, которая зависит от стадии индивидуального развития.

Контрольные вопросы

1. Что такое экология?
2. Перечислите этапы исторического развития экологии как науки.
3. В чем особенности современных представлений об экологии?
4. Чем отличается биоцентрическое и антропоцентрическое мировоззрения в экологии?
5. Каковы основные причины конфликта между обществом и природой в современных условиях?

2 Биосфера

2.1 Характеристика и состав биосферы

В буквальном переводе термин «биосфера» обозначает сферу жизни и в таком смысле он впервые был введен в науку в 1875 г. австрийским геологом и палеонтологом Эдуардом Зюссом (1831 – 1914). Однако задолго до этого под другими названиями, в частности «пространство жизни», «картина природы», «живая оболочка Земли» и т.п., его содержание рассматривалось многими другими естествоиспытателями.

Первоначально под всеми этими терминами подразумевалась только совокупность живых организмов, обитающих на нашей планете, хотя иногда и указывалась их связь с географическими, геологическими процессами, но при этом скорее обращалось внимание на зависимость живой природы от сил и веществ неорганической природы. Даже автор самого термина «биосфера» Э. Зюсс в своей книге «Лик Земли», опубликованной спустя почти 30 лет после введения термина (1909), не замечал обратного воздействия биосферы и определял ее как «совокупность организмов, ограниченную в пространстве и обитающую на поверхности Земли».

Первым из биологов, который ясно указал на огромную роль живых организмов в образовании земной коры, был Ж. Б. Ламарк (1744 – 1829). Он подчеркивал, что все вещества, находящиеся на поверхности земного шара и образующие его кору, сформировались благодаря деятельности живых организмов.

Факты и положения о биосфере накапливались постепенно в связи с развитием ботаники, почвоведения, географии растений и других преимущественно биологических наук, а также геологических дисциплин. Те элементы знания, которые стали необходимыми для понимания биосферы в целом, оказались связанными с возникновением экологии. Биосфера является определенной природной системой, а ее существование в первую очередь выражается в круговороте энергии и веществ при участии живых организмов.

Возраст Земли, определяемый методами изотопной геологии, составляет около 5 млрд. лет. Наиболее принятые показатели 4,6–4,7 млрд. лет. Приблизительно таков же возраст Солнца и других планет Солнечной системы. По современным представлениям, они образовались из вращающегося газопылевого космического облака. Под влиянием тепла,

выделяющегося при гравитационном сжатии и радиоактивном распаде атомов, вещество Земли постепенно дифференцировалось на ядро, мантию и верхние слои – литосферу, атмосферу, гидросферу. На ранней Земле предполагают активный вулканизм. За счет лав, выплавляющихся из верхней мантии, постепенно сформировалась земная кора, а дегазация лав привела к возникновению первичной атмосферы и жидкой воды на поверхности планеты. В первый миллиард лет существования Земли океан был, по самым грубым оценкам, примерно в 5 раз меньше современного по глубине и объему. Он формировался за счет разрастания и слияния мелких озер на поверхности суши. Ландшафт, подобно современному лунному, представлял вулканические конусы на плоских пространствах. Состав древней атмосферы считают близким к составу газов, выделяющихся из современных вулканов. Они содержат водяной пар (до 70–80%), углекислый газ (6–19%), хлор (до 7%), метан, аммиак, соединения серы и многие другие компоненты. Химический анализ газовых пузырьков в древнейших породах Земли показал полное отсутствие в них свободного кислорода, около 60% CO₂ около 35% H₂S, SO₂, NH₃, HCl и HF, некоторое количество азота и инертных газов. В настоящее время имеется уже достаточно много неоспоримых доказательств того, что ранняя атмосфера Земли была бескислородной, аналогично другим планетам Солнечной системы. Ультрафиолетовое излучение Солнца свободно достигало поверхности воды и суши из-за отсутствия озонового экрана. Вулканические газы, растворяясь в воде, переходили в первичный океан, имевший в результате сильно кислую реакцию. Возникшая на Земле жизнь постепенно изменила эти условия и преобразовала химию верхних оболочек планеты.

Очень важным для понимания биосферы было установление немецким физиологом Рихардом Пфейфером (1845 –1920) трех способов питания живых организмов:

- автотрофное – построение организма за счет использования веществ неорганической природы;
- гетеротрофное – построение организма за счет использования низкомолекулярных органических соединений;
- миксотрофное – смешанный тип построения организма (автотрофно-гетеротрофный).

Биосферу как место современного обитания организмов вместе с самими организмами можно разделить на три подсферы: *геобиосфера* – верхняя часть литосферы, населенная геобионтами; *гидробиосфера* – гидросфера без подземных вод, населенная гидробионтами; *аэробIOSфера* – нижняя часть атмосферы, населенная аэробиионтами.

В глубь Земли живые организмы проникают на небольшое расстояние. В литосфере жизнь ограничивает прежде всего температура горных пород и подземных вод, которая постепенно возрастает с глубиной и на уровне 1,5–15 км уже превышает 100°C. В нефтяных месторождениях на глубине 2–2,5 км бактерии регистрируются в значительном количестве. В океане жизнь распространена на всех глубинах и встречается на дне океанических впадин в

10–11 км и температурой около 0°С. Верхняя граница жизни в атмосфере определяется нарастанием ультрафиолетовой радиации. На высоте 25–27 км большую часть ультрафиолетового излучения Солнца поглощает находящийся здесь озон. Все живое, поднимающееся выше защитного слоя озона, погибает. Основная часть жизни в атмосфере сосредоточена в слое до 1–1,5 км. В горах граница распространения наземной жизни около 6 км над уровнем моря.

Атмосфера (греч. «атмос» – пар) – сплошная воздушная оболочка Земли. Атмосфера окружает Землю до высоты 3 тыс. км. Она состоит из смеси газов и пылевидных частиц. В сухом чистом воздухе в объемных процентах содержится 78% азота, 21% кислорода, 0,9% аргона, 0,03% углекислого газа и около 0,003% смесь неона, гелия, криптона, ксенона, оксидов азота, метана, водорода, паров воды и озона. На долю водяного пара приходится до 3% объема атмосферы. Большая часть пыли в составе атмосферы поднята с поверхности Земли, но также присутствует космическая и бактериальная пыль. Нормальное давление атмосферы – 1 кПа (750,1 мм рт. ст.).

Состав и свойства атмосферы на разных высотах неодинаковы, поэтому ее подразделяют на *тропо-, страто-, мезо-, термо- и экзосферу*. Последние три слоя иногда рассматривают как *ионосферу*.

Тропосфера (от 0 до 7 км у полюсов и до 18 км у экватора). В тропосфере сосредоточен весь водяной пар и 4/5 массы атмосферы. Здесь развиваются все погодные явления. Погода и климат на Земле зависят от распределения тепла, давления и содержания водяного пара в атмосфере. Водяной пар поглощает солнечную радиацию, увеличивает плотность воздуха и является источником всех осадков. Температура тропосферы с высотой уменьшается и на высоте 10–12 км достигает -55° С.

Стратосфера (до 40 км). Температура постепенно возрастает до 0° С. В верхних слоях - на высоте 22–24 км наблюдается максимальная концентрация озона (озоновый слой). Единица измерения озона – Добсон (1 DU = 0.01 мм; норма 340-360 DU) . Озон поглощает большую часть губительного для живых организмов жесткого излучения Солнца. Над различными участками земной поверхности и в разное время года содержание озона неодинаково. Его больше в высоких широтах, меньше в средних и низких; весной озона больше, чем осенью.

Мезосфера (до 80 км). Температура падает до -60...-80° С. Наблюдается высокое содержание ионов газов, являющихся причиной возникновения полярных сияний.

Термосфера (до 800 км). Характеризуется ростом температуры. Увеличивается содержание легких газов – водорода и гелия – и заряженных частиц.

Экзосфера (до 1500–2000 (3000) км). Здесь происходит рассеивание (диссипация) атмосферных газов в космическое пространство.

Гидросфера (греч. «гидро» – вода) – прерывистая водная оболочка Земли. Располагается между атмосферой и литосферой и включает в себя все

океаны, моря, озера, реки, а также подземные воды, льды, снега полярных и высокогорных районов. Гидросферу делят на поверхностную и подземную.

Поверхностная гидросфера – водная оболочка поверхностной части Земли. В ее состав входят воды океанов, морей, озер, рек, водохранилищ, болот, ледников, снежных покровов и др. Поверхностная гидросфера покрывает земную поверхность на 70,8%.

Подземная гидросфера – включает воды, находящиеся в верхней части земной коры. Их называют подземными. Сверху подземная гидросфера ограничена поверхностью земли, нижнюю ее границу проследить невозможно, так как гидросфера очень глубоко проникает в толщу земной коры.

По отношению к объему земного шара общий объем гидросферы не превышает 0,13%. Основную часть гидросферы (96,53%) составляет Мировой океан. На долю подземных вод приходится 1,69% от общего объема гидросферы, остальное – воды рек, озер и ледников. Более 98% всех водных ресурсов Земли составляют соленые воды океанов, морей и др.; пресных вод – около 2%. Основная часть пресных вод сосредоточена в ледниках, воды которых пока используются очень мало. На долю остальной части пресных вод, пригодных для водоснабжения, приходится всего лишь 0,3% объема гидросферы.

Литосфера (греч. «литос» – камень) – твердая оболочка земного шара. Во внутреннем строении Земли выделяют три основных слоя: земную кору, мантию и ядро.

Земная кора располагается в среднем до глубины 35 км (до 5–15 км под океанами и до 35–70 км под континентами). В состав земной коры входят все известные химические элементы. Преобладают кислород O (49,1%), кремний Si (26%), алюминий Al (7,4%), железо Fe (4,2%), кальций Ca (3,3%), натрий Na (2,4%), калий K (2,4%), магний Mg (2,4%).

Мантия располагается между земной корой и ядром и распространяется до глубины 2900 км. Здесь преобладают O, Si, Fe, Mg, Ni. Внутри мантии с глубины 50–100 км под океанами и 100–250 км под континентами начинается слой вещества, по состоянию близкого к плавлению, так называемая *астеносфера*. Земная кора вместе с верхним твердым слоем мантии над астеносферой называется *литосферой*. *Литосфера* – внешняя твердая оболочка земного шара. Это относительно хрупкая оболочка. Она разбита глубинными разломами на крупные блоки – *литосферные плиты*, которые медленно перемещаются по астеносфере в горизонтальном направлении.

Ядро располагается ниже мантии на глубине от 2900 км до 6371 км; состоит из Fe и Ni.

Земная кора сложена из горных пород, которые, в свою очередь, состоят из минералов. *Минерал* – природное тело однородного химического состава, обладающее во всей своей массе одинаковыми физическими свойствами. *Горные породы* – геологические образования, состоящие из минералов и обладающие относительно постоянными химическим составом и свойствами.

По способу образования горные породы делят на магматические, метаморфические и осадочные.

Магматические породы образуются из жидкого силикатного расплава магмы при ее остывании в недрах Земли или на ее поверхности. В зависимости от места ее остывания магматические породы разделяют на *интрузивные* (глубинные) и *эффузивные* (излившиеся). К магматическим породам относят гранит, базальт и т.д.

Метаморфические породы образуются из магматических и осадочных пород под влиянием процессов метаморфизма – под действием высоких температур, давлений и активных флюидов (горячих газов и растворов) в средних слоях литосферы. К метаморфическим породам относят сланцы, гнейс, мрамор и т. д.

Осадочные породы образуются в поверхностной части земной коры в результате разрушения, переотложения и преобразования на поверхности Земли и на дне водоемов ранее существовавших пород. Они делятся на механические (обломочные), химические (хемогенные) и органические (органогенные). *Механические (обломочные) осадочные породы* образуются в результате механического разрушения магматических и метаморфических пород. В зависимости от размера частиц, слагающих породу, выделяют грубообломочные, среднеобломочные (песчаные), пылеватые и глинистые породы. *Химические осадочные породы* образуются за счет выпадения осадка при перенасыщении растворов. К ним относятся известняк, доломит, каменная соль и т. д. *Органические (биохимические) осадочные породы* образуются в результате жизнедеятельности организмов. К ним относятся органогенные известняки, мел, торф, нефть, уголь и т. д.

Доля различных горных пород в земной коре неодинакова. Более 70% приходится на магматические породы, около 17% – на метаморфические и лишь чуть больше 12% – на осадочные.

Земная кора неодинакова по составу, строению и мощности. Различают континентальную, океаническую и промежуточную коры. *Континентальная (материковая) кора* покрывает третью часть земного шара, она присуща континентам, включая их подводные окраины, имеет толщину 35–70 км и состоит из 3 слоев: осадочного, гранитного и базальтового. *Океаническая кора* располагается под океанами, имеет толщину 5–15 км и состоит из 3 слоев: осадочного, базальтового и габбросерпентинитового. *Промежуточная (переходная) кора* имеет черты как континентальной, так и океанической коры.

Самыми крупными структурными элементами земной коры являются *материки*, включая их подводные окраины, и *океаны*. Основная их часть принадлежит спокойным участкам (*платформам*), меньшая – подвижным участкам (*геосинклиналям*).

Геосинклинали – обширные подвижные участки земной коры с разнообразными по интенсивности и направленности тектоническими движениями. В своем развитии геосинклинали проходят два этапа: первый (более продолжительный) характеризуется погружением и морским режимом

(при этом формируется океаническая земная кора), второй (менее продолжительный) – интенсивным поднятием и горообразованием (при этом формируется материковая земная кора). Первый этап связан с расхождением литосферных плит, второй – с их сближением и столкновением.

Платформы – обширные устойчивые, преимущественно равнинные блоки земной коры. Платформы бывают *материковые* и *океанические* с соответствующим типом земной коры. Материковые платформы имеют нижний ярус – *фундамент* (образован метаморфическими и магматическими породами) и верхний ярус – *осадочный чехол* (образован осадочными породами). Различают *древние* платформы (фундамент образовался в докембрии) и *молодые* (фундамент образовался в палеозое). Древние платформы разделены между собой геосинклинальными поясами. Молодые платформы не образуют самостоятельных массивов, а причленяются к древним.

Горы в основном соответствуют геосинклинальным поясам разного возраста, равнины – древним и молодым платформам.

Педосфера (лат. «педис» – нога, стопа) – оболочка Земли, образуемая почвенным покровом; верхняя (дневная) часть литосферы на суше. *Почва* – это поверхностный горизонт земной коры, образующий небольшой по мощности слой, сформированный в результате взаимодействия факторов почвообразования: климата, организмов, почвообразующих пород, рельефа местности, возраста страны (времени), хозяйственной деятельности человека. Так как эти факторы почвообразования и их сочетания неодинаковы в различных частях Земли, то и мир почв также отличается широким разнообразием. Каждая почва отличается особым строением и отражает местные природные условия.

В. И. Вернадский назвал почвы «*благородной ржавчиной Земли*». Это тончайшая поверхностная оболочка суши. Верхняя граница почвы – поверхность раздела между почвой и атмосферой, нижняя граница – глубина проникновения почвообразовательных процессов. Мощность (толщина) современных зональных почв около 80–150 см, с колебаниями от нескольких сантиметров до 2,5–3,0 м.

Почва является неотъемлемым компонентом наземных биогеоценозов. Она осуществляет сопряжение (взаимодействие) большого геологического и малого биологического круговоротов веществ. Почва – уникальное по сложности вещественного состава природное образование. Вещество почвы представлено четырьмя физическими фазами: твердой (минеральные и органические частицы), жидкой (почвенный раствор), газообразной (почвенный воздух) и живой (организмы). Для почв характерна сложная пространственная организация и дифференциация признаков, свойств и процессов.

Важнейшее свойство почв – *плодородие* – способность почв удовлетворять потребность растений в элементах питания и воде, обеспечивать их корневые системы достаточным количеством тепла и воздуха для нормальной деятельности и создания урожая.

Природный процесс образования почв из слагающих земную поверхность горных пород, их развития, функционирования и эволюции под воздействием факторов почвообразования называется *почвообразовательным процессом или почвообразованием*. Он представляет собой совокупность явлений превращения и передвижения веществ и энергии в почвенной толще. Наиболее существенные слагаемые почвообразовательного процесса следующие: 1) превращение (трансформация) минералов горной породы, из которой образуется сама почва, а в дальнейшем и самой почвы; 2) накопление органических остатков и их постепенная трансформация; 3) взаимодействие минеральных и органических веществ с образованием сложной системы органо-минеральных соединений; 4) накопление (аккумуляция) в верхней части почвы ряда биофильных элементов, прежде всего элементов питания; 5) передвижение продуктов почвообразования с током влаги в профиле почвы.

Тип почвы – группа почв, развивающихся в однотипно сопряженных биологических, климатических, гидрологических условиях и характеризующихся ярким проявлением основного процесса почвообразования при возможном сочетании с другими процессами.

Почвенный покров Земли составляют в основном следующие почвы: *арктические, тундровые, подзолистые, дерновые, дерново-подзолистые, мерзлотно-таежные, бурые лесные, серые лесные, черноземные, каштановые, бурые полупустынные, сероземы, желтоземы, красноземы, коричневые, серо-коричневые, ферралитные, латеритные*, а также *солончаки, солонцы, солоды, болотные, пойменные, песчаные и горные почвы* и др.

Почвы обладают внешними, так называемыми ***морфологическими признаками***, по которым ее можно отличить от горной породы или одну почву от другой, а также приблизительно судить о направлении и степени выраженности почвообразовательного процесса. Главные морфологические признаки почвы: строение почвенного профиля, мощность почвы и ее отдельных горизонтов, окраска, структура, гранулометрический состав, сложение, новообразования и включения.

Общий вид почвы со всеми почвенными горизонтами называется строением почвы. Совокупность генетических горизонтов образует ***почвенный профиль*** – определенную вертикальную последовательность генетических горизонтов почвы. ***Генетические почвенные горизонты*** – это однородные, обычно параллельные поверхности слои почвы, составляющие почвенный профиль и различающиеся между собой по морфологическим признакам. Каждому почвенному типу свойственно свое сочетание горизонтов.

Наиболее важными с экологической точки зрения свойствами и признаками почв являются следующие: мощность почвы, гранулометрический состав, структура, плотность, содержание гумуса, влажность, состав почвенного раствора, кислотность, буферность и др.

Почва является неотъемлемой частью любого наземного биогеоценоза и биосферы в целом. При этом она выполняет ряд экологических функций, в том числе глобальных биосферных, обеспечивающих стабильность биосферы и саму возможность существования жизни на Земле. Экологические функции почвы можно разделить на две большие группы: экосистемные (биогеоценозические) функции почвы и глобальные (биосферные) функции почвенного покрова. Почва, будучи составной частью любого наземного биогеоценоза, выполняет ряд биогеоценозических функций. Почвенный покров, являясь неотъемлемым компонентом биосферы, выполняет ряд биосферных функций.

Биосферные функции почвенного покрова следующие:

1. Среда обитания, аккумулятор и источник вещества и энергии для организмов суши.

2. Сопряжение большого геологического и малого биологического круговоротов веществ на земной поверхности.

3. Регулирование химического состава атмосферы и гидросферы.

4. Защитный барьер биосферы.

5. Обеспечение существования жизни на Земле. Кроме экологических функций по отношению непосредственно к человеку почва осуществляет еще одну функцию – сельскохозяйственную. Она является главным средством сельскохозяйственного производства. В основе и экологических, и сельскохозяйственных функций почвы лежит ее важнейшее свойство – плодородие. Следствием снижения почвенного плодородия в результате различных деграционных процессов является падение продуктивности естественных и агрокультурных ландшафтов. Это создает угрозу продовольственной безопасности человечества.

Каждая из этих геологических оболочек планеты имеет свои специфические свойства, которые определяют набор форм живых организмов, обитающих в данной части биосферы, их основные морфофизиологические особенности, формируя своим влиянием принципиальные пути эволюции и становление фундаментальных черт жизненных форм наземных, водных и почвенных организмов. Таким образом, воздушная, водная и почвенная оболочки земного шара представляют собой не просто пространство, заполненное жизнью, но выступают как основные среды жизни, активно формирующие ее состав и биологические свойства.

В.И. Вернадский рассматривал биосферу как область жизни, включающую наряду с организмами и среду их обитания. Он выделил в биосфере семь разных, но геологически взаимосвязанных типов веществ. По В.И. Вернадскому, в состав биосферы входят следующие типы веществ.

1. **Живое вещество** – живые организмы, населяющие нашу планету (масса живого вещества составляет лишь 0,01% от массы всей биосферы).

2. **Косное вещество** – неживые тела, образующиеся в результате процессов, не связанных с деятельностью живых организмов (породы

магматического и метаморфического происхождения, некоторые осадочные породы).

3. **Биогенное вещество** – неживые тела, образующиеся в результате деятельности живых организмов (некоторые осадочные породы: известняки, мел и др., а также нефть, газ, каменный уголь, кислород атмосферы и др.).

4. **Биокосное вещество** – биокосные тела, представляющие собой результат совместной деятельности живых организмов и геологических процессов (почвы, илы, кора выветривания и др.).

5. **Радиоактивное вещество** – атомы радиоактивных элементов – уран (^{238}U и ^{235}U), торий (^{232}Th), радий (^{226}Ra) и радон (^{222}Rn и ^{220}Rn), калий (^{40}K), рубидий (^{87}Rb), кальций (^{48}Ca), углерод (^{14}C) и др.

6. **Рассеянные атомы** – отдельные атомы элементов, встречающиеся в природе в рассеянном состоянии (в таком состоянии часто существуют атомы микро- и ультрамикроразнообразия: Mn, Co, Zn, Cu, Au, Hg и др.)

7. **Вещество космического происхождения** – вещество, поступающее на поверхность Земли из космоса (метеориты, космическая пыль).

А.В. Лапо классифицировал вещество биосферы по трем основным параметрам:

а) характер вещества: живое или неживое;

б) градации по исходному материалу: образовавшееся из живого вещества – биогенное и образовавшееся из неживого вещества – абиогенное;

в) признак земного или внеземного происхождения.

Поле существования жизни в биосфере определяется:

1. Достаточной концентрацией кислорода (~21%) и CO_2 ;

2. Достаточным количеством воды;

3. Благоприятной температурой;

4. Прожиточным минимумом минеральных веществ.

2.2 Живое вещество биосферы

Живое вещество представлено совокупностью всех живых организмов, существующих на Земле.

Отечественный ученый М. В. Волькенштейн писал, что «живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые, саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров – белков и нуклеиновых кислот».

Можно выделить следующие **признаки (свойства) живой материи**, отличающие ее от неживой.

1. **Определенный химический состав.** Живые организмы состоят из тех же химических элементов, что и объекты неживой природы, однако соотношение этих элементов различно. Основными элементами живых существ являются углерод С, кислород О, азот N и водород H.

2. **Клеточное строение.** Все живые организмы, кроме вирусов, имеют клеточное строение.

3. **Обмен веществ и энергозависимость.** Живые организмы являются открытыми системами, они зависят от поступления в них из внешней среды веществ и энергии.

4. **Саморегуляция (гомеостаз).** Живые организмы обладают способностью поддерживать гомеостаз – постоянство своего химического состава и интенсивность обменных процессов.

5. **Раздражимость.** Живые организмы проявляют раздражимость, то есть способность отвечать на определенные внешние воздействия специфическими реакциями.

6. **Наследственность.** Живые организмы способны передавать признаки и свойства из поколения в поколение с помощью носителей информации – молекул ДНК и РНК

7. **Изменчивость.** Живые организмы способны приобретать новые признаки и свойства.

8. **Самовоспроизведение (размножение).** Живые организмы способны размножаться – воспроизводить себе подобных.

9. **Индивидуальное развитие (онтогенез).** Каждой особи свойственен онтогенез – индивидуальное развитие организма от зарождения до конца жизни (смерти или нового деления). Развитие сопровождается ростом.

10. **Эволюционное развитие (филогенез).** Живой материи в целом свойственен филогенез – историческое развитие жизни на Земле с момента ее появления до настоящего времени.

11. **Адаптации.** Живые организмы способны адаптироваться, то есть приспосабливаться к условиям окружающей среды.

12. **Ритмичность.** Живые организмы проявляют ритмичность жизнедеятельности (суточную, сезонную и др.).

13. **Целостность и дискретность.** С одной стороны, вся живая материя целостна, определенным образом организована и подчиняется общим законам; с другой стороны, любая биологическая система состоит из обособленных, хотя и взаимосвязанных элементов.

14. **Иерархичность.** Начиная от биополимеров (белков и нуклеиновых кислот) и кончая биосферой в целом, все живое находится в определенной соподчиненности. Функционирование биологических систем на менее сложном уровне делает возможным существование более сложного уровня.

Живое вещество по массе составляет 0,01—0,02% от косного вещества биосферы, однако играет ведущую роль в биогеохимических процессах.

Ежегодная продукция живого вещества в биосфере составляет 232,5 млрд т сухого органического вещества. За то же время на планете фотосинтезируется $115 \cdot 10^9$ т сухого органического вещества и $123 \cdot 10^9$ т кислорода. Для этого требуется, чтобы $170 \cdot 10^9$ т диоксида углерода прореагировало с $68 \cdot 10^9$ т воды. В процесс вовлекаются $6 \cdot 10^9$ т азота, $2 \cdot 10^9$ т фосфора, а также такие элементы, как калий, кальций, сера, железо.

Живое вещество является наиболее активным компонентом биосферы. Оно осуществляет гигантскую геохимическую работу, преобразовывая другие оболочки Земли в геологическом масштабе времени.

Все химические элементы живой материи циркулируют в биосфере по характерным путям, переходя из внешней среды в организмы, а затем возвращаясь во внешнюю среду. Эти в большей или меньшей степени замкнутые пути называют *биогеохимическими циклами* (или круговоротами), причем «био» относится к живым организмам, а «гео» — к горным породам, воздуху и воде. Термин «*биогеохимия*» предложен академиком В. И. Вернадским.

В каждом цикле различают две части или два фонда:

- резервный фонд — большая масса медленно движущихся веществ, в основном небиологический компонент;
- подвижный, или обменный, фонд — меньший, но более активный, для которого характерен быстрый обмен между организмами и их непосредственным окружением.

Для биосферы в целом все биогеохимические круговороты делят на круговорот газообразных веществ с резервным фондом в атмосфере или гидросфере (океан) и осадочный цикл с резервным фондом в земле.

Живое вещество обеспечивает биогеохимический круговорот веществ и превращение энергии в биосфере. Выделяют следующие основные геохимические функции живого вещества:

1. Энергетическая (биохимическая) — связывание и запасание солнечной энергии в органическом веществе и последующее рассеяние энергии при потреблении и минерализации органического вещества. Эта функция связана с питанием, дыханием, размножением и другими процессами жизнедеятельности организмов.

2. Газовая — способность живых организмов изменять и поддерживать определенный газовый состав среды обитания и атмосферы в целом. С газовой функцией связывают два переломных периода (точки) в развитии биосферы. Первая из них относится ко времени, когда содержание кислорода в атмосфере достигло примерно 1% от современного уровня (первая точка Пастера). Это обусловило появление первых аэробных организмов (способных жить только в среде, содержащей кислород). С этого времени восстановительные процессы в биосфере стали дополняться окислительными. Это произошло примерно 1,2 млрд. лет назад. Второй переломный период связывают со временем, когда концентрация кислорода достигла примерно 10% от современной (вторая точка Пастера). Это создало условия для синтеза озона и образования озонового слоя в верхних слоях атмосферы, что обусловило возможность освоения организмами суши (до этого функцию защиты организмов от губительных космических излучений выполняла вода).

3. Концентрационная — «захват» из окружающей среды живыми организмами и накопление в них атомов биогенных химических элементов. Концентрационная способность живого вещества повышает содержание атомов химических элементов в организмах по сравнению с окружающей средой на несколько порядков. Содержание углерода в растениях в 200 раз, а азота в 30 раз превышает их уровень в земной коре. Содержание марганца в

некоторых бактериях может быть в миллионы раз больше, чем в окружающей среде. Результат концентрационной деятельности живого вещества – образование залежей горючих ископаемых, известняков, рудных месторождений и т.п.

4. Окислительно-восстановительная – окисление и восстановление различных веществ с участием живых организмов. Под влиянием живых организмов происходит интенсивная миграция атомов элементов с переменной валентностью (Fe, Mn, S, P, N и др.), создаются их новые соединения, происходит отложение сульфидов и минеральной серы, образование сероводорода и т.п.

5. Деструктивная – разрушение организмами и продуктами их жизнедеятельности, в том числе и после их смерти, как остатков органического вещества, так и косных веществ. Наиболее существенную роль в этом отношении выполняют редуценты (деструкторы) – сапротрофные грибы и бактерии.

6. Транспортная – перенос вещества и энергии в результате активной формы движения организмов. Такой перенос может осуществляться на огромные расстояния, например, при миграциях и кочевках животных. С транспортной функцией в значительной мере связана концентрационная роль сообществ организмов, например, в местах их скопления (птичьи базары и другие колониальные поселения).

7. Средообразующая – преобразование физико-химических параметров среды. Эта функция является в значительной мере интегральной – представляет собой результат совместного действия других функций. Она имеет разные масштабы проявления. Результатом средообразующей функции является и вся биосфера, и почва как одна из сред обитания, и более локальные структуры.

8. Рассеивающая – функция, противоположная концентрационной – рассеивание веществ в окружающей среде. Она проявляется через трофическую и транспортную деятельность организмов. Например, рассеивание вещества при выделении организмами экскрементов, смене покровов и т.п. Железо гемоглобина крови рассеивается кровососущими насекомыми.

9. Информационная – накопление живыми организмами определенной информации, закрепление ее в наследственных структурах и передача последующим поколениям. Это одно из проявлений адаптационных механизмов.

10. Биогеохимическая деятельность человека – превращение и перемещение веществ биосферы в результате человеческой деятельности для хозяйственных и бытовых нужд человека. Например, использование концентраторов углерода – нефти, угля, газа и др.

Таким образом, биосфера представляет собой сложную динамическую систему, осуществляющую улавливание, накопление и перенос энергии путем обмена веществ между живым веществом и окружающей средой.

Химический состав живых организмов можно выразить в двух видах: атомный и молекулярный. *Атомный (элементный) состав* характеризует соотношение атомов элементов, входящих в живые организмы. *Молекулярный (вещественный) состав* отражает соотношение молекул веществ.

По относительному содержанию элементы, входящие в состав живых организмов, принято делить на три группы:

1. *Макроэлементы* – O, C, H, N (в сумме около 98-99%, их еще называют *основные*), Ca, K, Mg, P, S, Na, Cl, Fe (в сумме около 1–2%). Макроэлементы составляют основную массу процентного состава живых организмов.

2. *Микроэлементы* – Mn, Co, Zn, Cu, B, I, F и др. Их суммарное содержание в живом веществе составляет порядка 0,1 %.

3. *Ультрамикроэлементы* – Se, U, Ra, Au, Ag и др. Их содержание в живом веществе очень незначительно (менее 0,01%), а физиологическая роль для большинства из них не раскрыта.

Химические элементы, которые входят в состав живых организмов и при этом выполняют биологические функции, называются *биогенными*. Даже те из них, которые содержатся в клетках в ничтожно малых количествах, ничем не могут быть заменены и совершенно необходимы для жизни.

Химические элементы входят в состав клеток в виде ионов и молекул неорганических и органических веществ. Важнейшие неорганические вещества в клетке – вода (75–85 % от сырой массы живых организмов) и минеральные соли (1–1,5 %), важнейшие органические вещества – углеводы (0,2–2,0 %), липиды (1–5 %), белки (10–15 %) и нуклеиновые кислоты (1–2 %).

2.3 Уровни организации живой природы

Иерархичность организации живой материи позволяет условно подразделить ее на ряд уровней. *Уровень организации живой материи* – это функциональное место биологической структуры определенной степени сложности в общей иерархии живого. Выделяют следующие уровни организации живой материи: молекулярный, субклеточный, клеточный, органно-тканевой, организменный, популяционно-видовой, биоценотический, биогеоценотический, биосферный.

1. **Молекулярный (молекулярно-генетический)**. На этом уровне живая материя организуется в сложные высокомолекулярные органические соединения, такие, как белки, нуклеиновые кислоты и др.

2. **Субклеточный (надмолекулярный)**. На этом уровне живая материя организуется в органоиды: хромосомы, клеточную мембрану, эндоплазматическую сеть, митохондрии, комплекс Гольджи, лизосомы, рибосомы и другие субклеточные структуры.

3. **Клеточный**. На этом уровне живая материя представлена клетками. Клетка является элементарной структурной и функциональной единицей живого.

4. **Органно-тканевой.** На этом уровне живая материя организуется в ткани и органы. Ткань – совокупность клеток, сходных по строению и функциям, а также связанных с ними межклеточных веществ. Орган – часть многоклеточного организма, выполняющая определенную функцию или функции.

5. **Организменный (онтогенетический).** На этом уровне живая материя представлена организмами. Организм (особь, индивид) – неделимая единица жизни, ее реальный носитель, характеризующийся всеми ее признаками.

6. **Популяционно-видовой.** На этом уровне живая материя организуется в популяции. Популяция – совокупность особей одного вида, образующих обособленную генетическую систему, которая длительно существует в определенной части ареала относительно обособленно от других совокупностей того же вида. Вид – совокупность особей (популяций особей), способных к скрещиванию с образованием плодового потомства и занимающих в природе определенную область (ареал).

7. **Биоценотический.** На этом уровне живая материя образует биоценозы. Биоценоз – совокупность популяций разных видов, обитающих на определенной территории.

8. **Биогеоценотический.** На этом уровне живая материя формирует биогеоценозы. Биогеоценоз – совокупность биоценоза и абиотических факторов среды обитания (климат, почва).

9. **Биосферный.** На этом уровне живая материя формирует биосферу. Биосфера – оболочка Земли, преобразованная деятельностью живых организмов.

Необходимо отметить, что биогеоценотический и биосферный уровни организации живой материи выделяют не всегда, поскольку они представлены биокосными системами, включающими не только живое вещество, но и неживое. Также часто не выделяют субклеточный и органно-тканевой уровни, включая их в клеточный и организменный соответственно.

Предсказать свойства каждого следующего уровня на основе свойств предыдущих уровней невозможно так же, как нельзя предсказать свойства воды, исходя из свойств кислорода и водорода. Такое явление носит название *эмерджентность*, то есть наличие у системы особых, качественно новых свойств, не присущих сумме свойств ее отдельных элементов. С другой стороны, знание особенностей отдельных составляющих системы значительно облегчает ее изучение. Таким образом, в науке вообще, и в экологии в частности, целесообразно оптимальное сочетание двух подходов к познанию окружающего мира – анализа и синтеза. *Анализ* – расчленение объекта на отдельные составляющие его элементы и их последующее изучение. *Синтез* – исследование объекта в целом.

2.4 Типы питания и метаболизм живых организмов

Все живые организмы, обитающие на Земле, представляют собой открытые системы, зависящие от поступления вещества и энергии извне.

Процесс потребления вещества и энергии называется **питанием**. Химические вещества необходимы для построения тела, энергия – для осуществления процессов жизнедеятельности.

Существует два типа питания живых организмов: автотрофное и гетеротрофное.

Автотрофы (автотрофные организмы) – организмы, использующие в качестве источника углерода углекислый газ (растения и некоторые бактерии). Иначе говоря, это организмы, способные создавать органические вещества из неорганических – углекислого газа, воды, минеральных солей.

В зависимости от источника энергии автотрофы делят на фотоавтотрофов и хемоавтотрофов. **Фототрофы** – организмы, использующие для биосинтеза световую энергию (растения, цианобактерии). **Хемотрофы** – организмы, использующие для биосинтеза энергию химических реакций окисления неорганических соединений (хемотрофные бактерии: водородные, нитрифицирующие, железобактерии, серобактерии и др.).

Гетеротрофы (гетеротрофные организмы) – организмы, использующие в качестве источника углерода органические соединения (животные, грибы и большинство бактерий). Иначе говоря, это организмы, не способные создавать органические вещества из неорганических, а нуждающиеся в готовых органических веществах.

По способу получения пищи гетеротрофы делят на фаготрофов (голозоев) и осмотрофов. **Фаготрофы (голозои)** заглатывают твердые куски пищи (животные), **осмотрофы** поглощают органические вещества из растворов непосредственно через клеточные стенки (грибы, большинство бактерий).

По состоянию источника пищи гетеротрофы делятся на биотрофов и сапротрофов. **Биотрофы** питаются живыми организмами. К ним относятся *зоофаги* (питаются животными) и *фитофаги* (питаются растениями), в том числе *паразиты*. **Сапротрофы** используют в качестве пищи органические вещества мертвых тел или выделения (экскременты) животных. К ним принадлежат сапротрофные бактерии, сапротрофные грибы, сапротрофные растения (*сапрофиты*), сапротрофные животные (*сапрофаги*). Среди них встречаются *детритофаги* (питаются детритом), *некрофаги* (питаются трупами животных), *копрофаги* (питаются экскрементами) и др.

Некоторые живые существа в зависимости от условий обитания способны и к автотрофному, и к гетеротрофному питанию. Организмы со смешанным типом питания называются миксотрофами. **Миксотрофы** – организмы, которые могут как синтезировать органические вещества из неорганических, так и питаться готовыми органическими соединениями (насекомоядные растения, представители отдела эвгленовых водорослей и др.).

Метаболизм – совокупность всех химических реакций, протекающих в живом организме. Значение метаболизма состоит в создании необходимых

организму веществ и обеспечении его энергией. Выделяют две составные части метаболизма – катаболизм и анаболизм.

Катаболизм (энергетический обмен, диссимилиация) – совокупность реакций, приводящих к образованию простых веществ из более сложных (гидролиз полимеров до мономеров и расщепление последних до низкомолекулярных соединений углекислого газа, воды, аммиака и др. веществ). Катаболические реакции идут обычно с высвобождением энергии.

Анаболизм (пластический обмен, ассимиляция) – понятие, противоположное катаболизму: совокупность реакций синтеза сложных веществ из более простых (образование углеводов из углекислого газа и воды в процессе фотосинтеза, реакции матричного синтеза). Для протекания анаболических реакций требуются затраты энергии.

Процессы пластического и энергетического обмена неразрывно связаны между собой. Все синтетические (анаболические) процессы нуждаются в энергии, поставляемой в ходе реакций диссимилиации. Сами же реакции расщепления (катаболизма) протекают лишь при участии ферментов, синтезируемых в процессе ассимиляции.

Энергетический обмен. По отношению к свободному кислороду организмы делятся на три группы: аэробы, анаэробы и факультативные формы.

Аэробы (облигатные аэробы) – организмы, способные жить только в кислородной среде (животные, растения, некоторые бактерии и грибы).

Анаэробы (облигатные анаэробы) – организмы, неспособные жить в кислородной среде (некоторые бактерии).

Факультативные формы (факультативные анаэробы) – организмы, способные жить как в присутствии кислорода, так и без него (некоторые бактерии и грибы).

У облигатных аэробов и факультативных анаэробов в присутствии кислорода катаболизм протекает в три этапа: подготовительный, бескислородный и кислородный. В результате органические вещества распадаются до неорганических соединений. У облигатных анаэробов и факультативных анаэробов при недостатке кислорода катаболизм протекает в два первых этапа: подготовительный и бескислородный. В результате образуются промежуточные органические соединения еще богатые энергией.

Этапы энергетического обмена (катаболизма):

Первый этап – **подготовительный** – заключается в ферментативном расщеплении сложных органических соединений на более простые. Белки расщепляются до аминокислот, жиры до глицерина и жирных кислот, полисахариды до моносахаридов, нуклеиновые кислоты до нуклеотидов. У многоклеточных организмов это происходит в желудочно-кишечном тракте, у одноклеточных – в лизосомах под действием гидролитических ферментов. Высвобождающаяся при этом энергия рассеивается в виде теплоты. Образовавшиеся органические соединения либо подвергаются дальнейшему окислению, либо используются клеткой для синтеза собственных органических соединений.

Второй этап – **неполное окисление (бескислородный)** – заключается в дальнейшем расщеплении органических веществ, осуществляется в цитоплазме клетки без участия кислорода. Бескислородное, неполное окисление глюкозы называется *гликолизом*. В результате гликолиза из одной молекулы глюкозы образуются две молекулы пировиноградной кислоты (ПВК), при этом синтезируются две молекулы АТФ.

Далее *при отсутствии в среде кислорода* ПВК перерабатывается либо в этиловый спирт – *спиртовое брожение* (в клетках дрожжей и растений при недостатке кислорода), либо в молочную кислоту – *молочнокислое брожение* (в клетках животных при недостатке кислорода).

При наличии в среде кислорода продукты гликолиза претерпевают дальнейшее расщепление до конечных продуктов, то есть включаются в третий этап.

Третий этап – **полное окисление (дыхание)** – заключается в окислении ПВК до углекислого газа и воды, осуществляется в митохондриях, при обязательном участии кислорода.

Суммарное уравнение расщепления глюкозы в процессе клеточного дыхания:



Таким образом, в ходе гликолиза образуются 2 молекулы АТФ, в ходе клеточного дыхания – еще 36 АТФ, в целом при полном окислении глюкозы – 38 АТФ.

Пластический обмен. Гетеротрофные организмы строят собственные органические вещества из органических компонентов пищи. Гетеротрофная ассимиляция сводится, по существу, к перестройке молекул: *органические вещества пищи (белки, жиры, углеводы) → простые органические молекулы (аминокислоты, жирные кислоты, моносахариды) → макромолекулы тела (белки, жиры, углеводы).*

Автотрофные организмы способны полностью самостоятельно синтезировать органические вещества из неорганических молекул, потребляемых из внешней среды. В процессе фото- и хемосинтеза, происходит образование простых органических соединений, из которых в дальнейшем синтезируются макромолекулы: *неорганические вещества (CO₂, H₂O) → простые органические молекулы (аминокислоты, жирные кислоты, моносахариды) → макромолекулы тела (белки, жиры, углеводы).*

Рассмотрим наиболее важные, с точки зрения экологии, метаболические процессы пластического обмена – фотосинтез и хемосинтез.

Фотосинтез (фотоавтотрофия) – синтез органических соединений из неорганических за счет энергии света. Суммарное уравнение фотосинтеза: $6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$

Фотосинтез протекает при участии *фотосинтезирующих пигментов*, обладающих уникальным свойством преобразования энергии солнечного света в энергию химической связи в виде АТФ. Процесс фотосинтеза состоит из двух фаз: световой и темновой.

В процессе фотосинтеза кроме моносахаридов (глюкоза и др.) синтезируются мономеры других органических соединений – аминокислоты, глицерин и жирные кислоты. Таким образом, благодаря фотосинтезу растения обеспечивают себя и все живое на Земле необходимыми органическими веществами и кислородом.

Хемосинтез (хемоавтотрофия) – процесс синтеза органических соединений из неорганических (CO_2 и др.) за счет химической энергии окисления неорганических веществ (серы, водорода, сероводорода, железа, аммиака, нитрита и др.). К хемосинтезу способны только хемосинтезирующие бактерии: нитрифицирующие, водородные, железобактерии, серобактерии и др. Они окисляют соединения азота, железа, серы и других элементов. Все хемосинтетики являются облигатными аэробами, так как используют кислород воздуха. *Нитрифицирующие бактерии* окисляют соединения азота, *железобактерии* превращают закисное железо в окисное, *серобактерии* окисляют соединения серы.

Высвобождающаяся в ходе реакций окисления энергия запасается бактериями в виде молекул АТФ и используется для синтеза органических соединений. Хемосинтезирующие бактерии играют очень важную роль в биосфере. Они участвуют в очистке сточных вод, способствуют накоплению в почве минеральных веществ, повышают плодородие почвы.

2.5. Экологическая характеристика основных систематических групп организмов

Вирусы – внутриклеточные облигатные паразиты. Могут проявлять свойства живых организмов, только попав внутрь клетки. Простые вирусы (например, вирус табачной мозаики) состоят из молекулы нуклеиновой кислоты и белковой оболочки – *капсида*. Вирус подавляет существующие в клетке процессы транскрипции и трансляции. Он использует их для синтеза собственных нуклеиновой кислоты и белка, из которых собираются новые вирусы.

Прокариоты (бактерии, архебактерии, цианобактерии) – одноклеточные организмы, не имеют ядра. По способу питания среди бактерий встречаются фототрофы, хемотрофы, сапрофиты, паразиты. Благодаря такому разнообразному метаболизму бактерии могут существовать в самых различных условиях среды: в воде, воздухе, почве, живых организмах. Велика роль бактерий в образовании нефти, каменного угля, торфа, природного газа, в почвообразовании, в круговоротах азота, фосфора, серы и других элементов в природе. Сапротрофные бактерии участвуют в разложении органических останков растений и животных и в их минерализации до CO_2 , H_2O , H_2S , NH_3 и других неорганических веществ. Вместе с грибами они являются редуцентами. Клубеньковые бактерии (азотфиксирующие) образуют симбиоз с бобовыми растениями и участвуют в фиксации атмосферного азота в минеральные соединения, доступные растениям. Сами растения такой способностью не обладают.

Грибы – эукариотические гетеротрофы. Царство грибов насчитывает около 100 тыс. видов. Встречаются сапротрофы и паразиты. Грибы-паразиты вызывают такие заболевания растений, как головня, спорынья, ржавчина, мучнистая роса. Грибы-сапрофиты играют важную роль в круговороте веществ в природе, минерализуя органические остатки отмерших растений и животных. Вместе со многими бактериями они являются редуцентами.

Растения – эукариотические автотрофные фотосинтезирующие организмы. Царство растений насчитывает около 500 тыс. видов. Растения являются продуцентами органических веществ и основным источником энергии для других живых организмов. Любые пищевые цепи начинаются с зеленых растений. Они же определяют характер биоценоза, защищают почву от эрозии. Растения служат источником кислорода воздуха и оказывают значительное влияние на климат Земли. Человек использует около 1,5 тыс. видов культурных растений как пищевые, технические и лекарственные ресурсы. **Флора** – совокупность видов растений, обитающих на определенной территории.

Животные – эукариотические гетеротрофные организмы. Их описано более 2,0 млн. видов. У большинства животных питание голозойное, у некоторых осмотрофное. В пищевых цепях выполняют роль консументов. Встречаются свободноживущие формы и паразиты. **Фауна** – совокупность видов животных, обитающих на определенной территории.

2.6 Ноосфера

Термин «ноосфера» впервые появился в 1926-1927 г.г. в статьях французских ученых П. Тейяра де Шардена и Эжена Леруа. Сам Вернадский начал использовать этот термин позднее. В статье «Несколько слов о ноосфере», Вернадский приводит доказательства, что разумная деятельность человека – не только его внутреннее дело. Биосфера переходит в новую стадию – ноосферу (что означает «мыслящая оболочка» или «сфера разума»), для которой характерна тесная взаимосвязь законов природы с социально-экономическими законами.

Ноосфера – результат совместной эволюции природы и общества, но необходимо изменить ценности общества. В будущем -

Ноосфера – сфера разума, высшая стадия развития биосферы, когда разумная человеческая деятельность становится главным, определяющим фактором ее развития.

По убеждению В.И. Вернадского, биосфера вступает в новую стадию своего развития – стадию ноосферы. На этой стадии человек разумный выступает как геохимическая сила невиданного масштаба. Особенность этой силы – ее разумность, достижение человеком автотрофности (независимость от органических ресурсов).

Кроме понятия «ноосфера» часто употребляют такие понятия, как «антропосфера», «техносфера» и др.

Антропосфера – сфера Земли, где живет и куда временно проникает (с помощью спутников и т.п.) человечество. Понятие «антропосфера» употребляют для характеристики пространственного положения человечества и его хозяйственной деятельности.

Техносфера – часть биосферы (со временем, по-видимому, вся биосфера), преобразованная технической деятельностью человека. Понятие «техносфера» используют, когда хотят подчеркнуть вещественную сторону отношений человек-природа, а также то, что на настоящем этапе хозяйственная деятельность людей не настолько разумна, чтобы говорить о ноосфере.

Понятие «ноосфера» является самым общим, а другие понятия используют, когда хотят оттенить тот или иной аспект. Можно выделить ряд основных признаков превращения биосферы в ноосферу:

1. Заселение человеком всей планеты;
2. Резкое преобразование средств связи и обмена между странами;
3. Усиление связей, в том числе политических, между всеми странами Земли;
4. Начало преобладания геологической роли человека над другими геологическими процессами, протекающими в биосфере;
5. Расширение границ биосферы и выход в космос;
6. Открытие новых источников энергии;
7. Равенство людей всех рас и религий;
8. Увеличение роли народных масс в решении вопросов внешней и внутренней политики;
9. Свобода научной мысли и научного искания от давления религиозных, философских и политических построений и создание в государственном строе условий, благоприятных для свободной научной мысли;
10. Продуманная система народного образования и подъем благосостояния трудящихся. Создание реальной возможности не допустить недоедания и голода, нищеты и чрезвычайно ослабить болезни;
11. Разумное преобразование первичной природы Земли с целью сделать ее способной удовлетворить все материальные, эстетические и духовные потребности численно возрастающего населения;
12. Исключение войн из жизни общества.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение биосферы: какова ее структура?
2. Назовите основные оболочки Земли.
3. Каковы важнейшие аспекты учения В. И. Вернадского о биосфере?
4. Чем отличается земная кора от мантии и ядра?
5. Что такое ноосфера и почему возникло это понятие?

3 Экологические системы

В природе популяции разных видов объединяются в биологические системы более высокого ранга - **сообщества** или **биоценозы**.

Биоценоз – совокупность популяций разных видов, обитающих на определенной территории. Растительный компонент биоценоза называют **фитоценозом**, животный – **зооценозом**, микробный – **микробоценозом**. Ведущим компонентом в биоценозе является фитоценоз. Он определяет, каким будет зооценоз и микробоценоз. **Биотоп** – определенная территория со свойственными ей абиотическими факторами среды обитания (климат, почва). **Экосистема (экологическая система)** – система совместно обитающих живых организмов и условий их существования, связанных потоком энергии и круговоротом веществ. **Биогеоценоз** – это экосистема в границах фитоценоза.

экосистема = биоценоз + биотоп

Термин «биоценоз» был предложен немецким ученым К. Мёбиусом (1877), термин «экосистема» – английским ученым А. Тенсли (1935), а термин «биогеоценоз» – российским ученым В.Н. Сукачевым (1942). «Экосистема» и «биогеоценоз» – понятия близкие, но не синонимы. Экосистема – понятие более общее. Каждый биогеоценоз – это экосистема, но не каждая экосистема – биогеоценоз. Единая экосистема нашей планеты называется биосферой. Биосфера – экосистема высшего порядка.

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

Основными показателями популяции являются её *численность* и *плотность*.

Численность популяции - это общее количество особей на данной территории. Она никогда не бывает постоянной и зависит от соотношения интенсивности размножения (плодовитости) и смертности. В процессе размножения происходит рост популяции, смертность же приводит к сокращению её численности.

Плотность популяции определяется количеством особей на единицу площади. Плотность популяции так же изменчива, как и численность. При возрастании численности особей возможно расселение популяции с расширением её ареала. Размеры популяции могут возрастать в результате иммиграции из соседних популяций или за счет размножения особей.

Естественные объединения живых существ имеют собственные законы сложения, функционирования и развития, т. е. представляют собой *природные системы*.

Важнейшими особенностями систем, относящихся к надорганизменному уровню организации жизни» по классификации немецкого эколога В. Тишлера, являются следующие:

1. Сообщества всегда возникают, складываются из готовых частей (представителей различных видов или целых комплексов видов), имеющих в окружающей среде.

2. Части сообщества заменяемы. Один вид (или комплекс видов) может занять место другого со сходными экологическими требованиями без ущерба для всей системы.

3. Надорганизменная система существует в основном за счет уравнивания противоположно направленных сил. Интересы многих видов в биоценозе прямо противоположны.

4. Сообщества основаны на количественной регуляции численности одних видов другими.

5. Размеры надорганизменных систем определяются внешними причинами. Так, биоценоз сосняка-беломошника может занимать небольшой участок среди болот, а может простираться на значительное расстояние на территории с относительно однородными абиотическими условиями.

3.1 Структура биоценоза

Различают видовую, пространственную и экологическую структуры биоценоза.

Видовая структура – число видов, образующих данный биоценоз, и соотношение их численности или массы. То есть видовая структура биоценоза определяется видовым разнообразием и количественным соотношением числа видов или их массы между собой.

Видовое разнообразие – число видов в данном сообществе. Встречаются бедные и богатые видами биоценозы. Видовое разнообразие зависит от возраста сообщества (молодые сообщества беднее, чем зрелые) и от благоприятности основных экологических факторов – температуры, влажности, пищевых ресурсов (биоценозы высоких широт, пустынь и высокогорий бедны видами).

Р. Уиттекер предложил различать следующие типы биоразнообразия: *α-разнообразие* – видовое разнообразие в данном местообитании; *β-разнообразие* – сумма всех видов всех местообитаний в данном районе; *γ-разнообразие* – разнообразие ландшафтов (объединение *α*- и *β*-разнообразия).

Различает бедные и богатые видами биоценозы. В полярно арктические пустынях и северных тундрах при крайнем дефиците тепла, в безводных жарких пустынях, в водоемах, сильно загрязненных сточными водами, – везде, где одни или сразу несколько факторов среды далеко уклоняются от среднего оптимального для жизни уровня, сообщества сильно обеднены. Не велик видовой спектр и в тех биоценозах, которые часто подвергаются каким-либо катастрофическим воздействиям, например ежегодному затоплению при разливах рек или регулярному уничтожению растительного покрова при пахоте, применении гербицидов и других антропогенных вмешательствах. И наоборот, везде, где условия абиотической среды приближаются к оптимальным в среднем для жизни, возникают чрезвычайно

богатые видами сообщества. Примерами их могут служить тропические леса, коралловые рифы с их многообразным населением, долины рек в аридных районах и т. д.

Видовой состав биоценозов, кроме того, зависит от длительности их существования, истории каждого биоценоза. Молодые, только формирующиеся сообщества обычно включают меньший набор видов, чем давно сложившиеся, зрелые. Биоценозы, созданные человеком (поля, сады, огороды), также беднее видами, чем сходные с ними природные системы (лесные степные, луговые).

Высоким видовым разнообразием отличаются *эктоны* – переходные зоны между сообществами, а увеличение здесь видового разнообразия называется *краевым эффектом*. Общеизвестно, что на опушках обычно пышнее и богаче растительность, гнездится больше видов птиц, встречается больше видов насекомых, пауков и т. п., чем в глубине леса. Здесь разнообразнее условия освещенности, влажности, температуры (лесотундра, лесостепь).

О значимости отдельного вида в видовой структуре биоценоза судят по нескольким показателям: обилие вида, частота встречаемости и степень доминирования. *Обилие вида* – число или масса особей данного вида на единицу площади или объема занимаемого им пространства. *Частота встречаемости* – процентное отношение числа проб или учетных площадок, где встречается вид, к общему числу проб или учетных площадок. Характеризует равномерность или неравномерность распределения вида в биоценозе. *Степень доминирования* – отношение числа особей данного вида к общему числу всех особей рассматриваемой группировки. *Индекс разнообразия* вычисляется по *формуле Шеннона* $H = -\sum p_i \log_2 p_i$, где Σ – знак суммы, p_i – доля каждого вида в сообществе (по численности или массе), а $\log_2 p_i$ – двоичный логарифм.

В сообществе различают следующие виды: *доминантные*, преобладающие по численности, и «*второстепенные*», малочисленные и редкие. Среди доминантов особо выделяют *эдификаторов* (строителей) – это виды, определяющие микросреду (микроклимат) всего сообщества. Как правило, это растения.

Доминанты господствуют в сообществе и составляют «видовое ядро» любого биоценоза. Доминантные, или массовые, виды определяют его облик, поддерживают главные связи, в наибольшей мере влияют на местообитание. Обычно типичные наземные биоценозы называют по доминирующим видам растений: сосняк-черничник, березняк волосистоосоковый и т. п. В каждом из них доминируют и определенные виды животных, грибов и микроорганизмов.

Основными эдификаторами наземных биоценозов выступают определенные виды растений: в еловых лесах – ель, в сосновых – сосна, в степях – дерновинные злаки (ковыль, типчак и др.). Однако в некоторых случаях эдификаторами могут быть и животные. Например, на территориях, занятых колониями сурков, именно их роющая деятельность определяет в

основном и характер ландшафта и условия произрастания растений. В морях типичные эдификаторы среди животных – рифообразующие коралловые полипы.

Кроме относительно небольшого числа видов-доминантов, в состав биоценоза входит обычно множество малочисленных и даже редких форм. Они также очень важны для жизни биоценоза. Они создают его видовое богатство, увеличивают разнообразие биоценологических связей и служат резервом для пополнения и замещения доминантов, т. е. придают биоценозу устойчивость и обеспечивают надежность его функционирования в разных условиях.

Со снижением числа видов обычно резко повышается обилие отдельных форм. В таких обедненных сообществах ослабевают биоценологические связи и некоторые наиболее конкурентоспособные виды получают возможность беспрепятственно размножаться.

Правило Тинемана – чем специфичнее условия среды, тем беднее видовой состав сообщества и тем выше может быть численность отдельных видов. В бедных видами биоценозах численность отдельных видов может быть чрезвычайно высокой. Достаточно вспомнить вспышки массового размножения леммингов в тундрах или насекомых-вредителей в агроценозах.

В наиболее богатых биоценозах практически все виды малочисленны. В тропических лесах редко можно встретить рядом несколько деревьев одного вида. В таких сообществах не происходит вспышек массового размножения отдельных видов и биоценозы отличаются высокой стабильностью.

Пространственная структура – распределение организмов разных видов в пространстве (по вертикали и по горизонтали). Пространственная структура формируется прежде всего растительной частью биоценоза. Различают **ярусность** (вертикальная структура биоценоза) и **мозаичность** (структура биоценоза по горизонтали).

Ярусность особенно хорошо заметна в лесах умеренного пояса. Например, в еловых лесах четко выделяются древесный, травяно-кустарничковый и моховый ярусы. Пять или шесть ярусов можно выделить и в широколиственном лесу.

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

Ярусность выражена и в травянистых сообществах (лугах, степях, саваннах), но не всегда достаточно отчетливо.

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

снегири, славки) или в кронах деревьев (зяблики, корольки, щеглы, крупные хищники и др.).

Расчлененность в горизонтальном направлении – *мозаичность* – свойственна практически всем фитоценозам, поэтому, в их пределах выделяют структурные единицы, которые получили разные названия: микрогруппировки, микроценозы, микрофитоценозы, парцеллы и т. п.

Экологическая структура – соотношение организмов разных экологических групп. Биоценозы со сходной экологической структурой могут иметь разный видовой состав. Это связано с тем, что одни и те же экологические ниши могут быть заняты сходными по экологии, но далеко не родственными видами. Такие виды называются *замещающими* или *викарирующими*.

Экологическую структуру сообществ отражает также соотношение таких групп организмов, как гигрофиты, мезофиты и ксерофиты среди растений или гигрофилы, мезофилы и ксерофилы среди животных, а также спектры жизненных форм. Вполне естественно, что в сухих аридных условиях растительность характеризуется преобладанием склерофитов и суккулентов, а в сильно увлажненных биотопах богаче представлены гигро- и даже гидрофиты.

Важными характеристиками структуры биоценоза являются консорция, синузия и парцелла. **Консорция** – структурная единица биоценоза, объединяющая автотрофные и гетеротрофные организмы на основе пространственных (топических) и пищевых (трофических) связей вокруг центрального члена (ядра). Например, отдельно стоящее дерево или группа деревьев (растение-эдификатор) и связанные с ним организмы. Биоценоз – это система связанных между собой консорций.

Синузия – структурная часть в вертикальном расчленении биоценоза, образованная сходными по жизненной форме видами и ограниченная в пространстве (или во времени). Пространственно синузия может совпадать с горизонтом, пологом, слоем, ярусом биогеоценоза. Например, в сосновом лесу можно выделить синузию сосны, синузию брусники, синузию зеленых мхов и т. д.

Парцелла – структурная часть в горизонтальном расчленении биоценоза, отличающаяся от других частей составом и свойствами компонентов. Парцеллу выделяют (ограничивают) по ведущему элементу растительности. Например, участки широколиственных деревьев в хвойном лесу.

3.2 Местообитание и экологическая ниша

Любая популяция (вид) занимает определенное местообитание и определенную экологическую нишу.

Местообитание – это территория или акватория, занимаемая популяцией (видом), с комплексом присущих ей экологических факторов. Местообитание вида является компонентом его экологической ниши.

Применительно к наземным животным местообитание вида называется **станция**. Местообитание сообщества – **биотоп**.

Экологическая ниша – совокупность всех факторов среды, в пределах которых возможно существование вида в природе. То есть экологическая ниша – это место вида в природе, включающее не только его положение в пространстве и отношение к абиотическим факторам, но и его функциональную роль в сообществе (прежде всего трофический статус). Местообитание – это как бы «адрес» организма, а экологическая ниша – это его «профессия».

Для характеристики экологической ниши обычно используют два важных показателя: *ширина ниши* и *степень перекрывания* ее с соседними. Экологические ниши разных видов могут быть разной ширины и перекрываться в различной степени.

Разделение экологических ниш между видами происходит за счет приуроченности разных видов к разным местообитаниям, разной пищи и разному времени использования одного и того же местообитания. **Принцип конкурентного исключения (принцип Гаузе)** гласит: «Два вида не могут сосуществовать в одной и той же местности, если их экологические потребности идентичны. Такие виды обязательно должны быть разобщены в пространстве или во времени».

Несовместимость конкурирующих видов еще раньше была подчеркнута Ч. Дарвином, который считал конкуренцию одной из важнейших составных частей борьбы за существование, играющей большую роль в эволюции видов.

Победителем в конкурентной борьбе оказывается, как правило, тот вид, который в данной экологической обстановке имеет хотя бы небольшие преимущества перед другим, т. е. больше приспособлен к условиям окружающей среды, поскольку даже близкие виды никогда не совпадают по всему экологическому спектру.

У близкородственных видов, живущих вместе, обычно наблюдаются очень тонкие разграничения экологических ниш. Так, пасущиеся в африканских саваннах копытные по-разному используют пастбищный корм: зебры обрывают в основном верхушки трав, антилопы гну кормятся тем, что оставляют им зебры, выбирая при этом определенные виды растений, газели выщипывают самые низкие травы, а антилопы топи довольствуются высокими сухими стеблями, оставшимися после других травоядных. Такое же «разделение труда» в южноевропейских степях осуществляли когда-то дикие лошади, сурки и суслики. В наших зимних лесах насекомоядные птицы, кормящиеся на деревьях, также избегают конкуренции друг с другом за счет разного характера поиска.

Принцип «плотной упаковки» экологических ниш (дифференциации экологических ниш) – виды, объединенные в сообщество (экосистему), стремятся использовать все возможности для существования, представляемые средой и биотическим окружением, и максимизировать биопродуктивность в конкретном биотопе. Процесс *упаковки ниш*

(называемый также *дифференциацией экологических ниш*) – один из основных процессов, ведущий к снижению конкуренции в сообществе в ходе сукцессии, заключающийся в разделе ресурсов, пространства, специализации биотических факторов (например, опылителей).

Экологические ниши видов изменчивы в пространстве и во времени. Они могут быть резко разграничены в индивидуальном развитии в зависимости от стадии онтогенеза, как, например у гусениц и имаго чешуекрылых, личинок и жуков майского хруща, головастиков и взрослых лягушек. В этом случае меняется и среда обитания, и все биоценотическое окружение.

Группы видов в сообществе, обладающие сходными функциями и нишами одинакового размера, то есть роль которых в сообществе одинакова или сравнима, называются *гильдиями*. Например, лианы тропического леса представлены многими видами растений. Между видами внутри гильдии наблюдается особенно острая конкуренция.

Виды, занимающие одинаковые ниши в разных географических областях, называются *экологическими эквивалентами*. Например, крупные кенгуру Австралии, бизоны Северной Америки, зебры и антилопы Африки и т. д. являются экологическими эквивалентами. В настоящее время они значительно замещены коровами и овцами.

Правило обязательности заполнения экологических ниш – пустующая экологическая ниша, как правило, естественно заполняется. Примером заполнения «свободного» нишевого пространства может служить возникновение новых заболеваний (ВИЧ–инфекция) – победа над многими инфекционными заболеваниями «освободило место» для новых.

Правило географического оптимума – в центре видového ареала, как правило, имеются оптимальные для вида условия существования, которые ухудшаются к периферии области его обитания.

3.3 Отношения организмов в биоценозах

Основу возникновения и существования биоценозов представляют отношения организмов, их связи, в которые они вступают друг с другом, населяя один и тот же биотоп. Эти связи определяют основные условия жизни видов в сообществе, возможности добывания пищи и завоевания нового пространства.

Факторы, действующие в популяции – демографические. У животных с развитой психикой действуют факторы поведения – этологические факторы.

Демографические и этологические факторы составляют вместе *внутривидовые биотические факторы*, действующие внутри вида или в популяциях.

Поведенческие факторы играют также определенную роль в отношениях между разными видами. Надо иметь в виду также, что абиотические факторы действуют как на популяции, так и на отдельные особи.

Демография изучает только народонаселение, свойства же популяций составляют предмет интенсивно разрабатываемого сейчас учения о популяции.

Популяция – совокупность особей одного вида, в течение большого числа поколений населяющих общую территорию и находящихся во взаимодействии между собою.

К **демографическим факторам** относятся:

1. Выживание.
2. Рост.
3. Стратегии популяций.

Демографические показатели:

- Численность- общее количество особей на выделяемой территории;
- Обилие вида – число особей на единицу площади или объема;
- Частота встречаемости – равномерность или неравномерность распределения вида;
- Степень доминирования – отражает отношение числа особей данного вида к общему числу всех особей;
- Прирост популяции – разница между рождаемостью и смертностью;
- Темп роста – средний прирост за единицу времени;
- Выживаемость
- Смертность – количество погибших в популяции за единицу времени;
- Рождаемость – число особей, родившихся за единицу времени;
- Плотность популяции – среднее число особей на единицу площади или объема занимаемого пространства.

Структура популяции:

- 1) половая – соотношение полов в популяции;
- 2) возрастная – соотношение особей по возрастным группам (пререпродуктивная, репродуктивная, пострепродуктивная). Различают три типа возрастных пирамид: - растущая (высокий уровень молодых), - стабильная (умеренное соотношение молодых и старых), - уменьшающаяся (низкий процент молодых).

3) Пространственная – распределение особей на территории. Типы распределения: - случайное, диффузное; - равномерное; - групповое. По типу использования пространства: оседлые и кочевые. Оседлые животные используют ограниченный участок среды, отличаются инстинктом привязанности, при вынужденном переселении – стремлением вернуться (хoming - от англ. home), например, голуби, скворцы. Оседлый образ имеет недостаток – зависимость от ресурса, с течением времени происходит истощение ресурса. Характерно территориальное поведение, закрепление территорий: - охраной границ и прямой агрессией; - ритуальным поведением, демонстрацией угрозы; - системой сигналов и меток (пение, метка мочой, пахучим секретом, калом, царапины на деревьях). Территориальное поведение меняется сезонно, регулируется гормонально: в период размножения – индивидуальный, в остальное время – групповой. Размер территории закреплен наследственно; если территория меньше необходимого

размера, самка не будет спариваться. Преимущества кочевого образа жизни в независимости от кормов, но вероятность гибели от хищника больше. Поэтому кочевой образ свойственен группам (стада, стаи).

4) Этологическая – система взаимоотношений между членами одной популяции.

Стратегии популяций – это способы реагирования организмов на изменение экологических условий. Выделяют следующие типы стратегий:

r – виды: быстро размножаются, высокое значение *r*. Это «оппортунистические» виды, - типичные пионерные виды нарушения местообитаний. *V* размножения не зависит от плотности популяции. Вид неустойчив. Расселяется широко, мигрирует. Размножение – с большими затратами вещества, энергии. Малые размеры особей, малая продолжительность жизни. Селится на открытом грунте. Местообитание не долго сохраняется (фрукты для дрозофилл). Слабо развиты приспособительные, защитные механизмы. Слабые конкуренты, не становятся доминантами. Лучше приспособлены к изменениям среды. Это: бактерии, парамеции, тли, однолетние растения.

K – виды – низкое значение *r*. Характерна для поздних стадий сукцессий. Размножаются медленно. Скорость размножения зависит от плотности популяции. Родители заботятся о потомстве. Размеры популяции близки к равновесному. Вид устойчив. Расселяются медленно. Крупные размеры. Большая продолжительность жизни. Местообитание устойчиво, сохраняется долго. Сильные конкуренты. Хорошие защитные механизмы. Могут становиться доминантами. Высокая специализация для жизни, менее устойчивы к изменениям условий среды. Это: человек, деревья, кондор, альбатрос, крупные тропические бабочки.

Другие виды стратегий:

Маклиод (80-е годы XIX в) разделил все растения на «пролетариев», которые выживают благодаря большому количеству семян и не имеют многолетних тканей, и «капиталистов», которые имеют невысокую семенную продуктивность и затрачивают основную массу продуктов фотосинтеза на накопление «капитала» многолетних тканей. «Пролетарии» – однолетние травы, «капиталисты» – деревья.

Р.Макартур и Е.Уилсон выделили аналогичные типы стратегий для животных. Животные-«пролетарии» отличаются большой плодовитостью, но небольшой массой тела (кролики, муравьи, тля, воробьи). Животные-«капиталисты» – крупные и имеют невысокую плодовитость (рысь, буйвол, орел).

В 30-е годы XX в. российский эколог Л.Г Раменский выделил три стратегии поведения организмов:

- Виоленты (львы) – распространены в стабильных условиях среды, богатой ресурсами. Они отличаются высокой конкурентной способностью, но плохо приспособляются к засухе, засолению, затенению и могут погибнуть при ухудшении условий. Виоленты – дуб, кедр.

- Пациенты (верблюды) – способны произрастать в неблагоприятных условиях (при остром дефиците воды, на кислых или засоленных почвах, при низких температурах), имеют специальные приспособления. Клюква, багульник, одуванчик, подорожник.

- Эксплеренты (шакалы) – приспособлены к быстрому усвоению обильных ресурсов при слабой конкуренции. Это однолетние и малолетние растения рудеральных (мусорных) сообществ нарушенных местообитаний, где не могут обитать виоленты. Они играют роль «ремонтной» бригады, т.к. быстро покрывают обнажившуюся почву. Но эксплеренты-сорняки могут снижать урожай на полях и поэтому их плотность контролируется человеком.

Этологические факторы:

1. Факторы, связанные с полом:

- брачные церемонии, забота о потомстве;

- территориальность (размеры);

2. Агрессивность (иерархии – стада с вожаком, групповой эффект).

3. Конкуренция.

Классификации биоценотических отношений могут строиться с использованием разных принципов. Один из популярных подходов – оценка возможного результата контактов двух особей. Для каждой из них результат принимается как положительный, отрицательный или нейтральный. Сочетания результатов по 2 из 3-х возможных дают формальную схему из 6 вариантов, которая и положена в основу этой классификации.

0 0 *Нейтрализм* – сожительство двух видов на одной территории, не имеющее для них ни положительных, ни отрицательных последствий. Например, белки и лоси не оказывают друг на друга значительных воздействий.

+ + *Протокооперация* – взаимовыгодное, но не обязательное сосуществование организмов, пользу из которого извлекают все участники. Например, раки-отшельники и актинии. На раковине рака может поселиться коралловый полип актиния, который имеет стрекательные клетки, выделяющие яд. Актиния защищает рака от хищных рыб, а рак-отшельник, перемещаясь, способствует распространению актиний и увеличению их кормового пространства.

+ + *Мутуализм* – взаимовыгодное сожительство, когда либо один из партнеров, либо оба не могут существовать без сожителя. Классический пример симбиотических отношений – *лишайники*, представляющие тесное сожительство гриба и водоросли. Гриб получает вещества, ассимилированные водорослями. Воду и минеральные вещества водоросли получают из гиф гриба. Другой пример – травоядные копытные и целлюлозоразрушающие бактерии. Целлюлозоразрушающие бактерии обитают в желудке и кишечнике травоядных копытных. Они продуцируют ферменты, расщепляющие целлюлозу, поэтому обязательно нужны травоядным, у которых таких ферментов нет. Травоядные копытные со своей стороны предоставляют бактериям питательные вещества и среду обитания с оптимальной температурой, влажностью и т. д. Известно сожительство

многих видов деревьев с микоризными грибами, бобовых растений – с клубеньковыми бактериями, фиксирующими молекулярный азот воздуха.

+ 0 **Комменсализм** – взаимоотношения, при которых один из партнеров получает пользу от сожительства, а другому присутствие первого безразлично. Различают две формы комменсализма: **синойкия** (*квартиранство*) и **трофобиоз** (*нахлебничество*). Примером синойкии являются взаимоотношения некоторых актиний и тропических рыбок. Тропические рыбки укрываются от нападения хищников среди щупалец актиний, которые имеют стрекательные клетки. Примером трофобиоза служат взаимоотношения крупных хищников и падальщиков. Падальщики, например гиены, грифы, шакалы, питаются остатками жертв, убитых и частично съеденных крупными хищниками – львами.

+ – **Хищничество** – взаимоотношения, при которых один из участников (хищник) умерщвляет другого (жертва) и использует его в качестве пищи. Например, волки и зайцы. Состояние популяции хищника тесно связано с состоянием популяции жертв. Однако при сокращении численности популяции одного вида жертв хищник переключается на другой вид. Например, волки могут использовать в качестве пищи зайцев, мышей, кабанов, косуль, лягушек, насекомых и т.д.

Частным случаем хищничества является *каннибализм* – умерщвление и поедание себе подобных. Встречается, например, у крыс, бурых медведей, человека.

+ – **Паразитизм** – взаимоотношения, при которых паразит не убивает своего хозяина, а длительное время использует его как среду обитания и источник пищи. К паразитам относятся: вирусы, патогенные бактерии, грибы, простейшие, паразитические черви и др. Различают облигатных и факультативных паразитов. *Облигатные паразиты* ведут исключительно паразитический образ жизни и вне организма хозяина либо погибают, либо находятся в неактивном состоянии (вирусы). *Факультативные паразиты* ведут паразитический образ жизни, но в случае необходимости могут нормально жить во внешней среде, вне организма хозяина (патогенные грибы и бактерии).

К паразитам относится около 55 тыс. видов простейших, 7 тыс. видов членистоногих, 20 тыс. видов гельминтов, более 500 видов цветковых растений (кроме того, известно почти 1900 видов полупаразитов среди цветковых растений). На один вид хозяина приходится десятки видов паразитов, даже без учета вирусов и прокариот.

Обычно связь хищник–жертва понимается в широком смысле, включая все формы добывания пищи: 1) истинное хищничество, или хищничество в узком смысле слова; 2) паразитизм; 3) собирательство и 4) пастьба.

– – **Конкуренция** – взаимоотношения, при которых организмы соперничают друг с другом за одни и те же ресурсы внешней среды при недостатке последних. Организмы могут конкурировать за пищевые ресурсы, полового партнера, убежище, свет и т.д. Различают прямую и косвенную, межвидовую и внутривидовую конкуренции.

Косвенная (пассивная) конкуренция – потребление ресурсов среды, необходимых обоим видам. *Прямая (активная) конкуренция* – подавление одного вида другим.

Внутривидовая конкуренция – это соперничество между особями одного вида, *межвидовая* – между особями разных видов. Межвидовая конкуренция возникает между особями экологически близких видов. Ее результатом может быть либо *взаимное приспособление* двух видов, либо *замещение* популяцией одного вида популяции другого вида, который переселяется на другое место, переключается на другую пищу или вымирает.

Конкуренция приводит к естественному отбору в направлении увеличения экологических различий между конкурирующими видами и образованию ими разных экологических ниш.

0 – Аменсализм – взаимоотношения, при которых один организм воздействует на другой и подавляет его жизнедеятельность, а сам не испытывает никаких отрицательных влияний со стороны подавляемого. Например, ель и растения нижнего яруса. Плотная крона ели препятствует проникновению солнечных лучей под полог леса и подавляет развитие растений нижнего яруса. Частным случаем аменсализма является *аллелопатия (антибиоз)* – влияние одного организма на другой, при котором во внешнюю среду выделяются продукты жизнедеятельности одного организма, отравляя ее и делая непригодной для жизни другого. Аллелопатия распространена у растений, грибов, бактерий. Например, грибок пеницилл продуцирует вещества, подавляющие жизнедеятельность бактерий. Пеницилл используют для получения *пенициллина*. Это первый открытый в медицине антибиотик.

Мутуалистические и конкурентные отношения представляют собой основную сущность внутривидовых связей.

Другие классификации обращают внимание на иные аспекты биотических отношений, используя другие подходы. По классификации В. Н. Беклемишева, прямые и косвенные межвидовые отношения по тому значению, которое они могут иметь в биоценозе, подразделяются на 4 типа:

Трофические связи возникают между видами, когда один вид питается другим: живыми особями, мертвыми остатками, продуктами жизнедеятельности. Трофическая связь может быть прямой и косвенной. Прямая связь проявляется при питании львов живыми антилопами, гиен трупами зебр, жуков-навозников пометом крупных копытных и т.д. Косвенная связь возникает при конкуренции разных видов за один пищевой ресурс.

Топические связи проявляются в изменении одним видом условий обитания другого вида. Например, под хвойным лесом, как правило, отсутствует травянистый покров.

Форические связи возникают, когда один вид участвует в распространении другого вида. Перенос животными семян, спор, пыльцы растений называется *зоохория*, а мелких особей – *форезия*.

Фабрические связи заключаются в том, что один вид использует для своих сооружений продукты выделения, мертвые остатки или даже живых

особей другого вида. Например, птицы используют для постройки гнезд ветви деревьев, шерсть млекопитающих, траву, листья, пух и перья других видов птиц т. п. Личинки ручейников строят домики из кусочков ветвей, коры или листьев растений, из раковин мелких видов катушек, захватывая даже раковинки с живыми моллюсками.

В ходе эволюции и развития экосистем существует тенденция к уменьшению роли отрицательных взаимодействий за счет положительных, увеличивающих выживание обоих видов. Поэтому в зрелых экосистемах доля сильных отрицательных взаимодействий меньше, чем в молодых.

3.4 Структура и функционирование экосистем

С точки зрения *трофической структуры* экосистему можно разделить на два яруса – автотрофный и гетеротрофный (по Ю. Одуму, 1986).

1. **Автотрофный ярус** или «зеленый пояс» включающий растения или их части, содержащие хлорофилл, где преобладают фиксация энергии света, использование простых неорганических соединений и накопление сложных органических соединений.

2. **Гетеротрофный ярус** или «коричневый пояс» почв и осадков, разлагающихся веществ, корней и т.д., в котором преобладают использование, трансформация и разложение сложных соединений.

По Ю. Одуму, с биологической точки зрения в составе экосистемы удобно выделить следующие компоненты (рис. 3.1):

1. **Неорганические вещества** (CO_2 , H_2O , N_2 , O_2 минеральные соли и др.), включающиеся в круговороты.

2. **Органические вещества** (белки, углеводы, липиды, гумусовые вещества и др.), связывающие биотическую и абиотическую части.

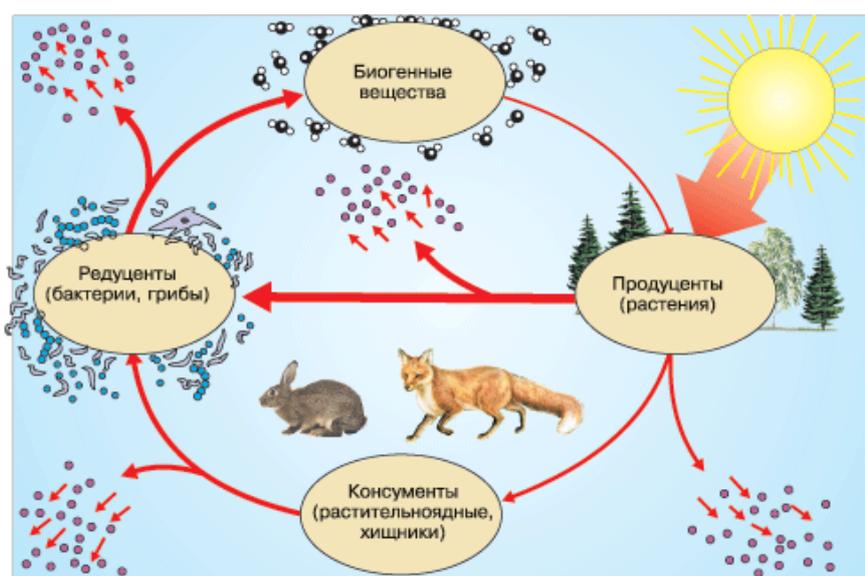


Рис. 3.1 - Структура экосистемы

3. **Воздушная, водная и субстратная среда**, включающая абиотические факторы.

4. **Продуценты** – автотрофные организмы, способные производить органические вещества из неорганических, используя фотосинтез или хемосинтез (растения и автотрофные бактерии).

5. **Консументы** (макроконсументы, фаготрофы) – гетеротрофные организмы, потребляющие органическое вещество продуцентов или других консументов (животные, гетеротрофные растения, некоторые микроорганизмы). Консументы бывают первого порядка (фитофаги, сапрофаги), второго порядка (зоофаги, некрофаги) и т.д.

6. **Редуценты** (микроконсументы, деструкторы, сапротрофы, осмотрофы) – гетеротрофные организмы, питающиеся органическими остатками и разлагающие их до минеральных веществ (сапротрофные бактерии и грибы). Следует учитывать, что и продуценты, и консументы частично выполняют функции редуцентов, выделяя в окружающую среду минеральные вещества – продукты их метаболизма.

Таким образом, как правило, в любой экосистеме можно выделить три функциональные группы организмов: продуцентов, консументов и редуцентов. В экосистемах, образованных только микроорганизмами, консументы отсутствуют. В каждую группу входит множество популяций разных видов, населяющих экосистему. В экосистеме пищевые и энергетические связи идут в направлении: *продуценты* → *консументы* → *редуценты*.

Питаясь друг другом, живые организмы образуют цепи питания. **Цепь питания** – последовательность организмов, по которой передается энергия, заключенная в пище, от ее первоначального источника. Каждое звено цепи называется **трофическим уровнем**. Первый трофический уровень – *продуценты* (автотрофные организмы, преимущественно зеленые растения). Второй трофический уровень – *консументы первого порядка* (растительноядные животные и паразиты продуцентов). Третий трофический уровень – *консументы второго порядка* (первичные хищники, питающиеся растительноядными животными, и паразиты первичных консументов). Четвертый трофический уровень – *консументы третьего порядка* (вторичные хищники, питающиеся плотоядными животными, и паразиты вторичных консументов). В пищевой цепи редко бывает больше 4–6 трофических уровней. Последний трофический уровень – *редуценты* (сапротрофные бактерии и грибы). Они осуществляют минерализацию – превращение органических остатков в неорганические вещества. Редуценты могут представлять любой трофический уровень, начиная со второго.

Различают два типа пищевых цепей. **Цепи выедания (или пастбищные)** – пищевые цепи, начинающиеся с живых фотосинтезирующих организмов. Например, фитопланктон → зоопланктон → рыбы микрофаги → рыбы макрофаги → птицы ихтиофаги. **Цепи разложения (или детритные)** – пищевые цепи, начинающиеся с отмерших остатков растений, трупов и экскрементов животных. Например, детрит → детритофаги → хищники

микрофаги → хищники макрофаги. Таким образом, поток энергии, проходящий через экосистему, разбивается как бы на два основных направления. Энергия к консументам поступает через живые ткани растений или через запасы мертвого органического вещества. Цепи выедания преобладают в водных экосистемах, цепи разложения – в экосистемах суши.

В сообществах пищевые цепи сложным образом переплетаются и образуют *пищевые сети*. В состав пищи каждого вида входит обычно не один, а несколько видов, каждый из которых в свою очередь может служить пищей нескольким видам. С одной стороны, каждый трофический уровень представлен многими популяциями разных видов, с другой стороны, многие популяции принадлежат сразу к нескольким трофическим уровням. В результате благодаря сложности пищевых связей выпадение какого-то одного вида часто не нарушает равновесия в экосистеме.

3.5 Круговорот веществ и поток энергии в экосистеме

Принцип единства организм-среда (основной биологический закон) – между живыми организмами и окружающей их средой существуют тесные взаимоотношения, взаимозависимости и взаимовлияния, обуславливающие их единство.

Главной геохимической особенностью живого вещества является то, что оно пропускает через себя атомы химических элементов, осуществляя в процессе жизнедеятельности их закономерную сортировку и дифференциацию. Завершив свой жизненный цикл, организмы возвращают природе все, что взяли от нее в течение жизни.

Малые миграционные потоки химических элементов как между взаимосвязанными организмами, так и между организмами и окружающей их средой складываются в более крупные циклы — круговороты. Продолжительность и постоянство существования жизни поддерживают именно круговороты, потому что без них даже в масштабах всей Земли запасы необходимых элементов были бы очень скоро исчерпаны.

В экосистеме органические вещества синтезируются автотрофами из неорганических веществ. Затем они потребляются гетеротрофами. Выделенные в процессе жизнедеятельности или после гибели организмов (как автотрофов, так и гетеротрофов) органические вещества подвергаются минерализации, то есть превращению в неорганические вещества. Эти неорганические вещества могут быть вновь использованы автотрофами для синтеза органических веществ. Так осуществляется *биологический круговорот веществ*. Круговорот биологический (биотический) — явление непрерывного, циклического, закономерного, но неравномерного во времени и пространстве перераспределения вещества, энергии и информации в пределах экологических систем различного иерархического уровня организации — от биогеоценоза до биосферы.

Круговорот веществ в масштабах всей биосферы называют *большим кругом*, а в пределах конкретного биогеоценоза — *малым кругом* биотического обмена.

Часть биологического круговорота, состоящая из круговоротов углерода, воды, азота, фосфора, серы и других биогенных веществ, называют *биогеохимическим круговоротом*.

Некоторое количество вещества может на время выбывать из биологического круговорота (осаждаться на дне океанов, морей, выпадать в глубины земной коры и т. п.). Однако в результате протекания тектонических и геологических процессов (вулканической деятельности, подъема и опускания земной коры, изменения границ между сушей и водой и др.) осадочные породы вновь включаются в круговорот, называемый *геологическим циклом* или круговоротом.

К числу наиболее важных и распространенных биогенных элементов относятся кислород, углерод, азот и фосфор.

В то же время, *энергия не может циркулировать в пределах экосистемы*. Поток энергии (передача энергии), заключенной в пище, в экосистеме осуществляется однонаправленно от автотрофов к гетеротрофам. Жизнь на Земле продолжается, не прерываясь потому, что она протекает в системе биологических круговоротов вещества и поддерживается постоянным потоком солнечной энергии.

По I закону термодинамики, энергия не исчезает бесследно, а переходит из одной формы в другую. Так, на первом трофическом уровне зелеными растениями солнечная энергия в процессе фотосинтеза преобразуется в энергию химических связей органических веществ. Это ***валовая первичная продукция***. По II закону термодинамики, *любые превращения энергии сопровождаются переходом части ее в такое состояние, когда она уже не может быть использована для работы.* Так, большая часть поглощенной растениями, но не усвоенной энергии, рассеивается в окружающую среду в виде тепловой энергии. Часть образованных органических веществ окисляется, а высвобождающаяся энергия расходуется на поддержание всех метаболических процессов. Это так называемые *траты на дыхание*. Эта энергия, в конечном счете, также рассеивается в виде тепла. Оставшаяся часть новообразованных органических веществ составляет прирост биомассы растений и называется ***чистой первичной продукцией***. В чистую первичную продукцию превращается только 1% поглощенной растением энергии.

До второго трофического уровня доходит только часть чистой первичной продукции. Некоторая ее часть не используется консументами первого порядка. Она может накапливаться или экспортироваться за пределы системы. Та часть, которую ассимилировали (потребители) консументы, частично тратится на дыхание, частично выделяется с экскрементами, а остальное накапливается в виде ***вторичной продукции***.

Вторичная продукция на каждом последующем трофическом уровне консументов и т.д.) составляет около 10% предыдущей (хотя на уровне

хищников может быть выше – около 20%). В результате, чем длиннее пищевая цепь, тем меньше остается к ее концу накопленной в органическом веществе энергии. Поэтому число трофических уровней никогда не бывает слишком большим.

Таким образом, при передаче энергии с одного трофического уровня на другой большая часть энергии рассеивается в виде тепла (в соответствии со вторым законом термодинамики), и только около 10 % от первоначального количества передается по пищевой цепи.

Правило десяти процентов – на каждый следующий трофический уровень переходит примерно 10 % вещества и энергии предыдущего уровня.

Пищевые цепи можно представить в виде *экологических пирамид*. Различают три основных типа экологических пирамид.

Пирамида чисел (пирамида Элтона) отражает уменьшение численности организмов от продуцентов к консументам.

Пирамида биомасс показывает изменение биомасс на каждом следующем трофическом уровне: для наземных экосистем пирамида биомасс сужается кверху, для экосистемы океана – имеет перевернутый характер (сужается книзу), что связано с быстрым потреблением фитопланктона консументами.

Пирамида энергии (продукции) имеет универсальный характер и отражает уменьшение количества энергии, содержащейся в продукции, создаваемой на каждом следующем трофическом уровне.

Прирост биомассы в экосистеме, созданной за единицу времени, называется **биологической продукцией (продуктивностью)**. Различают первичную и вторичную продукцию сообщества.

Первичная продукция – биомасса, созданная за единицу времени продуцентами. Она делится на валовую и чистую. **Валовая первичная продукция** (общая ассимиляция) – это общая биомасса, созданная растениями в ходе фотосинтеза. Часть ее расходуется на поддержание жизнедеятельности растений – траты на дыхание (40–70 %). Оставшаяся часть составляет **чистую первичную продукцию** (чистая ассимиляция), которая в дальнейшем используется консументами и редуцентами, или накапливается в экосистеме.

Вторичная продукция – биомасса, созданная за единицу времени консументами. Она различна для каждого следующего трофического уровня.

Масса организмов определенной группы (продуцентов, консументов, редуцентов) или сообщества в целом называется **биомассой**. Самой высокой биомассой и продуктивностью обладают тропические дождевые леса, самой низкой – пустыни и тундры.

Если в экосистеме скорость прироста растений (образования первичной продукции) выше темпов переработки ее консументами и редуцентами, то это ведет к увеличению биомассы продуцентов. Если при этом присутствует недостаточная утилизация продуктов спада в цепях разложения, то происходит накопление мертвого органического вещества. Это проявляется в заторфовывании болот, образовании мощной лесной подстилки и т.п. В

стабильных экосистемах биомасса остается постоянной, так как практически вся продукция расходуется в цепях питания.

3.6 Динамика экосистем

Изменения в сообществах могут быть циклическими и поступательными.

I. Циклические изменения – периодические изменения в биоценозе (суточные, сезонные, многолетние), при которых биоценоз возвращается к исходному состоянию.

Суточные циклы связаны с изменением освещенности, температуры, влажности и других экологических факторов в течение суток. Суточные ритмы проявляются в изменении состояния и активности живых организмов в течение суток. Например, чередование световой и темновой фаз фотосинтеза у растений, сна и бодрствования у животных.

Сезонная цикличность связана с изменением экологических факторов в течение года и наиболее сильно выражена в высоких широтах, где велик контраст зимы и лета. Сезонная изменчивость проявляется не только в изменении состояния и активности, но и количественного соотношения отдельных видов. На определенный период многие виды выключаются из жизни сообщества, впадая в спячку, оцепенение, перекочевывая или улетая в другие районы.

Многолетняя изменчивость связана с флуктуациями климата или другими внешними факторами (степень разлива рек), либо с внутренними причинами (особенности жизненного цикла растений-эдификаторов, повторения массового размножения животных).

II. Поступательные изменения – изменения в биоценозе, в конечном счете приводящие к смене этого сообщества другим. *Сукцессия* – последовательная смена биоценозов (экосистем), выраженная в изменении видового состава и структуры сообщества. Последовательный ряд сменяющих друг друга в сукцессии сообществ называется *сукцессионной серией*. К сукцессиям относятся опустынивание степей, зарастание озер и образование болот и др. В основе возникновения сукцессий лежит неполнота круговорота веществ в сообществе.

Если в биоценозах деятельность одних видов не компенсирует деятельность других, то условия среды неминуемо изменяются. Популяции меняют среду в неблагоприятную для себя сторону и вытесняются другими видами, для которых новые условия экологически более выгодны. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не сформируется уравновешенное сообщество, которое способно поддержать баланс веществ в экосистеме. Так, можно проследить процесс зарастания зарастание небольших озер – из-за недостатка кислорода в придонных слоях организмы-разлагатели не в состоянии обеспечить полный распад отмирающих растений, образуются торфянистые отложения, озеро мелеет, зарастает с краев и превращается в болото, оно сменяется мокрым лугом, луг – кустарниками, а затем лесом.

В зависимости от причин, вызвавших смену биоценоза, сукцессии делят на природные и антропогенные, аутогенные и аллогенные.

Природные сукцессии происходят под действием естественных причин, не связанных с деятельностью человека. **Антропогенные сукцессии** обусловлены деятельностью человека. **Аутогенные сукцессии** (самопорождающиеся) возникают вследствие внутренних причин (изменения среды под действием сообщества); подтипы – *сингенез* и *эндоэкокинез*. **Аллогенные сукцессии** (порожденные извне) вызваны внешними причинами (например, изменение климата); подтипы – *гейтогенез* и *гологенез*.

Сингенез – изменения происходят под влиянием взаимоотношений между видами сообщества, дифференциации экологических ниш без существенного изменения видами условий местообитания (первые стадии зарастания новых субстратов – песчаных отмелей, скальных осыпей, лавовых потоков и восстановление растительности на нарушенных человеком территориях – зарастание насыпей дорог, залежей и пр.).

Эндоэкокинез – изменение сообщества путем изменения условий среды. Пример: процессы зарастания стариц, переход низинных болот в верховые и т.д. (природная сукцессия) и изменения под воздействием разного рода деструкций (полное или частичное разрушение сообщества в результате воздействия антропогенных факторов – рубки ухода за лесом).

Гейтогенез – локальные (т.е. не связанные с общими тенденциями развития ландшафта) аллогенные смены, сравнительно быстрая по масштабу времени, вызываемая чаще всего антропогенными факторами (воздействие на растительность диких животных и хозяйственную деятельность человека – пастбищная дигрессия, воздействие мелиорации и пр.).

Гологенез – изменения целых ландшафтов с более или менее параллельным изменением растительных сообществ и экосистем разных урочищ (развитие ильменей в низовьях Волги; строительства гидротехнических сооружений, вызывающих подтопление, затопление, засоление и пр.).

В зависимости от первоначального состояния субстрата, на котором развивается сукцессия, различают первичные и вторичные сукцессии. **Первичные сукцессии** развиваются на субстрате, не занятом живыми организмами (на скалах, обрывах, сыпучих песках, в новых водоемах и т.п.). **Вторичные сукцессии** происходят на месте уже существующих биоценозов после их нарушения (в результате вырубки, пожара, вспашки, извержения вулкана и т.п.).

В своем развитии экосистема стремится к устойчивому состоянию. Сукцессионные изменения происходят до тех пор, пока не сформируется стабильная экосистема, производящая максимальную биомассу на единицу энергетического потока. Сообщество, находящееся в равновесии с окружающей средой, называется **климаксным**.

Принцип сукцессионного замещения – в процессе сукцессии формируется ряд экосистем, ведущий к наиболее устойчивой в данных условиях климаксовой экосистеме.

Для развития биоценозов в ходе сукцессии характерен целый ряд общих закономерностей: постепенное увеличение видового разнообразия, смена доминирующих видов, усложнение цепей питания, увеличение в сообществах доли видов с длительными циклами развития, усиление взаимовыгодных связей в биоценозах и т. д.

3.7 Природные экосистемы

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

Наземные экосистемы:

Размещение по земной поверхности основных наземных биомов определяют два абиотических фактора – температура и количество осадков. Климат в разных районах земного шара неодинаков. Годовая сумма осадков меняется от 0 до 2500 мм и более. В связи с неравномерностью выпадения осадков различают влажные – гумидные (до 2000 мм/год) и засушливые (менее 250 мм/год) – аридные зоны; умеренные зоны расположены там, где выпадает промежуточное количество осадков (250–750 мм/год). При этом они выпадают равномерно в течение года или их основная доля приходится на определенный период – влажный сезон. Среднегодовая температура также варьирует от отрицательных величин до 38° С. Температуры могут быть практически постоянными в течение всего года (у экватора) или меняться по сезонам.

1. Тундры (в северном полушарии к северу от тайги). *Климат* очень холодный с полярным днем и полярной ночью, среднегодовая температура ниже 0° С. За несколько недель короткого лета земля оттаивает не более чем на один метр в глубину. Осадков менее 200-300 мм в год. *Растительность*: отсутствуют деревья, господствуют медленно растущие лишайники, мхи, травы (злаки и осоки), стелющиеся или карликовые кустарнички (брусника, черника) и кустарники (карликовая береза). *Животный мир* небогат, встречаются крупные травоядные копытные – северный олень (Евразия) и карибу (Северная Америка), мелкие роющие млекопитающие (лемминги), хищники (песец, горноста́й, ласка). Среди птиц преобладают полярная сова, ржанка, пуночка. Среди насекомых обильны двукрылые. *Почвы* тундровые – бедные с малой мощностью над слоем вечной мерзлоты. Очень ранимые экосистемы из-за медленного их восстановления.

2. Бореальные хвойные леса (тайга) (северные районы Евразии и Северной Америки). *Климат*: долгая и холодная зима, много осадков выпадает в виде снега. *Растительность*: господствуют вечнозеленые хвойные леса (ель, пихта, сибирская кедровая сосна, сосна обыкновенная, лиственницы) с мощной лесной подстилкой. *Животный мир*: крупные травоядные копытные (лось), мелкие растительноядные млекопитающие

(барсук, белка, бурундук), хищники (медведь, рысь, россомаха, соболь, лисица, волк, норка), обилие гнус. Характерно множество болот и озер. *Почвы* подзолистые, дерново-подзолистые, мерзлотно-таежные – маломощные и бедные.

3. Листопадные леса умеренной зоны (широколиственные леса) (Западная Европа, Восточная Азия, восток США). *Климат* сезонный с зимними температурами ниже 0° С, осадков 750–1500 мм в год. *Растительность*: господствуют широколиственные листопадные породы деревьев (дуб, бук, клен, липа, ясень, граб), кустарниковый подлесок, мощная лесная подстилка. *Животный мир*: млекопитающие (лоси, медведи, рыси, лисицы, волки, белки, землеройки), птицы (дятлы, дрозды, совы, соколы). Биота адаптирована к сезонному климату: спячка, миграции, состояние покоя в зимние месяцы. *Почвы* бурые и серые лесные. В этих районах человеческая цивилизация получила наибольшее развитие, поэтому большая часть широколиственных лесов заменена культурными сообществами.

4. Степи умеренной зоны (в Евразии) и их аналоги: **прерии** (в Северной Америки), **пампасы** (в Южной Америки), **туссоки** (в Новой Зеландии). *Климат* сезонный, лето от умеренного теплого до жаркого, зимние температуры ниже 0° С, осадков 250–750 мм в год. *Растительность*: господствуют дерновинные злаки высотой до 2 м и выше в некоторых прериях Северной Америки или до 50 см, например, в степях России, с отдельными деревьями и кустарниками на влажных участках. *Животный мир*: крупные растительноядные млекопитающие – бизоны, вилорогие антилопы (Северная Америка), сайгаки, а ранее дикие лошади – тарпан (Евразия), кенгуру (Австралия), жирафы, зебры, белые носороги, антилопы (Африка); мелкие роющие млекопитающие (суслики, сурки, полевки, кролики), хищники (волки, койоты, львы, леопарды, гепарды, гиены), разнообразные птицы. *Почвы*: черноземы (самые плодородные почвы в мире) и каштановые. Большая часть степей в настоящее время используется под пашню, пастбища, сенокосы и т.д.

5. Чапараль (Средиземноморье, южный берег Австралии, в Калифорнии, Мексике и Грузии). *Климат* мягкий умеренный (средиземноморский – дождливая зима и засушливое лето), осадков 500–700 мм. *Растительность*: деревья и кустарники с жесткими вечнозелеными листьями (лавр, дуб, мирт, олеандр, можжевельник, дикая фисташка). *Почвы* коричневые и серо-коричневые.

6. Тропический грасленд и саванны (Центральная и Восточная Африка, Южная Америка, Австралия, значительная часть Южной Индии). *Климат* сухой и жаркий большую часть года, температура высокая круглый год, осадков 250–750 мм в год, распределяются неравномерно по сезонам (влажный и сухой сезоны). *Растительность*: травянистая растительность (злаковые) с редкими листопадными деревьями (баобабы, акации, пальмы). *Животный мир*: крупные растительноядные млекопитающие (антилопы, зебры, жирафы, носороги, слоны), хищники (львы, леопарды, гепарды), птицы (африканский страус, грифы). Много кровососущих насекомых,

например, муха цеце. *Почвы* красные ферраллитные, красно-бурые и коричнево-красные. На распаханых землях выращивают злаковые, хлопчатник, арахис, сахарный тростник.

7. Пустыни травянистая и кустарниковая (некоторые районы Африки, например Сахара, Ближнего Востока и Центральной Азии, Большой Бассейн и юго-запад США, север Мексики и др.). *Климат* очень сухой, с жарким днем и холодными ночами, осадков менее 200–250 мм в год. *Растительность*: ксерофитные травы и редкостойный кустарник, кактусы, множество эфемеров, быстро развивающихся после непродолжительных дождей. Корневые системы у растений обширные, поверхностные, перехватывающие влагу редких осадков или стержневые корни, проникающие в землю до уровня грунтовых вод (30 м и глубже). *Животный мир*: разнообразные грызуны (тушканчики, суслики), копытные (куланы, джейран, вилорогая антилопа), хищники (волк, койот, корсак). Из птиц саджа, рябки, жаворонки. Много пресмыкающихся, насекомых и паукообразных. *Почвы* светло-бурые, сероземы. Экосистемы хрупкие, легко нарушаются в результате перевыпаса, ветровой и водной эрозии.

8. Полувечнозеленые сезонные листопадные тропические леса (тропическая часть Азии, Центральная Америка). *Климат* со сменой сухого (4–6 месяцев) и влажного сезонов, среднегодовое количество осадков 800–1300 мм в год. *Растительность*: господствуют леса. Доминируют деревья верхнего яруса, сбрасывающие листья в сухой сезон. Нижний ярус образуют в основном вечнозеленые деревья и кустарники. Много лиан и эпифитов. *Животный мир*: практически так же богат, как в вечнозеленых тропических дождевых лесах. Характерны слоны, жирафы, буйволы. *Почвы* красные ферраллитные.

9. Вечнозеленые тропические дождевые леса (север Южной Америки, Центральная Америка, западная и центральная части экваториальной Африки, Юго-Восточная Азия, прибрежные районы северо-запада Австралии, острова Индийского и Тихого океанов). *Климат* без смены сезонов в связи с близостью к экватору, среднегодовая температура выше 17°C (обычно 28°C), среднегодовое количество осадков превышает 2000–2500 мм в год. *Растительность*. Деревья разной высоты образуют густой полог из многих ярусов (выделяют до 10–12 ярусов). Кустарники отсутствуют, травяной покров беден. На стволах и ветвях деревьев развиваются растения-эпифиты, корни которых не достигают почвы, и деревянистые лианы, укореняющиеся в почве и взбирающиеся по деревьям до их вершин. Видовое разнообразие растений огромно. *Животный мир* по видовому составу богаче, чем во всех других биомах вместе взятых: млекопитающие (обезьяны, ленивцы, ягуары), птицы (попугаи, колибри, туканы). Встречаются многочисленные пресмыкающиеся, земноводные, насекомые с яркой окраской. *Почвы* красно-желтые ферраллитные – маломощные и бедные органическим веществом и минеральными элементами питания растений. Большая часть питательных веществ зак-

реплена в биомассе растительности. При сведении тропических лесов под пашню почвы теряют плодородие за 2–3 года.

Пресноводные экосистемы:

Распределение организмов в водных экосистемах зависит от степени освещенности. Выделяются следующие зоны: *литоральная зона* (толща воды, где солнечный свет доходит до дна), *лимническая зона* (толща воды до глубины, куда проникает всего 1% от солнечного света и где затухает фотосинтез), *эвфотическая зона* (вся освещенная толща воды – включает литоральную и лимническую зоны), *профундальная зона* (дно и, толща воды, куда не проникает солнечный свет). В проточных водоемах выделяют *перекаты* (мелководные участки с быстрым течением: дно без ила, встречаются преимущественно прикрепленные формы перифитона и бентоса) и *плесы* (глубоководные участки: течение медленное, на дне мягкий илистый субстрат и роющие животные). По количеству проникающего света водоемы подразделяют на две горизонтальные зоны: верхнюю или *эвфотическую* (до 100–200 м) и нижнюю, простирающуюся до больших глубин – *афотическую*, где света для фотосинтеза недостаточно.

1. Лентические экосистемы (озера, пруды, водохранилища и др.).

Литоральная зона населена двумя группами растений: укрепившиеся в дне (камышы, рогозы, кувшинки, прикрепленные водоросли и др.) и плавающие (водоросли, рдесты и др.). Животные в литорали более разнообразны, чем в других зонах водоема. Встречаются моллюски, коловратки, мшанки, личинки насекомых и др. Рыбы большую часть жизни проводят в литорали и здесь же размножаются. Многие обитающие здесь животные дышат кислородом атмосферного воздуха (лягушки, саламандры, черепахи и др.). Зоопланктон представлен ракообразными, имеющими большое значение для питания рыб (дафнии и др.). *Лимническая зона.* Продуценты представлены фитопланктоном. В водоемах умеренного пояса «цветение» весной связано с массовым развитием диатомовых, летом – зеленых, осенью – азотфиксирующих сине-зеленых водорослей. Зоопланктон представлен растительоядными ракообразными и коловратками. Нектон лимнической зоны – только рыбы. *Профундальная зона* около дна представлена бентосными формами – личинками насекомых, моллюсками, кольчатыми червями, сапротрофными бактериями и грибами.

2. Лотические экосистемы (реки, родники, ручьи и др.)

от стоячих водоемов следующими особенностями: 1) наличие течения; 2) более активный обмен между водой и сушей; 3) более высокое содержание кислорода и более равномерное его распределение; 4) преобладание детритных цепей питания (здесь более 60% энергии консументы получают от привнесенного материала). Выделяют логические сообщества перекатов и плесов. На перекатах поселяются организмы, способные прикрепиться к субстрату (например, нитчатые водоросли) или хорошие пловцы (например, форель). На участках плеса сообщества напоминают прудовые. В больших реках прослеживается продольная зональность: в верховьях – сообщества перекатов, в низовьях и дельте – плесов, между ними местами могут

возникать и те и другие. Видовой состав рыб к низовьям обедняется, но увеличиваются их размеры.

3. Заболоченные участки и болота бывают *низинные* (имеют, как правило, питание подземными водами) и *верховые* (питаются атмосферными осадками). Верховые могут встречаться в любом понижении или даже на склонах гор, низинные возникают вследствие зарастания озер и речных стариц. Здесь распространены болотные растения. Болотные почвы и торфяники содержат много углерода. Их сельскохозяйственная обработка приводит к выделению в атмосферу большого количества углекислого газа.

Морские экосистемы:

1. Открытый океан беден биогенными элементами. Эти районы можно считать «пустынями» по сравнению с прибрежными водами. Арктические и антарктические зоны более продуктивны, так как плотность планктона растет при переходе от теплых морей к холодным, и фауна рыб и китообразных здесь значительно богаче. Продуцентом выступает фитопланктон, им питается зоопланктон, а тем в свою очередь нектон. Видовое разнообразие фауны снижается с глубиной. На глубине в стабильных местообитаниях сохранились виды из далеких геологических эпох.

2. Глубоководные рифтовые зоны океана находятся на глубинах около 3000 м и более. Условия жизни в экосистемах глубоководных рифтовых зон очень своеобразны. Это полная темнота, огромное давление, пониженная температура воды, недостаток пищевых ресурсов, высокая концентрация сероводорода и ядовитых металлов, встречаются выходы горячих подземных вод, и т. д. В результате живущие здесь организмы претерпели следующие адаптации: редукция плавательного пузыря у рыб или заполнение его полости жировой тканью, атрофирование органов зрения, развитие органов светосвечения и др. Живые организмы представлены гигантскими червями (погонофорами), крупными двустворчатыми моллюсками, креветками, крабами и отдельными видами рыб. Продуцентами выступают сероводородные бактерии, живущие в симбиозе с моллюсками.

3. Область континентального шельфа является самой богатой в фаунистическом отношении. Прибрежная зона очень благоприятна по условиям питания, даже в дождевых тропических лесах нет такого разнообразия жизни, как здесь.

4. Районы апвеллинга расположены вдоль западных пустынных берегов континентов. Здесь наблюдается *апвеллинг* – подъем холодных вод с глубины океана, так как ветры перемещают воду от крутого материкового склона, а взамен ей из глубины поднимается вода, обогащенная биогенными элементами. Эти районы богаты рыбой и птицами, живущими на островах.

5. Эстуарии, лиманы, устья рек, прибрежные бухты и т. д. – прибрежные водоемы, представляющие собой экотоны между пресноводными и морскими экосистемами. Это высокопродуктивные районы, где наблюдается *аувеллинг* – привнесение биогенных элементов с суши. Они обычно входят в литоральную зону и подвержены приливам и

отливам. Здесь встречаются болотные и морские травы, водоросли, рыба, крабы, креветки, устрицы и т.д.

3.8 Антропогенные экосистемы

Агроэкосистемы (сельскохозяйственные экосистемы, агроценозы) – искусственные экосистемы, возникающие в результате сельскохозяйственной деятельности человека (пашни, сенокосы, пастбища). Агроэкосистемы создаются человеком для получения высокой чистой продукции автотрофов (урожая). В них, так же, как в естественных сообществах, имеются продуценты (культурные растения и сорняки), консументы (насекомые, птицы, мыши и т.д.) и редуценты (грибы и бактерии). Обязательным звеном пищевых цепей в агроэкосистемах является человек.

Отличия агроценозов от естественных биоценозов:

- незначительное видовое разнообразие (агроценоз состоит из небольшого числа видов, имеющих высокую численность);
- короткие цепи питания;
- неполный круговорот веществ (часть питательных элементов выносятся с урожаем);
- источником энергии является не только Солнце, но и деятельность человека (мелиорация, орошение, применение удобрений);
- искусственный отбор (действие естественного отбора ослаблено, отбор осуществляет человек);
- отсутствие саморегуляции (регуляцию осуществляет человек) и др.

Таким образом, агроценозы являются неустойчивыми системами и способны существовать только при поддержке человека.

Сельскохозяйственное освоение территорий часто приводит к разрушению созданных природных механизмов регуляции численности отдельных видов и резким изменениям в уровне их обилия.

В борьбе человека с сорняками и вредителями культурных растений постоянно возникает *экологический эффект бумеранга*. В современном сельском хозяйстве в изобилии применяют разнообразные химические средства защиты растений и животных – **пестициды** (от лат. *pestis* – зараза и *caedo* – убиваю) (ядохимикаты). В группу пестицидов включают:

- **гербициды** (от лат. *herba* – трава и *caedo* – убиваю) – химические препараты для уничтожения нежелательной, главным образом сорной растительности (гербициды сплошного действия поражают все виды растений, используются вокруг промышленных объектов, на аэродромах, под линиями электропередач и др.; избирательного – уничтожают одни виды, например, сорняки, и не повреждают культурные растения, применяют в сельском хозяйстве для химической прополки на полях, в садах, виноградниках и т. п.);

- **инсектициды** (от лат. *insectum* – насекомое и *caedo* – убиваю) – химические препараты для борьбы с насекомыми – вредителями сельскохозяйственных растений;

– **акарициды** (от греч. akari – клещ и лат. caedo – убиваю) – химические препараты из группы пестицидов для уничтожения клещей, вредных для сельскохозяйственных растений и животных;

– **зооциды** (от греч. zoon – животное и лат. caedo – убиваю) – химические препараты, используемые главным образом для борьбы с грызунами (*родентициды*, включают *ратициды* для уничтожения крыс);

фунгициды (от лат. fungus – гриб и caedo – убиваю) – химические препараты для уничтожения или предупреждения развития патогенных грибов – возбудителей болезней сельскохозяйственных растений;

– **дефолианты** – химические препараты, вызывающие искусственный листопад, что ускоряет созревание и облегчает уборку урожая (применяют для предуборочного опадения листьев, в основном у хлопчатника);

– **десиканты** – химические препараты, вызывающие обезвоживание тканей растений, что ускоряет их созревание и облегчает уборку урожая (применяются для подсушивания хлопчатника, риса, клецвины, картофеля и др.);

– *регуляторы роста растений.*

Большинство пестицидов не обладает избирательным действием и подавляет не только те виды, против которых применяется, но и их паразитов и хищников. Таким образом, нарушаются возникающие в агроценозах регуляторные связи. Хищники и паразиты, занимая более высокие уровни в цепях питания, более чувствительны к ядам, чем те виды, которыми они питаются. Оставшаяся часть вредителей, освобожденная от регуляторов, дает новую, еще более высокую вспышку численности.

Из этого экологического тупика есть только один выход – не предельное упрощение агроценозов, а регуляция в них численности отдельных видов.

Специальное использование живых организмов – паразитических или хищных насекомых, насекомоядных или хищных птиц, бактерий, вирусов и т. д. – для подавления численности вредителей называют *биологическим методом борьбы* (наездники и яйцееды – помощники человека).

Поддерживать устойчивый биологический круговорот веществ на землях сельскохозяйственного пользования можно при экологически грамотном создании агроэкосистем. Многие современные способы промышленного сельскохозяйственного производства по сути дела антиэкологичны: монокультуры, перевыпас скота, широкомасштабное применение ядохимикатов и чрезмерно высокие дозы минеральных удобрений, сплошная распашка почв и т. д. Они приводят к нарушениям нормальной деятельности экосистем, упрощению их структуры, неустойчивости и катастрофическим изменениям в природе.

Поэтому наиболее передовым направлением современного сельского хозяйства является переход от принципов противоборства с природой к принципам сотрудничества с ней. Это означает максимальное следование экологическим законам в сельскохозяйственной практике.

Наряду с поддержанием высокопродуктивных полей следует особенно позаботиться о сохранении как можно более многообразных заповедных, не

подвергающихся усиленному антропогенному воздействию участков разного масштаба, с богатым видовым разнообразием, которые могли бы быть источниками видов для восстанавливающихся сообществ. Эксплуатация ценных для человека природных систем не должна превышать их способности к самовосстановлению. Аграрный ландшафт должен быть разнообразным, с лесными полосами вокруг полей и перелесками.

Урбоэкосистемы (урбанистические системы) – искусственные экосистемы, возникающие в результате развития городов, и представляющие собой средоточие населения, жилых зданий, промышленных, бытовых, культурных объектов и т.д. В их составе можно выделить следующие территории: **промышленные зоны**, где сосредоточены промышленные объекты различных отраслей хозяйства и являющиеся основными источниками загрязнения окружающей среды; **селитебные зоны** (жилые или спальные районы) с жилыми домами, административными зданиями, объектами быта, культуры и т.п.; **рекреационные зоны**, предназначенные для отдыха людей (лесопарки, базы отдыха и т.п.); **транспортные системы и сооружения**, пронизывающие всю городскую систему (автомобильные и железные дороги, метрополитен, заправочные станции, гаражи, аэродромы и т.п.). Существование урбоэкосистем поддерживается за счет агроэкосистем, энергии горючих ископаемых и атомной промышленности.

Контрольные вопросы

1. Что такое экологическая система?
2. Из каких компонентов состоят экосистемы?
3. Что такое продуктивность экосистем?
4. Как влияет человек на биогеохимический цикл фосфора?
5. Что такое сукцессия и причины ее возникновения? В чем сущность первичной и вторичной сукцессии?

4 Факторы среды

Каждый отдельный организм, являясь самостоятельной биологической системой, постоянно находится в прямых или косвенных отношениях с разнообразными компонентами и явлениями окружающей его среды или, иначе, среды обитания, влияющими на состояние и свойства организма.

Среда обитания (жизни) – это часть природы, окружающая живые организмы и оказывающая на них определенное воздействие. На нашей планете живые организмы освоили 4 среды обитания: **водную, наземно-воздушную, почвенную и организменную**. Водная среда была первой, в которой возникла и распространилась жизнь. В последующем живые организмы овладели наземно-воздушной средой, создали и заселили почву. Четвертой специфической средой жизни стали сами *живые организмы*, каждый из которых представляет собой целый мир для населяющих его паразитов или симбионтов.

Таблица 4.1

Сравнительная характеристика сред обитания и адаптации к ним живых организмов

Среда	Характеристика	Адаптации организма к среде
Водная	Самая древняя. Освещенность убывает с глубиной. При погружении на каждые 10 м давление возрастает на 1 атмосферу. Дефицит кислорода. Степень солености возрастает от пресных вод к морским и океаническим. Относительно однородная (гомогенная) в пространстве и стабильная во времени	Обтекаемая форма тела, плавучесть, слизистые покровы, развитие воздухоносных полостей, осморегуляции
Почвенная	Создана живыми организмами. Осваивалась одновременно с наземно-воздушной средой. Дефицит или полное отсутствие света. Высокая плотность. Четырехфазная (фазы: твердая, жидкая, газообразная, живые организмы). Неоднородная (гетерогенная) в пространстве. Во времени условия более постоянны, чем в наземно-воздушной среде обитания, но более динамичны, чем в водной и организменной. Самая богатая живыми организмами среда обитания	Форма тела вальковатая, слизистые покровы или гладкая поверхность, у некоторых имеется копательный аппарат, развитая мускулатура. Для многих групп характерны микроскопические или мелкие размеры как приспособление к жизни в пленочной воде или в воздухоносных порах
Наземно-	Разреженная. Обилие света и	Выработка опорного

воздушная	кислорода. Гетерогенная в пространстве. Очень динамичная во времени	скелета, механизмов регуляции гидротермического режима. Освобождение полового процесса от жидкой среды
Организменная	Очень древняя. Жидкая (кровь, лимфа) или твердая (плотные ткани). Наибольшее постоянство среды во времени из всех сред обитания	Коадаптация паразита и хозяина, симбионтов друг к другу, синхронизация биоритмов, выработка у паразита защиты от переваривания хозяином и системы «заякоривания» в среде, усиление полового размножения, редукция зрения, пищеварительной системы

4.1 Экологические факторы и их классификация

Экологические факторы – это отдельные элементы среды обитания, которые воздействуют на организмы. Каждая из сред обитания отличается особенностями воздействия экологических факторов. По природе экологические факторы делят на абиотические, биотические и антропогенные.

Абиотические факторы – компоненты неживой природы, прямо или косвенно воздействующие на организм. Их делят на следующие группы:

– *климатические факторы* (свет, температура, влажность, ветер, атмосферное давление и др.);

– *геологические факторы* (землетрясения, извержения вулканов, движение ледников, радиоактивное излучение и др.);

– *орографические факторы*, или факторы рельефа (высота местности над уровнем моря, крутизна местности – угол наклона местности к горизонту, экспозиция местности – положение местности по отношению к сторонам света и др.);

– *эдафические, или почвенно-грунтовые, факторы* (гранулометрический состав, химический состав, плотность, структура, pH и др.);

– *гидрологические факторы* (течение, соленость, давление и др.).

Иначе абиотические факторы делят на физические и химические.

Биотические факторы – воздействие на организм других живых организмов.

В зависимости от вида воздействующего организма их разделяют на две группы:

– *внутривидовые, или гомотипические, факторы* – это влияние на организм особей этого же вида (зайца на зайца, сосны на сосну и т.д.);

– *межвидовые*, или *гетеротипические*, факторы – это влияние на организм особей других видов (волка на зайца, сосны на березу и т.д.).

В зависимости от принадлежности к определенному царству биотические факторы подразделяют на четыре основные группы:

- *фитогенные факторы* – это влияние на организм;
- *зоогенные факторы* – влияние животных;
- *микогенные факторы* – влияние грибов;
- *микробогенные факторы* – влияние микроорганизмов (вирусов, бактерий, простейших).

По типу взаимодействия различают протокооперацию, мутуализм, комменсализм, внутривидовую и межвидовую конкуренции, паразитизм, хищничество, аменсализм, нейтрализм.

Антропогенные факторы – деятельность человека, приводящая либо к прямому воздействию на живые организмы, либо к изменению среды их обитания (охота, промысел, сведение лесов, загрязнение, эрозия почв и др.).

При этом различают воздействие человека как биологического организма (потребление пищи, дыхание, выделение и т.д.) и его хозяйственную деятельность (сельское хозяйство, промышленность, энергетика, транспорт, бытовая деятельность и т. д.). Факторы, связанные с хозяйственной деятельностью человека, называются *техногенными*.

В зависимости от характера воздействий антропогенные факторы делят на две группы:

- *факторы прямого влияния* – это непосредственное (прямое) воздействие человека на организм (скашивание травы, вырубка леса, отстрел животных, отлов рыбы и т. д.);
- *факторы косвенного влияния* – это опосредованное (косвенное) воздействие на организм (загрязнение окружающей среды, разрушение местообитаний, беспокойство и т.д.).

В зависимости от последствий воздействия антропогенные факторы делят на следующие группы:

- *положительные факторы* – факторы, которые улучшают жизнь организмов или увеличивают их численность (разведение и охрана животных, посадка и подкормка растений, охрана окружающей среды и т. д.);
- *отрицательные факторы* – факторы, которые ухудшают жизнь организмов или снижают их численность (вырубка деревьев, отстрел животных, разрушение местообитаний и т.д.).

Экологические факторы могут оказывать на организм *прямое* действие и *косвенное*. Косвенное воздействие осуществляется через другие экологические факторы. Например, высокая температура может вызвать ожог (прямое действие), а может привести к обезвоживанию организма (косвенное воздействие).

Разные экологические факторы обладают различной изменчивостью в пространстве и во времени. Одни из них *относительно постоянны* (например, сила тяготения, солнечная радиация, соленость океана), другие *очень изменчивы* (например, температура и влажность воздуха, сила ветра).

По характеру изменения во времени экологические факторы подразделяют на три группы.

Регулярно-периодические факторы – это факторы, меняющие свою силу в зависимости от времени суток, сезона года, ритма приливов и отливов (освещенность, температура, длина светового дня и т.д.).

Нерегулярные (непериодические) факторы – это факторы, не имеющие четко выраженной периодичности (наводнение, ураган, землетрясение, извержение вулкана, нападение хищника и т.д.).

Направленные факторы – это факторы, действующие на протяжении длительного промежутка времени в одном направлении (похолодание или потепление климата, зарастание водоема, эрозия почвы и т.д.).

По характеру ответной реакции организма на воздействие экологического фактора различают следующие группы экологических факторов.

Раздражители – факторы, вызывающие биохимические и физиологические изменения (адаптации).

Модификаторы – факторы, вызывающие морфологические и анатомические изменения (адаптации).

Ограничители – факторы, обуславливающие невозможность существования организма в данных условиях и ограничивающие ареал его распространения.

Сигнализаторы – факторы, информирующие об изменении других факторов.

По принципу возможности потребления при взаимодействии с организмом экологические факторы подразделяют на ресурсы и условия.

Ресурсы – это экологические факторы среды обитания, которые организм потребляет, то есть их количество в результате взаимодействия с организмом может уменьшаться (пища, вода, солнечная энергия, кислород, углекислый газ и т.д.).

Условия – это экологические факторы среды обитания, которые организм не потребляет, то есть их количество не уменьшается, но они могут оказывать влияние на организм (температура, влажность, атмосферное давление, гравитационное поле и т.д.). Существуют и другие классификации экологических факторов, в зависимости от положенных в их основу критериев.

4.2 Адаптации организмов к условиям среды

Адаптации – различные приспособления к среде обитания, выработавшиеся у организмов в процессе эволюции. Адаптации проявляются на разных уровнях организации живой материи: от молекулярного до биоценотического. Способность к адаптации – одно из основных свойств живой материи, обеспечивающее возможность ее существования. Адаптации развиваются под действием трех основных факторов: наследственность, изменчивость и естественный (а также искусственный) отбор.

Существуют три основных пути приспособления организмов к условиям окружающей среды: активный путь, пассивный путь и избегание неблагоприятных воздействий.

Активный путь – усиление сопротивляемости, развитие регуляторных процессов, позволяющих осуществлять все жизненные функции организма, несмотря на отклонения фактора от оптимума. Например, поддержание постоянной температуры тела у теплокровных животных (птиц и млекопитающих), оптимальной для протекания биохимических процессов в клетках.

Избегание неблагоприятных воздействий – выработка организмом таких жизненных циклов и поведения, которые позволяют избежать неблагоприятных воздействий. Например, сезонные миграции животных.

Пассивный путь – подчинение жизненных функций организма изменению факторов среды. Покой может быть разным по глубине и продолжительности, многие функции организма при этом ослабевают или не выполняются совсем, так как уровень обмена веществ падает под влиянием внешних и внутренних факторов. При глубоком подавлении обмена веществ организмы могут вообще не проявлять видимых признаков жизни. Полная временная остановка жизни получила название **анабиоза**. В состоянии анабиоза организмы становятся устойчивыми к разнообразным воздействиям. В сухом состоянии, когда в клетках оставалось не более 2% воды в химически связанном виде, такие организмы, как коловратки, тихоходки, мелкие нематоды, семена и споры растений, споры бактерий и грибов выдерживали пребывание в жидком кислороде (-218,4 °С), жидком водороде (-259,4 °С), жидком гелии (-269,0 °С). Всякий обмен веществ прекращен. Анабиоз достаточно редкое явление и является крайним состоянием покоя в живой природе, состояние анабиоза возможно лишь при почти полном обезвоживании организмов. Гораздо шире распространены в природе другие формы покоя, связанные с состоянием пониженной жизнедеятельности в результате частичного угнетения метаболизма. Формы покоя в состоянии пониженной жизнедеятельности делят на **гипобиоз (покой вынужденный)** и **криптобиоз (покой физиологический)**. При **гипобиозе** торможение активности, или оцепенение, возникает под прямым давлением неблагоприятных условий (при недостатке тепла, воды, кислорода и т. п.) и прекращается почти сразу после того, как эти условия возвращаются к норме (некоторые морозостойкие виды членистоногих (коллемболы, ряд мух, жужелицы и др.) зимуют в состоянии оцепенения, быстро оттаивая и переходя к активности под лучами солнца, а затем вновь теряют подвижность при снижении температуры). **Криптобиоз** – принципиально другой тип покоя, он связан с комплексом физиологических перестроек, которые происходят заблаговременно, до наступления неблагоприятных сезонных изменений, и организмы оказываются к ним готовы. Криптобиоз широко распространен в живой природе (характерно, например, для семян растений, цист и спор различных микроорганизмов, грибов, водорослей, спячка млекопитающих, глубокий покой растений). Состояния гипобиоза,

криптобиоза и анабиоза обеспечивают выживание видов в природных условиях разных широт, часто экстремальных, позволяют сохранять организмы в течение длительных неблагоприятных периодов, расселяться в пространстве и во многом раздвигают границы возможности и распространения жизни в целом.

Обычно приспособление вида к среде осуществляется тем или иным сочетанием всех трех возможных путей адаптации.

Основные механизмы адаптации на уровне организма:

Биохимические адаптации – изменения во внутриклеточных процессах (например, смена работы ферментов или изменение их количества).

Морфо-анатомические адаптации – изменения в строении организма (например, видоизменение листа в колючку у кактусов для снижения потерь воды, яркая окраска цветков для привлечения опылителей и др.). Морфологические адаптации у растений и животных приводят к образованию определенных жизненных форм.

Физиологические адаптации – изменения в физиологии организма (например, способность верблюда обеспечивать организм влагой путем окисления запасов жира, наличие целлюлозоразрушающих ферментов у целлюлозоразрушающих бактерий и др.).

Этологические (поведенческие) адаптации – изменения в поведении (например, сезонные миграции млекопитающих и птиц, впадение в спячку в зимний период, брачные игры у птиц и млекопитающих в период размножения и др.). Этологические адаптации характерны для животных.

Онтогенетические адаптации – ускорение или замедление индивидуального развития, способствующие выживанию при изменении условий.

Пути происхождения адаптаций.

1) **Преадаптация** (биологическая целесообразность) – наличие структур, которые возможно расширить. Мутации и скрещивания приводят к накоплению скрытого резерва наследственной изменчивости. Нередко используются прежние особенности организма, возникшие в иных условиях. Например, наличие шва в черепе млекопитающих облегчает роды.

2) **Комбинативный путь** – взаимодействие новых мутаций друг с другом и с генотипом в целом. При этом может быть усиление (комплиментация) или подавление (эпистаз) его выражения в фенотипе.

3) **Постадаптивный путь** – новые адаптации возникают посредством использования ранее существовавших структур в случае смены их функций.

Направление эволюции живых организмов (разработана акад. А.Н.Северцовым):

1. **Аллогенез** – развитие группы внутри одной адаптивной зоны с возникновением близких форм, различающихся адаптациями одного масштаба. Аллогенез может быть на уровне рода, семейства, отряда. При аллогенезе развивается специализация к определенным условиям внутри адаптивной зоны.

2. *Ароморфоз* – развитие группы с существенным расширением адаптивной зоны и с выходом в другие природные зоны в результате приобретения крупных, ранее отсутствующих приспособлений. Ароморфоз – усложнение организации строения и функции, имеющее общее значение для организма. Например, возникновение птиц. Триасовые динозавры - птицы (крыло, четырехкамерное сердце, полые кости).

Эволюция может идти не только в сторону усложнения, прогресса, но и дегенерации – регресса. Например, паразиты. Образ жизни приводит к утрате некоторых органов, структур.

4.3 Закономерности действия экологических факторов

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

Закон толерантности (закон оптимума или закон В. Шелфорда) – каждый фактор имеет определенные пределы положительного влияния на организмы. Как недостаточное, так и избыточное действие фактора отрицательно сказывается на жизнедеятельности особей (много «хорошо» – тоже «не хорошо»).

Факторы среды имеют количественное выражение. По отношению к каждому фактору можно выделить *зону оптимума* (зону нормальной жизнедеятельности), *зону пессимума* (зону угнетения) и *пределы выносливости* организма (рис. 4.1). Оптимум – такое количество экологического фактора, при котором интенсивность жизнедеятельности организмов максимальна. В зоне пессимума жизнедеятельность организмов угнетена. За пределами выносливости существование организма невозможно. Различают нижний и верхний предел выносливости.

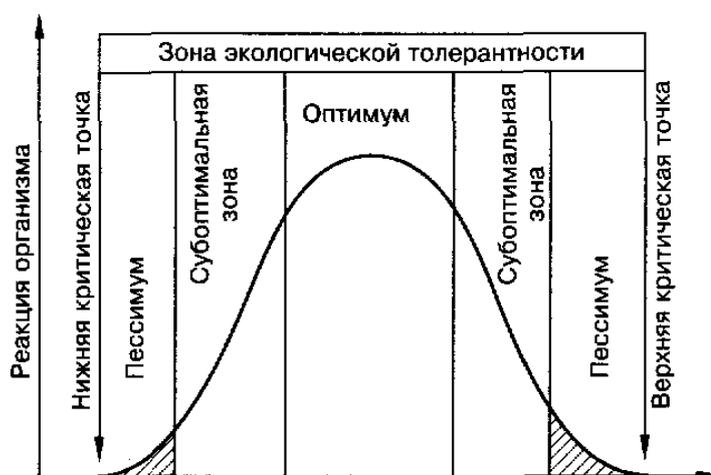


Рис. 4.1 - Пределы толерантности организма к действию фактора

Способность живых организмов переносить количественные колебания действия экологического фактора в той или иной степени называется

экологической валентностью (толерантностью, устойчивостью, пластичностью).

Значения экологического фактора между верхним и нижним пределами выносливости называется *зоной толерантности*. Виды с широкой зоной толерантности называются *эврибионтными*, с узкой – *стенобионтными*. Организмы, переносящие значительные колебания температуры, называются *эвритермными*, а приспособленные к узкому интервалу температур – *стенотермными*. Таким же образом по отношению к давлению различают *эври-* и *стенобатные* организмы, по отношению к степени засоления среды – *эври-* и *стеногалинные*, по отношению к питанию *эври-* и *стенотрофы* (применительно к животным используют термины *эври-* и *стенофаги*) и т.д.

Экологические валентности отдельных индивидуумов не совпадают. Поэтому экологическая валентность вида шире экологической валентности каждой отдельной особи.

Экологические валентности вида к разным экологическим факторам могут существенно отличаться. Набор экологических валентностей по отношению к разным факторам среды составляет *экологический спектр вида*.

Экологический фактор, количественное значение которого выходит за пределы выносливости вида, называется *лимитирующим (ограничивающим) фактором*.

2. Неоднозначность действия фактора на разные функции – каждый фактор неодинаково влияет на разные функции организма. Оптимум для одних процессов может являться пессимумом для других. Так, для многих рыб температура воды, оптимальная для созревания половых продуктов, неблагоприятна для икрометания.

3. Разнообразие индивидуальных реакций на факторы сред – степень выносливости, критические точки, оптимальная и пессимальные зоны отдельных индивидуумов одного вида не совпадают. Эта изменчивость определяется как наследственными качествами особей, так и половыми, возрастными и физиологическими различиями. Например, у бабочки мельничной огневки – одного из вредителей муки и зерновых продуктов – критическая минимальная температура для гусениц -7°C , для взрослых форм -22°C , а для яиц -27°C . Мороз в -10°C губит гусениц, но не опасен для имаго и яиц этого вредителя. Следовательно, экологическая валентность вида всегда шире экологической валентности каждой отдельной особи.

4. Относительная независимость приспособления организмов к разным факторам – степень выносливости к какому-нибудь фактору не означает соответствующей экологической валентности вида по отношению к остальным факторам. Например, виды, переносящие широкие изменения температуры, совсем не обязательно должны также быть приспособленными к широким колебаниям влажности или солевого режима. Эвритермные виды могут быть стеногалинными, стенобатными или наоборот.

5. Несовпадение экологических спектров отдельных видов – каждый вид специфичен по своим экологическим возможностям. Даже у близких по

способам адаптации к среде видов существуют различия в отношении к каким либо-либо отдельным факторам.

6. Взаимодействие факторов – оптимальная зона и пределы выносливости организмов по отношению к какому-либо фактору среды могут смещаться в зависимости от того, с какой силой и в каком сочетании действуют одновременно другие факторы. Например, жару легче переносить в сухом, а не во влажном воздухе. Угроза замерзания значительно выше при морозе с сильным ветром, чем в безветренную погоду.

7. Закон минимума (закон Ю. Либиха или правило ограничивающих факторов) – возможности существования организмов в первую очередь ограничивают те факторы среды, которые наиболее удаляются от оптимума. Если хотя бы один из экологических факторов приближается или выходит за пределы критических величин, то, несмотря на оптимальное сочетание остальных условий, особям грозит гибель. Так, продвижение вида на север может лимитироваться (ограничивается) недостатком тепла, в аридные районы – недостатком влаги или слишком высокими температурами. Выявление ограничивающих факторов очень важно в практике сельского хозяйства.

8. Гипотеза незаменимости фундаментальных факторов (В. Р. Вильямсон) – полное отсутствие в среде полное отсутствие в среде фундаментальных экологических факторов (физиологически необходимых; например, света, воды, углекислого газа, питательных веществ) не может быть компенсировано (заменено) другими факторами. Так, по данным «Книги рекордов Гиннеса» без воздуха человек может прожить до 10 мин., без воды – 10–15 суток, без пищи – до 100 дней.

В природе экологические факторы действуют совместно, то есть комплексно. Комплекс факторов, под действием которых осуществляются все основные жизненные процессы организмов, включая нормальное развитие и размножение, называются *условиями жизни*. Условия, в которых размножения не происходит, называются *условиями существования*.

4.4 Характеристика основных экологических факторов

Свет. При прохождении солнечной радиации через атмосферу около 19% поглощается облаками, водяными парами и т.д., 34% отражается обратно в космос, 47% достигает земной поверхности, из них 24% – прямая радиация и 23% – отраженные лучи. Растения связывают в ходе фотосинтеза в среднем около 1 % энергии.

В спектре солнечного света выделяют области, различные по своему биологическому действию. *Ультрафиолетовые лучи* в небольших дозах необходимы живым организмам (бактерицидное действие, стимуляция роста и развития клеток, синтез витамина и т.д.), в больших дозах губительны из-за способности вызывать мутации. Значительная часть ультрафиолетовых лучей отражается озоновым слоем. *Видимые лучи* – основной источник жизни на Земле, дающий энергию для фотосинтеза. *Инфракрасные лучи* – основной

источник тепловой энергии. Для фотосинтеза наибольшее значение имеют красно-оранжевые и фиолетово-голубые лучи.

Для растений солнечный свет необходим, прежде всего, как источник энергии для фотосинтеза. По отношению к условиям освещенности растения делят на следующие экологические группы. *Гелиофиты (светлюбивые)* – растения, обитающие в условиях хорошего освещения. Они имеют мелкие листья, сильно ветвящиеся побеги, значительное количество пигментов в листьях и др. *Сциофиты (тенелюбивые)* – растения, плохо переносящие прямые солнечные лучи. Для них характерны крупные, тонкие листья, расположенные горизонтально, с меньшим количеством устьиц. *Факультативные гелиофиты (теневыносливые)* – растения, способные обитать как в условиях хорошего освещения, так и в условиях затенения. Имеют переходные черты.

Для животных свет – это условие ориентации. Животные бывают с *дневным, ночным и сумеречным* образом жизни.

По отношению к продолжительности дня организмы (в основном растения) делят на *короткодневные* (обитатели низких широт; растения тропического происхождения переходят к цветению, когда продолжительность дня становится менее 12 ч. – георгины, хризантемы, просо, кукуруза и др.) и *длиннодневные* (обитатели умеренных и высоких широт; для цветения нуждаются в длине дня 12 ч и выше – лен, рожь, овес, лук, морковь и др.). Реакция организмов на продолжительность дня называется **фотопериодизмом**. Это очень важное приспособление, регулирующее сезонные явления у организмов. Изменение длины дня тесно связано с годовым ходом температуры, но в отличие от последней не подвержено случайным колебаниям. Фотопериодизм обуславливает такие сезонные явления, как листопад, перелеты птиц и т. п.

Если день сокращается, виды начинают готовиться к зиме, если удлиняется – к активному росту и размножению. В этом случае для жизни организмов важен не сам фактор изменения длины дня и ночи, а его *сигнальное значение*, свидетельствующее о предстоящих глубоких изменениях в природе. Как известно, длина дня сильно зависит от географической широты. В северном полушарии на юге летний день значительно короче, чем на севере. Поэтому южные и северные виды по-разному реагируют на одну и ту же величину изменения дня: южные приступают к размножению при более коротком дне, чем северные.

Изучением закономерностей сезонного развития природы занимается особое направление экологии – **фенология** (наука о явлениях).

Согласно **биоклиматическому закону Хопкинса** (выведенному им применительно к условиям Северной Америки) сроки наступления различных сезонных явлений (фенодат) различается в среднем на 4 дня на каждый градус широты, на каждые 5° долготы и на 120 м высоты над уровнем моря, т.е. чем севернее, восточнее и выше местность, тем позже наступление весны и раньше – осени. Кроме того, фенологические даты зависят от местных условия (рельефа, экспозиции, удаленности от моря и

т.п.). На территории Европы сроки наступления сезонных событий изменяются на каждый градус широты не на 4, а на 3 дня.

Температура. От температуры окружающей среды зависит температура организмов, а, следовательно, скорость всех химических реакций, составляющих обмен веществ. Повышение температуры увеличивает количество молекул, обладающих энергией активации. По *правилу Вант-Гоффа*, для большинства химических реакций при повышении температуры на каждые 10 °С скорость химической реакции возрастает в 2–4 раза. В основном живые организмы способны жить при температуре от 0 до +50 °С, что обусловлено свойствами цитоплазмы клеток. Верхним температурным пределом жизни является +120...+140 °С (близкие к нему значения температуры выдерживают споры, бактерии), нижним -190...-273)° С (переносят споры, семена, сперматозоиды).

По отношению к температуре организмы делят на *криофилов* (обитающих в условиях низких температур) и *термофилов* (обитающих в условиях высоких температур).

Организмы могут использовать два источника тепловой энергии: *внешний* (тепловая энергия Солнца или внутреннее тепло Земли) и *внутренний* (тепло, выделяемое при обмене веществ).

В зависимости от того, какой источник преобладает в тепловом балансе, живые организмы делят на *пойкилотермных* и *гомойотермных*. ***Пойкилотермные организмы*** – организмы с непостоянной внутренней температурой тела, меняющейся в зависимости от температуры внешней среды. К ним относятся микроорганизмы, растения, беспозвоночные и низшие позвоночные животные. Температура их тела обычно на 1–2° С выше температуры окружающей среды или равна ей. ***Гомойотермные организмы*** – организмы, способные поддерживать внутреннюю температуру тела на относительно постоянном уровне независимо от температуры окружающей среды. Это птицы и млекопитающие. Если речь идет только о животных, то их еще называют *холоднокровными* и *теплокровными* соответственно. Среди гомойотермных организмов выделяют группу *гетеротермных организмов* – организмов, у которых периоды сохранения постоянно высокой температуры тела сменяются периодами ее понижения при впадении в спячку в неблагоприятный период года (суслики, сурки, ежи, летучие мыши и др.).

У живых организмов различают три механизма терморегуляции. *Химическая терморегуляция* осуществляется путем изменения величины теплопродукции за счет изменения интенсивности обмена веществ. *Физическая терморегуляция* связана с изменением величины теплоотдачи. *Этологическая* (или *поведенческая*) *терморегуляция* заключается в избегании условий с неблагоприятными температурами.

Немаловажное значение для поддержания температурного баланса имеет отношение поверхности тела к его объему, т. к. в конечном счете масштабы продуцирования тепла зависят от массы животного, а теплообмен идет через его покровы.

Связь размеров и пропорций тела животных с климатическими условиями их обитания была подмечена еще в XIX в. Согласно **правилу Бергмана** (1848), если два близких вида теплокровных животных отличаются размерами, то более крупный обитает в более холодном, а более мелкий – в теплом климате.

Д. Аллен в 1877 г. подметил, что у многих млекопитающих и птиц северного полушария относительные размеры конечностей и различных выступающих частей тела (хвостов, ушей, клювов) увеличиваются к югу – **правило Аллена**. Выступающие части имеют большую относительную поверхность, которая выгодна в условиях жаркого климата. У ряда млекопитающих, например, особое значение для поддержания теплового баланса имеют уши, снабженные, как правило, большим количеством кровеносных сосудов. Огромные уши африканского слона, пустынной лисички-фенека, американского зайца превратились в специализированные органы терморегуляции.

Вода. Вода обеспечивает протекание в организме обмена веществ и нормальное функционирование организма в целом.

Одни организмы живут в воде, другие приспособились к постоянному недостатку влаги. Среднее содержание воды в клетках большинства живых организмов составляет около 70%. Вода в клетке присутствует в двух формах: *свободной* (95% всей воды клетки) и *связанной* (4–5% связаны с белками).

Наиболее важные функции и свойства воды следующие:

1. *Вода как растворитель* является лучшим из известных растворителей, в ней растворяется больше веществ, чем в любой другой жидкости. Многие химические реакции в клетке являются ионными, поэтому протекают только в водной среде.

2. *Вода как реагент* участвует во многих химических реакциях: полимеризации, гидролиза, в процессе фотосинтеза.

3. *Вода как термостабилизатор и терморегулятор.* Эта функция обусловлена такими свойствами воды, как *высокая теплоемкость* – смягчает влияние на организм значительных перепадов температуры в окружающей среде; *высокая теплопроводность* – позволяет организму поддерживать одинаковую температуру во всем его объеме; *высокая теплота испарения* – используется для охлаждения организма при потоотделении у млекопитающих и транспирации у растений.

4. *Транспортная функция* воды осуществляется при передвижении по организму вместе с водой растворенных в ней веществ к различным его частям и выведение ненужных продуктов из организма.

5. *Структурная функция* состоит в том, что цитоплазма клеток содержит от 60 до 95% воды, и именно она придает клеткам их нормальную форму. У растений вода поддерживает тургор (упругость эндоплазматической мембраны), у некоторых животных служит гидростатическим скелетом (медузы).

По отношению к воде среди живых организмов выделяют следующие экологические группы: *гигрофилы* (влаголюбивые), *ксерофилы* (сухололюбивые) и *мезофилы* (промежуточная группа).

В частности среди растений различают *гигрофитов*, *мезофитов* и *ксерофитов*.

Гигрофиты – растения влажных местообитаний, не переносящие водного дефицита. К ним, в частности, относятся водные растения – гидрофиты и гидатофиты. **Гидатофиты** – водные растения, целиком или большей своей частью погруженные в воду (например, рдест, кувшинка). **Гидрофиты** – водные растения, прикрепленные к грунту и погруженные в воду только нижними частями (например, тростник).

Ксерофиты – растения сухих местообитаний, способные переносить перегрев и обезвоживание. К ним относятся суккуленты и склерофиты. **Суккуленты** – ксерофитные растения с сочными, мясистыми листьями (например, алоэ) или стеблями (например, кактусовые), в которых развита водозапасающая ткань. **Склерофиты** – ксерофитные растения с жесткими побегами, благодаря чему при водном дефиците у них не наблюдается внешней картины завядания (например, ковыли, саксаул).

Мезофиты – растения умеренно увлажненных местообитаний; промежуточная группа между гидрофитами и ксерофитами.

По типу местообитания и образу жизни водные организмы объединяются в следующие экологические группы. **Планктон** – организмы, в основном пассивно перемещающиеся за счет течения. Различают *фитопланктон* (одноклеточные водоросли) и *зоопланктон* (одноклеточные животные, рачки, медузы и др.). **Нектон** – активно передвигающиеся в воде животные (рыбы, амфибии, головоногие моллюски, черепахи, ластоногие, китообразные и др.). **Бентос** – организмы, живущие на дне и в грунте. Его делят на *фитобентос* (прикрепленные водоросли и высшие растения) и *зообентос* (ракообразные, моллюски, морские звезды и др.). Кроме того, в ряде случаев выделяют перифитон и нейстон. **Перифитон** – организмы, прикрепленные к листьям и стеблям водных растений или другим выступам над дном водоема. **Нейстон** – организмы, обитающие у поверхности воды (личинки комаров, водомерки, ряска и др.).

Рельеф. *Рельефом (формами рельефа)* называют совокупность неровностей земной поверхности разного масштаба. Различают *выпуклые (положительные)* формы рельефа и *вогнутые (отрицательные)* формы. Рельеф сформировался в результате взаимодействия внутренних (эндогенных) и внешних (экзогенных) геологических процессов.

По размерам рельеф делят на макрорельеф, мезорельеф и микрорельеф. **Макрорельеф** – формы рельефа с разностью высот от десятков до тысяч метров (горы, равнины, возвышенности, речные долины и др.). **Мезорельеф** – формы рельефа с разностью высот в пределах 10–20 м (холмы, лощины, долины, террасы, склоны разной крутизны, овраги, балки и др.). **Микрорельеф** – формы рельефа с разностью высот от нескольких

сантиметров до 1 м (бугорки, западины, борозды, кочки, небольшие промоины и др.).

Рельеф оказывает косвенное воздействие на живые организмы, перераспределяя солнечную радиацию и осадки в зависимости от экспозиции и крутизны склонов. Так в северном полушарии на южных склонах произрастают более светолюбивые и теплолюбивые растения, чем на северных, в понижениях обитают более требовательные к влаге растения и т.д.

Эдафические (почвенно-грунтовые) экологические факторы. Важнейшими экологическими факторами, характеризующими почву как среду обитания, являются кислотность, содержание питательных элементов, содержание органических веществ, структура, плотность, засоленность, гранулометрический состав и др.

По отношению к кислотности почвы растения делят на следующие экологические группы: **ацидофилы** (растут на почвах с $pH < 6,7$); **нейтрофилы** ($pH = 6,7 - 7,0$); **базифилы** ($pH > 7,0$); **индифферентные** виды (могут обитать на почвах с разным значением pH).

По отношению к содержанию питательных элементов в почве среди растений различают **олиготрофов** (растения, довольствующиеся малым количеством зольных элементов), **эвтрофов** (нуждаются в большом количестве зольных элементов) и **мезотрофов** (требуют умеренного количества зольных элементов).

По другим признакам среди растений выделяют такие группы как **галофиты** (растения засоленных почв), **нитрофилы** (растения, предпочитающие почвы, богатые азотом), **литофиты**, или **петрофиты** (растения каменистых почв), **псаммофиты** (растения песков).

По степени связи с почвой как средой обитания животных объединяют в три экологические группы. **Геобионты** – животные, постоянно обитающие в почве, весь цикл развития которых протекает в почвенной среде. **Геофилы** – животные, часть цикла развития которых (чаще одна из фаз) обязательно проходит в почве. **Геоксены** – животные, иногда посещающие почву для временного укрытия или убежища.

Контрольные вопросы

1. Что такое среда обитания и какие среды заселены организмами?
2. Какие факторы среды относят к абиотическим и биотическим?
3. Как называют совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на жизнедеятельность других?
4. Что такое ресурсы живых существ, как они классифицируются и в чем их экологическое значение?
5. Какие механизмы позволят живым организмам компенсировать действие экологических факторов?

5 Биосфера и человек

Человек как биологический вид появился в биосфере сравнительно недавно, не более миллиона лет назад, и за столь короткий срок перестроил биосферу в соответствии со своими потребностями. Дальнейшая судьба человечества зависит от того, насколько оно сможет соотносить свое развитие с фундаментальными природными законами, определяющими существование всей биосферы.

Человек – один из 3 млн. известных сейчас биологических видов на Земле. Место в системе животного царства: класс *млекопитающие*, отряд *приматы*, семейство *гоминиды*, род *человек*, в котором до нашего времени дожил только один вид – *Человек разумный* (*Homo sapiens*).

Человечество представляет собой общемировую популяцию биологического вида, составную часть экосистемы Земли. Организм человека развивается по общим для всех живых видов законам. Ч. Дарвин распространил на человека основные положения эволюционной теории и доказал его происхождение от «ниже стоящих видов животных». Происхождение человека, становление его как вида называется **антропогенезом**.

Самые древние предки человека возникли 5–8 млн. лет назад. Это произошло на юге, вероятно, в Восточной Африке. Поэтому первые из известных ныне гоминид получили название *австралопитеки* (от лат. *australis* – южный). Среди них 2–3 млн. лет назад выделился род *человек* (*Homo*). Его первые представители – *древнейшие люди*, в том числе **человек умелый** (***Homo habilis***) и **человек прямоходящий** (***Homo erectus***), к которому относят *питекантропов* и *синантропов* (300 тыс. – 2 млн. лет назад). Им на смену пришли *древние люди* – **неандертальцы** (***Homo neandertaliensis***), исчезнувшие относительно недавно – примерно 40 тыс. лет назад. В это же время (40–50 тыс. лет назад) появились *кроманьонцы* – прямые предки *современных людей*, вместе с которыми они составляют единый вид – **человек разумный** (***Homo sapiens***).

Движущими силами антропогенеза являются биологические и социальные факторы. *Биологические факторы* – это наследственность, изменчивость, борьба за существование и естественный отбор. *Социальные факторы* – трудовая деятельность, общественный образ жизни, речь и мышление.

Для человека свойственны не только биологические, но социальные адаптации к условиям окружающей среды. Вне человеческого общества само формирование человека невозможно.

Таким образом, человек имеет **биосоциальную природу**. Он растет и развивается под воздействием двух программ. *Биологическая программа* определяет строение и физиологические особенности человеческого организма. Она сформировалась в результате биологической эволюции, передается по наследству, ее материальным носителем являются хромосомы. *Социальная программа* – формирование личности человека под влиянием

окружающих его условий. Она сформировалась в результате развития человеческого общества, не передается по наследству. Социальную сущность человека составляют культура, образование, мораль, совесть и т.п.

Вид Человек разумный (*Homo sapiens*), к которому относятся современные люди, в настоящее время разделен на 3 или 5 больших рас. В первом случае это *европеоидная* (евразийская), *монголоидная* (азиатско-американская) и *австрало-негроидная* (экваториальная), во втором – *европеоидная*, *монголоидная*, *американская*, *австралоидная* и *негроидная* расы. Расы появились в результате расселения и географической изоляции, видимо, популяций неантропов, живших в разных природно-климатических условиях. С формированием социальных взаимоотношений и ослаблением действия биологических факторов темпы эволюции человека как вида резко снизились, и ни одна из рас не достигла видового обособления. Различия между расами заключается в морфологических особенностях: цвет кожи, волос, глаз, форма носа, губ и т.д. Эти различия, скорее всего, связаны с адаптацией к условиям окружающей среды. Так, темная кожа негроидов предохраняла организм от ярких солнечных лучей, в шапке курчавых волос создаются воздушные прослойки, защищающие от жары. Светлая кожа европеоидов пропускает ультрафиолетовые лучи и этим предохраняет от рахита, узкий выступающий нос способствует согреванию вдыхаемого воздуха. Монголоидная раса характеризуется прямыми жесткими волосами, уплощенностью лица, уменьшающей возможность обморожения, сильно выдающимися скулами, наличием эпикантуса (складки в углу глаза) – адаптациями к суровому, с частыми пылевыми бурями климату Центральной Азии.

О единстве вида *Homo sapiens* свидетельствует то, что все расы человека равноценны в биологическом и психологическом отношении и находятся на одном и том же уровне эволюционного развития. Представители всех рас в пределах нормы реакции способны к достижению больших высот в развитии культуры и цивилизации. Также о видовом единстве свидетельствуют неограниченные возможности скрещиваний с образованием плодovитого потомства

5.1 История взаимоотношений общества и природы

Между природной средой и обществом существуют сложные взаимодействия, обмен веществом и энергией. ***Взаимоотношения общества и природы*** – воздействие человеческого общества (антропогенных факторов) на природу и природы (природных факторов) на здоровье и хозяйственную деятельность человека.

С одной стороны, человек со все возрастающей силой воздействует на природу. С другой стороны, природа по-прежнему воздействует на человека. Человек (общество) связан с природой своим происхождением, существованием, своим будущим. Окружающая человека природная среда влияла и влияет на формирование биологического вида *Homo sapiens*, рас и

этносов. Территориальное расселение людей, их материальная деятельность, размещение производственных сил зависят от количества, качества и местоположения природных ресурсов.

Человек появился на Земле 2–3 млн. лет назад. Сначала это был человек-собираатель. Около 1,6 млн. лет назад человек научился пользоваться огнем. Это позволило ему заселить территории с умеренным климатом и заняться охотой. Использование огня и изобретение оружия привело к массовому уничтожению (перепромыслу) крупных млекопитающих средних широт. Это послужило причиной **первого экологического кризиса (кризиса консументов)**. Этот кризис заставил человека перейти от *присваивающего типа хозяйства* (охота и собирательство) к *производящему* (скотоводство и земледелие) (рис. 5.1).

Первые земледельческие цивилизации возникли в районах недостаточного увлажнения, что потребовало создания оросительных систем. В результате эрозии и засоления почв произошли локальные экологические катастрофы в бассейнах рек. Тигр и Евфрат, а сведение лесов привело к появлению пустыни Сахара на месте плодородных земель. Так проявил себя **кризис примитивного земледелия**.

Переход к аграрной (сельскохозяйственной) культуре называют **неолитической революцией**, так как человек перешел от присваивающей экономики к экономике производящей. Важными отличительными особенностями жизни человека стали оседлость и полuosедлость, что предполагало тесный контакт с территорией, которую он обрабатывал.

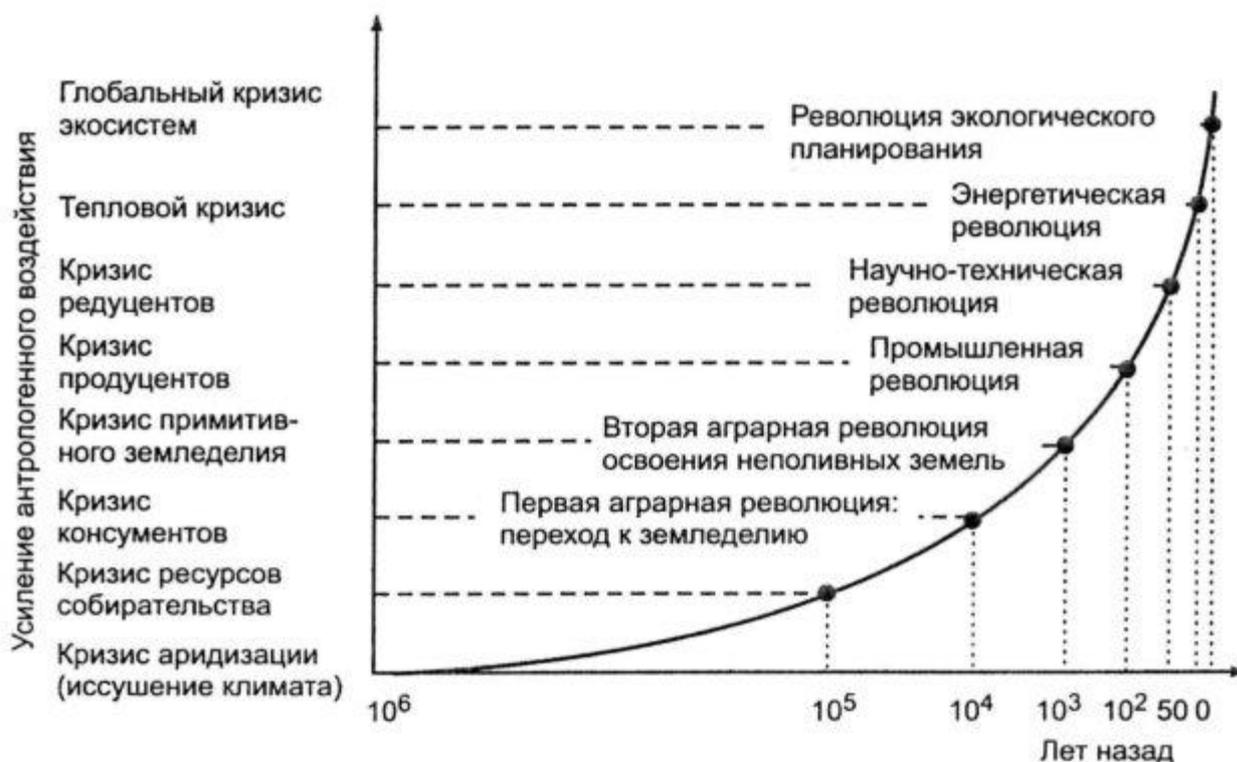


Рис. 5.1 - Экологические кризисы и революции

Экологические последствия деятельности неолитических земледельцев и скотоводов были весьма разнообразны. Практиковавшееся в то время подсечно-огневое земледелие позволяло не только освобождать новые территории для расширения земледелия, получать необходимые минеральные соли для подкормки культурных растений, но и приводило к обширным пожарам, в результате которых выгорали большие территории леса, погибало много животных. Распашка земель приводила к разрушению естественных экологических ниш многих животных. Сельскохозяйственные животные также оказали огромное влияние на природные комплексы. Конкурируя с дикими копытными, они вытесняли их с естественных пастбищ. В то же время скопление большого количества крупного рогатого скота на ограниченных участках, расположенных в непосредственной близости к человеческим поселениям, приводило к сведению травяного покрова. Органическое истощение почв в результате выращивания сельскохозяйственных культур, вырубка лесов при заготовке древесины, перевыпас домашних животных - все это, в конечном счете, приводило к эрозии почв, надолго выводившей их из хозяйственного оборота.

Позднее земледелие продвинулось на территории достаточного увлажнения, в районы лесостепи и леса, в результате чего началась интенсивная вырубка лесов. Развитие земледелия и нужда в древесине для строительства домов и кораблей привели к катастрофическому уничтожению лесов в Западной Европе. Сведение лесов в прошлом и настоящем вызывает изменение газового состава атмосферы, климатических условий, водного режима, состояния почв. Массовое уничтожение растительных ресурсов Земли характеризуется как *кризис продуцентов*.

С XVIII в. в результате промышленной, а затем научно-технической революций на смену доиндустриальной эпохе приходит индустриальная. За последние 100 лет потребление возросло в 100 раз. В настоящее время на одного жителя Земли каждый год добывается и выращивается примерно 20 т сырья, которое перерабатывается в конечные продукты массой 2 т, то есть 90% сырья превращается в отходы. Из 2 т конечного продукта в течение того же года выбрасывается не менее 1 т. Появление огромного количества отходов, причем часто в виде несвойственных природе веществ, привело к возникновению еще одного кризиса – *кризиса редуцентов*. Редуценты не успевают очищать биосферу от загрязнения, часто они на это просто не способны биологически. Это приводит к нарушению круговорота веществ в биосфере.

Помимо загрязнения биосферы различными веществами происходит ее тепловое загрязнение – добавление тепловой энергии в приземный слой тропосферы в результате сжигания огромного количества горючих полезных ископаемых, а также использования атомной и термоядерной энергии. Следствием этого может стать глобальное потепление климата. Этот кризис получил название *термодинамического*.

Еще одним экологическим кризисом является *снижение надежности экологических систем*, в частности, в результате снижения их видового разнообразия, разрушения озонового слоя, и т.д.

Кризисы, бедствия и катастрофы — это нарушения природного экологического равновесия, потеря устойчивости биологическими системами. При этом *кризисы*, не разрушают систему полностью, а приводят ее в состояние неустойчивости, из которого возможен выход к изменению уровня функционирования или управления системой, либо к гибели системы. Таким образом, кризис может быть и обратимым. *Катастрофа* — комплекс изменений в системе, которые ведут к ее исчезновению. При катастрофе нарушается одновременно большое количество взаимосвязей, прекращает функционировать системообразующий фактор, и система, как таковая, перестает существовать. Катастрофы в биосфере за время ее существования бывали редко и не оставляли генотипических следов, ибо приводили к вымиранию большого количества видов. После этого вымирания происходили крупные эволюционные перестройки, появлялись новые виды, значительно отличавшиеся по своей организации от предшествующих.

Причинами катастроф были необратимые природные явления (локальные засухи, моры), а также перестройки (прежде всего климатические) во всей биосфере, связанные с периодами горообразования, глобальных потеплений или похолоданий, образования, движения или таяния ледников. Во время тех древних катастроф вымирало более половины всех живущих на Земле видов, причем исчезали климаксные (устойчивые) сообщества и планета заселялась как бы заново, уже другими видами, которыми начинались новые (первичные) сукцессионные ряды.

В наши дни более 90% мировых стихийных бедствий приходится на наводнения, ураганы, землетрясения и засухи. Оставшиеся 10% в сумме составляют сели, цунами, торнадо, снегопады и т. п. По материальному ущербу для человека наиболее значимы наводнения, а по числу человеческих жертв — ураганы.

Усиливающееся воздействие человека на природу в результате роста населения и научно-технического прогресса имеет не только экологические последствия. Нарастание экологической напряженности проявляется и в социальных последствиях. К негативным социальным последствиям относятся: нарастающая нехватка продовольствия в мире, рост заболеваемости населения в городах, возникновение новых болезней, экологическая миграция населения, возникновение локальных экологических конфликтов из-за создания экологически опасных в глазах населения предприятий, экологическая агрессия — вывоз токсичных технологических процессов и отходов в другие страны и т.д.

5.2 Среда обитания человека

Среду обитания человека так же, как и любого живого организма, можно подразделить на несколько условных типов:

- *информационная среда*, которую можно считать фильтратом внешних впечатлений, поступающих в мозг, которые зависят от видовых особенностей рецепторов, т. е. органов чувств. Для человека понятие информационной среды усложняется по сравнению с животными на несколько порядков в связи с наличием большого количества видео- и словесной информации, т. е. того, что мы называем культурной средой;

- *минимальная среда*, т. е. наличие тех необходимых ресурсов, без которых невозможна сама жизнь;

- *физиологическая среда жизни*, т. е. минимальная среда плюс наличие условий обеспечения некоторых более сложных потребностей, которое человек, как и любой другой живой организм, получает из среды. Это, например, не просто питание, а полноценное питание или обеспечение потребности в движении и многое подобное;

- *экологическая среда* или непосредственная среда жизни (среда обитания каждого человека или группы людей) — самое широкое понятие. Она зависит от многообразных экологических связей с окружающими организмами, как непосредственно обеспечивающими потребности людей, так и с другими организмами Земли.

В свою очередь среда жизни каждого отдельного человека, окружающая его как в природных экосистемах, так и в условиях городского или сельского существования, также подразделяется на несколько видов:

- *собственно природная среда*, т. е. те природные экосистемы, в которых живет данная группа людей. Этот вид среды имеет свойство самоподдержания и саморегуляции. Человек ощущает энергетическое состояние среды, т. е. наличие определенных климатических условий, электромагнитных полей, атмосферные условия, водную компоненту среды, ландшафт, облик и состав биологического окружения. Кроме того, он находится под властью биологических ритмов, так или иначе связанных не только с общебиосферными, но и с космическими циклами;

- *агротехническая среда*: сельскохозяйственные угодья, культурные ландшафты, зеленые насаждения, постройки, бульвары, сады и т. п. Этот вид среды требует усилий человека по ее поддержанию, ибо это полуискусственные агроэкосистемы. В городах и на производстве люди окружены полностью искусственной средой. Внутреннее пространство жилищ и производственных помещений, транспорт, культурно-архитектурная среда, среда вещей и прочее полностью созданы человеком и не могут без него существовать;

- *социальная среда*, в которой живет человек, его культурно-психологическое окружение, социум и та часть информационной среды, которая по своему происхождению связана с культурой, а не с природой. Социальная среда вырастает из биологической среды (сообщество, этнос, семья и т. п.), но не может быть сведена к ней.

Таким образом, социальная среда жизни человека — это следующий уровень организации живой материи. С позиций самого человека качество жизни и качество среды определяются его базовыми потребностями. Однако

с позиций природы качество жизни человечества, включая возможность его выживания, помимо прочего определяется возможностями природы (т. е. биосферы), в том числе саморегуляции под воздействием антропогенных факторов, к которым относятся перенаселение (демографический взрыв), антропогенное загрязнение биосферы, а также исчерпание ее ресурсов.

5.3 Окружающая среда и здоровье человека

По определению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), **здоровье человека** – это состояние полного физического, душевного и социального благополучия. Здоровье – одно из основных прав человека. Не менее важным правом является право человека на информацию о тех факторах, которые определяют здоровье человека или являются факторами риска, то есть их воздействие может привести к развитию болезни (табл. 5.1).

Фактор риска – общее название факторов, не являющихся непосредственной причиной определенной болезни, но увеличивающих вероятность ее возникновения. К ним относятся условия и особенности образа жизни, а также врожденные или приобретенные свойства организма. Они повышают вероятность возникновения у индивидуума болезни и (или) способны неблагоприятно влиять на течение и прогноз имеющегося заболевания. Обычно выделяют биологические, экологические и социальные факторы риска. Если к факторам риска присовокупить факторы, являющиеся непосредственной причиной болезни, то вместе их называют **факторами здоровья**. Они имеют аналогичную классификацию.

К **биологическим факторам риска** относятся генетические и приобретенные в онтогенезе особенности организма человека. Известно, что некоторые болезни чаще встречаются в определенных национальных и этнических группах. Существует наследственная предрасположенность к заболеванию гипертонической болезнью, язвенной болезнью, сахарным диабетом и другими болезнями. Для возникновения и течения многих болезней, в том числе сахарного диабета, ишемической болезни сердца, серьезным фактором риска является ожирение. Существование в организме очагов хронической инфекции (например, хронического тонзиллита) может способствовать заболеванию ревматизмом.

Экологические факторы риска. Изменения физических и химических свойств атмосферы влияют, например, на развитие бронхолегочных заболеваний. Резкие суточные колебания температуры, атмосферного давления, напряженности магнитных полей ухудшают течение сердечно-сосудистых заболеваний. Ионизирующее излучение является одним из онкогенных факторов. Особенности ионного состава почвы и воды, а, следовательно, и продуктов питания растительного и животного происхождения, приводят к развитию элементоз – заболеваний, связанных с избытком или недостатком в организме атомов того или иного элемента. Например, недостаток йода в питьевой воде и продуктах питания в районах с

низким содержанием йода в почве может способствовать развитию эндемического зоба.

Социальные факторы риска. Неблагоприятные жилищные условия, многообразные стрессовые ситуации, такие особенности образа жизни человека, как гиподинамия – фактор риска развития многих заболеваний, особенно болезней сердечнососудистой системы. Вредные привычки, например курение – фактор риска возникновения бронхолегочных и сердечно-сосудистых заболеваний. Употребление алкоголя – фактор риска развития алкоголизма, болезней печени, сердца и др.

Факторы риска могут быть существенны для отдельных индивидуумов (например, генетические особенности организма) или для множества особей разных видов (например, ионизирующее излучение). Наиболее неблагоприятно оценивается совокупное воздействие на организм нескольких факторов риска, например одновременное наличие таких факторов риска, как ожирение, гиподинамия, курение, нарушение углеводного обмена, значительно увеличивает риск развития ишемической болезни сердца.

В профилактике возникновения и прогрессирования болезни большое внимание уделяют устранению факторов риска индивидуального характера (отказ от вредных привычек, занятия физкультурой, ликвидация очагов инфекции в организме и др.), а также устранению факторов риска, имеющих значение для популяции. На это направлены, в частности, мероприятия по охране окружающей среды, источников водоснабжения, санитарная охрана почвы, санитарная охрана территории, устранение профвредностей, соблюдение техники безопасности и др.

Таблица 5.1

Группировка факторов риска и их значение для здоровья

Группы факторов риска	Факторы риска	Значение для здоровья, % (для России)
<i>Биологические факторы</i>		
Генетика, биология человека	Наследственная и приобретенная в ходе индивидуального развития предрасположенность к заболеваниям	15-20
<i>Экологические факторы</i>		
Состояние окружающей среды	Загрязнение воздуха, воды, почвы, продуктов питания, резкая смена погодных явлений, повышенный уровень радиационного, магнитного и других излучений	20-25
<i>Социальные факторы</i>		
Условия и образ жизни	Курение, употребление алкоголя, употребление наркотиков, неправильное питание, недостаток сна, стрессовые ситуации, гипо- и гипердинамия,	50-55

	вредные условия труда, плохие материально-бытовые условия, непрочность семьи, высокий уровень урбанизации	
Медицинское обеспечение	Неэффективность профилактических мероприятий, низкое качество медицинской помощи, несвоевременность ее оказания	10-15

Рассмотрим применительно к человеку особенности проявления четырех наиболее характерных экологических факторов, эффективно ограничивающих потенциально бесконечный рост природных популяций. Это климат, хищники, болезни и пища.

Климат. По способности заселять любые климатические зоны человек не имеет себе равных среди биологических видов. Естественно, что районы с оптимальным для него климатом, где легче обеспечить жизненный комфорт, охотнее заселяются людьми, чем территории с экстремальными условиями существования (полярные зоны, пустыни, высокогорья). Способность изготавливать одежду, строить жилье, использовать дополнительную энергию для регулирования температуры и влажности, т. е. разнообразная социально-экономическая и техническая деятельность, позволила человеку почти полностью нейтрализовать отрицательное воздействие неблагоприятного климата на демографические процессы. В настоящее время климатические условия оказывают незначительное влияние на расселение людей по земному шару.

Хищники. Как свидетельствуют раскопки поселений первобытного человека, древние люди нередко оказывались жертвами крупных хищников. Но овладение огнем и орудиями охоты многократно усилило могущество человека и обеспечило ему превосходство даже над самыми крупными и сильными животными. В настоящее время хищники не оказывают ни малейшего влияния на численность человечества.

Болезни. Несколько столетий тому назад (в Европе – с XIV по XVII в.) губительные эпидемии чумы, холеры, оспы и других инфекционных болезней, опустошая города и страны, заметно замедляли рост численности населения. Прогресс науки и медицины позволил справиться с этими заболеваниями. Сейчас они уже не влияют на демографические процессы. На роль основных факторов преждевременной смертности в индустриальных странах Европы и Северной Америки выдвинулись заболевания иного характера: сердечно-сосудистые, онкологические (раковые), легочные и др. Однако в последние десятилетия внезапно проявила себя новая инфекционная болезнь – синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД). Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ) передается через кровь, например при многократном использовании шприцев или половым путем. СПИД поражает иммунную систему организма, который становится беззащитным против любых других болезней. Инкубационный (скрытый) период от инфицирования до болезни может составить от полугода до 5 лет и более. Лекарств, позволяющих полностью вылечить больных. СПИД поражает в

первую очередь репродуктивные поколения. Широкое обследование населения показало катастрофический рост количества ВИЧ-инфицированных во всех странах мира. На 1 августа 2006 г. число больных превысило в мире 40 млн., т. е. носителем вируса СПИДа стал почти каждый сто пятидесятый житель Земли; в России более 350 тыс. ВИЧ-инфицированных (т.е. один из 250), в Самарской области – 27 тысяч; в Тольятти – 12 тысяч ВИЧ-инфицированных. Темпы распространения СПИДа во всем мире угрожающе высоки, а эффективные лекарства против него или надежные вакцины пока не найдены. Создалась реальная опасность, что эта новая страшная болезнь, в следующем столетии станет важным фактором, существенно влияющим на демографические процессы. Единственное на сегодня средство от СПИДа – личная профилактика.

Во многих странах Африки, Азии, Южной и Центральной Америки продолжают свирепствовать болезни, связанные с антисанитарией, недоеданием, нехваткой чистой питьевой воды. Это прежде всего острые легочные и кишечные заболевания: туберкулез, холера, дизентерия и многие другие.

Несмотря на несомненные успехи медицины, болезни полностью не побеждены и остаются для человечества опасными факторами, способными влиять на ход демографических процессов.

Пища. Для всех животных пищевые ресурсы – основа экологической емкости среды. Человек не исключение, но он гораздо успешнее, чем любой другой вид, умеет увеличивать для себя запасы пищи. Около 10 тыс. лет назад на Ближнем Востоке возникло *сельское хозяйство*. Жители тех мест научились выращивать съедобные растения, содержать полезных для себя животных. Такие способы получения пищи диким животным неизвестны. Животные свою пищу отыскивают, собирают, ловят. Человек ее производит, вкладывая в это свой труд и дополнительную энергию. Производство пищи – принципиальное экологическое отличие человека от всех биологических видов, одно из главных проявлений его социальных особенностей. Возможности увеличения пищевых ресурсов не беспредельны. За последнюю тысячу лет жесточайший голод неоднократно охватывал многие районы мира. Даже сейчас, при высоком уровне производства продовольствия в отдельных странах, почти 10% мирового населения страдает от голода (более всего в Африке) и еще столько же от неполноценной пищи (например, при нехватке животного белка). Недостаток пищи или каких-то важных ее компонентов всегда был и остается важным фактором, влияющим на выживание населения отдельных стран и регионов. Рост производства продовольствия снижает смертность и тем самым способствует росту численности населения Земли.

Численность любого биологического вида определяется системой экологических связей. Численность единственного биосоциального вида – человека – определяется системой эосоциальных связей. Предельная численность любого вида ограничивается экологической емкостью среды его обитания. Предельная численность человечества ограничивается

планетарной *социально-экологической емкостью*. Человек непрерывно ее расширяет, но она все же имеет верхнюю границу на Земле.

Доминирующие факторы риска и их проявления в современном обществе. Первобытный человек был практически не защищен от действия лимитирующих факторов среды. Продолжительность его жизни была небольшой, а плотность популяции весьма низкой. Главными из ограничивающих факторов были *недоедание, гипердинамия и инфекционные болезни*.

Чтобы выжить человек старался оградить себя от воздействия неблагоприятных факторов окружающей природной среды. Для этого он создал искусственную среду своего обитания. Но и здесь действуют свои факторы риска. Особенно остро они проявляются в городской среде. В современном обществе доминирующими стали такие факторы риска как *гиподинамия, переедание, вредные привычки, стрессы, загрязнение окружающей среды*.

В настоящее время негативное воздействие окружающей человека среды проявляется в развитии следующих процессов: нарушение биоритмов (в частности сна), аллергияция населения, рост онкологической заболеваемости, рост доли лиц с избыточным весом, рост доли рождения недоношенных детей, акселерация, «омоложение» многих форм патологии, абиологическая тенденция в организации жизни (курение, наркомания, алкоголизм и пр.), рост близорукости, возрастание удельного веса хронических заболеваний, развитие профессиональных заболеваний и т. д.

Нарушение биологических ритмов связано, прежде всего, с появлением искусственного освещения, продлившего световой день и изменившего общий ритм жизни. Часто ритмы становятся асинхронными, что приводит к развитию заболеваний. Возросший темп жизни, переизбыток информации, постоянные стрессы стали причинами учащения расстройств сна. Наиболее часто встречающимся расстройством является *бессонница* – нарушение, связанное с трудностью засыпания, частыми пробуждениями или короткой продолжительностью сна. Противоположного характера трудности испытывают больные *нарколепсией*. Эти люди часто испытывают сонливость и засыпают неожиданно среди дня. Эти эпизоды внезапного сна наступают помимо воли человека. Еще одно расстройство сна – *ночное апноэ*. Это временная задержка дыхания, вызванная закрытием воздухоносных путей в результате расслабления мышц корня языка и горла и последующий резкий вдох, сопровождающийся кратковременным пробуждением и характерным всхрапыванием. Одной из причин часто является ожирение.

Аллергизация населения связана с ослаблением иммунной системы человека (снижением сопротивляемости организма) и с воздействием на нее новых искусственных загрязняющих веществ, к действию которых она не адаптирована. В результате у человека развиваются такие заболевания, как бронхиальная астма, крапивница, лекарственная аллергия, ревматизм, волчанка красная и др. **Аллергия** определяется как извращенная чувствительность или реактивность организма к тому или иному веществу,

так называемому *аллергену*. Аллергены по отношению к организму бывают внешние (*экзоаллергены*) и внутренние (*аутоаллергены*). Экзоаллергены могут быть *инфекционными* (болезнетворные и неболезнетворные микробы, вирусы и др.) и *неинфекционными* (домашняя пыль, шерсть животных, пыльца растений, лекарственные препараты, другие химические вещества – бензин, хлорамин и т.п., а также продукты питания – мясо, овощи, фрукты, ягоды, молоко и др.). Аутоаллергенами могут являться кусочки тканей, поврежденные при ожоге, лучевом воздействии, обморожении или ином воздействии.

Рост онкологической заболеваемости. Онкологические заболевания вызваны развитием опухолей. *Опухоли* – новообразования, избыточные патологические разрастания тканей. Они могут быть *доброкачественными* – уплотняющими или раздвигающими окружающие ткани, и *злокачественными (раковыми)* – прорастающими в окружающие ткани и разрушающими их. Разрушая сосуды, они попадают в кровь и разносятся по всему организму, образуя так называемые *метастазы*. Доброкачественные опухоли метастазов не образуют.

Онкологические заболевания возникают в результате воздействия на организм человека канцерогенных веществ, опухолеродных вирусов или жесткого излучения (ультрафиолетового, рентгеновского, гамма-излучения). *Канцерогены* (греч. «рождающие рак») – химические соединения, способные вызвать злокачественные и доброкачественные новообразования в организме при воздействии на него. По характеру действия они разделяются на три группы: 1) местного действия; 2) органотропные, т. е. поражающие определенные органы; 3) множественного действия, вызывающие опухоли в разных органах. К канцерогенам относятся многие циклические углеводороды, азотокрасители, алкалирующие соединения. Они содержатся в загрязненном промышленными выбросами воздухе, в табачном дыме, каменноугольной смоле и саже. Многие канцерогенные вещества оказывают еще и мутагенное воздействие на организм. В экономически развитых странах смертность от рака стоят на втором месте после сердечнососудистых заболеваний.

Рост доли лиц с избыточным весом связан с переизбытком, рационом и ритмом питания, низкой физической активностью. В то же время наблюдается рост в популяции доли представителей противоположного астенического типа. Последняя тенденция значительно слабее. И то и другое влечет за собой целый ряд патогенных последствий.

Рост доли рождения недоношенных (физически незрелых) детей связан с нарушениями в генетическом аппарате и просто с ростом адаптируемости к изменениям среды. Физиологическая незрелость является результатом резкого дисбаланса со средой, которая слишком стремительно трансформируется. Она может иметь далеко идущие последствия, в том числе привести к акселерации и другим изменениям в росте человека.

Акселерация – это увеличение размеров тела и значительный сдвиг во времени в сторону более раннего полового созревания. В качестве причины

называют улучшение условий жизни, в первую очередь, хорошее питание, снявшее проблему недостатка пищевых ресурсов как лимитирующего фактора.

Она проявляется в ускорений психического и физического развития детей. Взрослый человек в наше время на 10 см выше, чем 100 лет назад. Наблюдается ускорение темпов полового созревания. Акселерация связана с изменением социальных условий, характером питания, с миграцией населения и повышением возможности смешения рас и народностей. Вероятно и влияние физических факторов: изменение солнечной активности, повышение радиационного фона, насыщенность атмосферы электромагнитными колебаниями от растущей сети радио и телевидения.

Инфекционная заболеваемость тоже неискоренена. Количество людей, пораженных малярией, гепатитом, ВИЧ и многими другими болезнями, исчисляется огромными цифрами. Многие медики считают, что следует говорить не о «победе», а лишь о временном успехе в борьбе с этими болезнями. История борьбы с инфекционными болезнями очень коротка, а непредсказуемость изменений в окружающей среде (особенно, в городской) может свести на нет эти успехи. По этой причине «возврат» инфекционных агентов фиксируется среди вирусов. Многие вирусы «отрываются» от природной основы и переходят в новую стадию, способную жить в среде обитания человека, – становятся возбудителями гриппа, вирусной формы рака и других болезней. Возможно, такой формой является ВИЧ.

Абиологические тенденции, под которыми понимаются такие черты образа жизни человека, как гиподинамия, курение, алкоголизм, наркомания и др., тоже являются причиной многих заболеваний – ожирение, рак, кардиологические болезни и др.

Таким образом, здоровье и благополучие человека зависят от решения множества проблем (экологических, медицинских, экономических, социальных и др.), прежде всего, таких, как перенаселение Земли в целом и отдельных регионов, ухудшение среды жизни городов и сельской местности.

Контрольные вопросы

1. Какое влияние оказывает техногенная и социальная среды на здоровье человека?
2. Каковы основные факторы риска можно выделить?
3. Действие каких факторов преодолел человек?
4. Как проявляются негативное воздействие окружающей среды?
5. Что такое здоровье?

6 Антропогенное воздействие на биосферу и ее защита

Антропогенные воздействия – деятельность человека, связанная с реализацией экономических, военных, рекреационных, культурных и других его интересов, вносящая физические, химические, биологические и другие изменения в природную среду.

Воздействие человека на природу можно классифицировать различным образом. Например, разделить на разрушительное, стабилизирующее и конструктивное; прямое и косвенное; преднамеренное и непреднамеренное; длительное и кратковременное; статическое и динамическое; площадное и точечное; глубинное и приповерхностное; глобальное, региональное и локальное; механическое, физическое, химическое и биологическое и т.д.

Разрушительное (деструктивное) воздействие – человеческая деятельность, ведущая к утрате природной средой своих полезных человеку качеств. Например, сведение дождевых лесов под пастбища или плантации, в результате чего нарушается биогеохимический круговорот веществ, и почва за два-три года теряет свое плодородие.

Стабилизирующее воздействие – человеческая деятельность, направленная на замедление деструкции (разрушения) природной среды в результате как хозяйственной деятельности человека, так и природных процессов. Например, почвозащитные мероприятия, направленные на уменьшение эрозии почв.

Конструктивное воздействие – человеческая деятельность, направленная на восстановление природной среды, нарушенной в результате хозяйственной деятельности человека или природных процессов. Например, рекультивация ландшафтов, восстановление численности редких видов животных и растений и т. д. Разрушительное воздействие можно назвать отрицательным (негативным), а стабилизирующее и конструктивное – положительным (позитивным).

Прямое (непосредственное) воздействие – изменение природы в результате прямого воздействия хозяйственной деятельности человека на природные объекты и явления. **Косвенное (опосредованное) воздействие** – изменение природы в результате цепных реакций или вторичных явлений, связанных с хозяйственной деятельностью человека.

Непреднамеренное воздействие является неосознанным, когда человек не предполагает последствий своей деятельности.

Преднамеренное воздействие является осознанным, когда человек ожидает определенные результаты своей деятельности.

Расширяющееся использование природных ресурсов вследствие *роста населения* и развития *научно-технического прогресса* приводит к их истощению и увеличению загрязнения природной среды отходами производства и отбросами потребления. То есть ухудшение природной среды происходит по двум причинам: 1) *сокращение природных ресурсов*; 2) *загрязнение природной среды*.

Степень воздействия человека на природу. Глубина экологических последствий воздействия человека на природу зависит от нескольких переменных: численности населения, стиля жизни и экологического сознания. Эту связь можно описать формулой:

$$\text{Экологические последствия} = \frac{\text{Численность населения} \times \text{Стиль жизни}}{\text{Уровень экологического сознания}}$$

Чем больше численность населения и выше стиль жизни, тем сильнее истощение природных ресурсов и загрязнение окружающей среды. И, наоборот, чем выше экологическое сознание населения, тем менее выражены эти негативные процессы.

При отсутствии экологического сознания даже простой, «близкий к природе» стиль жизни не ведет сам по себе к отсутствию вредного воздействия на природу. Пример тому – вырубка леса под посевы и ради заготовки дров.

Таким образом, важнейшее условие дальнейшего прогресса человечества – прекращение роста его численности, изменение стиля жизни и повышение экологического сознания. Только добившись популяционного равновесия, можно и дальше развивать культуру, технологию, цивилизацию в целом.

6.1 Загрязнение окружающей среды

Загрязнение – привнесение в окружающую среду или возникновение в ней новых (обычно не характерных для нее) вредных химических, физических, биологических, информационных агентов.

Загрязнение может возникать в результате естественных причин (*природное загрязнение*: пыльные бури, вулканический пепел и др.) или под влиянием деятельности человека (*антропогенное загрязнение*: выбросы в атмосферу и сбросы в гидросферу вредных веществ и др.).

По видам загрязняющих агентов загрязнение окружающей среды делят на *физическое* (тепловое, радиоактивное, шумовое, электромагнитное, световое и др.), *химическое* (тяжелые металлы, пестициды, синтетические поверхностно активные вещества – СПАВ, пластмассы, аэрозоли, детергенты и др.) и *биологическое* (патогенные микроорганизмы, продукты генной инженерии и др.). Помимо влияния на круговорот веществ, человек оказывает воздействие на энергетические процессы в биосфере. Наиболее опасным здесь является тепловое загрязнение биосферы, связанное с использованием ядерной и термоядерной энергии. Кроме вещественного и энергетического загрязнения начинает подниматься вопрос об информационном загрязнении окружающей человека среды.

По масштабам загрязнение может быть *глобальным, региональным и локальным (местным)*.

По объектам загрязнения различают *загрязнение атмосферного воздуха, загрязнение поверхностных и подземных вод, загрязнение почв* и т.д., и даже *загрязнение околоземного космического пространства*.

Одна из классификаций загрязнений, основанная на системном подходе, сделана Г.В. Стадницким и А.И. Родионовым (1988). Авторы под загрязнением понимают любые нежелательные для экосистем антропогенные изменения и делят его на инградиентное, параметрическое, биоценоотическое и стационально-деструкционное.

Ингредиентное загрязнение – совокупность веществ, количественно или качественно чуждых естественным биогеоценозам (бытовые стоки, ядохимикаты и удобрения, продукты сгорания и т.д.).

Параметрическое загрязнение – изменение качественных параметров окружающей природной среды (шумовое, тепловое, световое, радиационное, электромагнитное).

Биоценоотическое загрязнение – воздействия, вызывающие нарушение в составе и структуре популяций живых организмов (перепромысел, направленная интродукция и акклиматизация видов и т.д.).

Стационально-деструкционное загрязнение (от слов *стация* – место обитания популяции, *деструкция* – разрушение) – воздействие, приводящее к нарушению и преобразованию ландшафтов и экосистем в процессе природопользования (вырубка лесов, эрозия почв, зарегулирование водотоков, урбанизация и пр.).

Исследуя загрязнение окружающей среды, необходимо учитывать вид и источник загрязнения и экологические последствия, которые они могут вызвать (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Экологическая характеристика десяти главных загрязнителей биосферы

Загрязнитель	Экологическая характеристика
1. Углекислый газ	Образуется при сгорании всех видов топлива. Увеличение его содержания в атмосфере приводит к повышению ее температуры, что чревато пагубными геохимическими и экологическими последствиями.
2. Окись углерода	Образуется при неполном сгорании топлива. Может нарушить тепловой баланс верхней атмосферы.
3. Сернистый газ	Содержится в дымах промышленных предприятий. Вызывает обострение респираторных заболеваний, наносит вред растениям. Разъедает известняк и некоторые ткани.
4. Окислы азота	Создают смог и вызывают респираторные заболевания и бронхит у новорожденных. Способствуют чрезмерному разрастанию водной растительности.
5. Фосфаты	Содержатся в удобрениях. Главный загрязнитель вод в реках и озерах.
6. Ртуть	Один из опасных загрязнителей пищевых продуктов, особенно морского происхождения. Накапливается в организме и вредно действует на нервную систему.
7. Свинец	Добавляется в бензин. Действует на ферментные системы и обмен веществ в живых клетках.
8. Нефть	Приводит к пагубным экологическим последствиям, вызывает гибель планктонных организмов, рыбы, морских птиц и млекопитающих.
9. ДДТ и другие пестициды	Очень токсичны для ракообразных. Убивают рыбу и организмы, служащие кормом для рыб. Многие являются канцерогенами.
10. Радиация	При превышении допустимых доз приводит к злокачественным новообразованиям и генетическим мутациям.

При изучении или описании современных процессов в экосистемах и в биосфере в целом принято выделять загрязнение:

- *химическое* (или ингредиентное), заключающееся в изменении химического состава среды (отклонении от нормального уровня концентрации характерных ингредиентов и от появления новых);
- *физическое* (или параметрическое), связанное с отклонением от нормы физических параметров окружающей среды;
- *биологическое*, включающее микробиологическое (бактериями и вирусами — возбудителями болезней, носящих характер эпидемий) и

макробиологическое (животными и растениями, случайно либо ошибочно интродуцированными в новые экосистемы).

В наши дни наиболее масштабным и значительным загрязнением окружающей природной среды считается химическое загрязнение, в большинстве случаев рассматриваемое отдельно для атмосферы, гидросферы и литосферы. При физическом же загрязнении выделить особенности его воздействия на отдельные компоненты биосферы труднее, поэтому его принято подразделять на виды: шумовое, электромагнитное, ионизирующее и т. п.

По масштабам воздействия различают загрязнение биосферы:

- *локальное* — характерно для городов, крупных промышленных и транспортных предприятий, районов добычи полезных ископаемых, крупных животноводческих комплексов и т. п.;
- *региональное* — охватывает значительные территории и акватории как результат влияния крупных промышленных районов;
- *глобальное* — распространяется на большие расстояния от места возникновения и оказывает неблагоприятное воздействие на крупные регионы, вплоть до общепланетарного влияния (чаще всего связано с выбросами в атмосферу).

Человек, как и любой другой организм, с момента возникновения на Земле влиял на биосферу. Выделяют следующие основные этапы воздействия человека на окружающую среду:

- влияние на биосферу как биологического вида;
- сверхинтенсивная охота без изменения экологических систем в целом (в период становления человечества);
- изменение экосистем через естественно идущие процессы: пастьбу, усиление роста трав путем их выжигания и т. п.;
- усиление влияния путем распашки земель и вырубки лесов;
- глобальное изменение структурных компонентов наиболее крупных экосистем, биомов и биосферы в целом.

Воздействие на биосферу современного человека происходит по следующим основным направлениям:

- изменение структуры земной поверхности (распашка земель, горнодобыча, вырубка лесов, осушение болот, создание искусственных водоемов и водотоков и т. п.);
- изменение химического состава природной среды, круговорота и баланса веществ (изъятие и переработка полезных ископаемых, размещение отходов производства в отвалах, на полигонах, в атмосферном воздухе, водных объектах);
- изменение энергетического (в частности, теплового) баланса в пределах как отдельных регионов земного шара, так и на планетарном уровне;
- изменения в составе биоты (совокупности живых организмов) в результате истребления одних видов животных и растений, создания других видов (пород), перемещения их на новые места обитания (интродукция).

6.2 Антропогенное воздействие на атмосферу и ее защита

Антропогенное воздействие на атмосферу проявляется, прежде всего, в загрязнении атмосферного воздуха.

Атмосферный воздух – естественная смесь газов атмосферы, находящаяся за пределами жилых, производственных и иных помещений (Закон РФ «Об охране атмосферного воздуха», 1999).

Загрязнение атмосферного воздуха – привнесение в него или возникновение в нем новых (обычно не характерных для него) вредных химических, физических, биологических агентов. Оно может быть естественным (природным) и антропогенным (техногенным).

Естественное загрязнение воздуха вызвано природными процессами (вулканическая деятельность, ветровая эрозия, массовое цветение растений, дым от лесных и степных пожаров и др.). *Антропогенное загрязнение* связано с выбросом загрязняющих веществ в результате деятельности человека.

По масштабам загрязнение воздуха может быть *местным* – повышение содержания загрязняющих веществ на небольших территориях (город, район и др.), *региональным* – загрязнение атмосферного воздуха значительных территорий (областей, регионов и др.), и *глобальным* – изменения, затрагивающие всю атмосферу Земли.

По агрегатному состоянию выбросы вредных веществ в атмосферу классифицируются следующим образом: 1) газообразные (диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода, углеводороды и др.); 2) жидкие (кислоты, щелочи, растворы солей и др.); 3) твердые (тяжелые металлы, канцерогенные вещества, органическая и неорганическая пыль, сажа, смолистые вещества и др.).

Главные (приоритетные) антропогенные загрязнители (*поллютанты*) атмосферного воздуха – диоксид серы (SO_2), диоксид азота (NO_2), оксид углерода (CO_2), твердые частицы (пыль, сажа, зола). На их долю приходится около 98% выбросов вредных веществ в атмосферу. Кроме них в атмосферу поступает еще более 70 наименований вредных веществ: тяжелые металлы (свинец, ртуть, кадмий и др.); углеводороды, среди которых наиболее опасен бензпирен, альдегиды (в первую очередь формальдегид), сероводород, токсичные летучие растворители (бензины, спирты, эфиры) и др.

Особо опасным видом загрязнения атмосферы является *радиоактивное загрязнение*, вызванное радиоактивными изотопами. Его источники – производство и испытания ядерного оружия, отходы и аварийные выбросы АЭС. Особое место занимают выбросы радиоактивных веществ в результате аварии четвертого блока на Чернобыльской АЭС в 1986 г. Их суммарный выброс в атмосферу составил 77 кг. Для сравнения при атомном взрыве над Хиросимой их образовалось только 740 г.

Основными антропогенными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются следующие отрасли экономики: теплоэнергетика (тепловые и атомные электростанции, промышленные и городские котельные и др.), автотранспорт, черная и цветная металлургия, нефтедобывающее и

нефтеперерабатывающее производство, машиностроение, производство стройматериалов и т.д.

Энергетика. При сжигании твердого топлива (каменного угля) в атмосферный воздух поступают оксиды серы, оксиды азота, твердые частицы (пыль, сажа, зола). Так, современная теплоэлектростанция мощностью 2,4 млн. кВт расходует до 20 тыс. т угля в сутки и выбрасывает в атмосферу в сутки 680 т SO_2 и SO_3 ; 120–140 т твердых частиц (зола, пыль, сажа); 200 т оксидов азота. Использование жидкого топлива (мазута) снижает выбросы золы, но практически не уменьшает выбросы оксидов серы и азота. Газовое топливо загрязняет атмосферный воздух в 3 раза меньше, чем мазут и в 5 раз меньше, чем уголь.

Атомная энергетика в случае безаварийной работы еще более экологична, но и она загрязняет воздух такими токсичными веществами, как радиоактивный йод, радиоактивные инертные газы и аэрозоли. В то же время АЭС представляет собой значительно большую потенциальную опасность по сравнению с предприятиями традиционной энергетики. Опасность несут аварии атомного реактора и отходы ядерного топлива.

Черная и цветная металлургия. При выплавке одной тонны стали в атмосферу выбрасывается 0,04 т твердых частиц, 0,03 т оксида серы, 0,05 т оксида углерода, а также в меньших количествах свинец, фосфор, марганец, мышьяк, пары ртути, фенол, формальдегид, бензол, аммиак и другие токсичные вещества. В выбросах предприятий цветной металлургии, кроме того, содержатся тяжелые металлы, такие, как свинец, цинк, медь, алюминий, ртуть, кадмий, молибден, никель, хром и др.

Химическая промышленность. Выбросы химической промышленности характеризуются значительным разнообразием, высокой концентрированностью и токсичностью. Они содержат оксиды серы, соединения фтора, аммиак, нитрозные газы (смесь оксидов азота), хлористые соединения, сероводород, неорганическую пыль и т.д.

Автотранспорт. В настоящее время в мире эксплуатируется несколько сот миллионов автомобилей. Выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания содержат огромное количество токсичных соединений: бензпирена, альдегидов, оксидов азота и углерода и особо опасных соединений свинца (из этилированного бензина). В настоящее время в крупных городах России выбросы от автотранспорта превосходят выбросы от стационарных источников (предприятий промышленности).

Сельское хозяйство. Сельскохозяйственное производство приводит к загрязнению атмосферного воздуха пылью (при механической обработке почв), метаном (домашние животные), сероводородом и аммиаком (промышленные комплексы по производству мяса), пестицидами (при их распылении) и т. д.

Интенсивное загрязнение атмосферного воздуха отмечается также при добыче и переработке минерального сырья, на нефте- и газоперерабатывающих заводах, при выбросе пыли и газов из подземных горных выработок, при сжигании мусора и горении пород в отвалах и т.д.

Экологические последствия загрязнения атмосферы:

1. Воздействие загрязнения воздуха на организм человека. Физиологическое воздействие на человеческий организм загрязнителей атмосферного воздуха различно. Оксид углерода (угарного газа) прочно соединяется с гемоглобином крови, что препятствует нормальному снабжению органов и тканей кислородом, в результате ослабляются процессы мыслительной деятельности, замедляются рефлексy, возникает сонливость, возможны потери сознания и смерть от удушья. Диоксид кремния (SiO_2), содержащийся в пыли, вызывает тяжелое заболевание легких – **силикоз**. Диоксид серы, соединяясь с влагой, образует серную кислоту, которая разрушает легочную ткань. Оксиды азота раздражают и разъедают слизистые оболочки глаз и легких, увеличивают восприимчивость к инфекционным заболеваниям, вызывают бронхит и пневмонию. Если в воздухе содержатся совместно оксиды азота и диоксид серы, то возникает эффект синергизма, т. е. усиление токсичности всей газообразной смеси. Частицы размером менее 5 мкм способны проникать в лимфатические узлы, задерживаться в альвеолах легких, засорять слизистые оболочки.

Незначительные по объему выбросы такие, как бензпирен, соединения свинца, кадмия, ртути, мышьяка, кобальта, фосфора и др., могут оказывать воздействие, растянутое во времени. Они обладают канцерогенным действием, вызывают дефекты у новорожденных, снижают иммунитет, угнетают кроветворную и нервную системы и т.д.

2. Парниковый эффект и глобальное потепление климата. *Парниковый (тепличный, оранжерейный) эффект* – разогрев нижних слоев атмосферы, вследствие способности атмосферы пропускать коротковолновую солнечную радиацию, но задерживать длинноволновое тепловое излучение земной поверхности. Водяной пар задерживает около 60% теплового излучения Земли и углекислый газ – до 18%. В отсутствие атмосферы средняя температура земной поверхности была бы -23°C , а в действительности она составляет $+15^\circ\text{C}$.

Парниковому эффекту способствует поступление в атмосферу антропогенных примесей (диоксида углерода, метана, фреонов, оксида азота и др.). За последние 50 лет содержание углекислого газа в атмосфере возросло с 0,027 до 0,036%. Это привело к повышению среднегодовой температуры на планете на $0,6^\circ$. Существуют модели, согласно которым, если температура приземного слоя атмосферы поднимется еще на $0,6^\circ$ – $0,7^\circ$, произойдет интенсивное таяние ледников Антарктиды и Гренландии, что приведет к повышению уровня воды в океанах и затоплению до 5 млн. км² низменных, наиболее густо заселенных равнин.

Отрицательные для человечества последствия парникового эффекта заключаются в повышении уровня Мирового океана в результате таяния материковых и морских льдов, теплового расширения океана и т.п. Это приведет к затоплению приморских равнин, усилению абразионных процессов, ухудшению водоснабжения приморских городов, деградации мангровой растительности и т.п. Увеличение сезонного протаивания грунтов

в районах с вечной мерзлотой создаст угрозу дорогам, строениям, коммуникациям, активизирует процессы заболачивания, термокаста и т.д.

Положительные для человечества последствия парникового эффекта связаны с улучшением состояния лесных экосистем и сельского хозяйства. Повышение температуры приведет к увеличению испарения с поверхности океана, это вызовет возрастание влажности климата, что особенно важно для аридных (сухих) зон. Повышение концентрации углекислого газа увеличит интенсивность фотосинтеза, а значит, продуктивность диких и культурных растений.

3. Разрушение «озонового слоя». *Озоновый слой (озоносфера)* – слой атмосферы с наибольшей концентрацией озона (O_3) на высоте 20–25 (22–24) км. Содержащееся в озоновом слое количество озона невелико: в приземных условиях атмосферы (при давлении 760 мм и температуре $+20^\circ C$) он образовал бы слой толщиной всего 3 мм. В атмосфере озон образуется из кислорода под действием ультрафиолетового излучения.

«*Озоновая дыра*» – значительное пространство в озоносфере планеты с заметно пониженным (до 50% и более) содержанием озона. Считается, что основной причиной возникновения «озоновых дыр» является значительное содержание в атмосфере фреонов. *Фреоны (хлорфторуглероды, или ФХУ)* – высоколетучие, химически инертные у земной поверхности вещества, широко применяемые в производстве и быту в качестве хладагентов (холодильники, кондиционеры, рефрижераторы), пенообразователей и распылителей (аэрозольные упаковки). Фреоны, поднимаясь в верхние слои атмосферы, подвергаются фотохимическому разложению с образованием окиси хлора, интенсивно разрушающей озон.

Истощение озонового слоя в атмосфере Земли приводит к увеличению потока ультрафиолетовых лучей на земную поверхность. Ультрафиолетовые лучи в небольших дозах необходимы живым организмам (стимуляция роста и развития клеток, бактерицидное действие, синтез витамина В и т. д.), в больших дозах губительны из-за способности вызывать раковые заболевания и мутации.

4. Кислотные дожди – дождь или снег, подкисленный до $pH < 5,6$ из-за растворения в атмосферной влаге антропогенных выбросов (оксиды серы, оксиды азота, хлороводород, сероводород и др.).

Отрицательное воздействие кислотных дождей на растительность проявляется как в прямом биоцидном воздействии на растительность, так и в косвенном через снижение pH почв. Выпадение кислотных дождей приводит к ухудшению состояния и гибели целых лесных массивов, а также снижению урожайности многих сельскохозяйственных культур. Кроме того, отрицательное воздействие кислотных дождей проявляется в закислении пресноводных водоемов. Снижение pH воды вызывает сокращение запасов промысловой рыбы, деградацию многих видов организмов и всей водной экосистемы, а иногда и полную биологическую гибель водоема. Негативные последствия кислотных дождей зафиксированы в Канаде, США, Европе, России, Украине, Белоруссии и других странах.

5. Смог. *Смог* – ядовитая смесь дыма, тумана и пыли. Различают два типа смога: лондонский и лос-анджелесский.

Лондонский (зимний) смог образуется зимой в крупных промышленных центрах при неблагоприятных погодных условиях: отсутствии ветра и температурной инверсии. Температурная инверсия проявляется в повышении температуры воздуха с высотой (в слое 300–400 м) вместо обычного понижения. В результате дым и загрязняющие вещества (пыль, оксиды серы и углерода) не могут подняться вверх и рассеяться, а образуют туманную завесу.

Лос-анджелесский (летний, фотохимический) смог возникает летом также при отсутствии ветра и температурной инверсии, но обязательно в солнечную погоду. Он образуется при воздействии солнечной радиации на оксиды азота и углеводороды, поступающие в воздух в составе выхлопных газов автомобилей и выбросов предприятий. В результате образуются высокотоксичные загрязнители – *фотооксиданты*, состоящие из озона, органических пероксидов, пероксида водорода, альдегидов и т.д.

Смог вызывает обострение респираторных заболеваний, раздражение глаз, ухудшение физического состояния и т.д. вплоть до летального исхода. В 1952 г. в Лондоне от смога за две недели погибло более 4000 человек. Рассеять смог может только ветер, а бороться с ним можно путем сокращения выбросов загрязнителей в атмосферу.

В целях защиты атмосферы от загрязнения применяют следующие экозащитные мероприятия:

- экологизация технологических процессов;
- очистка газовых выбросов от вредных примесей;
- рассеивание газовых выбросов в атмосфере;
- соблюдение нормативов допустимых выбросов вредных веществ;
- устройство санитарно-защитных зон, архитектурно-планировочные решения и др.

Экологизация технологических процессов – это в первую очередь создание замкнутых технологических циклов, безотходных и малоотходных технологий, исключающих попадание в атмосферу вредных загрязняющих веществ. Кроме того необходима предварительная очистка топлива или замена его более экологичными видами, применение гидрообеспыливания, рециркуляция газов, перевод различных агрегатов на электроэнергию и др.

Актуальнейшая задача современности – снижение загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей. В настоящее время ведется активный поиск альтернативного, более «экологически чистого» топлива, чем бензин. Продолжаются разработки двигателей автомобилей, работающих на электроэнергии, солнечной энергии, спирте, водороде и др.

Очистка газовых выбросов от вредных примесей. Нынешний уровень технологий не позволяет добиться полного предотвращения поступления вредных примесей в атмосферу с газовыми выбросами. Поэтому повсеместно используются различные методы очистки отходящих газов от аэрозолей

(пыли) и токсичных газо- и парообразных примесей (NO, NO₂, SO₂, SO₃ и др.).

Для очистки выбросов от аэрозолей применяют различные типы устройств в зависимости от степени запыленности воздуха, размеров твердых частиц и требуемого уровня очистки: *сухие пылеуловители* (циклоны, пылеосадительные камеры), *мокрые пылеуловители* (скрубберы и др.), *фильтры, электрофильтры* (каталитические, абсорбционные, адсорбционные) и другие методы для очистки газов от токсичных газо- и парообразных примесей.

Рассеивание газовых примесей в атмосфере – это снижение их опасных концентраций до уровня соответствующего ПДК путем рассеивания пылегазовых выбросов с помощью высоких дымовых труб. Чем выше труба, тем больше ее рассеивающий эффект. К сожалению, этот метод позволяет снизить локальное загрязнение, но при этом проявляется региональное.

Устройство санитарно-защитных зон и архитектурно-планировочные мероприятия.

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) – это полоса, отделяющая источники промышленного загрязнения от жилых или общественных зданий для защиты населения от влияния вредных факторов производства. Ширина этих зон составляет от 50 до 1000 м в зависимости от класса производства, степени вредности и количества выделяемых в атмосферу веществ. При этом граждане, чье жилище оказалось в пределах СЗЗ, защищая свое конституционное право на благоприятную среду, могут требовать либо прекращения экологически опасной деятельности предприятия, либо переселения за счет предприятия за пределы СЗЗ.

Архитектурно-планировочные мероприятия включают правильное взаимное размещение источников выброса и населенных мест с учетом направления ветров, выбор под застройку промышленного предприятия ровного возвышенного места, хорошо продуваемого ветрами и т. д.

6.3 Антропогенное воздействие на гидросферу и ее защита

Антропогенное воздействие на гидросферу проявляется в загрязнении и истощении вод.

Загрязнение вод – привнесение или возникновение в них новых (обычно не характерных для них) вредных химических, физических, биологических агентов. Загрязнение вод проявляется в изменении физических и органолептических свойств (нарушение прозрачности, окраски, запахов, вкуса), увеличении содержания сульфатов, хлоридов, нитратов, тяжелых металлов, сокращении растворенного в воде кислорода воздуха, появлении радиоактивных элементов, болезнетворных бактерий и других загрязнителей.

Загрязнение вод может быть естественным (природным) и антропогенным (техногенным). *Естественное загрязнение* вод вызвано природными процессами. Например, загрязнение вод в результате

извержения вулканов, водной и ветровой эрозии, абразии (разрушения) берегов, засоление пресных вод солеными и т.д. *Антропогенное загрязнение* связано с поступлением загрязняющих веществ в гидросферу в результате деятельности человека.

Наиболее распространено химическое и биологическое загрязнения, в меньшей степени радиоактивное, механическое и тепловое.

Химическое загрязнение – загрязнение вод неорганическими и органическими веществами. Из органических загрязнителей наиболее распространены нефть и нефтепродукты, СПАВ, фенолы, пестициды и др., из неорганических – кислоты, щелочи, тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий, мышьяк и др.).

Химическое загрязнение наиболее распространенное, стойкое и далеко распространяющееся загрязнение гидросферы. При осаждении на дно водоемов или при фильтрации в грунтовые воды вредные химические вещества сорбируются частицами пород, окисляются и восстанавливаются, выпадают в осадок и т.д. Однако, как правило, полного самоочищения загрязненных вод не происходит.

Биологическое загрязнение – загрязнение вод патогенными микроорганизмами бактериями, вирусами, простейшими, грибами, мелкими водорослями и др.

Радиоактивное загрязнение – загрязнение вод радионуклидами. Оно опасно даже при очень малых концентрациях радиоактивных веществ, особенно «долгоживущих» и подвижных в воде радиоактивных элементов (стронций, уран, радий, цезий и др.). Радионуклиды попадают в поверхностные водоемы при сбрасывании радиоактивных отходов, захоронении их на дне и др., в подземные воды – в результате просачивания вглубь земли вместе с атмосферными водами или в результате взаимодействия подземных вод с радиоактивными горными породами.

Механическое загрязнение – загрязнение вод механическими примесями – твердыми частицами (песок, ил, шлам и др.). Свойственно в основном поверхностным водам. При этом наиболее значительно ухудшаются органолептические показатели воды.

Тепловое загрязнение – это повышение температуры вод в результате их смешивания с более нагретыми поверхностными или технологическими водами (тепловых и атомных электростанций). При повышении температуры происходит изменение газового и химического состава вод, что ведет к размножению анаэробных бактерий и выделению ядовитых газов – сероводорода, метана. Одновременно происходит «цветение» воды вследствие ускоренного развития фитопланктона.

Основными антропогенными источниками загрязнения поверхностных вод являются: сбросы в водоемы неочищенных сточных вод; смыв пестицидов, минеральных и органических удобрений; газодымовые выбросы; утечки нефти и нефтепродуктов.

Сбросы в водоемы неочищенных сточных вод оказывают наибольший вклад в загрязнение гидросферы. Сточные воды классифицируются

на промышленные, коммунально-бытовые, коллекторно-дренажные и др. Промышленные сточные воды в зависимости от специфики отраслей промышленности содержат нефтепродукты, фенолы, СПАВ, сульфаты, фториды, цианиды, тяжелые металлы и т.д.

Смыв пестицидов, минеральных и органических удобрений. При неправильном хранении и внесении в почву пестицидов, минеральных и органических удобрений возможен смыв их ливневыми водами в водоемы и водотоки. Поступление в водоемы пестицидов ведет к болезням и гибели гидробионтов. Загрязнение вод биогенными элементами и органическими веществами приводит к эвтрофикации, цветению вод, «красным приливам».

Газо-дымовые выбросы попадают в водные объекты в процессе механического оседания или с осадками. Они содержат твердые частицы, оксиды серы и азота, тяжелые металлы, углеводороды, альдегиды и др. Оксиды серы, оксиды азота, сероводород, хлороводород, взаимодействуя с атмосферной влагой, образуют кислоты и выпадают в виде кислотных дождей, закисляя водоемы.

Утечки нефти и нефтепродуктов. Миллионы тонн нефти ежегодно загрязняют морские и пресноводные экосистемы при авариях нефтеналивных судов, на нефтепромыслах в прибрежных зонах, при сбросе с судов балластных вод и т.д.

В подземные воды загрязняющие вещества могут проникать различными путями: при просачивании промышленных и коммунально-бытовых стоков из хранилищ, прудов-накопителей, отстойников и др., по затрубному пространству неисправных скважин, через поглощающие скважины, карстовые воронки и т.д.

Экологические последствия загрязнения гидросферы:

1. Пресноводные экосистемы. Загрязнение пресноводных экосистем приводит к подавлению жизнедеятельности, плодовитости и гибели гидробионтов, нарушению пищевых связей, снижению устойчивости экосистем, эвтрофикации и т. д.

Эвтрофикация (эвтрофирование) вод – повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления биогенных элементов (азота, фосфора, калия и др.) под воздействием естественных и антропогенных факторов. Негативным последствием эвтрофикации является ухудшение физико-химических условий среды обитания рыб и других гидробионтов за счет массового развития фитопланктона, снижения содержания кислорода в воде, разложения отмерших организмов и токсичности продуктов их распада.

Эвтрофикация может быть вызвана антропогенными и естественными причинами. Антропогенная эвтрофикация связана с поступлением в водоемы значительного количества биогенных веществ – азота, фосфора и других элементов в виде удобрений, моющих веществ, отходов животноводства, атмосферных аэрозолей и т.д. Сроки протекания естественной эвтрофикации – столетия и тысячелетия, антропогенной – до нескольких десятилетий.

Процессам антропогенной эвтрофикации подвержены многие крупные озера (Великие Американские озера, Балатон, Ладожское, Женевское и др.), водохранилища, речные экосистемы, в первую очередь малые реки. На этих реках, помимо катастрофически быстро растущей биомассы сине-зеленых водорослей, с берегов происходит зарастание их высшей растительностью.

На пресноводные экосистемы, помимо избытка биогенных веществ, негативное воздействие оказывают и другие вещества: тяжелые металлы (свинец, кадмий, никель и др.), фенолы, СПАВ и др. Так, например, загрязнение этими компонентами Байкала привело к обеднению гидробионтов, уменьшению биомассы зоопланктона, гибели значительной части численности популяции байкальской нерпы и др.

2. Морские экосистемы. Ежегодно в океан сбрасывается до 300 млрд. м³ сточных вод, 90% которых не подвергается предварительной очистке. Многие токсичные элементы и соединения (тяжелые металлы, пестициды, бензпирен и др.) аккумулируются в живых организмах с течением времени и по мере продвижения по цепям питания, в результате делая непригодными для промысла рыбу, птиц, морских млекопитающих.

Для прибрежных зон океана характерно усиление таких же процессов, как эвтрофикация, цветение вод, «красные приливы», микробиологическое загрязнение. *Цветение вод* – массовое развитие фитопланктона, вызывающее изменение окраски воды от зеленой и желто-бурой до красной. Оно обусловлено значительным поступлением в водоемы биогенных элементов (азота, фосфора, калия и др.). «*Красные приливы*» – массовое развитие пиропитовых водорослей, связанное с чрезмерным сбросом в океан органических веществ. Они неоднократно наблюдались у берегов Флориды, Индии, Австралии, Японии, Черного моря и т. д.

Защита гидросферы:

1. Поверхностные воды защищают от засорения, загрязнения и истощения. Для защиты от засорения предотвращают попадание в поверхностные водоемы и реки различных твердых отходов и других предметов. Для защиты от истощения контролируют минимально допустимые стоки вод. Для защиты от загрязнения применяют следующие мероприятия:

- развитие безотходных и безводных технологий и оборотного водоснабжения;
- очистка сточных вод (промышленных, коммунально-бытовых и др.);
- закачка сточных вод в глубокие водоносные горизонты (подземное захоронение);
- очистка и обеззараживание поверхностных вод, используемых для водоснабжения и других целей.

Безотходные и безводные технологии и оборотное водоснабжение. Главный загрязнитель поверхностных вод – сточные воды. Наиболее действенным способом защиты поверхностных вод от загрязнения сточными водами являются безводные и безотходные технологии. На начальном этапе создается *оборотное водоснабжение*. В его систему включают ряд очистных

сооружений и установок, что создает замкнутый цикл использования сточных вод, которые при таком способе все время находятся в обороте и не попадают в поверхностные водоемы.

Очистка сточных вод. Существуют различные способы очистки сточных вод: механический, физико-химический, химический, биологический и термический. В зависимости от вида сточных вод их очистка может производиться каким-либо одним или комбинированными способами, с обработкой осадка (или избыточной биомассы) и обеззараживанием сточных вод перед сбросом их в водоем.

Механическая очистка основана на процеживании, отстаивании и фильтровании. При этом из сточных вод удаляются нерастворимые механические примеси: песок, глинистые частицы, окалина и др. *Физико-химическая очистка* предполагает коагуляцию, сорбцию, флотацию, экстракцию и другие методы. Из сточных вод удаляются тонкодисперсные взвешенные частицы, минеральные и органические вещества. *Химическая очистка* основана на процессах нейтрализации, окисления, озонирования, хлорирования. Сточные воды очищаются от токсичных веществ и микроорганизмов. *Биологическая (биохимическая) очистка* основана на способности микроорганизмов использовать для своего питания многие органические и неорганические соединения из сточных вод (сероводород, аммиак, нитриты и т. д.). К *термическим* методам прибегают при очистке промышленных сточных вод, содержащих главным образом высокотоксичные органические компоненты, разрушающиеся при высоких температурах.

При всех методах очистки сточных вод необходима обработка и утилизация образующихся шламов и осадков (особенно при очистке токсичных промстоков). С этой целью их складывают на специальных полигонах, обрабатывают в биологических сооружениях, перерабатывают с помощью растений (гиацинты, тростник и др.) или сжигают в специальных печах.

Закачка сточных вод в глубокие водоносные горизонты (подземное захоронение) осуществляется через систему поглощающих скважин. При этом способе отпадает необходимость в дорогостоящей очистке и обезвреживании сточных вод и в сооружении очистных сооружений.

Агролесомелиорация и гидротехнические мероприятия защищают поверхностные воды от загрязнения и засорения. Они предотвращают эвтрофикацию озер, водохранилищ и малых рек, возникновение эрозии, оползней, обрушение берегов, уменьшают загрязненный поверхностный сток.

Водоохранные зоны защищают поверхностные воды от загрязнения, засорения и истощения. Они создаются на всех водных объектах. Их ширина на реках составляет от 0,1 до 1,5–2,0 км, включая пойму реки, террасы и береговой склон. В пределах этих зон запрещается распашка земель, выпас скота, применение пестицидов и удобрений, строительные работы и др.

2. Подземные воды охраняют от загрязнения и истощения. Для защиты от истощения применяют:

- регулирование режима водозабора подземных вод;
- рациональное размещение водозаборов по площади;
- определение величины эксплуатационных запасов как предела их рационального использования,
- введение кранового режима эксплуатации самоизливающихся артезианских скважин и др.

Для защиты подземных вод от загрязнения применяют две группы мероприятий: профилактические и специальные.

Профилактические мероприятия направлены на предупреждение загрязнения. Они предусматривают устройство *зон санитарной охраны (ЗСО)* – территорий вокруг источников централизованного питьевого водоснабжения, создаваемых для исключения возможности загрязнения подземных вод.

Специальные мероприятия направлены на локализацию или ликвидацию очага загрязнения. Они предусматривают изоляцию источников загрязнения от остальной части водоносного горизонта (завесы, противодиффузионные стенки), а также на перехват загрязненных подземных вод с помощью дренажа. Для ликвидации локальных очагов загрязнения ведут длительные откачки загрязненных подземных вод.

Основами водного законодательства запрещены проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию предприятий, не обеспеченных водоочистными устройствами. Сброс отработанных вод допускается только с разрешения органов, контролирующих качество воды.

6.4 Антропогенное воздействие на почву и ее защита

Негативное антропогенное воздействие на почву проявляется в ее деградации (ухудшении качества почвы в результате снижения плодородия) и полном разрушении. Эти процессы могут происходить как в результате природных явлений (природное изменение условий почвообразования, извержение вулканов, ураганы и др.), так и в результате нерациональной хозяйственной деятельности человека. Явления деградации и полного разрушения почв многообразны.

Водная и ветровая эрозия почв. *Водная эрозия* – процесс разрушения почвенного покрова под действием талых и дождевых вод. В результате водной эрозии сокращается или уничтожается гумусовый горизонт почвы, что приводит к уменьшению содержания гумуса, азота, фосфора, калия и других питательных элементов, а также ухудшению структуры и уплотнению почвы. Помимо разрушения наиболее плодородной части почвы водная эрозия сопровождается рядом других неблагоприятных явлений: потерей талых и дождевых вод, уменьшением запасов воды в почве, расчленением полей, заилением рек, оросительных и дренажных систем, других водоемов.

Развитие водной эрозии зависит от ряда факторов: мощность снегового покрова и интенсивность его таяния; количество, интенсивность и величина капель дождевых осадков; характер рельефа; гранулометрический состав и структура почв; наличие и характер растительного покрова.

Ветровая эрозия (дефляция) – процесс разрушения почвенного покрова под действием ветра. Водная эрозия распространена преимущественно в районах недостаточного увлажнения и низкой относительной влажности воздуха.

Развитие ветровой эрозии зависит от следующих факторов: характер рельефа; гранулометрический состав и структура почв; наличие и характер растительного покрова.

Виды ветровой эрозии: *пыльные бури* и *повседневная дефляция*. Пыльные бури повторяются раз в 3-20 лет, уносят до 15–20 см поверхностного слоя почвы. Повседневная дефляция более медленно, но регулярно разрушает почву.

Промышленная эрозия почв – разрушение почвенного покрова промышленной деятельностью человека, а именно отчуждение почв городами, поселками, дорогами, линиями электропередачи и связи, трубопроводами, карьерами, водохранилищами, свалками и т.д.

Дегумификация почв – уменьшение содержания и запасов органического вещества. Дегумификация наблюдается при распашке целинных почв. Этот процесс наиболее интенсивен в первые 5–10 лет, а через 30–50 лет стабилизируется. Развитие дегумификации определяется соотношением в севооборотах пропашных культур и культур сплошного сева, удельным весом многолетних трав, применением органических и минеральных удобрений.

Почвоутомление и истощение почв – процессы, происходящие в почвах в результате длительного возделывания одного вида сельскохозяйственных культур. Например, длительное возделывание подсолнечника приводит к обеднению почвы калием.

Вторичное засоление, осолонцевание и слитизация почв. Процессы вторичного засоления, осолонцевания и слитизации почв возникают на орошаемых почвах при несовершенных проектах и нарушении правил эксплуатации ирригационных систем.

Вторичное засоление – засоление почв при орошении почвы минерализованными водами или пресными водами в результате подъема уровня минерализованных грунтовых вод.

Вторичное осолонцевание – комплекс процессов, вызванных содовым засолением: изменение реакции почвенного раствора (рН 9–11), увеличение содержания натрия в составе поглощенных катионов, пептизация коллоидов, повышение мобильности органического вещества, ухудшение водно-физических свойств почвы, прежде всего структуры.

Вторичная слитизация – ухудшение структуры почв вследствие содового засоления.

Причинами деградации орошаемых почв служат бездренажное орошение, большие потери воды на фильтрацию, превышение оросительных норм, неконтролируемая подача воды, полив минерализованной водой.

Вторичная кислотность почв – кислотность почв ниже оптимальной реакции почв, которая для многих сельскохозяйственных растений находится в интервале рН 5,5–8; вторичная кислотность возникает в результате выбросов в атмосферу соединений кислот промышленного, транспортного и другого происхождения.

Затопление, разрушение и засоление почв водами водохранилищ. Создание водохранилищ сопровождается развитием комплекса негативных процессов, приводящих к деградации почвенного покрова: затопление пойменных и надпойменных террас, подъем уровня грунтовых вод и подтопление почв, абразия берегов и засоление дельт, размыв и уничтожение почв приморских дельт, загрязнение и содовое (щелочное) засоление вод и почв и др.

Промышленное загрязнение почв – результат осаждения паров, аэрозолей, пыли или растворенных соединений поллютантов на поверхность почвы с атмосферными осадками.

Сельскохозяйственное загрязнение почв – результат неправильного применения пестицидов, внесение сверхнормальных доз минеральных и органических удобрений, отходов и стоков животноводческих ферм.

Радиоактивное загрязнение почв – накопление в почве радионуклидов в результате ядерных взрывов, аварийных выбросов на атомных предприятиях, утечки радиоактивных материалов, захоронении отходов атомной промышленности.

Деградация ландшафтов районов с распространением многолетней мерзлоты. Эти территории отличаются крайней неустойчивостью к воздействию антропогенных факторов. Неупорядоченное движение транспорта, перевыпас и другие процессы приводят к нарушению растительного покрова, что обуславливает протаивание мерзлых грунтов, развитие эрозионных процессов, разрушение почвенного покрова.

Разрушение почв военными действиями происходит в результате передвижения военной техники, строительства фортификационных сооружений, взрывов бомб, снарядов и т.д. Испытание и применение ядерного оружия вызывает радиоактивное загрязнение почв.

В целях защиты почв от деградации применяют следующие экозащитные мероприятия:

- защита почв от водной и ветровой эрозии;
- рекультивация нарушенного почвенного покрова;
- защита почв от дегумификации, почвоутомления и истощения;
- защита почв от засоления, осолонцевания и слитизации;
- защита почв от загрязнения продуктами техногенеза (тяжелыми металлами, нефтью, нефтепродуктами, пестицидами, радионуклидами и т.д.).

Защита почв от водной и ветровой эрозии включает организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия.

Организационно-хозяйственные мероприятия – обоснование и составление плана противоэрозионных мероприятий и обеспечение его выполнения (рациональное распределение земельных угодий, почвозащитные севообороты, земледелие полосами, регулирование выпаса скота и др.)

Агротехнические мероприятия включают приемы фитомелиорации (севообороты с многолетними травами, замена чистых паров на занятые, сидеральные и кулисные), противоэрозионную обработку почвы (обработка почв по горизонтали, «контурное» земледелие, щелевание и кротование почв, обвалование, безотвальная вспашка с сохранением стерни и пожнивных остатков), снегозадержание и регулирование снеготаяния (лесные полосы и кулисы, пахота снега, прикатывание).

Лесомелиоративные мероприятия основаны на создании лесных защитных насаждений (ветрозащитные и приовражные лесные полосы, полезащитные лесные и кустарниковые полосы поперек склонов и т.д.).

Гидротехнические мероприятия применяют в тех случаях, когда другие приемы не в состоянии предотвратить эрозию и основаны на создании гидротехнических сооружений, обеспечивающих задержание или регулирование склонового стока (террасирование склонов, выколаживание оврагов бульдозерами, закрепление склонов оврагов).

Рекультивация земель – мероприятия по восстановлению и оптимизации нарушенных ландшафтов. Она включает комплекс горно-технических, мелиоративных, сельскохозяйственных, лесохозяйственных и инженерно-строительных работ, направленных на восстановление нарушенного плодородия земель. На восстановленной территории создаются сельскохозяйственные угодья, лесонасаждения, водоемы, зоны отдыха, жилые и промышленные застройки и т. д.

Рекультивация включает три этапа: подготовительный, горно-техническая рекультивация и биологическая рекультивация.

1 этап (подготовительный) предполагает обследование нарушенных территорий: определяют направление рекультивации, составляют технико-экономическое обоснование и проект рекультивации.

2 этап (горно-техническая рекультивация) включает химическую мелиорацию, если она необходима. Горно-техническую рекультивацию выполняют предприятия, которые ведут разработку полезных ископаемых.

3 этап (биологическая рекультивация) направлен на восстановление плодородия подготовленных в процессе горно-технической рекультивации земель и превращение их в полноценные лесные или сельскохозяйственные угодья. Наиболее дешевым видом освоения рекультивируемых территорий является облесение. Для улучшения свойств верхнего слоя отвалов, для накопления в нем органического вещества и азота перед посадкой деревьев высевают люпин, донник или люцерну с последующей их запашкой. Деревья

сажают саженцами в заполненные нетоксичной породой или почвой ямки или борозды. При рекультивации земель в сельскохозяйственные угодья проводят известкование, рыхление до глубины 60 см, внесение удобрений, посев злаково-бобовой смеси. После этого вводят специальный севооборот, где 40-50% составляют многолетние травы. После такого севооборота рекультивируемые земли могут быть заняты зональным полевым или кормовым севооборотом.

Защита почв от дегумификации, почвоутомления и истощения включает следующие мероприятия: применение органических удобрений, известкование кислых почв, использование в севообороте многолетних трав, регулирование соотношения в севооборотах пропашных культур и культур сплошного сева, использование щадящей обработки почвы (облегчение машин, минимизация обработки).

Защита почв от засоления, осолонцевания и слитизации. Защита почв от потерь поливной воды и вторичного засоления включает следующие мероприятия; создание закрытой сети каналов, исключаящих фильтрацию; создание дренажных сооружений, обеспечивающих удержание соленых грунтовых вод на глубине не менее 1,5–3 м; капитальные промывки почв, если они засолены, для удаления солей из корнеобитаемого горизонта; регулярные вегетационные поливы с дренажными водоотводами.

Защита почв от содового засоления и слитости включает следующие мероприятия: химическая мелиорация (внесение гипса), применение физиологически кислых и кальцийсодержащих удобрений, включение в севооборот многолетних трав.

Защита почв от загрязнения продуктами техногенеза (тяжелыми металлами, нефтью, нефтепродуктами, пестицидами, радионуклидами и т. д.) осуществляется двумя путями. Первый путь состоит в предотвращении попадания загрязняющих веществ в почву. Второй заключается в очищении, тем или иным образом, почвы от загрязнения, которое уже произошло. Очищение может производиться путем удаления верхнего загрязненного слоя почвы, путем промывок или извлечения загрязняющих веществ из почвы с помощью растений (для тяжелых металлов и радионуклидов), интенсификации микробного разложения органических загрязнителей (для нефтепродуктов и пестицидов) и т. д. Еще один подход основан на закреплении атомов токсичных элементов в почве, с целью недопущения попадания их в сопредельные среды и живые организмы. Для этого используют внесение в почву органического вещества, фосфорных минеральных удобрений, ионообменных смол и природных цеолитов, бурого угля, известкование почвы и т.д.

Защита почв от избытка удобрений включает следующие мероприятия: разработка новых длительно действующих гранулированных форм удобрений, применение комплексных форм, использование правильных технологий внесения удобрений, соблюдение правил хранения и транспортировки.

6.5 Антропогенные воздействия на биотические сообщества и их защита

К деградации растительного покрова ведут следующие антропогенные факторы: *прямое уничтожение* в ходе использования (рубка лесов, выкашивание, сбор с различными целями, стравливание домашними животными), при создании водохранилищ, в ходе открытых разработок ископаемых, при пожарах, в процессе распашки новых угодий; *ухудшение условий жизни* растений при орошении, осушении, засолении почв, изменении гидрологии водоемов, загрязнении среды токсичными химическими веществами и элементами, заносе вредных организмов (возбудителей болезней, конкурентов) и др.

Из всех растительных ресурсов Земли самое важное значение в природе и жизни человека имеют леса. Они больше всего пострадали от хозяйственной деятельности и раньше других стали объектом охраны. Леса, в том числе посаженные людьми, занимают площадь около 40 млн. км², или около 1/3 поверхности суши. На планете 30% хвойных и 70% лиственных лесов. Леса оказывают влияние на все компоненты биосферы, играют огромную средообразующую роль. За последние 10 тыс. лет на Земле сведено 2/3 лесов. Поэтому говорят: человеку предшествуют леса, его сопровождают пустыни. За историческое время около 500 млн. га превратились из лесов в бесплодные пустыни. Леса уничтожаются так быстро, что площади вырубок существенно превышают площади посадок деревьев. К настоящему времени в зоне смешанных и широколиственных лесов сведено около 1/2 их первоначальной площади, в средиземноморских субтропиках – 80%, в зонах муссонных дождей – 90%. На Великой Китайской и Индо-Гангской равнинах леса сохранились только на 5% их бывшего распространения. Особую тревогу вызывают темпы сведения тропических лесов, называемыми «*легкими планеты*»; они вырубаются и сокращают площадь со скоростью около 26 га в минуту, есть опасения, что они исчезнут через 25 лет. Вырубленные участки влажного тропического леса не восстанавливаются, на месте их образуются малопродуктивные кустарниковые формации, а при сильной эрозии почв происходит опустынивание. В связи с вырубкой лесов сокращается водоносность рек, высыхают озера, понижается уровень грунтовых вод, усиливается эрозия почв, более засушливым и континентальным становится климат, часто возникают засухи и пыльные бури.

К сокращению или уничтожению видов животных ведут следующие антропогенные факторы: *прямое уничтожение* в результате промысла животных, добываемых ради меха, мяса, жира и пр., при применении химических веществ для борьбы с вредителями сельского хозяйства (при этом часто гибнут не только вредители, но и полезные для человека животные); *ухудшение условий жизни* животных в результате вырубки лесов, распашки степей, осушения болот, сооружения плотин, строительства городов, загрязнения атмосферы, воды, почвы и т.д.

Среди вымерших животных – тур, тарпан, морская (стеллерова) корова, бескрылая гагарка, очковый (стеллеров) баклан, голубая лошадиная антилопа, зебра кваггу, нелетающий голубь дронт и др.

Потеря любого биологического вида (возможно, кроме паразитов человека) крайне нежелательна для биосферы, так как он участвует в круговороте веществ, поддерживает динамическое равновесие в природных экосистемах. Каждый вид уникален и обладает только ему присущими особенностями.

Для сохранения видового разнообразия и численности популяций биотических сообществ осуществляют следующие мероприятия:

- эффективное использование растительных и животных ресурсов;
- борьба с лесными, степными, торфяными пожарами;
- лесовозобновление;
- защита растений от вредителей и болезней;
- охрана отдельных видов живых организмов и их сообществ;
- организация особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

Эффективное использование растительных и животных ресурсов.

Эксплуатация лесных ресурсов, лекарственных растений, охотничьих животных, промысловых рыб и т. д. должна предусматривать разумную добычу, но не их истребление. Под эксплуатацией понимают использование растений и животных для получения ценных продуктов и сырья (древесины, мяса, меха, пуха, пантов и другой продукции) и пользование ими в научных, культурно-просветительских и иных целях. Темпы использования почерпаемых возобновимых биологических ресурсов не должны превышать скорость их возобновления.

Борьба с лесными, степными, торфяными пожарами. Основные усилия необходимо направлять на профилактику пожаров. Главной причиной пожаров является, как правило, человеческий фактор. Каждый должен знать и соблюдать на природе правила пожарной безопасности. Невыполнение этих правил наказывается административным штрафом, а умышленное повреждение или поджог леса, степи, торфяников относятся к тяжким преступлениям.

Лесовозобновление – выращивание леса на некогда вырубленных, выжженных и других лесных площадях. Лесовозобновление бывает двух типов: *естественное* – процесс образования леса естественным путем на безлесных (ранее лесных площадях), нарушенных промышленными разработками и т.п. территориях; *искусственное* – выращивание леса путем его посадки с последующим уходом за лесным молодняком.

Защита растений от вредителей и болезней. Так же, как в случае с пожарами, наилучшие результаты дают профилактические мероприятия: надзор, карантинная служба и различные лесохозяйственные мероприятия.

Охрана отдельных видов живых организмов и их сообществ. Сведения об исчезающих, редких, сокращающихся, неопределенных и безвозвратно исчезнувших видах растений, животных и других организмов содержатся в Красной книге. Существуют международная, федеральная и

республиканские (областные, краевые) Красные книги. Ежегодно в Красные книги вносятся изменения. В 1996 г. вышло новое издание Международной Красной книги, в которую включено 5205 видов животных, находящихся в угрожаемом состоянии: 1096 видов млекопитающих, 1107 – птиц, 253 – рептилий, 124 – амфибий, 734 – рыб, 1891 – беспозвоночных (бабочек, жуков, шмелей и др.). Среди редких растений России – водяной орех, альдрованда, железное дерево, шелковая акация, дуб каштанолистный, самшит гирканский, платан пальчатколистный, туранга, фисташка, падуб и др.

Из более 1500 видов растений, произрастающих в Самарской области – в Красную книгу РФ занесены 39 видов: ковыль перистый, ковыль Залесского, ковыль опушеннолистный, ковыль красивейший, василек Галиева, венерин башмачок настоящий, ирис низкий, иссоп меловой, копеечник крупноцветковый, копеечник Разумовского, пион тонколистный, полынь солянковидная, прострел луговой, пушистоспайник длиннолистный, пыльцеголовник красный, рябчик русский, тимьян клоповый, тонконог жестколистный, тюльпан Геснера, шаровница точечная, ятрышник обожженный, ятрышник шлемовидный и др.

Из животных Самарской области в Красную книгу РФ занесены 30 видов: дыбка степная, красотел пахучий, жук-олень, аполлон, пчела-плотник, шмель степной, осетр русский, черный аист, беркут, змеяд, орлан-белохвост, сапсан, скопа, дрофа, выхухоль русская, вечерница гигантская и др.

6.6 Особые виды воздействий на биосферу и ее защита

6.6.1 Загрязнение отходами производства и потребления

По происхождению отходы производства и потребления делятся на бытовые, промышленные, сельскохозяйственные, строительные и др. По агрегатному состоянию отходы делятся на твердые, жидкие, и газообразные. Отходы являются источником загрязнения атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почв и растительности.

Бытовые (коммунальные) отходы образуются в бытовых условиях. Большая часть их представлена твердыми веществами – **ТБО** (пластмасса, бумага, стекло, кожа и др.) и пищевыми отбросами. Но они могут быть и жидкими (сточные воды хозяйственно-бытового назначения), и газообразными (выбросы различных газов).

Промышленные (производственные) отходы (ОП) – остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшиеся при производстве продукции или выполнении работ и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства. Они бывают твердыми (отходы металлов, пластмасс, древесина и т.д.), жидкими (производственные сточные воды, отработанные органические растворители и т. д.) и газообразными (выбросы промышленных печей, автотранспорта и т. д.). В России ежегодно образуется

более 120 млн. т промышленных отходов. Промышленные отходы частью сконцентрированы в отвалах, терриконах, но в основном, как и бытовые, из-за недостатка полигонов захоронения вывозятся на несанкционированные свалки. Обезвреживается и утилизируется только одна пятая их часть.

Опасные отходы – отходы, содержащие в своем составе вещества, которые обладают одним из опасных свойств (токсичность, взрывчатость, инфекционность, пожароопасность т. д.) и присутствуют в количестве, опасном для здоровья людей и окружающей природной среды. К ним относятся металлические и гальванические шламы, отходы стекловолокна, асбестовые отходы и пыль, остатки от переработки кислых смол, дегтя и гудронов и т.д. Наиболее опасны отходы, содержащие радиоактивные изотопы, диоксины, пестициды, бензпирен и некоторые другие вещества. В России к опасным отходам относят около 10% от всей массы твердых отходов.

Радиоактивные отходы (РАО) – продукты ядерной энергетики, военных производств и других отраслей промышленности, здравоохранения, содержащие радиоактивные изотопы в, концентрации, превышающей утвержденные нормы. РАО классифицируются по различным признакам: по агрегатному состоянию на твердые, жидкие и газообразные; по периоду полураспада на короткоживущие (менее 1 года), среднего времени жизни (от 1 года до 100 лет) и долгоживущие (более 100 лет); по удельной активности на низкоактивные (менее 0,1 Ки/м²), среднеактивные (0,1–1000 Ки/м²) и высокоактивные (свыше 1000 Ки/м²); по составу излучения на α -, β -, γ - и нейтронные излучатели.

Во многих странах в настоящее время накопились огромные количества РАО. На территории России суммарная активность незахороненных отходов составляет 1,5 млрд. Ки, что равняется 30 Чернобылям. По прогнозам МАГАТЭ, после 2005 г. из-за превышения срока работы (более 30 лет) должны быть ликвидированы десятки ядерных реакторов АЭС и сотни других ядерных устройств. В результате потребуется обезвредить огромное количество низкоактивных отходов и обеспечить захоронение более 100 тыс. т высокоактивных.

Для защиты окружающей природной среды от загрязнения **твердыми бытовыми отходами (ТБО)** осуществляются следующие мероприятия;

- предварительная сортировка, утилизация и реутилизация ценных компонентов;
- строительство полигонов для захоронения и частичной их переработки;
- сжигание отходов на мусоросжигающих заводах;
- пиролиз (нагрев без доступа кислорода) при температуре от 450 до 1000 °С и более;
- компостирование (с получением ценного азотного удобрения или биотоплива);
- ферментация (получение биогаза из животноводческих стоков и др.).

Строительство полигонов для захоронения и частичной их переработки. Полигоны формируются на специально отведенных территориях путем послойного загрузения ТБО бульдозерами. Их высота достигает до 60 м. При условии слабой токсичности совместно с ТБО могут складироваться и промышленные отходы. Обязательным условием создания полигонов является их гидроизоляция для исключения попадания загрязнителей в подземные воды.

Сжигание отходов на мусоросжигающих заводах. В развитых странах часть ТБО уничтожается в специальных мусоросжигательных установках. При этом в одних случаях вырабатывается электроэнергия, в других – пар, которым отапливаются близлежащие предприятия или жилые кварталы. В России этот метод мало распространен, главным образом потому, что используемые на этих заводах зарубежные технологии не справляются с неотсортированными российскими отходами.

Пиролиз. Завод по пиролизу – это, по существу, доменная печь, в которой при температуре от 450 до 1000° С и более без доступа кислорода термически разрушаются ТБО. Применение пиролиза резко снижает загрязнение окружающей среды, однако этот технологический процесс трудоемок и дорогостоящ.

Компостирование – метод переработки пищевых ТБО за счет их аэробного окисления. Компостирование осуществляется на специальных мусороперерабатывающих заводах, а при наличии вблизи города свободных территорий применяют полевое компостирование ТБО в открытых штабелях. Образовавшийся в результате компостирования продукт можно использовать в качестве азотного удобрения или биотоплива.

Однако, несмотря на разнообразные методы утилизации и в России, и за рубежом основная масса ТБО из-за нехватки полигонов вывозится в пригородные зоны и выбрасывается на свалки. Здесь отходы разлагаются, часто загораются и отравляют воздух токсичными веществами, а дождевые и талые воды, просачиваясь через свалку и горные породы, загрязняют грунтовые воды и поверхностные водотоки и водоемы.

Для защиты окружающей природной среды от загрязнения, **твердыми промышленными отходами (ТПО)** осуществляют следующие мероприятия:

- захоронение на полигонах,
- сжигание, в частности, методом пиролиза,
- складирование в поверхностных хранилищах (шламонакопители и др.).

Вопросы размещения промышленных отходов регулируются Федеральным законом «Об отходах производства и потребления» от 24 июня 1998 г. Место для размещения каждого вида отходов осуществляется на основе специальных исследований и только при наличии положительного заключения государственной экологической экспертизы. Приему на полигон не подлежат отходы, для которых разработаны эффективные методы извлечения металлов и других ценных веществ, а также токсичные отходы. Токсичные твердые промышленные отходы обезвреживают на специальных

полигонах и сооружениях. Для предотвращения загрязнения почв и подземных вод отходы подвергают отверждению цементом, жидким стеклом, битумом, обработке полимерными вяжущими средствами и т.д.

Существуют различные способы утилизации и захоронения **радиоактивных отходов (РАО)**. Как правило, высокоактивные отходы концентрируются и изолируются, низкоактивные – разбавляются и распыляются, загрязняя окружающую среду. Изоляция осуществляется путем захоронения отходов в специальных емкостях на значительную глубину в земную кору (в брошенные шахты, штольни, соляные копи, скважины в скальных породах и пр.) или в глубокие впадины морского дна.

В России радиоактивные отходы обычно концентрируются при АЭС или в отдельно расположенных хранилищах, где отходы выдерживаются для снижения радиоактивности. К сожалению, существующие методы обезвреживания (цементирование, остеклование, битумирование, а также сжигание РАО в керамических печах) представляет значительную опасность для окружающей среды. Для захоронения РАО на территории России имеется 15 полигонов.

Существует потенциальная опасность перемещения в Россию радиоактивных и других опасных отходов из Западной Европы, США, Японии и других стран. В соответствии с п. 3 ст. 48 Закона «Об охране окружающей среды» (2002) запрещается, во-первых, ввоз в целях хранения или захоронения РАО и материалов из других государств, во-вторых, размещение РАО путем отправки их в космическое пространство, кроме случаев, установленных данным Федеральным законом.

6.6.2 Шумовое загрязнение

Шумовое загрязнение – форма физического загрязнения, характеризующаяся превышением естественного уровня шума и ненормальным изменением звуковых характеристик (периодичности, силы звука и т.п.) на рабочих местах, в населенных пунктах и т.д.

Основные источники антропогенного шума – транспорт (автомобильный, рельсовый и воздушный), промышленные устройства и бытовое оборудование. 80% от общего шума приходится на автотранспорт.

Практически любые звуки, возникшие не из природных источников или исходящие от объектов, нормально окружающих человека в течение тысяч лет его эволюции (домашних животных и т.п.), можно рассматривать как антропогенное шумовое загрязнение. Шумовое загрязнение приводит к повышению утомляемости человека, снижению его умственной активности, понижению производительности труда (до 40–70%), физическим и нервным заболеваниям, постепенной потере слуха. Физически к шуму привыкнуть невозможно, можно лишь его субъективно не замечать, что не снимает, а даже усугубляет, опасность разрушения органа слуха и других неблагоприятных последствий для здоровья и трудоспособности человека.

Человек способен воспринять упругие колебания в диапазоне частот 16–20 000 Гц. Звуковые частоты в этом диапазоне называют звуком, менее 16 Гц – инфразвуком, от 20 000 до 1×10^9 – ультразвуком и свыше 1×10^9 – гиперзвуком.

Громкость (сила) звука измеряется в децибелах (дБ). Диапазон слышимых звуков для человека составляет от 0 до 170 дБ. Высокие уровни шума (>60 дБ) вызывают жалобы, при 90 дБ органы слуха начинают деградировать, 110-120 дБ считаются болевым порогом, а уровень шума свыше 130 дБ – разрушительный для органа слуха предел. При силе шума в 180 дБ в металле замечены трещины.

В России примерно 35 млн. человек (или 30% городского населения) подвержены воздействию транспортного шума, превышающего нормативы. Шумовое воздействие – одна из наиболее острых экологических проблем современности: более половины населения Западной Европы проживает в районах с уровнем шума 55–70 дБ.

Для защиты населения от вредного влияния шума осуществляют комплекс мероприятий: нормативно-законодательных, технико-технологических, градостроительных, архитектурно-планировочных и др.

Нормативно-законодательные акты регламентируют интенсивность шума, время действия и другие параметры. В основу норм положены такие уровни шумового воздействия, действие которых в течение длительного времени не вызывает неблагоприятных изменений в организме человека, а именно, 40 дБ днем и 30 – ночью. Допустимые уровни транспортного шума установлены в пределах 84–92 дБ.

Технико-технологические меры – комплекс технических мер по снижению шума на производстве (установка звукоизолирующих кожухов станков, использование звукопоглощающих материалов и др.) и на транспорте (глушители выбросов, установка дисковых тормозов, шумопоглощающий асфальт и др.).

Градостроительные меры – зонирование населенных пунктов с выносом источников шумов за пределы жилой застройки, организация транспортной сети, исключая шумные магистрали в жилых массивах.

Архитектурно-планировочные меры – рациональное расположение зданий, отнесение жилых строений вглубь кварталов, организация полос зеленых насаждений, «взятие» рельсовых дорог в туннели, создание шумозащитных зданий, обеспечивающих в помещениях нормальный акустический режим с помощью конструктивных, инженерных и других мер (герметизация окон, двойные двери с тамбуром, облицовка стен звукопоглощающими материалами и др.).

Организационные меры – запрещение звуковых сигналов автотранспорта, авиapolетов над городом, особенно в ночное время, и т.п.

6.6.3 Электромагнитное загрязнение

Электромагнитное загрязнение – форма физического загрязнения, возникающая в результате изменения электромагнитных свойств среды. Основные источники этого вида неионизирующих излучений – электромагнитные поля от линий электропередачи (ЛЭП), от радиотелевизионных (РТС) и радиолокационных станций (РЛС).

Электромагнитное воздействие приводит к нарушениям работы электронных систем. Известен случай, когда вспышка солнечной активности вызвала разлад движения и остановку поездов в г. Осака (Япония). Пациент, которому был введен электронный стимулятор, корректирующий ритм биения сердца, погиб, попав в зону действия мощного самодельного радиоприемника.

Механизм и степень воздействия электромагнитных полей на живые организмы до конца не ясны. Однако установлено негативное воздействие электромагнитных полей на генетические структуры, клеточные мембраны, иммунную систему, и гормональный статус человека. Тем не менее во многих крупных городах ЛЭП с напряжением 150, 300 и 500 кВ проходят через территории жилой застройки, что противоречит установленным требованиям.

Для защиты окружающей природной среды от электромагнитного загрязнения осуществляют следующие мероприятия:

- создание санитарно-защитных зон шириной от 15 до 55 м в зависимости от напряжения ЛЭП;
- создание защитных экранов, в том числе зеленых насаждений;
- заземление тросов;
- выбор геометрических параметров ЛЭП;
- соблюдение нормативов по времени пребывания в опасных зонах;
- соблюдение норм пребывания перед компьютерами, телевизорами, микроволновыми печами;
- замена воздушных ЛЭП на подземные.

6.6.4 Биологическое загрязнение

Биологическое загрязнение – привнесение в среду и размножение в ней нежелательных для человека организмов. Например, распространение патогенных микроорганизмов (вирусов, бактерий и др.), сорной растительности, животных, наносящих вред хозяйственной деятельности человека (мышевидных грызунов, крыс, саранчи и т.д.).

Основными источниками микробиологического загрязнения являются сточные воды предприятий пищевой и кожевенной промышленности, бытовые и промышленные свалки, кладбища, канализационная сеть и др. Загрязняются почвы, горные породы, поверхностная и подземная гидросфера. Патогенные кишечные палочки обнаруживаются в подземных водах на глубине до 300 м от поверхности земли.

Особую опасность представляет микробиологическое загрязнение среды возбудителями инфекционных и паразитарных болезней. Увеличиваются количество вспышек чумы у свиней, оспы у овец, птичьего гриппа у птиц, клещевого энцефалита и геморрагической лихорадки среди людей. Распространение СПИДа – лишь первое звено в цепи возможных эпидемий неизвестных прежде вирусных заболеваний.

В целях биобезопасности и сохранения биоразнообразия необходимо контролировать следующие процессы:

- создание новых форм живых организмов, биологических веществ, генов;
- перенос генетической информации от домашних форм к диким видам;
- генетический обмен между дикими видами и подвидами, в том числе риск генетического загрязнения генофонда редких и исчезающих видов;
- генетические и экологические последствия преднамеренной и непреднамеренной интродукции животных и растений.

Для защиты окружающей природной среды от биологического загрязнения применяют следующие меры:

- санитарная охрана территории,
- введение в необходимых случаях карантина,
- постоянный эпиднадзор за циркуляцией вирусов,
- регулярные эколого-эпидемиологические наблюдения,
- слежение и контроль за очагами опасных вирусных инфекций;
- обоснование и прогнозирование последствий интродукции и акклиматизации новых для данной территории видов растений и животных;
- профилактические меры по недопущению переноса генетической информации от домашних форм к диким видам;
- снижение риска генетического загрязнения генофонда редких и исчезающих видов.

6.7 Малоотходные и безотходные технологии

Природные круговороты веществ являются практически замкнутыми. В естественных экосистемах вещество и энергия расходуются экономно и отходы одних организмов служат важным условием существования других. Антропогенный круговорот веществ значительно разомкнут, сопровождается большим расходом природных ресурсов и большим количеством отходов, вызывающих загрязнение окружающей среды. Создание даже самых совершенных очистных сооружений, не решает проблему, так как это борьба со следствием, а не с причиной. Поэтому основной задачей является разработка технологий, позволяющих сделать антропогенный круговорот как можно более замкнутым, так называемых малоотходных и безотходных технологий.

Достижение полной безотходности нереально, поскольку противоречит второму началу термодинамики. Создать абсолютно замкнутый круговорот веществ теоретически возможно, но все равно будут потери энергии в виде

тепла. Поэтому термин «безотходная технология» условен, и правильнее использовать термин «малоотходная технология».

Малоотходная технология – такой способ производства, который обеспечивает максимально эффективное использование сырья и энергии, с минимумом отходов и потерь энергии.

Важным условием малоотходной технологии является *рециркуляция* – повторное использование материальных ресурсов, позволяющее экономить сырье и энергию и уменьшить образование отходов.

В комплекс мероприятий по сокращению до минимума количества вредных отходов и уменьшения их воздействия на окружающую природную среду входят:

- разработка систем переработки отходов производства во вторичные материальные ресурсы;
- разработка бессточных технологических систем и водооборотных циклов на основе очистки сточных вод;
- создание и выпуск новых видов продукции с учетом требований повторного ее использования;
- создание принципиально новых производственных процессов, позволяющих исключить или сократить технологические стадии, на которых происходит образование отходов.

Большие перспективы в области охраны окружающей среды и рационального природопользования имеют достижения биотехнологии.

Биотехнология – методы и приемы получения полезных для человека продуктов, явлений и эффектов с помощью живых организмов (в первую очередь микроорганизмов). Например, достижения биотехнологии позволяют разрабатывать и создавать микробные препараты для регуляции круговорота веществ в экосистемах, что позволяет решать ряд прикладных задач:

- биологическая очистка природных и сточных вод от органических и неорганических загрязняющих веществ;
- утилизация твердой фазы сточных вод и твердых бытовых отходов путем их сбраживания;
- микробное восстановление почв, загрязненных в первую очередь органическими веществами;
- использование микроорганизмов для нейтрализации тяжелых металлов в осадках сточных вод и загрязненных почвах;
- компостирование (биологическое окисление) отходов растительности (опад листьев, соломы и др.);
- создание биологически активного сорбирующего материала для очистки загрязненного воздуха.

Контрольные вопросы

1. Назовите виды и источники антропогенных загрязнений.
2. Последствия антропогенного воздействия на окружающую среду.

3. Что понимается под загрязнением водоемов?
4. Объясните причину кислотных осадков. Чем они опасны?
5. Что можно сказать о последствиях парникового эффекта?

7 Основы рационального использования природных ресурсов и охраны природы

Ухудшение состояния окружающей природной среды в процессе взаимодействия человеческого общества и природы вызывает необходимость рационализации природопользования и охраны природы.

Охрана природы (окружающей природной среды) – система международных, государственных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование, воспроизводство и охрану природных ресурсов, и улучшение состояния природной среды в интересах удовлетворения материальных и культурных потребностей как существующих, так и будущих поколений людей. Иначе говоря, *охрана природы* – система мероприятий по оптимизации взаимоотношений человеческого общества и природы. В природоохранной деятельности различают охрану атмосферы, вод, недр, почв, растительности, животного мира.

Рациональное природопользование и охрана природы очень тесно связаны между собой. Это видно уже из определений этих понятий. Поэтому в одних случаях охрану природы рассматривают как составную часть природопользования, в других эти понятия не различают. Это зависит от того, что в конкретном случае подразумевают под природопользованием.

Под природопользованием, с одной стороны, понимают практическую деятельность человека, с другой стороны – науку. Основоположителем науки природопользования является Ю.Н. Куражковский (1958).

Существуют различные определения природопользования. Но в любом случае в основе всех направлений природопользования лежит взаимодействие человеческого общества и природы.

Природопользование (как практическая деятельность человека) – использование природных ресурсов в целях удовлетворения материальных и культурных потребностей общества.

Природопользование (как наука) – область знаний, разрабатывающая принципы рационального (разумного) природопользования.

В.И. Вернадский писал: «Проблемы, которыми занимаются исследователи, все чаще не укладываются в рамки отдельной определенной сложившейся науки, мы специализируемся не по наукам, а по проблемам». Это высказывание полностью применимо к проблемам природопользования. Их характерной чертой является междисциплинарность. Природопользование как область знания включает в себя элементы естественных, общественных и технических наук (географии, биологии, истории, экономики, социологии, охраны природы и т.д.). Однако теоретическим

фундаментом рационального природопользования и охраны природы в первую очередь является экология.

В зависимости от последствий хозяйственной деятельности человека различают природопользование рациональное и нерациональное.

Рациональное природопользование – хозяйственная деятельность человека, обеспечивающая экономное использование природных ресурсов и условий, их охрану и воспроизводство с учетом не только настоящих, но и будущих интересов общества.

Нерациональное природопользование ведет к истощению (и даже исчезновению) природных ресурсов, загрязнению окружающей среды, нарушению экологического равновесия природных систем, то есть к экологическому кризису или катастрофе.

Причины нерационального природопользования различны. Это недостаточное познание законов экологии, слабая материальная заинтересованность производителей, низкая экологическая культура населения и т.д. Кроме того, в разных странах вопросы природопользования и охраны природы решаются по-разному в зависимости от целого ряда факторов: политических, экономических, социальных, нравственных и др.

По Ю.Н. Куражковскому (1969), «задачи природопользования как науки сводятся к разработке общих принципов осуществления всякой деятельности, связанной либо с непосредственным использованием природой и ее ресурсами, либо с изменяющими ее воздействиями». Следовательно, одной из важнейших задач природопользования как науки является разработка принципов оптимизации взаимоотношений человеческого общества и природы.

Можно выделить следующие основные цели природопользования как науки:

1. Рациональное размещение отраслей производства на Земле.
2. Определение целесообразных направлений пользования природными ресурсами в зависимости от их свойств.
3. Рациональная организация взаимоотношений между отраслями производства при совместном пользовании угодьями:
 - а) исключение вредных влияний на природные ресурсы;
 - б) обеспечение воспроизводства для растущих производств – расширение воспроизводства используемых ресурсов;
 - в) комплексность пользования природными ресурсами.
4. Создание здоровой среды обитания для людей и полезных им организмов:
 - а) предупреждение ее загрязнения и заражения в результате человеческой деятельности;
 - б) ликвидация естественно существующих в ней вредных компонентов и недостаточностей.
5. Рациональное преобразование природы.

Многообразная деятельность человека, направленная на использование полезных ему свойств природы, условно сгруппирована в различные виды

природопользования. Различают три вида природопользования: отраслевое, ресурсное и территориальное.

Отраслевое природопользование – использование природных ресурсов в пределах отдельной отрасли хозяйства.

Ресурсное природопользование – использование какого-либо отдельно взятого ресурса.

Территориальное природопользование – использование природных ресурсов в пределах какой-либо территории.

В основе рационального природопользования и охраны природы лежат разные мотивы (аспекты): экономический, здравоохранительный, эстетический, научно-познавательный, воспитательный и др.

Экономический мотив – важнейший мотив как в прошлом, так и в настоящее время, ибо вся хозяйственная деятельность человека и само его существование основаны на использовании природных ресурсов.

Здравоохранительный мотив возник относительно недавно в связи с усиливающимся загрязнением окружающей среды, результатом которого являются многочисленные заболевания и снижение продолжительности жизни населения.

Эстетический мотив подразумевает поддержание хотя бы отдельных природных комплексов в состоянии, способном удовлетворять эстетические потребности человека, которые не менее важны, чем все остальные.

Научно-познавательный мотив имеет в виду сохранение биологического разнообразия организмов, неизменных участков природы, ее отдельных произведений и т. д. с целью ее научного познания.

Воспитательный мотив подразумевает необходимость охраны природы для формирования духовных потребностей человека.

Конечная цель рационального природопользования и охраны природы – обеспечение благоприятных условий для жизни человека, развития хозяйства, науки, культуры и т.д., для удовлетворения материальных и культурных потребностей всего человеческого общества.

Различают *экономический* и *социоэкологический* принципы природопользования.

Экономический принцип природопользования характерен для периодов развития общественного производства, когда антропогенные воздействия вызывали определенную реакцию природной среды и не нарушали при этом динамического равновесия в целом. Расширенное воспроизводство тогда осуществлялось за счет природной среды, ее способности к самоочищению от загрязнений, и производственная деятельность (ее экономический принцип) ориентировалась на получение максимальной экономической прибыли при минимальных затратах.

Критериями эффективности хозяйственной деятельности при таком подходе к природопользованию обычно служат следующие:

— *экономический* — получение максимального экономического результата при минимальных затратах;

— *эколого-экономический* — получение максимальных экономических результатов при минимальных затратах и минимальном экономическом ущербе для природной среды.

Слабым звеном в последнем критерии является сложность получения точной количественной оценки минимального экономического ущерба для природной среды. В оценках такого ущерба много субъективного, связанного с произвольным его толкованием для получения сиюминутной экономической выгоды.

В связи с этим для решения проблемы сбалансированного взаимодействия общества и природы формируется новый принцип хозяйствования — **социоэкологический**.

В его основе лежит критерий получения максимального экономического результата при минимальных затратах и при обязательном сохранении динамического равновесия биосферы, ее территориальных составляющих, т.е. без превышения возможностей территорий к самоочищению от отходов и загрязнений вследствие хозяйственной деятельности. Главным условием такого принципа хозяйствования является восстановление и сохранение высокого качества окружающей природной среды.

Формирующаяся в настоящее время социоэкологическая концепция управления системой «общество — природа» предполагает переход от существующего *экстенсивного* природопользования к *равновесному*.

Экстенсивное природопользование имеет место, когда рост производства и людских поселений осуществляется за счет возрастающих нагрузок на природные комплексы, причем эта нагрузка растет быстрее, нежели увеличивается масштаб производства;

Равновесное природопользование — когда общество контролирует все стороны своего развития, чтобы совокупная антропогенная нагрузка на среду не превышала самовосстановительного потенциала природных экосистем.

Для построения гармоничных отношений природы и человечества ему необходимо предварительно решить три важнейшие задачи.

Первая состоит в формировании нового типа социального и экологического мышления, которое должно базироваться на новых моральных критериях общественного развития, исключающих чисто утилитарный подход к природе.

Вторая задача состоит в обеспечении широкой гласности и освещения социально-экологических проблем, сопровождающих развитие человеческой цивилизации. Скрывая от людей информацию об условиях их существования, например о степени загрязнения среды обитания, органы власти не смогут рассчитывать на общественность при необходимости решения крупных вопросов.

Третьей задачей является построение такого хозяйственного механизма природопользования, который обеспечивал бы наиболее полное согласование индивидуальных, коллективных и государственных интересов в деле охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

Природные ресурсы — важнейшие компоненты (материальные объекты и явления) окружающей человечество естественной среды, используемые для создания материальных и культурных потребностей общества. К ним относятся солнечный свет, вода, воздух, почва, растения, животные, полезные ископаемые и все остальное, что не создано человеком, но без чего он не может существовать ни как живое существо, ни как производитель материальных и духовных ценностей.

Классификация ресурсов. Существует несколько классификаций природных ресурсов: естественная, хозяйственная и экологическая.

Естественная классификация основана на разделении ресурсов по компонентам природной среды: земельные, минеральные, водные, климатические, атмосферные, растительные, животного мира и т.п.

Природные ресурсы подразделяются на две группы — неисчерпаемые и исчерпаемые; последние в свою очередь подразделяются на невозобновляемые и возобновляемые.

Неисчерпаемые (неистощимые) ресурсы — количественно неиссякаемая (в течение очень большого периода времени) часть природных ресурсов. Однако нас интересует не только количество, но и качество этих ресурсов: например, не вода вообще, а чистая вода, пригодная для питья. Поэтому часть даже количественно неисчерпаемых ресурсов может стать непригодной для использования ввиду изменения своего качества под воздействием загрязнений антропогенного характера.

Исчерпаемые — ресурсы, количество которых неуклонно снижается по мере их добычи или изъятия из природной среды. Они в свою очередь делятся на возобновимые и невозобновимые. **Невозобновляемые** ресурсы — это ресурсы, которые совершенно не восстанавливаются или восстанавливаются во много раз медленнее, нежели используются человеком. К ним могут быть отнесены полезные ископаемые, находящиеся в недрах Земли. **К возобновляемым** относятся ресурсы, способные к восстановлению через размножение (животные и растения) или другие природные циклы (например, выпадение в осадок) за сроки, соизмеримые со сроками их потребления.

7.1 Природная среда: природные ресурсы и природные условия

Природная (окружающая, географическая) среда — естественная среда обитания и деятельности человека и других живых организмов. Природная среда включает литосферу, гидросферу, атмосферу, биосферу и околоземное космическое пространство. Внутри природной среды выделяют природные ресурсы и природные условия.

Природные ресурсы — элементы природы (объекты и явления), необходимые человеку для его жизнеобеспечения и вовлекаемые им в материальное производство (атмосферный воздух, вода, почва, солнечная радиация, полезные ископаемые, климат, растительность, животный мир и т. д.).

Природные условия – элементы природы (объекты и явления), влияющие на жизнь и деятельность человека, но не вовлеченные в материальное производство (некоторые газы атмосферы, виды животных и растений и др.). По мере развития науки и техники природные условия становятся природными ресурсами.

Также часто используют понятие природно-ресурсного потенциала. **Природно-ресурсный потенциал** – часть природных ресурсов, которая может быть вовлечена в хозяйственную деятельность при данных технических и социально-экономических возможностях общества с условием сохранения среды жизни человечества. В более узком экономическом понимании – доступная при данных технологиях и социально-экономических отношениях совокупность природных ресурсов.

Природные ресурсы и природные условия еще называются *природными факторами* жизни общества (в отличие от *социальных факторов*).

Природные ресурсы используются человеком в разном качестве:

- 1) как непосредственные предметы потребления (питьевая вода, кислород воздуха, употребляемые в пищу растения и животные и др.);
- 2) как средства труда, с помощью которых осуществляется общественное производство (земля, водные ресурсы и др.);
- 3) как предметы труда, из которых производятся все изделия (минералы, древесина и др.);
- 4) как источники энергии (горючие ископаемые, гидроэнергия, энергия ветра и др.).

Вся жизнь и деятельность человека, территориальное расселение и размещение производственных сил зависят от количества, качества и местоположения природных ресурсов. В связи с этим жизненно важным для человечества является вопрос о запасах природных ресурсов. К настоящему времени все попытки прогнозов момента исчерпания того или иного ресурса оканчивались в большинстве случаев неудачей. Неопределенность подобных расчетов имеет следующие причины:

- 1) постоянно идет разведка и открытие новых месторождений полезных ископаемых;
- 2) совершенствуется технология добычи и переработки природных ресурсов, благодаря чему замедляются темпы роста их потребления по сравнению с темпами роста процесса производства продукции;
- 3) вовлекаются в производство ранее не использовавшиеся природные ресурсы, ранее природные условия (например, нефть и алюминий применяются около 200 лет» ядерное топливо – около 50 лет и т.д.).

Существует несколько подходов к классификации природных ресурсов.

– *По источникам и местоположению*: энергетические ресурсы, атмосферные газовые ресурсы, водные ресурсы, ресурсы литосферы, ресурсы растений-продуцентов, ресурсы консументов, ресурсы редуцентов, климатические ресурсы и др.

– *По сфере их использования:* производственные (сельскохозяйственные и промышленные), здравоохранительные (или рекреационные), эстетические, научные и др.,

– *По принципу используемости человеком в настоящее время* (иначе говоря, по техническим возможностям эксплуатации): **реальные** природные ресурсы используются в настоящее время человеком в производственной деятельности; **потенциальные** природные ресурсы в настоящее время не используются человеком вообще, либо используются в недостаточной степени (энергия Солнца, морских приливов, ветра и др.).

– *По принципу заменимости:* **заменяемые** природные ресурсы можно заменить другими сейчас или в обозримом будущем (все полезные ископаемые, энергоресурсы); **незаменяемые** природные ресурсы нельзя заменить другими природными ресурсами (атмосферный воздух, вода, генетический фонд живых организмов).

– *По принципу исчерпаемости и возобновимости:*

Исчерпаемые природные ресурсы – ресурсы, количество которых ограничено и абсолютно, и относительно. Исчерпаемые ресурсы делят на **невозобновимые** и **возобновимые**.

Невозобновимые природные ресурсы абсолютно не восстанавливаются (каменный уголь, нефть и большинство других полезных ископаемых) или восстанавливаются значительно медленнее, чем идет их использование (торфяники, многие осадочные породы). Использование этих ресурсов неминуемо ведет к их истощению. Охрана невозобновимых природных ресурсов сводится к рациональному, экономному использованию, борьбе с потерями при добычании, перевозке, обработке и применении, поиску заменителей.

Возобновимые природные ресурсы по мере использования постоянно восстанавливаются (животный мир, растительность, почва). Однако для сохранения их способности к восстановлению необходимы определенные условия, нарушение которых замедляет или вовсе прекращает процесс восстановления. Процессы восстановления протекают с разной скоростью для разных ресурсов: для восстановления животных требуется несколько лет, леса – 60–80 лет, почвы – несколько тысячелетий. Охрана возобновимых природных ресурсов должна осуществляться путем рационального их использования и расширенного воспроизводства. Темпы расходования возобновимых природных ресурсов должны соответствовать темпам их восстановления.

Неисчерпаемые природные ресурсы – ресурсы, количество которых не ограничено, но не абсолютно, а относительно наших потребностей и сроков существования. Неисчерпаемые природные ресурсы включают ресурсы **водные** (воды Мирового океана), **климатические** (атмосферный воздух, энергия ветра) и **космические** (солнечная радиация, энергия морских приливов). Однако если количество неисчерпаемых природных ресурсов относительно не ограничено, то их качество может ограничить возможность

их использования человеком (например, количество воды не ограничено, но ограничено количество питьевой воды).

– По направлению их использования в деятельности человека:

А – непосредственные источники существования людей, их воспроизводства: А₁ – жизненно необходимые (воздух, вода, земля и др.); А₂ – рекреационные, оздоровительные, эстетические.

В – источники средств материального производства, важнейшие факторы его развития: В₁ – ресурсы, непосредственно потребляемые материальным производством (сырье, энергия, материалы); В₂ – ресурсы, используемые, но не изымаемые из природной среды (например, вода для речного и морского транспорта).

С – ресурсы, непосредственно человеком и в его материальном производстве не используемые, но составляющие необходимое звено в круговороте вещества и энергии в природе (например, планктон океанов, деструкторы в почве). Их можно назвать природными условиями.

7.2 Принципы рационального природопользования и охраны природы

Рациональное природопользование и охрана природы должны основываться на следующих правилах (принципах):

1. Правило прогнозирования: использование и охрана природных ресурсов должны осуществляться на основе предвидения и максимально возможного предотвращения негативных последствий природопользования.

2. Правило повышения интенсивности освоения природных ресурсов: использование природных ресурсов должно производиться на основе повышения интенсивности освоения природных ресурсов, в частности с уменьшением или устранением потерь полезных ископаемых при их добыче, транспортировке, обогащении и переработке.

3. Правило множественного значения объектов и явлений природы: использование и охрана природных ресурсов должны осуществляться с учетом интересов разных отраслей хозяйства.

4. Правило комплексности: использование природных ресурсов должно реализовываться комплексно, разными отраслями народного хозяйства.

5. Правило региональности: использование и охрана природных ресурсов должны осуществляться с учетом местных условий.

6. Правило косвенного использования и охраны: использование или охрана одного объекта природы может приводить к косвенной охране другого, а может приносить ему вред.

7. Правило единства использования и охраны природы: охрана природы должна осуществляться в процессе ее использования. Охрана природы не должна быть самоцелью.

8. Правило приоритета охраны природы над ее использованием: при использовании природных ресурсов должен соблюдаться приоритет экологической безопасности над экономической выгодностью.

Законы экологии Б. Коммонера. Б. Коммонер (1974) выдвинул ряд положений, которые сегодня называют «законами» экологии: 1) все связано со всем; 2) все должно куда-то деваться; 3) природа «знает» лучше; 4) ничто не дается даром.

Первый закон «Все связано со всем» отражает взаимосвязанность множества природных объектов. Он предостерегает человека от необдуманного воздействия на отдельные части экосистем, что может привести к непредвиденным последствиям.

Второй закон «Все должно куда-то деваться» следует из фундаментального закона сохранения материи. Он требует по-новому рассматривать проблему вещественных и энергетических отходов материального производства. Огромные количества веществ перемещаются человеком в биосфере и зачастую накапливаются там, где в природе их не должно быть. Это и является причиной загрязнения окружающей среды.

Третий закон «Природа знает лучше» подразумевает, что сложившиеся в ходе эволюции и прошедшие жесткий естественный отбор организмы и их сообщества, а также сформировавшиеся между ними отношения – это наиболее оптимальные системы. Любое вмешательство в них человека скорее ухудшит их состояние, чем улучшит. Этот закон призывает к тщательному изучению естественных био- и экосистем, сознательному отношению к преобразующей деятельности. Без точного знания последствий преобразования природы недопустимы никакие ее «улучшения».

Четвертый закон «Ничто не дается даром» обобщает предшествующие три закона, поскольку биосфера как глобальная экосистема представляет собой единое целое, в рамках которой ничего не может быть выиграно или потеряно и которая не может являться объектом всеобщего улучшения; все, что было получено от нее человеком, должно быть возмещено. Если в одном месте что-нибудь прибудет, то в другом месте обязательно убудет. Платежа по этому векселю нельзя избежать; он может быть только отсрочен.

В «законах» Б. Коммонера обращается внимание на всеобщую связь процессов и явлений в природе, любая природная система может развиваться только за счет использования материально-энергетических и информационных возможностей окружающей ее среды. Пока мы не имеем абсолютно достоверной информации о механизмах и функциях природы, мы, подобно человеку, не знакомому с устройством часов, но желающему их починить, легко вредим природным системам, пытаясь их улучшить. Иллюстрацией здесь может служить то, что один лишь математический расчет параметров биосферы требует безмерно большего времени, чем весь период существования нашей планеты как твердого тела.

7.3 Нормирование качества окружающей среды

Под *качеством окружающей среды* понимают степень соответствия среды жизни человека его потребностям. Окружающей человека средой являются природные условия, условия на рабочем месте и жилищные

условия. От ее качества зависит продолжительность жизни, здоровье, уровень заболеваемости населения и т. д.

Нормирование качества окружающей среды – установление показателей и пределов, в которых допускается изменение этих показателей (для воздуха, воды, почвы и т. д.).

Цель нормирования – установление предельно допустимых норм (**экологических нормативов**) воздействия человека на окружающую среду. Соблюдение экологических нормативов должно обеспечить экологическую безопасность населения, сохранение генетического фонда человека, растений и животных, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов.

Нормативы предельно допустимых вредных воздействий, а также методы их определения, носят временный характер и могут совершенствоваться по мере развития науки и техники с учетом международных стандартов.

Основные экологические нормативы качества окружающей среды и воздействия на нее следующие:

Нормативы качества (санитарно-гигиенические):

- предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ;
- предельно допустимый уровень (ПДУ) вредных физических воздействий: радиации, шума, вибрации, магнитных полей и др.

Нормативы воздействия (производственно-хозяйственные):

- предельно допустимый выброс (ПДВ) вредных веществ;
- предельно допустимый сброс (ПДС) вредных веществ.

Комплексные нормативы:

- предельно допустимая экологическая (антропогенная) нагрузка на окружающую среду.

Предельно допустимая концентрация (количество) (ПДК) – количество загрязняющего вещества в окружающей среде (почве, воздухе, воде, продуктах питания), которое при постоянном или временном воздействии на человека не влияет на его здоровье и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. ПДК рассчитывают на единицу объема (для воздуха, воды), массы (для почвы, пищевых продуктов) или поверхности (для кожи работающих). ПДК устанавливают на основании комплексных исследований. При ее определении учитывают степень влияния загрязняющих веществ не только на здоровье человека, но и на животных, растения, микроорганизмы, а также на природные сообщества в целом.

В настоящее время в нашей стране действуют более 1900 ПДК вредных химических веществ для водоемов, более 500 для атмосферного воздуха и более 130 для почв.

При содержании в природном объекте нескольких загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия (синергизмом), учитывают их совместное воздействие.

При нормировании качества **атмосферного воздуха** используют такие показатели как ПДК вредного вещества в воздухе рабочей зоны, ПДК максимально разовую и ПДК среднесуточную.

Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (ПДКрз) – это максимальная концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов или при другой продолжительности, но не более 41 часа в неделю, на протяжении всего рабочего стажа не должна вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследования, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Рабочей зоной следует считать пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания рабочих.

Предельно допустимая концентрация максимально разовая (ПДКмр) – это максимальная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, не вызывающая при вдыхании в течение 20 минут рефлекторных (в том числе, субсенсорных) реакций в организме человека (ощущение запаха, изменение световой чувствительности глаз и др.).

Предельно допустимая концентрация среднесуточная (ПДКсс) – это максимальная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неограниченно долгом (годы) вдыхании.

При нормировании качества **воды** используют такие показатели, как ПДК вредных веществ для питьевых вод и рыбохозяйственных водоемов. Также нормируют запах, вкус, цветность, мутность, температуру, жесткость, коли-индекс и другие показатели качества воды.

Предельно допустимая концентрация в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДКв) – это максимальная концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений, и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования.

Предельно допустимая концентрация в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей (ПДКвр) – это максимальная концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых.

При нормировании качества **почвы** используют такой показатель, как ПДК вредного вещества в пахотном слое почвы. **Предельно допустимая концентрация в пахотном слое почвы (ПДКп)** – это максимальная концентрация вредного вещества в верхнем, пахотном слое почвы, которая не должна оказывать прямого или косвенного отрицательного влияния на здоровье человека, плодородие почвы, ее самоочищающую способность, соприкасающиеся с ней среды и не приводящее к накоплению вредных веществ в сельскохозяйственных культурах.

При нормировании качества **продуктов питания** используют такой показатель, как ПДК вредного вещества в продуктах питания. **Предельно допустимая концентрация (допустимое остаточное количество) вредного вещества в продуктах питания (ПДКпр)** – это максимальная концентрация вредного вещества в продуктах питания, которая в течение неограниченно продолжительного времени (при ежедневном воздействии) не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) – это максимальный уровень воздействия радиации, шума, вибрации, магнитных полей и иных вредных физических воздействий, который не представляет опасности для здоровья человека, состояния животных, растений, их генетического фонда. ПДУ – это то же, что ПДК, но для физических воздействий.

В тех случаях, когда ПДК или ПДУ не определены и находятся только на стадии разработки, используют такие показатели, как *ОДК – ориентировочно допустимая концентрация*, или *ОДУ – ориентировочно допустимый уровень*, соответственно.

Необходимо отметить, что существует два подхода к нормированию загрязнения окружающей среды. С одной стороны, можно нормировать содержание загрязняющих веществ в объектах окружающей среды, с другой стороны, – степень трансформации окружающей среды в результате ее загрязнения. В последнее время все чаще обращают внимание на недостатки первого подхода, в частности, применения ПДК для почв. Однако подход к нормированию качества среды по показателям ее трансформации (например, состояния биоты) практически не развит. По-видимому, лучше использовать оба подхода в сочетании друг с другом.

Предельно допустимый выброс (ПДВ) или сброс (ПДС) – это максимальное количество загрязняющих веществ, которое в единицу времени разрешается данному конкретному предприятию выбрасывать в атмосферу или сбрасывать в водоем, не вызывая при этом превышения в них предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ и неблагоприятных экологических последствий.

Если в воздухе или воде населенных пунктов, где расположены предприятия, концентрации вредных веществ превышают ПДК, то по объективным причинам значения ПДВ и ПДС не могут быть достигнуты. Для таких предприятий устанавливаются значения *временно согласованных выбросов вредных веществ (ВСВ) и временно согласованных сбросов вредных веществ (ВСВ)* соответственно, и вводится поэтапное снижение показателей выбросов и сбросов вредных веществ до значений, которые обеспечивают соблюдение ПДВ и ПДС.

В настоящее время в России на нормативах ПДВ работают лишь 15–20% загрязняющих производств, на ВСВ – 40–50%, а остальные загрязняют среду на основе лимитных выбросов и сбросов, которые определяют по фактическому выбросу на определенном отрезке времени.

Комплексным показателем качества окружающей среды является предельно допустимая экологическая нагрузка.

Предельно допустимая экологическая (антропогенная) нагрузка на окружающую среду – это максимальная интенсивность антропогенного воздействия на окружающую среду, не приводящая к нарушению устойчивости экологических систем (или, иными словами, к выходу экосистемы за пределы экологической емкости).

Потенциальная способность природной среды перенести ту или иную антропогенную нагрузку без нарушения основных функций экосистем определяется как *емкость природной среды*, или *экологическая емкость территории*. Устойчивость экосистем к антропогенным воздействиям зависит от следующих показателей: 1) запасы живого и мертвого органического вещества; 2) эффективность образования органического вещества или продукции растительного покрова и 3) видовое и структурное разнообразие. Чем они выше, тем устойчивее экосистема.

В зависимости от соответствия уровня хозяйственной деятельности человека экологической емкости территории природопользование можно разделить на экстенсивное и равновесное.

Экстенсивное (расширяющееся) природопользование характеризуется все возрастающей антропогенной нагрузкой на территорию, в результате чего в определенный момент времени степень антропогенной нагрузки превышает самовосстанавливающую способность территории. Экстенсивное природопользование ведет к разрушению природных комплексов.

Равновесное природопользование отличается сбалансированностью антропогенной нагрузки и экологической емкости среды.

Таким образом, планирование природопользования на той или иной территории должно начинаться с определения допустимой здесь экологической нагрузки.

Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) – вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных последствий воздействия на *окружающую среду* планируемой хозяйственной и иной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления.

7.4 Система стандартов, сертификатов и паспортов в области охраны природы

К подзаконным правовым актам, конкретизирующим общие положения экологического законодательства России, относятся государственные стандарты.

Государственный стандарт (ГОСТ) – нормативно-технический документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований, обязательных для исполнения. Для природоохранной деятельности генеральным стандартом является ГОСТ 17.0.0.01–76 «Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов», введенный в действие в 1977 г.

Согласно ГОСТу 17.0.0.01-76, *система стандартов в области охраны природы (ССОП)* состоит из комплексов взаимосвязанных стандартов, направленных на сохранение, восстановление и рациональное использование природные ресурсы. Основной задачей ССОП является введение в стандарты правил и норм, направленных на:

- обеспечение сохранности природных комплексов;
- содействие восстановлению и рациональному использованию природных ресурсов;
- содействие сохранению равновесия между развитием производства и устойчивостью окружающей природной среды;
- совершенствование управления качеством окружающей природной среды в интересах человечества.

ССОП разрабатывается с учетом экологических, санитарно-гигиенических, технических и экономических требований.

Обозначение стандартов ССОП состоит из индекса (ГОСТ), номера системы по Общесоюзному классификатору стандартов и технических условий (17), точки, номера группы, точки, номера вида, точки, порядкового номера стандарта и отделенных последних цифр года утверждения или пересмотра стандарта.

Например, ГОСТ 17.1.3.05–82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами. В данном примере ГОСТ – категория стандарта (государственный стандарт), 17 – номер системы (ССОП – система стандартов в области охраны природы), 1 – номер группы (гидросфера), 3 – номер вида (правила охраны и рационального использования природного объекта), 05 – порядковый номер стандарта (стандарт номер 5) и 82 – год регистрации стандарта (1982 г.).

Одной из наиболее значительных международных природоохранных инициатив в области экологической стандартизации считается появление в нашей стране серии международных стандартов **ISO 14000**.

Основным предметом ISO 14000 является *экологический менеджмент*, т. е. система эффективного управления в организации (предприятии или компании).

На основе принятых международных стандартов ISO серии 14000 Госстандарт издал стандарты ГОСТ Р ИСО 14001–98 «Система управления окружающей средой. Требования и руководство по применению», ГОСТ Р ИСО 14040–98 «Система управления окружающей средой. Общие руководящие указания» и др.

Экологическая сертификация – процедура подтверждения соответствия, посредством которой независимая от изготовителя и потребителя организация удостоверяет в письменной форме соответствие продукции (работ, услуг) экологическим требованиям и нормативно-правовым документам.

Правовые основы экологической сертификации закреплены Законом РФ «О сертификации продукции и услуг» (1993 г.), а также государственными и принятыми в качестве национальных международными стандартами.

С помощью сертификации контролируют безопасность продукции (работ, услуг) для человека и окружающей среды, защищают потребителя от экологически «грязных» материалов, предотвращают ввоз в страну экологически опасной продукции, технологии и др. Документальным свидетельством подтверждения соответствия продукции установленным требованиям служит *экологический сертификат соответствия*.

В области управления качеством окружающей среды на предприятиях современным инструментом сертификации служат стандарты ГОСТ Р ИСО 14000.

Экологическая паспортизация. В соответствии с ГОСТ 17.0.0.04–90 каждое предприятие в обязательном порядке разрабатывает *экологический паспорт*. Цель паспортизации – прогноз экологической ситуации как на самом предприятии, так и вокруг него, а также контроль за выполнением природоохранных мероприятий.

В экологический паспорт включаются фактические данные об использовании предприятиями природных ресурсов и о воздействии его производства на окружающую среду.

Отдельно в виде справки с указанием времени, объемов и составов в экологическом паспорте должны быть приведены данные о залповых и аварийных выбросах (сливах) загрязняющих веществ.

Все виды экологических паспортов разрабатываются предприятием и утверждаются его руководителем по согласованию с территориальным природоохранным органом, где он регистрируется. При отсутствии экологического паспорта предприятие лишается права на природопользование и хозяйственную деятельность, либо подвергается крупному штрафу.

7.5 Учет состояния природных ресурсов

Система мер по восстановлению и оздоровлению окружающей среды, денежная оценка природного ресурса определяются на основе кадастров природных ресурсов.

Кадастры природных ресурсов – это свод экономических, экологических, организационных и технических показателей, который характеризует количество и качество природного ресурса, а также состав и категории природопользователей этого ресурса. Кадастры представлены по видам природных ресурсов.

Земельный кадастр содержит сведения о качественном составе почв, распределении земель по использованию, собственниках земли (владельцах, арендаторах, пользователях). Данные кадастровой оценки земель учитывают при планировании использования земель, распределении по целевому на-

значению, их предоставлению или изъятию, при определении платежей за землю, для оценки степени рационального использования земель.

Кадастр месторождений полезных ископаемых включает в себя сведения о ценности каждого месторождения полезных ископаемых, горнотехнические, экономические, экологические условия их разработки.

Водный кадастр содержит характеристику водных объектов. Задачи государственного водного кадастра следующие: текущая и перспективная оценка состояния водных объектов с целью планирования использования водных ресурсов, предотвращения истощения водоисточников, восстановления качества воды до нормативного уровня. На основе материалов водного кадастра определяется целевое использование вод, проводится паспортизация и изъятие из хозяйственного оборота наиболее ценных водных объектов, вводятся ограничительные меры по водопользованию с целью охраны водоисточников.

Лесной кадастр содержит сведения о правовом режиме лесного фонда, о количественной и качественной оценке состояния лесов, о групповом подразделении и категории лесов по их защищенности, дается экономическая оценка леса. Сведения лесного кадастра используются для определения экономической и экологической значимости лесов, при выборе сырьевых баз для заготовки древесины, для проведения лесовосстановительных работ, замены малопродуктивных лесов высокопродуктивными лесными угодьями.

Реестр охотничьих животных используется для количественного и качественного учета животных охотничьего фонда, установления ограничения охоты на те виды, которые проявляют устойчивые тенденции к сокращению популяций. С аналогичными целями формируется **Реестр рыбных запасов**. Своеобразным кадастром редких животных и растений служат Красная книга Российской Федерации, Красные книги республик, краев и областей. Функции кадастра также выполняет **Реестр природно-заповедных территорий и объектов** – заповедников, национальных парков, памятников природы.

Кроме того, существует **Реестр загрязнителей**, в котором ведется учет загрязнителей окружающей природной среды, выбросов, сбросов, захоронений, их количественная и качественная оценка.

7.6 Особо охраняемые природные территории

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) – территории или акватории, в пределах которых запрещено их хозяйственное использование и поддерживается их естественное состояние в целях сохранения экологического равновесия, а также в научных, учебно-просветительных, культурно-эстетических целях. Особо охраняемые природные территории предназначены для поддержания экологического баланса, сохранения генетического разнообразия природных ресурсов, наиболее полного отражения биогеоценотического разнообразия биомов страны, изучения

эволюции экосистем и влияния на них антропогенных факторов, а также для решения различных хозяйственных и социальных задач.

Согласно Федеральному закону «Об особо охраняемых природных территориях» (1995) в зависимости от строгости охраны различают: государственные природные заповедники (в том числе биосферные), национальные парки, природные парки, государственные природные заказники, памятники природы, дендрологические парки и ботанические сады.

Государственные природные заповедники – территории и акватории, которые полностью изъяты из обычного хозяйственного использования с целью сохранения в естественном состоянии природного комплекса. Для сглаживания влияния прилегающих территорий вокруг заповедников создают *охранные зоны*, где хозяйственная деятельность ограничена.

Биосферные заповедники входят в состав ряда государственных природных заповедников и используются для фоновой мониторинга биосферных процессов. В мире в настоящее время создана единая глобальная сеть из более чем 300 биосферных заповедников, которые работают по согласованной программе ЮНЕСКО и ведут постоянные наблюдения за изменением природной среды под влиянием антропогенной деятельности.

Национальные парки – относительно большие природные территории и акватории, где обеспечивается выполнение трех основных целей: экологической (поддержание экологического баланса и сохранение природных экосистем), рекреационной (регулируемый туризм и отдых людей) и научной (разработка и внедрение методов сохранения природного комплекса в условиях массового допуска посетителей). В национальных парках существуют зоны хозяйственного использования.

Природные парки – территории, отличающиеся особой экологической и эстетической ценностью, с относительно мягким охраняемым режимом и используемые преимущественно для организованного отдыха населения. По своей структуре они более просты, чем национальные природные парки.

Заказники – территории, создаваемые на определенный срок (в ряде случаев постоянно) для сохранения или восстановления природных комплексов или их компонентов и поддержания экологического баланса. В заказниках сохраняют и восстанавливают плотности популяций одного или нескольких видов животных или растений, а также природные ландшафты, водные объекты и др.

Памятники природы – уникальные, невозпроизводимые природные объекты, имеющие научную, экологическую, культурную и эстетическую ценность (пещеры, вековые деревья, скалы, водопады и др.). На территории, где они расположены, запрещена любая деятельность, нарушающая их сохранность.

Дендрологические парки и ботанические сады – коллекции деревьев, кустарников и трав, созданные человеком с целью сохранения биоразнообразия и обогащения растительного мира, а также в научных, учебных и культурно-просветительных целях. В дендрологических парках и

ботанических садах осуществляются также работы по интродукции и акклиматизации новых для данного региона растений.

В России в 2006 г. насчитывалось 100 заповедников, в том числе 28 биосферных (~1,5% территории страны), 35 национальных парка (<0,5%), >4 тыс. заказников, >9 тыс. памятников природы.

7.7 Экологический мониторинг

Экологический мониторинг (мониторинг окружающей среды) – система наблюдения, оценки и прогнозирования состояния окружающей человека природной среды. Конечная цель экологического мониторинга – оптимизация отношений человека с природой, экологическая ориентация хозяйственной деятельности.

Экологический мониторинг включает три основных направления деятельности:

- наблюдения за факторами воздействия и состоянием среды;
- оценку фактического состояния среды;
- прогноз состояния окружающей природной среды и оценку прогнозируемого состояния.

Следует различать понятия «экологический мониторинг» и «экологический контроль». Система мониторинга не включает деятельность по управлению качеством среды, но является источником необходимой для принятия экологически значимых решений информации. В отношении деятельности, предполагающей принятие активных регулирующих мер, следует употреблять понятие «экологический контроль».

Экологический контроль – деятельность государственных органов, предприятий и граждан по соблюдению экологических норм и правил. Различают государственный, производственный и общественный экологический контроль. В природоохранительном законодательстве Российской Федерации государственная служба мониторинга определяется как часть общей системы экологического контроля.

Экологический мониторинг возник на стыке экологии, биологии, географии, геофизики, геологии и других наук. Выделяют различные виды мониторинга в зависимости от критериев: биоэкологический (санитарно-гигиенический), геоэкологический (природно-хозяйственный), биосферный (глобальный), космический, геофизический, климатический, биологический, здоровья населения, социальный и др.

В зависимости от степени выраженности антропогенного воздействия различают мониторинг импактный и фоновый. **Фоновый (базовый) мониторинг** – слежение за природными явлениями и процессами, протекающими в естественной обстановке, без антропогенного влияния. Осуществляется на базе биосферных заповедников. **Импактный мониторинг** – слежение за антропогенными воздействиями в особо опасных зонах.

В зависимости от масштабов наблюдения различают мониторинг глобальный, региональный и локальный. **Глобальный мониторинг** – слежение за развитием общемировых биосферных процессов и явлений (например, за состоянием озонового слоя, изменением климата). **Региональный мониторинг** – слежение за природными и антропогенными процессами и явлениями в пределах какого-то региона (например, за состоянием озера Байкал). **Локальный мониторинг** – мониторинг в пределах небольшой территории (например, контроль за состоянием воздуха в городе).

В некоторых случаях используют объединенную классификацию, выделяя три уровня мониторинга: *импактный* (изучение сильных воздействий локальном масштабе), *региональный* (проявление проблем миграции и трансформации загрязняющих веществ, совместного воздействия различных факторов, характерных для экономики региона) и *фоновый* (на базе биосферных заповедников, где исключена всякая хозяйственная деятельность).

На уровне *локального (санитарно-гигиенического, биоэкологического, импактного) мониторинга* наиболее важным является контроль следующих показателей:

1. Концентрация загрязняющих веществ, наиболее опасных для природных экосистем и человека, в жизнеобеспечивающих средах:

– в атмосферном воздухе: оксиды углерода, азота, диоксид серы, озон, пыль, аэрозоли, тяжелые металлы, радионуклиды, пестициды, бензпирен, азот, фосфор, углеводороды;

– в поверхностных водах: радионуклиды, тяжелые металлы, пестициды, бензпирен, рН, минерализация, азот, нефтепродукты, фенолы, фосфор;

– в почве: тяжелые металлы, пестициды, радионуклиды, нефтепродукты, бензпирен, азот, фосфор;

– в биоте: тяжелые металлы, радионуклиды, пестициды, бензпирен, азот, фосфор.

2. Уровень вредных физических воздействий: радиация, шум, вибрация, электромагнитные поля и др.

3. Динамика заболеваемости, вследствие загрязнения биосферы, в частности врожденных дефектов.

Пункты экологического мониторинга располагают в крупных населенных пунктах, промышленных и сельскохозяйственных районах (города, автомагистрали, территории промышленно-энергетических центров, атомных электростанций, нефтепромыслов, агроэкосистем с интенсивным применением пестицидов и удобрений и др.).

На уровне *регионального (геосистемного, природно-хозяйственного) мониторинга* ведутся наблюдения за состоянием экосистем крупных природно-территориальных комплексов (бассейнов рек, лесных экосистем, агроэкосистем и т.д.), регистрируются отличия их параметров от фоновых территорий, вследствие антропогенных воздействий.

На уровне *глобального (биосферного, фонового) мониторинга* отслеживаются изменения в биосфере в целом. Объектами глобального

мониторинга являются атмосфера, гидросфера, почвенный покров, растительный и животный мир и биосфера в целом как среда жизни всего человечества. Разработка и координация глобального мониторинга окружающей природной среды осуществляется в рамках ЮНЕП (орган ООН) и Всемирной метеорологической организации (ВМО). Основными целями этой программы являются:

- организация расширенной системы предупреждения об угрозе здоровью человека;
- оценка влияния глобального загрязнения атмосферы на климат;
- оценка количества и распределения загрязнений в биологических системах, особенно в пищевых цепочках;
- оценка критических проблем, возникающих в результате сельскохозяйственной деятельности и землепользования;
- оценка реакции наземных экосистем на воздействие окружающей среды;
- оценка загрязнения океана и влияния загрязнения на морские экосистемы;
- создание системы предупреждений о стихийных бедствиях в международном масштабе.

Особую роль в системе экологического мониторинга играет биологический мониторинг, то есть мониторинг биотической составляющей экосистем (биоты). **Биологический мониторинг** – это контроль состояния окружающей природной среды с помощью живых организмов. Главный метод биологического мониторинга – биоиндикация, которая заключается в регистрации любых изменений в биоте, вызванных антропогенными факторами. **Биоиндикация** – обнаружение и определение биологически и экологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакции на них живых организмов и их сообществ. Живые организмы, по наличию, состоянию и поведению которых можно судить об изменении в окружающей среде, называются *биоиндикаторами*.

7.8 Экологическая экспертиза

Экологическая экспертиза – оценка уровня возможных негативных воздействий намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую природную среду, природные ресурсы и здоровье людей. То есть оценка хозяйственных и иных проектов на предмет их соответствия требованиям экологической безопасности и системе рационального природопользования. В России работы по экологической экспертизе основываются на Федеральном законе «Об экологической экспертизе» (1995 г.).

Объектами экологической экспертизы являются:

- проекты и технико-экономические обоснования (ТЭО) строительства и эксплуатации хозяйственных сооружений, а также действующие предприятия;

- нормативно-техническая документация на создание новой техники, технологий, материалов, а также на работающее оборудование;
- проекты нормативных и административных актов и действующее законодательство.

Субъектами экологической экспертизы являются:

- законодательные и исполнительные органы государственной власти, а также суды различных уровней;
- специализированные правительственные организации (комитеты, комиссии, министерства);
- специализированные неправительственные организации (частные, общественные). Экологическая экспертиза основывается на

ряде **принципов**:

1. Принцип презумпции потенциальной экологической опасности любой намечаемой хозяйственной и иной деятельности.

2. Принцип обязательности проведения государственной экологической экспертизы до принятия решений о реализации объекта экологической экспертизы.

3. Принцип комплексности оценки воздействия на окружающую природную среду хозяйственной и иной деятельности и его последствий.

4. Принцип независимости экспертов экологической экспертизы при осуществлении ими своих полномочий в области экологической экспертизы.

5. Принцип достоверности и полноты информации, представляемой на экологическую экспертизу.

6. Принцип независимости экспертов экологической экспертизы при осуществлении ими своих полномочий в области экологической экспертизы.

7. Принцип научной обоснованности, объективности и законности заключений экологической экспертизы.

8. Принцип гласности, участия общественных организаций (объединений), учета общественного мнения.

9. Принцип ответственности участников экологической экспертизы и заинтересованных лиц за организацию, проведение, качество экологической экспертизы.

Законодательство предусматривает два вида экологической экспертизы: государственную и общественную.

Государственная экологическая экспертиза проводится на федеральном уровне и на уровне субъектов Российской Федерации. На федеральном уровне государственную экологическую экспертизу проводит Министерство природных ресурсов РФ, на уровне субъектов РФ – Министерства природных ресурсов субъектов РФ (областей и краев) и их подразделения – Комитеты по охране окружающей среды (областные и краевые).

Государственная экологическая экспертиза проводится экспертной комиссией. В ее состав входят: руководитель, ответственный секретарь и эксперты. Результатом работы комиссии является заключение государственной экологической экспертизы.

Общественная экологическая экспертиза может проводиться независимо от государственной экологической экспертизы. Экспертизе могут подвергаться те же объекты, за исключением объектов, сведения о которых составляют государственную, коммерческую и (или) иную охраняемую законом тайну. Инициировать организацию и проведение общественной экологической экспертизы могут граждане, общественные организации (объединения) и органы местного самоуправления. Проводить общественную экспертизу могут общественные организации, в уставе которых оговорен данный вид деятельности. Заключение общественной экологической экспертизы, в отличие от государственной, носит рекомендательный характер.

Финансирование государственной экологической экспертизы осуществляется за счет средств заказчика, а общественной экологической экспертизы – за счет средств общественных организаций, общественных экологических и других фондов, целевых добровольных денежных взносов граждан и организаций, органов местного самоуправления. Расходы на экологическую экспертизу могут составлять в среднем 1% от общей стоимости предполагаемого проекта. Но эти затраты необходимы, поскольку они в несколько раз меньше тех, которые могут понадобиться для ликвидации экономического, экологического и социального ущербов, в результате ошибочных решений.

7.9 Экономика природопользования и охраны окружающей среды

Экономика природопользования – раздел экономики, изучающий главным образом вопросы экономической (в ряде случаев и внеэкономической) оценки природных ресурсов и ущербов от загрязнения среды.

Задачи экономики природопользования следующие:

1. Экономическая (и внеэкономическая) оценка природных ресурсов.
2. Определение экономического (и внеэкономического) ущерба, наносимого народному хозяйству в результате нерационального природопользования, и величины затрат, необходимых для ликвидации его последствий.
3. Выбор наиболее эффективных вариантов использования природных ресурсов и природоохранной деятельности, оценка абсолютной и относительной эффективности природоохранных затрат.
4. Разработка экономических методов управления природоохранной деятельностью, материального стимулирования охраны окружающей среды.

Виды оценок природных ресурсов. Каждый природный ресурс обладает определенной ценностью для человека (экономической, экологической, культурной и т.д.). Эта ценность отражается суммой экономической и внеэкономической оценок.

Экономическая оценка природных ресурсов – определение их общественной полезности, то есть вклада данного ресурса (его единицы) в

повышение уровня удовлетворения человеческих потребностей через производство или потребление. В узкоэкономическом смысле – денежное выражение народнохозяйственной ценности природных ресурсов.

Внеэкономическая оценка природных ресурсов – определение экологической, здравоохранительной, социальной, социально-психологической (моральной и культурной), религиозно-культурной и иной ценности природного ресурса, обычно не выражаемой в экономических показателях либо условно выраженная в деньгах как сумма, которой готово и может пожертвовать общество для сохранения природных ресурсов.

Задачи, стоящие перед экономикой природопользования, можно решить, только дав правильную экономическую оценку природным ресурсам.

Функции оценки природных ресурсов. Экономическая оценка природных ресурсов выполняет две функции: *учетную* (показывает, каким национальным богатством обладает страна, на что можно рассчитывать в развитии производства) и *стимулирующую* (создает основу для введения платы за эксплуатацию природных ресурсов с учетом ущерба и его возмещения в случае их нерационального использования).

Экономическая оценка природных ресурсов представляет собой очень сложную научную и практическую проблему. Дело в том, что стоимость любой вещи определяется затратами труда на ее изготовление, а природные ресурсы являются продуктами природы, а не человека. Однако в их разведку, освоение, охрану и воспроизводство труд вкладывается, то есть создается стоимость.

В настоящее время существуют две основные концепции оценки природных ресурсов: затратная и рентная.

При *затратной концепции* учитываются расходы на освоение природных ресурсов, а качество природных благ, их полезность выступают как дополнительных фактор меры ценности.

При *рентной концепции* исчисляется дифференциальная рента, то есть разная величина дохода, получаемая при эксплуатации природных ресурсов различного качества и местоположения (например, земель высоко- и низкоплодородных, расположенных далеко или близко от транспортных путей и т.д.).

При экономической оценке природных ресурсов очень важно найти компромиссное решение с учетом обоих подходов. От его разумности будет зависеть:

- выбор очередности и вариантов использования природных ресурсов в народном хозяйстве;
- оценка ущерба от их нерационального использования эффективности природоохранных затрат;
- действенность мер по стимулированию рационализации природопользования, обоснованность размеров платы за использование природных ресурсов;
- прибыльность экспорта природных ресурсов;

– справедливое распределение прибыли, получаемой на совместных предприятиях.

Ущерб при нерациональном природопользовании. В природопользовании под *ущербом* понимают фактические или возможные экономические и социальные потери в результате изменения природной среды под воздействием хозяйственной деятельности человека.

Ущерб в природопользовании классифицируют на *исчислимые* (экономические и социально-экономические) и *условно-исчислимые* (социальные и экологические). В качестве примера приведем классификацию ущерба в результате загрязнения атмосферы.

I. Исчислимые:

а) экономические:

– потери вследствие недополучения промышленной и сельскохозяйственной продукции;

– потери вследствие снижения продуктивности биогеоценозов;

– потери вследствие снижения производительности труда, вызванного ростом заболеваемости;

– потери сырья, топлива и материалов в связи с выбросами;

– затраты на ликвидацию последствий от загрязнения;

– затраты на восстановление или поддержания равновесия в экосистемах;

– затраты вследствие сокращения срока службы зданий и сооружений;

б) социально-экономические:

– затраты в области здравоохранения;

– затраты на сохранение рекреационных ресурсов;

– потери вследствие миграции, вызванной ухудшением качества среды;

– дополнительные затраты на отдых.

II. Условно-исчислимые (практически не поддающиеся количественной оценке):

а) социальные:

– эстетический ущерб от деградации ландшафтов;

– увеличение смертности, патологических изменений в организме людей;

– психологический ущерб вследствие неудовлетворенности населения качеством среды;

б) экологические:

– необратимые разрушения уникальных экосистем, исчезновение видов, генетический ущерб.

Под *экономическим ущербом*, наносимым окружающей среде, понимаются выраженные в стоимостной форме фактические и возможные убытки, причиняемые народному хозяйству загрязнениями, или дополнительные затраты на компенсацию этих убытков.

Экономический эффект природоохранного мероприятия выражается величиной годового экономического ущерба от загрязнения среды, предотвращаемого благодаря этим мероприятиям, или суммой

предотвращаемых ущербов и годового прироста дохода от улучшения производственных результатов вследствие проведения природоохранных мероприятий.

Предотвращаемый экономический ущерб от загрязнения среды равен разности между величиной ущерба, который имел место до осуществления реализованного мероприятия, и остаточного ущерба после проведения этого мероприятия.

Методика определения экономического ущерба от загрязнения окружающей среды. Под *экономическим ущербом*, наносимым окружающей среде, понимаются выраженные в стоимостной форме фактические и возможные убытки, причиняемые народному хозяйству загрязнениями, или дополнительные затраты на компенсацию этих убытков. В настоящее время разработано 2 метода определения экономического ущерба: *метод прямого счета* и *эмпирический метод укрупненного счета*.

Расчеты, выполненные укрупненным методом, показывают, что экономический ущерб народному хозяйству от загрязнения воздушного бассейна составляет около 60%, водного бассейна – около 30% и от загрязнения твердыми отходами – около 10% общего ущерба.

Определение экономического ущерба методом прямого счета требует множества исходных данных, которые могут быть получены путем инженерно-экономического обследования предприятия и зоны его влияния.

Экономический эффект природоохранного мероприятия выражается величиной годового экономического ущерба от загрязнения среды, предотвращаемого благодаря этим мероприятиям, или суммой предотвращаемых ущербов и годового прироста дохода от улучшения производственных результатов вследствие проведения природоохранных мероприятий.

Предотвращаемый экономический ущерб от загрязнения среды равен разности между величиной ущерба, который имел место до осуществления реализованного мероприятия, и остаточного ущерба после проведения этого мероприятия.

Эффективность природопользования и природоохранных мероприятий. *Эффективность (в общем смысле)* – отношение полезного действия (эффекта) к затраченным усилиям.

Эффективность природопользования – эколого-социально-экономическая результативность использования природных ресурсов и эксплуатации природной среды. При этом следует рассматривать не отдельные формы природопользования, которые в некоторых случаях могут быть псевдоубыточными (например, создание заповедников), а их комплекс, проводя соответствующее моделирование и расчеты.

Эффективность природоохранных мероприятий – эколого-социально-экономическая результативность проведения тех или иных природоохранных мероприятий.

Практическое определение ущербов, а следовательно, и эффективности природоохранных мероприятий – очень сложная задача. Природоохранная

деятельность требует очень больших средств. Например, стоимость природоохранного оборудования может составлять 30% и более от стоимости всего оборудования на предприятии. Однако затраты на охрану природы обязательны.

Для поддержания экономического оптимума уровень природоохранных затрат должен составлять около 8–10 % от ВВП (валового национального продукта). В нашей стране суммы ущерба составляют приблизительно 8–9 %, расходы на охрану природы – только 1 %. Если положение вещей не изменится, то результатом будет экологическая катастрофа.

Расчет экономического эффекта природоохранных мероприятий основывается на сопоставлении затрат на их осуществление с экономическим результатом, достигнутым благодаря этим мероприятиям. Этот результат выражается величиной ликвидированного или предотвращенного экономического ущерба от нарушения или потерь ресурса.

Превышение экономического результата над затратами на его достижение свидетельствует об экономической эффективности природоохранного мероприятия. Разность между результатом и затратами характеризует экономический эффект.

Методика определения экономического эффекта природоохранных мероприятий. Расчет экономического эффекта природоохранных мероприятий основывается на сопоставлении затрат на их осуществление с экономическим результатом, достигнутым благодаря этим мероприятиям. Этот результат выражается величиной ликвидированного или предотвращенного экономического ущерба от нарушения или потерь ресурса.

Превышение экономического результата над затратами на его достижение свидетельствует об экономической эффективности природоохранного мероприятия. Разность между результатом и затратами характеризует экономический эффект.

При расчете эффективности капитальных вложений на охрану окружающей среды различают народнохозяйственный и хозрасчетный эффекты природоохранных мероприятий.

Народнохозяйственный эффект от снижения или предотвращения потерь природных ресурсов рассчитывается как разность экономических оценок этого ресурса до и после проведения природоохранного мероприятия или как прирост чистой продукции, полученной из природного ресурса за счет проведения мероприятия.

Хозрасчетный эффект от предотвращения потерь природного ресурса и снижения его качества определяется по приросту прибыли.

Сравнительную эффективность капитальных вложений природоохранного назначения рекомендуется определять на основе приведенных затрат.

Социальный эффект характеризуется следующими показателями:

– эффектом от предотвращения потерь чистой продукции вследствие заболеваемости из-за загрязнения среды;

- эффектом от сокращения выплат из фонда социального страхования в результате тех же причин;
- эффектом от сокращения затрат общества на лечение трудящихся, заболевших в результате загрязнения среды;
- экономическими эффектами от улучшения использования трудовых ресурсов, материалов и оборудования.

Лимитирование природопользования – плата за сверхлимитное использование природных ресурсов и загрязнение окружающей среды в несколько раз превышает плату за использование и загрязнение в пределах установленных предприятию нормативов (лимитов). *Платность природопользования* – плата за использование практически всех природных ресурсов, за загрязнение окружающей среды, размещение в ней отходов производства и за другие виды воздействия. Внесение платы за использование и загрязнение не освобождает природопользователя от выполнения мероприятий по охране окружающей среды и возмещения ущерба.

Финансирование природоохранных мероприятий – предоставление денежных средств на природоохранные мероприятия. Источниками финансирования могут быть собственные средства предприятий (в основном прибыль), бюджетные средства, банковские кредиты, экологические фонды и другие источники. *Создание экологических фондов* является одним из новых экономических методов управления в природопользовании. Под фондами понимаются как учреждения, призванные оказывать какую-либо материальную помощь, так и сами денежные материальные средства, а также их источники. Например, в экологические фонды поступают платежи всех предприятий за природопользование, а потом эти средства выдаются на проведение самых неотложных и дорогостоящих природоохранных мероприятий. Кроме того, предприятия могут делать взносы в фонды экологического страхования. В этом случае, если произойдет какое-либо экологическое ЧП, и предприятие должно будет платить большой штраф и возмещать нанесенный ущерб, страховой фонд поможет ему.

Материальное стимулирование природоохранной деятельности – обеспечение выгоды для природопользователей природоохранной деятельности. Материальное стимулирование предполагает применение не только мер поощрения, но и наказания.

Меры материального поощрения:

- установление *налоговых льгот* (сумма прибыли, с которой взимается налог, уменьшается на величину, полностью или частично соответствующую природоохранным затратам);
- *освобождение от налогообложения* экологических фондов и природоохранного имущества;
- применение *поощрительных цен и надбавок* на экологически чистую продукцию (овощи с пониженным содержанием нитратов, пестицидов, ядохимикатов и других вредных веществ могут стоить дороже, а значит, их выгоднее будет продавать и выращивать);

– применение *льготного кредитования* предприятий, эффективно осуществляющих охрану окружающей среды (снижение процента за кредит или беспроцентное кредитование). Меры материального наказания:

– введение специального *добавочного налогообложения* экологически вредной продукции и продукции, выпускаемой с применением экологически опасных технологий (то есть такой продукции, потребление или производство которой опасно для здоровья людей и окружающей среды);

– *штрафы* за экологические правонарушения.

Контрольные вопросы

1. Перечислите экологические принципы рационального использования природных ресурсов.
2. Охарактеризуйте нетрадиционные источники энергии.
3. Какие территории относятся к особо охраняемым?
4. Какие функции выполняют природные ресурсы?
5. Назовите принципы рационального природопользования.

8 Основы экологического права

Экологическое право – совокупность эколого-правовых норм (правил поведения), регулирующих общественные (экологические) отношения в сфере взаимодействия общества и природы с целью охраны окружающей природной среды, предупреждения вредных экологических последствий, оздоровления и улучшения качества окружающей человека природной среды. Соблюдение правил (норм), в том числе экологических, обеспечивается государством в принудительном порядке.

Источниками экологического права, образующими экологическое законодательство Российской Федерации, являются следующие правовые документы: 1) Конституция РФ; 2) законы и иные нормативные акты РФ и субъектов РФ в области природопользования и охраны окружающей среды; 3) указы и распоряжения Президента РФ и постановления Правительства РФ; 4) нормативные акты министерств и ведомств; 5) нормативные решения органов местного самоуправления.

1. Конституция Российской Федерации (1993 г.) провозглашает права граждан на землю и другие природные ресурсы, на благоприятную окружающую среду (экологическую безопасность), на возмещение ущерба, причиненного его здоровью, на участие в экологических организациях и общественных движениях, на получение информации о состоянии окружающей природной среды и мерах по ее охране. Одновременно Конституция РФ устанавливает обязанности граждан соблюдать требования природоохранного законодательства, принимать участие в охране окружающей природной среды, повышать уровень знаний о природе и экологическую культуру. Конституция РФ также определяет организационные и контрольные функции высших и местных органов власти по рациональному использованию и охране природных ресурсов.

2. Законы и иные нормативные акты РФ и субъектов РФ в области природопользования и охраны окружающей природной среды.

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» (2002 г.) лежит в основе природоохранного законодательства РФ. Задачами природоохранительного законодательства Российской Федерации являются регулирование отношений в сфере взаимодействия общества и природы с целью сохранения природных богатств и естественной среды обитания человека, предотвращения экологически вредного воздействия хозяйственной и иной деятельности, оздоровления и улучшения качества окружающей природной среды, укрепления законности и правопорядка в интересах настоящего и будущих поколений людей.

Настоящий закон охватывает все аспекты природопользования и охраны окружающей среды, и нормы других законов в области охраны окружающей среды не должны противоречить Конституции РФ и Федеральному закону «Об охране окружающей среды».

Федеральный закон «Об экологической экспертизе» (1995 г.) регулирует отношения в области экологической экспертизы, направлен на реализацию

конституционного права граждан Российской Федерации на благоприятную окружающую среду посредством предупреждения негативных воздействий хозяйственной и иной деятельности на окружающую природную среду и предусматривает в этой части реализацию конституционного права субъектов Российской Федерации на совместное с Российской Федерацией ведение вопросов охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.

Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях» (1995 г.) регулирует отношения в области организации, охраны и использования особо охраняемых природных территорий в целях сохранения уникальных и типичных природных комплексов и объектов, достопримечательных природных образований, объектов растительного и животного мира, их генетического фонда, изучения естественных процессов в биосфере и контроля за изменением ее состояния, экологического воспитания населения.

Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» (1999 г.) устанавливает правовые основы охраны атмосферного воздуха. Атмосферный воздух является жизненно важным компонентом окружающей природной среды, неотъемлемой частью среды обитания человека, растений и животных. Важнейшими общими мероприятиями охраны воздушного бассейна названы установление нормативов предельно допустимых концентраций (ПДК) и предельно допустимых выбросов (ПДВ), а также платы за выбросы в атмосферу загрязняющих веществ.

Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» (1995 г.) определяет правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения в целях охраны его здоровья. Он провозглашает принцип приоритета здоровья человека и окружающей природной среды при практическом использовании и эксплуатации объектов ионизирующих излучений. В случае радиационной аварии закон гарантирует возмещение ущерба здоровью и имуществу граждан. Законом устанавливается также компенсация за повышенный риск, связанный с проживанием вблизи ядерных и радиационных установок, в виде улучшения социально-бытовых условий населения и др.

Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (1994 г.) определяет правовые основы защиты населения, территорий и акваторий при возникновении природных и техногенных чрезвычайных ситуаций.

Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» (1998 г.) определяет правовые основы обращения с отходами производства и потребления в целях предотвращения их вредного воздействия на здоровье человека и окружающую природную среду, а также вовлечения таких отходов в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья.

Основы законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан (1993 г.) регулируют отношения граждан, органов государственной

власти и управления, хозяйствующих субъектов, субъектов государственной, муниципальной и частной систем здравоохранения в области охраны здоровья граждан.

Федеральный закон «О недрах» (1992 г.) регулирует правовые отношения при изучении, использовании и охране недр. Закон направлен, в первую очередь, на рациональное использование недр и их загрязнение.

Земельный кодекс РФ (2001 г.) регламентирует охрану земель и защиту окружающей природной среды от возможного вредного воздействия при использовании земли. Основными правовыми функциями охраны земель являются сохранение и повышение плодородия почв, сохранение фонда сельскохозяйственных земель. Экологическими нарушениями считаются порча, загрязнение, засорение и истощение земель. Кодекс регламентирует куплю-продажу земель и совершение других земельных сделок.

Водный кодекс РФ (1995 г.) регулирует правовые отношения в области использования и охраны водных объектов. Закон направлен на охрану вод от загрязнения, засорения и истощения.

Лесной кодекс РФ (1997 г.) регулирует отношения, возникающие при пользовании лесным фондом Российской Федерации в целях создания условий для рационального использования, воспроизводства, охраны и защиты лесов, устанавливает правовые основы рационального использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, повышения их экологического и ресурсного потенциала.

Федеральный закон «О животном мире» (1995 г.) регулирует отношения в области охраны и использования животного мира, а также в сфере сохранения и восстановления среды его обитания в целях обеспечения биологического разнообразия, устойчивого использования всех его компонентов, создания условий для устойчивого существования животного мира, сохранения генетического фонда диких животных и иной защиты животного мира как неотъемлемого элемента природной среды.

3. Указы и распоряжения Президента РФ и постановления Правительства РФ затрагивают широкий круг экологических вопросов. Например, Указ о концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию (1996 г.).

4. Нормативные акты природоохранительных министерств и ведомств издаются по вопросам рационального использования и охраны окружающей природной среды в виде постановлений, инструкций, приказов и т.д. Они являются обязательными для других министерств и ведомств, физических и юридических лиц.

5. Нормативные решения органов местного самоуправления (мэрий, сельских и поселковых органов) дополняют и конкретизируют действующие нормативно-правовые акты в области охраны окружающей природной среды.

8.1 Государственные органы РФ в области охраны окружающей природной среды

Государственные органы РФ в области охраны окружающей природной среды подразделяются на две категории: органы общей и специальной компетенции.

К государственным органам **общей компетенция** относятся Президент РФ, Федеральное Собрание, Государственная Дума, Правительство РФ, представительные и исполнительные органы власти субъектов Федерации, муниципальные органы. Эти органы определяют основные направления природоохранной политики, утверждают экологические программы, обеспечивают экологическую безопасность, устанавливают правовые основы и нормы в пределах своей компетенции и т.д. Наряду с охраной окружающей природной среды государственные органы этой категории ведают и другими экологическими вопросами, входящими в круг их полномочий.

Государственные органы категории **специальной компетенции** подразделяются на комплексные, отраслевые и функциональные.

Комплексные органы выполняют все природоохранные задачи или какой-либо их блок. Деятельность требует специальной организации. Для этого необходим независимый от интересов отдельных организаций и отраслей хозяйства орган, способный управлять природопользованием как единым комплексом. В нашей стране впервые такой орган был создан в 1988 г. – Государственный комитет по охране природы СССР, в 1991 г. – Министерство экологии и природных ресурсов РСФСР, впоследствии переименованное в Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов России. В 2000 г. функции по рационализации природопользования и охране окружающей среды переданы Министерству природных ресурсов РФ. То есть функция использования природы и ее охрана, к сожалению, вновь сосредоточились в одном органе. В условиях доминирования в стране экономических приоритетов над экологическими такая ситуация представляется крайне нежелательной.

Главными задачами указанного министерства в области рационального природопользования и охраны природы являются: контроль за использованием и охраной всех природных ресурсов; разработка предложений по рационализации природопользования; утверждение стандартов и правил природопользования, обязательных для всех остальных министерств и ведомств, и контроль за их соблюдением; руководство заповедным делом и ведение общегосударственной Красной книги; распространение экологических знаний среди населения; государственная экологическая экспертиза всех крупных строек и проектов; организация экологического мониторинга и др.

К комплексным органам управления относятся также:

– Департамент Госсанэпиднадзора Минздравсоцразвития РФ (Санэпиднадзор РФ) – координатор деятельности всех ведомств и

организаций в области санитарной охраны через систему территориальных органов (санэпидстанций и инспекций);

– Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) осуществляет экологический контроль за состоянием окружающей природной среды, информирует население об изменениях в окружающей среде с помощью широкой сети наблюдательных пунктов и др.;

– Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайных ситуаций и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) обеспечивает безопасность людей в условиях экстремальной ситуации, стихийных бедствий, производственных аварий и катастроф.

Отраслевые органы (Роскомзем, Рослесхоз, Росрыболовство, Минсельхоз РФ) выполняют функции управления и надзора по охране и использованию отдельных видов природных ресурсов и объектов.

Функциональные органы выполняют одну или несколько родственных функций в отношении природных объектов: Росатом России (обеспечение ядерной и радиационной безопасности); Ростехнадзор России (контроль за использованием недр); Минздравсоцразвития РФ (санитарно-эпидемиологический контроль); МВД РФ (охрана атмосферного воздуха от загрязнения транспортными средствами, санитарно-экологическая служба муниципальной милиции).

В настоящее время загрязнение среды и нарушение экологического равновесия приобрело глобальные масштабы. В связи с этим возникла неотложная необходимость международного сотрудничества в целях предотвращения глобальной экологической катастрофы. Поэтому, помимо государственных существуют и международные органы управления природопользованием и охраной природы. Это Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП), Программа (комитет) ООН по окружающей среде (ЮНЕП), Всемирный фонд дикой природы (ВВФ) и др.

8.2 Управление природопользованием и охраной природы

Управление – организация и постоянное поддержание взаимосвязей между составляющими частями управляемой системы, направленные на достижение намеченных результатов.

В природопользовании различают управление природными системами и управление природопользователями.

Управление природными системами – мероприятия, осуществление которых позволяет изменить природные явления и процессы (усилить или ограничить их) в желательном для человека направлении. Управление природными системами опирается на изучение и использование естественных законов, в первую очередь экологических.

Управление природопользователями (управление охраной окружающей среды и рационализацией использования природных ресурсов) – обеспечение норм и требований, ограничивающих вредное воздействие

процессов производства и выпускаемой продукции на окружающую среду, и рациональное использование природных ресурсов, их восстановление и воспроизводство. Управление природопользователями опирается на юридические и экономические, то есть социальные законы.

Управление природными системами может быть «жестким» и «мягким».

Жесткое управление – прямое, непосредственное воздействие на природу, грубо нарушающее естественные процессы с помощью технических средств, коренное преобразование самих механизмов и систем природы. Например, распашка земель, строительство плотин на реках.

Мягкое управление – главным образом косвенное, опосредованное воздействие на природу с использованием естественных механизмов саморегуляции, то есть способности природных систем к восстановлению своих свойств после антропогенного вмешательства. Например, агролесомелиорация.

Жесткое управление дает быстрый и высокий хозяйственный эффект в виде роста объема продукции или снижения затрат на ее производство, но лишь в относительно коротком временном интервале. Через определенное время неминуемо наступает расплата в виде нарастания экономических и экологических ущербов. Например, освоение целинных земель.

Жесткое управление основано на перенапряжении или предельном омоложении природных систем (например, агроэкосистемы) и поэтому требует мероприятий по поддержанию экологического равновесия, осуществляемых главным образом путем мягкого управления (например, использование севооборотов).

Таким образом, максимальный эколого-экономический эффект можно получить только при разумном сочетании жесткой и мягкой форм управления.

Управление природопользователями может быть командно-административным и экономическим:

Командно-административное управление – управление природопользователями, основанное на установлении норм, стандартов, правил природопользования и соответствующих плановых заданий предприятиям по охране окружающей среды и наказаний от выговора до тюремного заключения или снятия с работы и выплаты штрафов предприятием и его руководством.

Экономическое управление – управление природопользователями, основанное на экономическом стимулировании, когда с помощью различных рычагов (цен, платежей, налоговых льгот и наказаний) государство делает для предприятий более выгодным материально, то есть более прибыльным, соблюдать природоохранное законодательство, чем нарушать его.

Предприятия-природопользователи сами по себе не заинтересованы в природоохранной деятельности. Этому имеется несколько причин. Во-первых, природоохранная деятельность не приносит прибыли, за исключением случаев, когда экономически выгодна утилизация (вторичное использование) отходов производства (твердых отходов, сточных вод,

отходящих газов). Во-вторых, часто наблюдается несовпадение во времени момента нанесения вреда окружающей среде и момента расплаты за него. Например, загрязнение окружающей среды может сказаться на здоровье человека только через несколько лет или десятилетий. В-третьих, часто ущерб природной среде наносят одни предприятия или отрасли (предприятия-«загрязнители»), а экономически страдают, в большей степени совсем другие (предприятия-«реципиенты»). Например, основными загрязнителями окружающей среды являются промышленность и энергетика, а страдают здравоохранение, коммунальное, сельское, лесное и рыбное хозяйство, так как увеличиваются затраты на лечение больных, ремонт зданий, падает урожайность и качество растениеводческой продукции, продуктивность животноводства и т.д.

Таким образом, предприятия-природопользователи не станут заниматься природоохранной деятельностью просто так, поскольку сама по себе она невыгодна. Командно-административный путь управления природопользователями в чистом виде дорогостоящ и малоэффективен, так как требует большого количества проверяющих и постоянного контроля. С другой стороны, одни только экономические методы не всегда обеспечивают нужный результат. Наилучшие результаты дает разумное сочетание экономической заинтересованности природопользователей с жестким контролем и административным принуждением.

8.3 Виды ответственности за экологические правонарушения

Эколого-правовая ответственность является разновидностью общей юридической ответственности, но в то же время отличается от иных видов юридической ответственности.

Эколого-правовая ответственность рассматривается в трех взаимосвязанных аспектах:

- как государственное принуждение к исполнению требований, предписанных законодательством;
- как правоотношение между государством (в лице его органов) и правонарушителями (которые подвергаются санкциям);
- как правовой институт, т.е. совокупность юридических норм, различных отраслей права (земельного, горного, водного, лесного, природоохранного и др.).

Экологические правонарушения называются в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации. Конечная цель экологического законодательства и каждой отдельной его статьи заключается в охране от загрязнения, обеспечении правомерного использования окружающей среды и ее элементов, охраняемых законом. Сферой действия экологического законодательства являются окружающая среда и ее отдельные элементы. Предметом правонарушения признается элемент окружающей среды. Требования закона предполагают установление четкой

причиной связи между допущенным нарушением и ухудшением окружающей среды.

Субъектом экологических правонарушений является лицо, достигшее 16-летнего возраста, на которое нормативно- правовыми актами возложены соответствующие должностные обязанности (соблюдение правил охраны окружающей среды, контроль за соблюдением правил), либо любое лицо, достигшее 16-летнего возраста, нарушившее требования экологического законодательства.

Для экологического правонарушения характерно наличие трех элементов:

- противоправность поведения;
- причинение экологического вреда (или реальная угроза) либо нарушение иных законных прав и интересов субъекта экологического права;
- причинная связь между противоправным поведением и нанесенным экологическим вредом или реальной угрозой причинения такого вреда либо нарушением иных законных прав и интересов субъектов экологического права.

Ответственность за экологические правонарушения служит одним из основных средств обеспечения выполнения требований законодательства по охране окружающей среды и использованию природных ресурсов. Эффективность действия данного средства во многом зависит прежде всего от государственных органов, уполномоченных применять меры юридической ответственности к нарушителям экологического законодательства. В соответствии с российским законодательством в области охраны окружающей среды должностные лица и граждане за экологические правонарушения несут дисциплинарную, административную, уголовную, гражданско-правовую, материальную ответственность, а предприятия - административную и гражданско-правовую.

Дисциплинарная ответственность наступает за невыполнение планов и мероприятий по охране природы и рациональному использованию природных ресурсов, за нарушение экологических нормативов и иных требований природоохранительного законодательства, вытекающих из трудовой функции или должностного положения. Дисциплинарную ответственность несут должностные лица и иные виновные работники предприятий и организаций в соответствии с положениями, уставами, правилами внутреннего распорядка и другими нормативными актами (ст.82 Закона «Об охране окружающей природной среде»). К нарушителям в соответствии с Кодексом законов о труде (с изменениями и дополнениями от 258 сентября 1992 г.) могут быть применены следующие дисциплинарные взыскания: замечание, выговор, строгий выговор, увольнение с работы, другие наказания (ст.135).

Материальная ответственность также регулируется Кодексом законов о труде РФ (ст. 118-126). Такую ответственность несут должностные лица и иные работники предприятия, по вине которых предприятие понесло

расходы по возмещению вреда, причиненного экологическим правонарушением.

Применение *административной ответственности* регулируется как природоохранительным законодательством, так и Кодексом РСФСР об административных правонарушениях 1984 г. (с изменениями и дополнениями). Закон «Об охране окружающей природной среды» расширил перечень остатков экологических правонарушений, при совершении которых виновные должностные, физические и юридические лица несут административную ответственность. Такая ответственность наступает за превышение предельно допустимых выбросов и сбросов вредных веществ в окружающую среду, невыполнение обязанностей по проведению государственной экологической экспертизы и требований, содержащихся в заключении экологической экспертизы, предоставление заведомо неправильных и необоснованных заключений, несвоевременное предоставление информации и предоставление искаженной информации, отказ от предоставления своевременной, полной, достоверной информации о состоянии природной среды и радиационной обстановки и т.д.

Конкретный размер штрафа определяется органом, налагающим штраф, в зависимости от характера и вида правонарушения, степени вины правонарушителя и причиненного вреда. Административные штрафы налагаются уполномоченными на то государственными органами в области охраны окружающей среды, санитарно-эпидемиологического надзора РФ. При этом постановление о наложении штрафа может быть обжаловано в суд или арбитражный суд. Наложение штрафа не освобождает виновных от обязанности возмещения причиненного вреда (ст. 84 Закона «Об охране окружающей природной среды»).

В своей совокупности административно-наказуемые экологические нарушения по видам составляют одиннадцать групп:

- загрязнение окружающей природной среды;
- превышение предельно-допустимых биологических, радиационных, физических и иных вредных воздействий;
- нарушение экологических требований при планировании, технико-экономическом обосновании, размещении, строительстве, реконструкции и вводе в эксплуатацию, эксплуатации предприятий, сооружений и иных объектов:
 - несоблюдение экологических требований при складировании, переработке, уничтожении, захоронении промышленных и бытовых отходов, радиоактивных, химических и иных вредных веществ;
- нарушение правил транспортировки, хранения, применения химических средств;
- нарушение установленного порядка добывания, сбора, заготовки, продажи, приобретения, ввоза и вывоза за границу объектов животного и растительного мира, природного сырья, ботанических, зоологических и минералогических коллекций;

- порча, повреждение, уничтожение природоохранных территории и комплексов, а также естественных экологических систем;
- невыполнение обязательных мер по восстановлению окружающей природной, среды и воспроизводству природных ресурсов;
- невыполнение требований государственной экологической экспертизы и предписаний специальных государственных органов экологического контроля;
- незаконное расходование бюджетных средств государственных экологических фондов на цели, не связанные с охраной природной среды;
- нарушение правил охраны природно-заповедных объектов и особо охраняемых территорий.

За совершение экологических административных правонарушений могут применяться: предупреждение, штраф, конфискация орудий совершения правонарушения; лишение специального права (охоты, рыболовства, управления транспортными средствами).

Экологические преступления общего характера:

- нарушение правил охраны окружающей среды при производстве работ; нарушение правил обращения с экологически опасными веществами отходами;
- нарушение правил безопасности при обращении с микробиологическими или другими биологическими агентами или токсинами;
- нарушение законодательства Российской Федерации о континентальном шельфе и об исключительной экономической зоне Российской Федерации;
- нарушение режима особо охраняемых природных территорий и природных объектов.

Специальные экологические преступления делятся, в свою очередь, на подгруппы:

- преступления, посягающие на общественные отношения в области охраны и рационального использования земли, недр и обеспечения экологической безопасности:
 1. порча земли
 2. нарушение правил охраны и использования недр;
- преступления, посягающие на общественные отношения в области охраны и рационального использования животного мира (фауны):
 1. незаконная добыча водных животных
 2. нарушение правил охраны рыбных запасов
 3. незаконная охота
 4. нарушение ветеринарных правил
 5. уничтожение критических местообитаний для организмов, занесенных в Красную книгу;
- преступления, посягающие на общественные отношения по охране и рациональному использованию растительного мира (флоры):
 1. незаконная порубка деревьев и кустарников

2. уничтожение или повреждение лесов
3. нарушение правил, установленных для борьбы с болезнями и вредителями растений
4. незаконная добыча водных растений;

• преступления, посягающие на общественные отношения по охране и рациональному использованию вод и атмосферы, а также обеспечению экологической безопасности:

1. загрязнение вод
2. загрязнение морской среды
3. загрязнение атмосферы.

В новом Уголовном кодексе РФ экологические преступления выделены в отдельную главу (гл. 26). В нем предусмотрена *уголовная ответственность* за нарушение правил экологической безопасности при производстве работ, нарушение правил хранения, утилизации экологически опасных веществ и отходов, нарушение правил безопасности при обращении с микробиологическими или другими биологическими агентами или токсинами, загрязнение вод, атмосферы и моря, нарушение законодательства о континентальном шельфе, порчу земли, незаконную добычу водных животных и растений, нарушение правил охраны рыбных запасов, незаконную охоту, незаконную порубку деревьев и кустарников, уничтожение или повреждение лесных массивов.

Применение мер дисциплинарной, административной или уголовной ответственности за экологические правонарушения не освобождает виновных лиц от обязанности возмещения вреда причиненного экологическим правонарушением. Закон «Об охране окружающей природной среды» стоит на той позиции, что предприятия, организации и граждане, причиняющие вред окружающей среде, здоровью и имуществу граждан, народному хозяйству загрязнением окружающей среды, порчей, уничтожением, повреждением, нерациональным использованием природных ресурсов, разрушением естественных экологических систем и другими экологическими правонарушениями, обязаны возместить его в полном объеме в соответствии с действующим законодательством (ст.86).

Гражданско-правовая ответственность в сфере взаимодействия общества и природы заключается главным образом в возложении на правонарушителя обязанности возместить потерпевшей стороне имущественный или моральный вред в результате нарушения правовых экологических требований.

Ответственность за экологические правонарушения выполняет ряд основных функций:

- стимулирующую к соблюдению норм права окружающей среды;
- компенсаторную, направленную на возмещение потерь в природной среде, возмещение вреда здоровью человека;
- превентивную, заключающуюся в наказании лица, виновного в совершении экологического правонарушения.

Экологическое законодательство предусматривает три уровня наказания: за нарушение; нарушение, повлекшее значительный ущерб; нарушение, повлекшее смерть человека (тяжкие последствия). Смерть человека вследствие экологического преступления оценивается законом как неосторожность (совершенное по небрежности или легкомыслию). Видами наказаний при экологических нарушениях могут быть штраф, лишение права занимать определенные должности, лишение права заниматься определенной деятельностью, исправительные работы, ограничение свободы, лишением свободы.

Одним из самых тяжких экологических преступлений является *экоцид* – массовое уничтожение растительного мира (растительных сообществ земли России или отдельных ее регионов) или животного мира (совокупность живых организмов всех видов диких животных, населяющих территорию России или определенный ее регион), отравление атмосферы и водных ресурсов (поверхностные и подземные воды, которые используются или могут быть использованы), а также совершение иных действий, способных вызвать экологическую катастрофу. Общественная опасность экоцида состоит в угрозе или нанесении огромного вреда окружающей природной среде, сохранению генофонда народа, животного и растительного мира.

Экологическая катастрофа проявляется в серьезном нарушении экологического равновесия в природе, разрушении устойчивого видового состава живых организмов, полном или существенном сокращении их численности, в нарушении циклов сезонных изменений биологического кругооборота веществ и биологических процессов. Мотивом экоцида может быть ложно понятые интересы военного или государственного характера, совершение действий с прямым или косвенным умыслом.

Контрольные вопросы

1. Какие виды ответственности предусмотрены законодательством за экологические правонарушения?
2. Что означает экологическое правонарушение?
3. На какие виды экологических правонарушений возлагается административная ответственность?
4. Как осуществляется правовой режим природопользования и охраны окружающей среды?
5. В чем заключается профессиональная ответственность за экологические правонарушения?

9 Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды

В настоящее время истощение природных ресурсов, загрязнение окружающей среды и нарушение экологического равновесия приобрело глобальные масштабы. Природа не знает государственных границ, она всеобща и едина. Все основные экологические проблемы человечества, такие, как парниковый эффект, разрушение озонового экрана, сведение лесов, деградация почв, снижение биологического разнообразия биосферы, радиоактивное и другие виды загрязнений, истощение полезных ископаемых и т.д., носят глобальный характер. Избежать перерастания глобального экологического кризиса в катастрофу возможно только общими усилиями всего человечества.

9.1 Объекты охраны окружающей среды

Делятся на национальные и международные.

Национальные (внутригосударственные) объекты охраны природной среды – земля, воды, недра, биота и другие элементы природной среды на территории государства. Ими владеет и распоряжается государство, которому они принадлежат. Государство использует, охраняет и управляет ими на основании собственных законов в интересах своих народов.

Международные (общемировые) объекты охраны природной среды – природные объекты, которые находятся вне юрисдикции отдельных национальных государств. Их делят на несколько групп:

- объекты, находящиеся в пользовании всех государств (атмосферный воздух, Мировой океан, Антарктида, Космос);
- объекты, используемые двумя или несколькими государствами (например, пограничные воды, Балтийское или Черное море, река Дунай);
- объекты, перемещающиеся по территории различных стран (мигрирующие виды животных).

Эти объекты осваивают и охраняют на основании различных договоров, конвенций, протоколов, отражающих совместные усилия международного сообщества.

Кроме того, существует еще одна категория международных объектов природной среды, которая охраняется и управляется государствами, но взята на международный учет. Она, включает:

- природные объекты, представляющие уникальную ценность и взятые под международный контроль (заповедники, национальные парки, резерваты, памятники природы);
- редкие и исчезающие виды животных и растений, занесенные в международную Красную книгу;
- разделяемые природные ресурсы, постоянно или значительную часть года находящиеся в пользовании двух или более государств (река Дунай, Балтийское море и др.).

Космос. В международных Договорах по использованию космического пространства провозглашена недопустимость национального присвоения частей космического пространства, включая Луну и другие небесные тела, недопустимость вредного воздействия на Космос и загрязнения космического пространства, а также оговорены условия спасания космонавтов. Для ограничения военного использования Космоса большое значение имели Договор об ограничении систем противоракетной обороны и Советско-американские соглашения об ограничении стратегических наступательных вооружений (СНВ).

Мировой океан (Тихий, Атлантический, Индийский, Северный Ледовитый океаны и связанные с ними моря) содержит огромное количество полезных ископаемых, биологических ресурсов, энергии. Велико его транспортное значение. Освоение Мирового океана должно проводиться в интересах всего человечества. Конвенцией ООН по морскому праву (1973 г.) признается суверенное право прибрежных государств на биоресурсы в 200-мильных прибрежных зонах. Подтверждена незыблемость принципа свободного мореплавания (за исключением территориальных вод, внешняя граница которых установлена на 12-мильном расстоянии от берега).

Антарктиду справедливо называют материком мира и международного сотрудничества. В Договоре об Антарктиде (1959 г.) провозглашена свобода научных исследований, использование этого материка только в мирных целях, определен международно-правовой режим Антарктиды. Новые, более жесткие меры по охране животного и растительного мира, удалению отходов и предупреждению загрязнения отражены в Протоколе, подписанном в октябре 1991 г. в Мадриде по итогам международного сотрудничества в Антарктиде.

Атмосферный воздух. Усилия международного сообщества нацелены главным образом на предупреждение и устранение трансграничного переноса загрязнителей атмосферы и охрану озонового слоя от разрушения. Международные отношения в этих вопросах регулируются Конвенцией 1979 г. о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, Монреальскими (1987) и Венскими (1985) соглашениями по озоновому слою, Конвенцией о трансграничном воздействии промышленных аварий (1992) и другими согласованными документами.

Кроме того, это объекты, входящие в юрисдикцию государств:

- *разделяемые природные ресурсы*, находящиеся в пользовании двух и более государств (реки Дунай, Рейн, моря Балтийское, Средиземное и др.);
- *редкие и исчезающие растения и животные*, занесенные в международную Красную книгу;
- *уникальные природные объекты*, принятые на международный контроль (заповедники, национальные парки, памятники природы и др.), на содержание и охрану которых выделяются средства международными организациями за счет специальных фондов.

Важная роль сотрудничества государств и наций в развитии просвещения в сфере охраны природы была признана еще в начале XX в.,

когда в 1913 г. на Конференцию по международной охране природы в Берне (Швейцария) собрались ученые 18 стран.

Впервые основные принципы международного экологического сотрудничества были обобщены в Декларации Стокгольмской конференции ООН (1972). В современном понимании они изложены в Декларации конференции ООН в Рио-де-Жанейро (1992). Эти принципы включают, в частности, следующие идеи:

- люди имеют право на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с Природой;
- развитие на благо нынешнего поколения не должно осуществляться во вред интересам развития будущих поколений и во вред окружающей среде;
- государства имеют суверенное право разрабатывать свои собственные ресурсы, но без ущерба окружающей среде за пределами их границ;
- искоренение нищеты и неравенства в уровне жизни в различных частях мира необходимо для обеспечения устойчивого роста и удовлетворения потребностей большинства населения;
- государства сотрудничают в целях сохранения, защиты и восстановления целостности экосистем: Земли;
- государства развивают и поощряют информированность и участие населения путем предоставления широкого доступа к экологической информации;
- государства принимают эффективные национальные законы по окружающей среде;
- экологическая политика не должна использоваться для неоправданного ограничения международной торговли;
- тот, кто загрязняет окружающую среду, должен нести и финансовую ответственность за это загрязнение;
- государства уведомляют друг друга о стихийных бедствиях или деятельности, которые могут иметь вредные трансграничные последствия;
- война неизбежно оказывает разрушительное воздействие на процесс устойчивого развития.

9.2 Формы международного сотрудничества в области природопользования и охраны окружающей среды

Формы международного сотрудничества в области охраны окружающей среды различны:

- международные организации по охране природы;
- международные договоры, соглашения, конвенции;
- государственные инициативы по международному сотрудничеству.

Международные организации по охране природы. В настоящее время в мире функционирует более 100 различных международных организаций, занимающихся вопросами экологии.

Наиболее авторитетная международная межправительственная из них – **Организация Объединенных Наций (ООН)**. Одно из важнейших

направлений ее деятельности – сотрудничество в области охраны природы. ООН рассматривает важные вопросы на Генеральной Ассамблее, принимает резолюции и декларации, проводит международные совещания и конференции. ООН разработала и приняла специальные принципы охраны окружающей человека среды, в частности, в Декларации Стокгольмской конференции ООН (1972 г.) и во Всемирной Хартии природы (1982 г.).

При ООН функционируют специализированные международные организации по охране окружающей среды.

Специальный орган ООН по окружающей среде (ЮНЕП) осуществляет долгосрочную программу по охране окружающей среды, для финансирования которой Генеральная Ассамблея ООН создала Фонд окружающей среды.

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) осуществляет программу «Ядерная безопасность и защита окружающей среды».

Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) занимается организацией исследования окружающей среды и ее ресурсов, ею одобрены программы «Человек и биосфера», «Человек и его окружающая среда».

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) занимается проблемами гигиены окружающей среды, борьбы с загрязнением атмосферного воздуха.

Всемирная метеорологическая организация (ВМО) занимается изучением климата.

Всемирная организация продовольствия (ФАО) занимается вопросами продовольственной безопасности отдельных стран и всего мира.

Важная роль в решении экологических проблем принадлежит международной неправительственной организации – *Международному союзу охраны природы и природных ресурсов (МСОП)*, который содействует сотрудничеству между правительствами, национальными и международными организациями, а также отдельными лицами по вопросам защиты природы и охраны природных ресурсов. МСОП подготовил Международную Красную книгу (10 томов).

Вопросами сохранения биологического разнообразия активно занимается *Всемирный фонд дикой природы (ВВФ)*.

Главным направлением деятельности международной общественной организации «Гринпис» является противодействие радиоактивному загрязнению окружающей среды.

Римский клуб (РК) — международная неправительственная организация, которая внесла значительный вклад в изучение перспектив развития биосферы и пропаганду идеи необходимости гармонизации отношений Человека и Природы.

Основная форма ее деятельности — организация крупномасштабных исследований по широкому кругу вопросов, преимущественно в социально-экономической области.

Римский клуб положил начало работам по исследованию проблем, названных «Глобальной проблематикой». Членство в Римском клубе ограничено (100 чел.). Это люди, не занимающие официальные правительственные посты и не представляющие интересы каких-либо стран.

Международный экологический суд (МЭС) был учрежден по инициативе юристов на конференции в Мехико в ноябре 1994 г. В практической экологической деятельности мирового сообщества возникают споры, требующие соответствующего компетентного разрешения. Состав судей включает 29 юристов-экологов из 24 стран, в том числе представителя России.

Большинство международных неправительственных организаций занимается вопросами охраны отдельных природных объектов или видов природных ресурсов. К ним относятся Международный совет по охране птиц, Международная федерация по охране альпийских районов, Европейская федерация по охране вод и т. п.

Международные договоры, соглашения, конвенции – важный инструмент сотрудничества. Различаются договоры общие и специальные, многосторонние и двусторонние, глобальные и региональные. Готовятся и рассматриваются они по инициативе отдельной страны (стран) или международной организации.

Общие международно-правовые договоры могут затрагивать и вопросы окружающей природной среды. Например, в договорах о режиме государственной границы, как правило, имеются статьи, посвященные режиму приграничных водоемов, охране растительности, животного мира.

Специальные природоохранные международные договоры содержат статьи только об охране окружающей среды.

К *глобальным договорам* относятся Конвенция о запрещении военного или любого иного враждебного использования средства воздействия на природную среду (1977 г.), Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (1979 г.), Конвенция об охране мигрирующих видов диких животных (1979 г.).

В числе *региональных договоров* можно назвать договоры об использовании и охране Дуная, Черного моря; договоры европейских стран (ЕЭС); Африканскую конвенцию по охране природы и природных ресурсов (1968 г.); Конвенцию по охране Средиземного моря от загрязнения (1976 г.); Конвенцию об охране морских живых ресурсов Антарктики (1980 г.); Соглашение об охране полярного медведя (1974 г.); Конвенцию о рыболовстве в северо-восточной части Атлантического океана (1959 г.); Конвенцию о рыболовстве и сохранении живых ресурсов в Балтийском море и Датских проливах (1973 г.); Соглашение о сотрудничестве по борьбе с загрязнением Северного моря нефтью (1969 г.).

Особое значение имеют международные договоры об ограничении, сокращении и запрещении испытаний ядерного, бактериологического, химического оружия в различных средах и регионах. В 1996 г. в ООН

торжественно подписан Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний.

Результатом международного экологического сотрудничества является заключение международных договоров, соглашений, конвенций. Среди них такие важные, как:

Базельская конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их утилизации (1989 г., Базель, Швейцария). Цели: обязательства сторон по сокращению трансграничного перемещения отходов, включенных в перечень Конвенции; максимальное снижение объема и токсичности опасных отходов, обеспечение экологичного использования; оказание помощи развивающимся странам в утилизации опасных отходов.

Венская конвенция о гражданской ответственности за ядерный ущерб (1963 г., Вена, Австрия). Цели: установление некоторых минимальных норм для обеспечения финансовой защиты от ущерба, возникающего в результате определенных видов мирного использования ядерной энергии, а также развитие дружеских отношений между нациями независимо от различий их конституционных и социальных систем.

Венская конвенция об охране озонового слоя (1985 г., Вена, Австрия). Цели: защита и охрана здоровья людей и окружающей среды от неблагоприятных воздействий, связанных с изменениями в озоновом слое.

Конвенция о биологическом разнообразии (1992 г., Рио-де-Жанейро, Бразилия). Цели: сохранение биологического разнообразия, устойчивое использование компонентов биологического разнообразия, справедливое распределение преимуществ от использования генетических ресурсов.

Конвенция о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение, главным образом в качестве местобитаний водоплавающих птиц (Рамсарская конвенция). Цели: приостановка нарастающего освоения и утраты водно-болотных угодий; признание их экологической, экономической, культурной, научной и рекреационной ценности.

Конвенция о запрещении военного или любого иного враждебного использования средств воздействия на природную среду (1977 г., Женева, Швейцария). Цели: упрочение мира, прекращение гонки вооружений, достижение всеобщего и полного разоружения под строгим международным контролем, устранение опасности для человечества военного или любого враждебного использования средств воздействия на природную среду.

Конвенция о международной торговле видами дикой фауны, и природы, находящимися под угрозой исчезновения (СИТЕС, 1973 г., Вашингтон, США). Цели: охрана отдельных видов, находящихся под угрозой исчезновения, от переэксплуатации, ввод системы таможенного контроля.

Конвенция о трансграничном воздействии промышленных аварий (1992 г., Хельсинки, Финляндия). Цели: защита людей и окружающей среды от промышленных аварий путем предотвращения таких аварий, насколько это возможно, уменьшения их частоты и серьезности, смягчения их воздействия.

Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие

расстояния (1979 г., Женева, Швейцария). Цели: защита людей и окружающей среды от загрязнения воздуха; ограничение, постепенное сокращение и предотвращение загрязнения воздуха, включая трансграничное загрязнение.

Конвенция об охране дикой фауны и флоры и природных сред обитания в Европе (1979 г., Берн, Швейцария). Цели: сохранение дикой фауны и флоры и их природных сред обитания, особенно тех видов и местообитаний, охрана которых требует сотрудничества ряда государств; содействие такому сотрудничеству.

Конвенция об охране мигрирующих видов диких животных (1979 г., Бонн, Германия). Цели: охрана видов диких животных, мигрирующих через национальные границы.

Конвенция об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (1991 г., ЭСПО, Финляндия). Цели: содействие устойчивому экономическому развитию; использование оценки воздействия на окружающую среду в качестве предупредительной меры против трансграничной деградации окружающей среды.

Конвенция ООН по морскому праву (1982 г. Монтего Бей, Ямайка). Цели: создание нового правового режима в отношении окружающей среды морей и океанов, принятие правил природоохранных стандартов и положений, касающихся загрязнения морской среды.

Конвенция по борьбе с опустыниванием (1994 г., Париж, Франция). Цели: борьба с опустыниванием и ликвидация последствий засухи в странах, которые подвергаются опустыниванию, использование засушливых земель.

Конвенция по защите Черного моря от загрязнения (1992г., Бухарест, Румыния). Цели: решение экологических и природоохранных проблем на международном уровне по предотвращению и уменьшению загрязнения морских вод Черного моря.

Межправительственное соглашение государств – участников Содружества Независимых Государств о взаимодействии в области экологии и охраны окружающей природной среды (1992 г., Москва). Цели: принятие согласованных правовых актов в области экологии и охраны окружающей среды, а также согласованных стандартов и экологических нормативов, обеспечивающих экологическую безопасность и благополучие каждого человека.

Рамочная Конвенция ООН об изменении климата (1992 г., Нью-Йорк, США). Цели: стабилизация концентрации в атмосфере парниковых газов на уровне, который предотвратит антропогенное вмешательство в систему формирования климата.

Соглашение о сотрудничестве в области изучения, разведки и использования минерально-сырьевых ресурсов (1997 г., Москва). Цели: развитие взаимодействия в экономической и научно-технической сферах, совершенствование механизма научных, производственных и экономических связей; эффективное решение проблем изучения, разведки и рационального использования минерально-сырьевых ресурсов, геоэкологии и охраны

окружающей среды.

Соглашение по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (1992г., Хельсинки, Финляндия). Цели: принятие национальных и международных мер по охране, рациональному использованию трансграничных вод.

Стратегия защиты окружающей среды Арктики (1991г., Рованиemi, Финляндия). Цели: сотрудничество в области научных исследований по уточнению источников, путей переноса, выпадений и влияния на регион основных загрязнителей; осуществление и усиление мер контроля за загрязняющими веществами; оценка потенциального воздействия на окружающую среду региона, охрана арктической флоры и фауны, биоразнообразия и местообитаний, интегрирование арктических интересов в глобальный природоохранный процесс.

Первым международным документом, использующим рыночный механизм для решения глобальных проблем изменения климата, был Протокол о сокращении выбросов парниковых газов, подписанный в 1997 г. в Киото главами 55 государств. На сегодня среди стран – участниц *Киотского протокола* доля выбросов Японии составляет 6,7%, России – 16,75%, стран ЕС – 23%, США – 33,6%.

В условиях ухудшающегося экологического состояния различных территорий и стран, нарастающего глобального потепления климата на Земле должны получить дальнейшее развитие направления и формы международного сотрудничества в области охраны окружающей среды и использования природных ресурсов.

Государственные инициативы по международному сотрудничеству в области охраны окружающей среды также имеют важное международное значение. Нашей страной выдвинут целый ряд конструктивных предложений по международному сотрудничеству в целях экологической безопасности, например, по защите морской среды Балтики (г. Мурманск, 1987 г.), по природоохранному взаимодействию в Азиатско-тихоокеанском регионе (г. Красноярск, 1988 г.), по координации усилий в области экологии под эгидой ООН (43 сессия Генеральной Ассамблеи ООН, 1988 г.). Международное сотрудничество в области охраны окружающей природной среды влияет на национальное законодательство. Здесь действует принцип приоритета международно-правовой нормы над нормой национального права.

Международные принципы охраны окружающей среды. Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды регулируется международным экологическим правом. В его основе лежат общепризнанные мировым сообществом принципы и нормы. В истории становления основных экологических принципов международного сотрудничества можно выделить следующие важнейшие этапы.

Конференция ООН по проблемам окружающей человека среды (Стокгольм, 1972 г.). По итогам работы конференции была принята Декларация, в которой определялись стратегические цели и направления действий мирового сообщества в области охраны окружающей среды.

Декларация содержала 26 основных принципов охраны окружающей человека среды.

Кроме того, 5 июня был провозглашен Всемирным днем окружающей среды. Был образован постоянно действующий орган ООН по окружающей среде (ЮНЕП) со штаб-квартирой в г. Найроби (Кения).

Всемирная хартия природы (ВХП), одобренная Генеральной Ассамблеей ООН (1982 г.). В ней вновь были подтверждены и развиты важнейшие принципы международного сотрудничества в области охраны окружающей среды. Таких принципов стало 27. Всемирная хартия природы определила приоритетные направления экологической деятельности международного сообщества на тот период.

Конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.). В ней приняли участие 114 глав государств, представители 1600 неправительственных организаций. Это крупнейший экологический форум в истории человечества. Впервые главы государств и правительств разных стран договорились о путях решения важнейших глобальных; экологических проблем, включая кардинальные изменения в экономике и социальной сфере. Впервые был общепризнан приоритет экологических интересов человечества над экономическими.

На конференции были одобрены пять основных документов: Декларация РИО об окружающей среде и развитии; Повестка дня на XXI в.; Заявление о принципах управления, сохранения и устойчивого развития всех типов лесов; Рамочная конвенция по проблеме изменений климата; Конвенция по биологическому разнообразию.

Одним из важнейших итогов Конференции было принятие *концепции (стратегии) устойчивого развития*. Под устойчивым развитием понимается одновременное решение проблем экономики и экологии. Цель стратегии – не заменяя национальных программ охраны окружающей среды, дать основные ориентиры.

Всемирный саммит по устойчивому развитию «Рио+10» (Йоханнесбург (ЮАР), 2002 г.). На саммите были подведены итоги первого десятилетия движения мирового сообщества по пути устойчивого развития. По данным ООН, многие решения по охране окружающей среды, принятые в Бразилии, оказались невыполненными, глобализация не принесла пользы большей части человечества, несмотря на общий экономический подъем, помощь развивающимся странам сократилась. Одним из принятых на саммите итоговых документов стал «План борьбы с бедностью и сохранения окружающей среды».

Контрольные вопросы

1. Какие организации осуществляют международное сотрудничество в области охраны окружающей среды?
2. Какие в настоящее время действуют международные экологические программы?

3. В чем заключается деятельность международных экологических организации и фондов?
4. На каких принципах организовано международное сотрудничество?
5. Каковы основные задачи международных организаций?

Список используемой литературы

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. Человек-Экономика-Биота-Среда: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 566 с.
2. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов /С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В. Белова. 2-е изд., испр. и доп.- М.: Высш.шк., 1999. – 448 с.
3. Безопасность жизнедеятельности /Н.Г Занько, Г.А. Корсаков, К.Р. Малаян и др. Под ред. О.Н. Русака. – С.-Пб.: Изд-во Петербургской лесотехнической академии, 1996. – 293с.
4. Бородин Ю.В., Гусельников М.Э. Промышленная экология: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. - 120 с.
5. Васюков В.М., Иванова А.В. Экология. Курс лекций. - Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2008. - 180 с.
6. Горелов А.А. Экология: Учеб. пособие. – М.: Центр, 1998. – 118с.
7. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России: Уч. и справочное пособие. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 575 с.
8. Мазур И.И., Молдованов О.И. Курс инженерной экологии: Учеб. для вузов /Под ред. И.И. Мазура. – М.: Высш.шк., 1999. – 447 с.
9. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология: Учеб. для вузов / Под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высш.шк., 2001. – 273с.
10. Бринчук М.М. Экологическое право (право окружающей среды): Учебник для высших юридических учебных заведений. – М.: Юристъ, 1998. – 688с.
11. Безопасность и экологичность объекта дипломного проекта: Метод. указание /Сост. Горина Л.Н. – 1998.- 25 с.
12. Горина Л.Н. Экологический практикум: Учеб.пособие. – Тольятти: ТолПИ, 1999. – 36с.
13. Горина Л.Н. Экологическая экспертиза объекта: Учеб. пособие. – Тольятти: ТолПИ, 1996. – 18с.
14. Горина Л.Н. Экологический мониторинг жилого района: Метод. указания. – Тольятти: ТолПИ, 1997. – 18с.
15. Горина Л.Н. Экологические правонарушения и ответственность: Учеб. пособие. – Тольятти: ТГУ, 2002. – 40с.
16. Шайкенова О.В. Мониторинг и регулирование воздействия техногенеза на экологию города. Учебное пособие. – Тольятти, Форум В, 2001.- 209 с.
17. Шилов И. А. Экология. — М.: Высшая школа, 1998. — 512 с.