

П. П. Власов, М. В. Орлова, Н. В. Тарасенков

Краткий курс экологии

Министерство науки и образования Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования
«Санкт – Петербургский государственный университет технологии
и дизайна»
Кафедра инженерной химии и промышленной экологии

П. П. Власов, М. В. Орлова, Н. В. Тарасенков

Краткий курс экологии

Утверждено Редакционно-издательским советом Университета
в качестве учебного пособия

Санкт-Петербург

2010

УДК 574(075.8)
ББК 20.1я73
В58

Рецензенты:

ученый секретарь Санкт-Петербургского научно-исследовательского центра
экологической безопасности РАН, кандидат географических наук
В. З. Родионов;
доцент Санкт-Петербургского Северо-Западного государственного заочного
технического университета, кандидат технических наук
Л.П. Рамзаева

Власов, П. П.
В58 Краткий курс экологии: учебное пособие/П. П. Власов, М. В. Орлова,
Н. В. Тарасенков. – СПб.: СПГУТД, 2010. – 134 с.

ISBN 978-5-7937-0543-1

Представленное учебное пособие включает разделы, содержащие основы общей экологии, сведения о строении и свойствах геосфер Земли и антропогенном загрязнении атмосферы, гидросферы и почв, экологической безопасности и здоровье человека, а также основы рационального природопользования и экономического и правового регулирования природопользованием.

Уделено внимание формированию экологии как самостоятельной науки, раскрыты основные понятия и обобщены сведения по основным разделам экологии (аутэкологии, демэкологии и синэкологии), рассмотрены концепции существования экологической системы и ее глобальной составляющей – биосферы Земли.

Дана краткая характеристика влияния антропогенной деятельности на природную среду.

Учебное пособие «Краткий курс экологии» предназначено для студентов всех специальностей дневной, очно-заочной и заочной форм обучения.

УДК 574(075.8)
ББК 20.1я73

ISBN 978-5-7937-0543-1

© ГОУ ВПО «СПГУТД», 2010
© П. П. Власов, М. В. Орлова,
Н. В. Тарасенков, 2010

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивная хозяйственная деятельность человека приводит к разрушительному воздействию на окружающую среду, которое выражается в преобразовании естественных систем и в загрязнении почвы, воды, воздуха, что является основными признаками экологических кризисов.

Человек всегда воздействовал на окружающую природную среду и сам менялся вместе с ней, но медленно и постепенно. Теперь в результате научно-технической революции изменения нарастают с такой стремительностью, что общество не успевает к ним приспособиться.

Фактически «качество жизни», «качество человеческой среды» и «качество трудовой жизни» рассматриваются в тесной взаимосвязи.

Связь этих категорий подчеркивает необходимость особого рассмотрения отношения экономики и экологии, вернее, разумного освоения природы посредством труда и целостного воздействия новой технологии на положение человека в трудовой среде и его отношение к природе.

Деятельность человека на современном этапе развития сопоставима с геологическими и другими глобальными причинами изменения лика Земли. Нужно выяснить, что обществу запрещено природой, что может подорвать стабильность биосферы, разрушить те условия, при которых люди только и могут жить.

Человечество сможет обеспечить свою будущность только в том случае, если возьмет на себя ответственность за развитие биосферы в целом – переход к ноосфере. Ноосфера есть целостная система, включающая человечество, производство, природу. Эта система развивается на основе новых социальных законов в интересах настоящего и будущего человечества. Такое всестороннее гармоническое развитие предполагает управление системой в целом, опирающееся на глубокое знание ее естественно-исторических закономерностей.

Генеральная Ассамблея ООН приняла Всемирную хартию природы, в которой подчеркнуто, что человечество является частью природы и его жизнь зависит от непрерывного функционирования природных систем, являющихся источником энергии и питательных веществ. Любая форма жизни уникальна, и человек должен признать это и руководствоваться моральным кодексом поведения: он должен в полной мере осознавать необходимость сохранения равновесия и качества природы.

Высокообразованный специалист обязан видеть последствия влияния профессиональной деятельности на окружающую среду и здоровье человека, осознать ценность всего живого и невозможность выживания человека без биосферы, знать основы законодательства Российской Федерации об охране окружающей среды. Он должен обладать достоверными, научно обоснованными сведениями экологического характера, которые позволят трансформировать экологическую культуру (экологическую этику) на все сферы человеческой деятельности и сформировать новое мировосприятие и систему ценностей в постиндустриальном обществе.

Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОБЩЕЙ ЭКОЛОГИИ

1.1 ЭТАПЫ СТАНОВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИИ

Первый этап – примитивные знания. Возникновение сельского хозяйства: были сделаны первые попытки одомашнивания диких животных. Человек заметил, что разные виды животных связаны с определенными условиями, их численность зависит от урожая семян и плодов. Севооборот сельскохозяйственных культур применяли в Египте, Китае и Индии 5 тысячелетий назад.

Второй этап – продолжение накопления фактического материала античными и средневековыми учеными. Например, **Аристотель** (384-322 лет до н.э.) в «Истории животных» описал более 500 видов животных, классифицируя их по образу жизни. Его ученик и преемник **Теофраст** (287-372 лет до н.э.) описал 500 видов растений. Теофраст сделал ботанику самостоятельной наукой, отделив ее от зоологии. Теофраст впервые разделил покрытосеменные растения на жизненные формы: деревья, кустарники, полукустарники и травы.

В средние века в Европе произошел откат человеческой мысли далеко назад, все приписывалась воле бога. Научные сведения, содержащиеся в единичных работах, имеют прикладной характер в описании целебных трав, культивируемых растений и животных, как-то: "Зеркало вещей" **Венсенна де Бове** (XIII век), "Поучение Владимира Мономаха"(XI), "О поучениях и сходствах вещей" доминиканского монаха **Иоанна Сиенского** (XIV). К известным ученым этого периода относятся **Разес** (850—923) и **Авиценна** (980-1037).

Третий этап – описание и систематизация колоссального фактического материала после средневекового застоя – начался с великими географическими открытиями в эпоху Возрождения XIV-XVI веков и колонизацией новых стран.

Первые систематики: **А. Цезальпин** (1509-1603), **Д. Рей** (1623-1705), **Ж. Турнефор** (1656-1708), отмечали зависимость растений от условий среды и мест произрастания. **Жорж Леклерк Бюффон** (1707-1788) в «Естественной истории» писал о влиянии климата на животные организмы. Известный английский химик **Р. Бойль** (1627-1691) поставил первый экологический эксперимент по влиянию низкого атмосферного давления на развитие животных, а **Ф. Реди** экспериментально доказал, что самозарождение сложных животных невозможно. **Антон ван Левенгук**, изобретший микроскоп, был первым в изучении трофических цепей и регуляции численности организмов.

В первой половине XVIII века **Карл Линней** создал таксономическую систему животных и растений, которой ботаники пользуются и поныне. Главный труд К. Линнея – "Виды растений" вышел в 1753 г., в котором

приводятся целебные и ядовитые свойства многих растений. Кроме флоры, он прекрасно знал фауну, почвы, минералы, человеческие расы, болезни.

Жан Батист Ламарк (1744-1829) открыл эволюцию жизни. Ламарк был последователем К. Линнея и составил классификацию животных ("Философия зоологии"), отражающую происхождение – эволюцию животных, выбрав в качестве признаков внутреннее строение (отделил беспозвоночных от позвоночных) и строение нервной системы.

Альфонс де Кандоль (1806-1895) в «Ботанической географии» описывал влияние абиотических факторов на растительные организмы.

Большой вклад в развитие экологических представлений в это время внесли и российские ученые такие, как **М.В. Ломоносов** (1711-1765), его сподвижник **С.П. Крашенинников** (1711-1755), **П.С. Паллас** (1741-1811), **И.И. Лепехин** (1740-1802).

Петр Симон Паллас в работе «Зоогеография» описал образ жизни 151 млекопитающих и 426 видов птиц и его считают одним из основателей «экологии животных».

М.В. Ломоносов рассматривал влияние среды на организм. Он в работе «О слоях земных» (1763) писал, что «...напрасно многие думают, что все, что мы видим, сначала создано творцом...». Ломоносов конструировал условия их существования в прошлом и опроверг теорию катастроф Ж. Кювье.

Русский малоизвестный ученый **А.А. Каверзнев** издал в 1775 г. книгу «О перерождении животных», в которой с экологических позиций рассматривал вопрос об изменениях животных и сделал вывод об их едином происхождении.

Четвертый этап ознаменовал начало в становлении экологии. В начале XIX в. выделяются в самостоятельные отрасли: экология растений и экология животных. Основы биогеографии заложены **Александром Гумбольдтом** (1769-1859). В книге «Идеи географии растений» (1807) он ввел ряд научных понятий, которые используются экологами и сегодня (экобиоморфа растений, ассоциация видов, формация растительности и др.).

В 1832 г. **О. Декандоль** обосновал необходимость выделения новой отрасли наук "Эпирреалогии". Он писал: "...Растения не выбирают условия среды, они их выдерживают или умирают. Каждый вид, живущий в определенной местности, при известных условиях представляет как бы физиологический опыт, демонстрирующий нам способ воздействия теплоты, света, влажности и столь разнообразных модификаций этих факторов..."

Пятый этап – становление эволюционной экологии. Профессор Московского университета **Карл Францович Рулье** (1814-1858) четко сформулировал мысль о том, что развитие органического мира обусловлено воздействием изменяющейся внешней среды: "...Ни одно органическое существо не живет само по себе; каждое вызывается к жизни и живет только постольку, поскольку находится во взаимодействии с относительно внешним для него миром. Это закон общения или двойственности жизненных начал, показывающий, что каждое существо получает возможность к жизни частью от себя, а частью из внешности...". Он ближе всех подошел к эволюционной

теории Дарвина, но прожил всего 44 года... Его идеи развил ученик **Н.А. Северцев** (1827-1885), опубликовавший в 1855 г. работу «Периодические явления в жизни зверей, птиц и гадов Воронежской губернии».

Важнейшей вехой в развитии экологических представлений о природе явился выход знаменитой книги **Чарльза Дарвина** (1809-1882) о происхождении видов путем естественного отбора, жесткой конкуренции. Это великое открытие в биологии явилось мощным толчком для развития экологических идей. Немецкий зоолог **Эрнст Геккель** (1834-1919) в 1866 г. предложил термин для новой науки – «**экология**». В 1895 г. датский ученый **Е. Варминг** (1841-1924) ввел термин «экология» в ботанику для обозначения самостоятельной научной дисциплины – экологии растений.

Шестой этап. Теория Ч. Дарвина дала большой толчок развитию аутэкологического направления – изучение естественной совокупности видов, непрерывно перестраивающихся применительно к изменению условий среды, со второй половины середины XIX и до середины XX века было господствующим.

В 1877 г. немецкий гидробиолог **Карл Мебиус** (1825-1908) на основе изучения устричных банок в Северном море разработал учение о биоценозе, как сообществе организмов, которые через среду обитания теснейшим образом связаны друг с другом.

Учение о растительных сообществах, благодаря **С.И. Коржинскому** (1861-1900) и **И.К. Пачоскому** (1864-1942) выделилось в фитосоциологию, или фитоценологию, позднее в геоботанику. Исключительно велики заслуги **В.В. Докучаева** (1846-1903). Он создал учение о природных зонах и учение о почве, как особом биокосном теле (системе). Показал, что почва - это неотъемлемый компонент практически всех экосистем суши нашей планеты.

Георгий Федорович Морозов (1867-1920) в труде "Учении о лесе" дал первое научное определение леса, как географического фактора – глобального аккумулятора солнечной энергии, влияющего на климат, почвы, на уровень кислородного и углеродного баланса планеты и регионов.

Особенно широко исследования надорганизменного уровня стали развиваться с начала XX века. Повсеместно стали создаваться разные научные общества и школы: ботаников, фитоценологов, гидробиологов, зоологов, и т.д.,

Ф. Клементс (1916 г) показал адаптивность биоценозов. **Тинеманн** (1925 г) ввел понятие "продукция". **Ч. Элтон** (1927 г.) выделил своеобразие биоценологических процессов, ввел понятие экологическая ниша, сформулировал правило экологических пирамид. К 30-ым годам XX столетия были созданы разные классификации растительности на основе морфологических, эколого-морфологических и динамических характеристик фитоценозов (**К. Раункиер** – Дания, **Г. Ди Рюе** – Швеция, **И. Браун-Бланке** – Швейцария). Изучались структура, продуктивность сообществ, получены представления об экологических индикаторах (**В.В. Алехин**, **Б.А. Келлер**, **А.П. Шенников**).

Большой вклад в экологию внесли **Е.Н. Синская** (экологический и географический полиморфизм видов растений), **И.Г. Серебряков** (новая классификация жизненных форм растений), **Л.Г. Раменский** (закон индивидуальности видов и теория экологического континуума), **М.С. Гиляров** (почва – переходная среда в завоевании членистоногими суши), **С.С. Шварц** (эволюционная экология палеоэкология), и др.

В 1926 г. была опубликована книга **В.И. Вернадского** "Биосфера", в которой впервые показана планетарная роль биосферы, как совокупности всех видов живых организмов.

Период синэкологических исследований (с 1936 г. до наших дней).

Седьмой этап отражает новый подход к исследованиям природных систем – в основу его положено изучение процессов материально-энергетического обмена, формирование общей экологии, как самостоятельной науки. **Г. Гаузе** в начале 40-х годов прошлого столетия провозгласил принцип конкурентного исключения, указав на важность трофических связей, как основного пути для потоков энергии через природные системы. Вслед за Гаузе, в 1935 г. английский ботаник **Артур Тенсли** ввел понятие экосистемы.

В общей экологии с этого времени четко выделились два направления – аутэкология и синэкология (от греч. приставки «син», означающей «вместе»), или биоценологии, исследующей взаимоотношения популяций, сообществ и экосистем со средой. Термин «синэкология» был предложен швейцарским ботаником **Шретером** в 1902 году. На 3 Международном ботаническом конгрессе в Брюсселе в 1910 году ботаники наряду с другими вопросами обсуждали программу экологических исследований. Был поставлен вопрос о разделении экологии на два раздела: экологию особей и экологию сообществ.

Почти одновременно с А.Тенсли, **В.Н. Сукачев** в 1942 г., следуя Г.Ф. Морозову, разработал систему понятий о лесном биогеоценозе, как о природной системе, однородной по всем параметрам.

Р. Линдеманом были изложены основные методы расчета энергетического баланса экологических систем.

Восьмой этап. В современной биосфере одним из наиболее значимых факторов, определяющих ее состояние, стала деятельность человека. Возникающие в связи с этим проблемы выходят за рамки экологии как биологической науки, приобретают направленный социальный и политический характер.

Крупный российский ученый-теоретик, наш современник **Н.Ф. Реймерс** (1931-1993) общую экологию представил, как вершину естествознания – мегаэкологию, вокруг которой концентрируются другие научные дисциплины, связанные с актуальными проблемами цивилизации и угрозой экологического кризиса. Другой российский ученый – **Н.Н. Моисеев** (1917-2000), специалист в области системного анализа, моделирования и прогнозирования считает, что дальнейшее развитие цивилизации должно происходить через коэволюцию (совместную эволюцию) человеческого общества и биосферы – к ноосфере.

1.2 ПРЕДМЕТ, ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ЭКОЛОГИИ

Термин «экология» образован от двух греческих слов (ойкос – «дом» и логос – «понятие, учение, наука») и означает в буквальном смысле «наука о местообитании». В 1866 году вышел в свет фундаментальный труд немецкого зоолога Эрнста Геккеля «Всеобщая морфология организмов», в котором впервые дано общее определение экологии, как суммы знаний по совокупности взаимоотношений живых организмов с окружающей средой, как органической, так и неорганической.

Экология изучает закономерности взаимоотношений и взаимосвязей отдельных особей и их популяций между собой и с неорганической природой. Экология рассматривает в основном те стороны взаимодействия организмов со средой, которые определяют развитие, размножение и выживание особей, структуру и динамику популяций и сообществ, их роль в протекающих в экологических системах процессах. Специфическая задача экологии состоит в изучении живой природы на уровне экологических систем – сообществ растений, животных и микроорганизмов в их взаимосвязи друг с другом и с неорганической средой обитания.

Сегодня экология перестала быть чисто естественной биологической наукой, это – комплексная социоприродная наука. Экология – наука, использующая данные самых разных дисциплин, в том числе: биологии, географии, геологии, физики, химии, генетики, математики, астрономии и многих других.

Человек для природы – всего лишь один из многочисленных видов живых существ. В то же время силы, которыми в настоящее время располагает и пользуется человечество, уже частично сравнялись, а в некоторых областях превысили по своему масштабу ряд естественных природных процессов. Следствием этого становятся разнообразные проблемы, возникающие из-за непонимания и неприятия человеком законов окружающего мира, и приводящие к несбалансированности развития цивилизации. Некоторые из этих проблем – загрязнение окружающей среды, истощение ресурсов, вмешательство в структуру экосистем – уже вышли за рамки локальных процессов и угрожают благополучию не только самого человека, но и всей биосферы. Решение возникших экологических проблем – мирное сосуществование человеческого общества и природы, при котором на основе научного знания и экологически ориентированной этики должна быть разумно перестроена жизнь и отдельного человека, и общества в целом.

Экологическая наука развивается в двух направлениях: в виде теоретической и прикладной экологии. Теоретическая экология рассматривает взаимодействие живого вещества (микроорганизмов, растений и животных, в том числе человека) с окружающей его средой, которую условно определяют как совокупность биотических и абиотических факторов. Совокупность изучаемого живого объекта и его среды обитания, которая связана с объектом непрерывным обменом веществом, энергией и информацией, принято обозначать термином «экологическая система».

Экосистемы различного уровня организации являются основным предметом изучения раздела экологии, называемого синэкологией.



Рисунок 1 – Структура современной экологии

В зависимости от рассматриваемого уровня организации живой материи выделяют следующие разделы теоретической экологии:

- *Аутэкология (экология организмов)*: рассматривает процессы существования отдельных особей, находящихся под действием факторов окружающей среды.
- *Демэкология (экология популяций)*: изучает популяции – группы, составленные из особей одного вида, и занимающие определенную территорию. При этом возникают проблемы изучения влияния внешних факторов и внутривидовых отношений на изменение состава и численности популяции.

- *Синэкология (экология сообществ)*: изучает системы, образуемые совместно обитающими на одной территории популяциями организмов различных видов. Популяции не могут существовать изолированно, они нуждаются в веществе, энергии, информации, пространстве и других ресурсах, без которых нет жизни. Вследствие этого одна популяция вступает во взаимоотношения с другими популяциями, образуя определенное устойчивое единство, которое называют сообществом или биоценозом.
- *Биогеоценотическая (географическая) экология*: изучает экологические системы, образованные сообществом живых организмов и занимаемым ими определенным жизненным пространством – биотопом. Экологические системы способны длительное время поддерживать вполне устойчивые формы взаимодействия между составляющими их элементами живой и неживой природы.
- *Биосферная (глобальная) экология*: изучает биосферу Земли, то есть самую крупную, глобальную экосистему планеты, образованной совокупностью всех экосистем планеты, которые имеются в пределах трех геосфер (атмосферы, гидросферы и литосферы). Живые организмы глобальной экосистемы составляют все разнообразие жизни на Земле.

Прикладная экология развивается в основном в научно-техническом и социально-экономическом направлениях. Эту область составляют такие дисциплины, как техника и технология защиты окружающей среды, промышленная экология, экономика природопользования, экологический менеджмент, охрана труда и промышленная безопасность, экологическая политика и право. Все эти направления тесно связаны с использованием разнообразных математических и информационных методов, например, при создании геоинформационных систем (ГИС). Присутствуют в прикладной экологии и естественнонаучные направления: физическая экология, экологическая химия, экологическая токсикология и др. Кроме того, при рассмотрении человека в структуре окружающего мира как общественно-техносферно-биологического субъекта сформировались такие прикладные экологические направления, как экология человека, социальная экология, экология этносов, экология городов.

Все направления развития экологических знаний призваны обеспечить решение основной проблемы – совмещения устойчивого существования биосферы и ее эволюционного развития с удовлетворением растущих потребностей человеческой цивилизации. Стратегической задачей экологии является познание законов природы, привлечение всех достижений научно-технического прогресса для создания предпосылок гармонизации взаимоотношений человеческого общества и природы, и разработка практических рекомендаций, направленных на оздоровление и поддержание надлежащего качества природной среды. Без этого невозможно нормальное существование всего ныне живущего на Земле и жизни как таковой в перспективе.

Экология, как и любая научная область, привлекает для решения своих задач определенные методы описания и исследования рассматриваемых объектов, процессов и явлений:

- *Метод наблюдений и описания фактов*, служащий для накопления и систематизации научной информации об окружающем мире.
- *Сравнительный метод*, основанный на анализе сходства и различий изучаемых объектов, направленный на установление общих закономерностей их строения, свойств и существования.
- *Исторический метод*, направленный на изучение хода развития исследуемых объектов и явлений.
- *Метод эксперимента*, призванный путем направленного воздействия на изучаемые объекты вызвать и исследовать их изменение, и на основе полученных данных выявить их свойства и закономерности существования.
- *Метод моделирования*, позволяющий описывать сложные природные явления относительно простыми моделями. Существуют реальные (натуральные, аналоговые) и идеальные (знаковые) модели. Знаковые модели могут быть концептуальными (вербальными, графическими) и математическими (аналитическими, численными). Именно на использовании моделей строятся все прикладные области экологии, в особенности социально-экономические методы, направленные на обоснование, выбор и принятие решений в экономике, технике, политике.

В самом широком смысле экология в настоящее время является не просто наукой, а представляет собой сложную междисциплинарную область знаний, фундаментом рационального использования и охраны природы и ее ресурсов. Экология становится основой поведения человека индустриального общества в биосфере.

1.3 ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Предметом рассмотрения экологии является окружающий мир и населяющие его организмы. Естественно, что крайне важным элементом в системе экологических знаний является вопрос о возникновении и последующем развитии как отдельных элементов природы, так и мира в целом.

В течение нескольких сотен миллионов, возможно – миллиардов лет происходило формирование планет Солнечной системы из первичного газопылевого облака, вращающегося вокруг Солнца. Рассмотрение процессов, происходивших в этот период и предшествовавших ему, выходит за рамки нашего предмета. В результате этого процесса образовались твердые планетные тела системы, в том числе планета Земля. Возраст Земли оценивается приблизительно в 5 млрд. лет.

Современная геологическая наука делит историю Земли на шесть крупных эр: догеологическую, продолжавшуюся 2,5 млрд. лет, архейскую (древнейшую) – 2 млрд. лет, протерозойскую (первичной жизни) – 1,3 млрд. лет, палеозойскую (древней жизни) – 450 млн. лет, мезозойскую (средней жизни) – 170 млн. лет и кайнозойскую (новой жизни) – 70 млн. лет.

В поздний период догеологической эры постоянно происходило излияние горячей лавы из недр и землетрясения в результате интенсивной вулканической деятельности. Мощный слой облаков закрывал солнечный свет, пневмоатмосфера была пропитана пылью. Примерно 4,5 млрд. лет назад из пневмоатмосферы стали выпадать жидкие осадки, которые быстро испарялись, но перед этим коренным образом изменяли рельеф твердой поверхности Земли.

Около 3,8 млрд. лет назад закончились процессы формирования первичной земной коры, состоящей из базальтов, океанов и морей, атмосферы. Первичная атмосфера включала водород, аммиак, водяные пары, метан и диоксид углерода, и обладала восстановительным характером, то есть принципиально отличалась от современной атмосферы, присутствие в которой свободного кислорода определяет ее окислительный характер (рисунок 2).

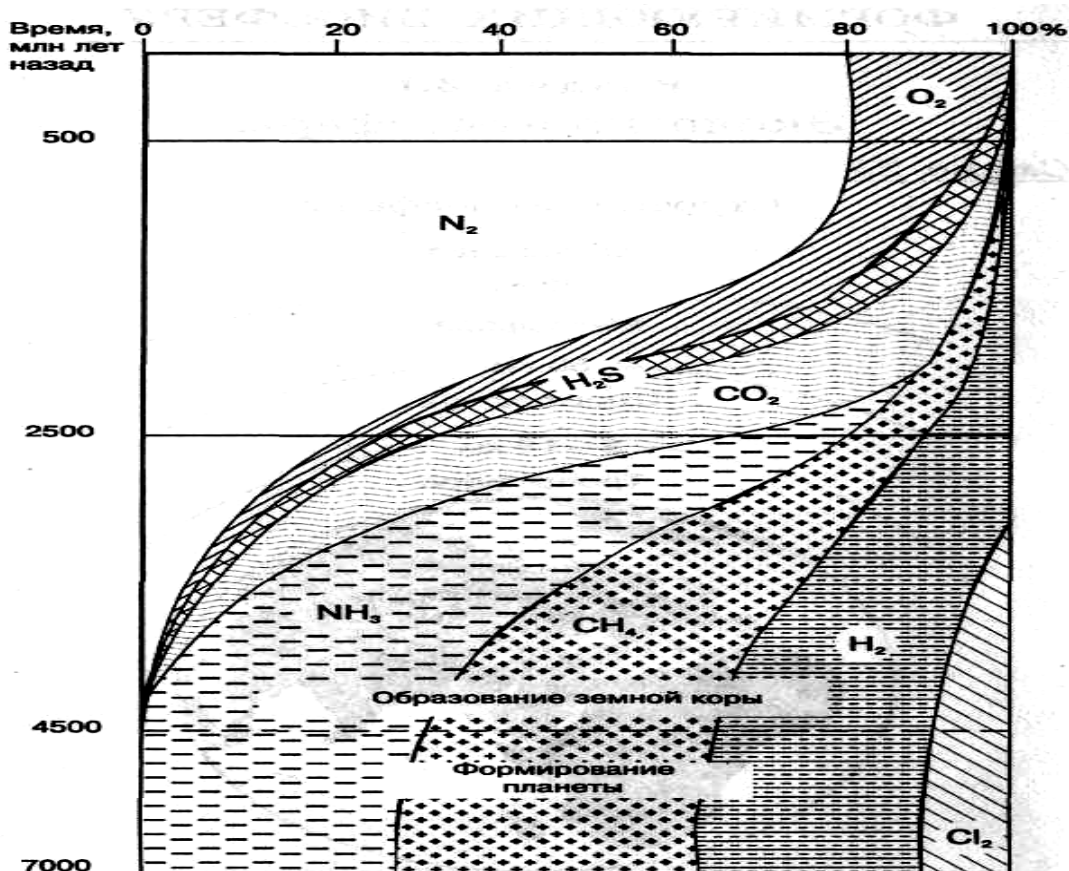


Рисунок 2 – Эволюция атмосферы Земли

В тот период истории Земли появились необходимые предпосылки для зарождения жизни. Древнейшие жизненные формы были подобны современным вирусам, то есть самым простым из существующих сейчас жизненных форм. Процессы их жизнедеятельности происходили за счет тепла, выделяемого из недр Земли, радиоактивности, а также солнечного и космического излучений. Значительно позднее появились бактерии и сине-зеленые водоросли, способные жить в условиях дефицита кислорода и жесткого излучения Солнца, достигавшего в ту пору поверхности земли и океана. Некоторые из этих первичных простейших одноклеточных организмов оказались способны в процессе жизнедеятельности выделять в окружающую среду кислород.

В результате их размножения и жизнедеятельности около 2 млрд. лет назад содержание кислорода в атмосфере Земли увеличилось до 0,2 %. Это соответствует первой точке Пастера, связанной с аэробной жизнью, то есть с живыми организмами, нуждающимися в кислороде. В отложениях того времени встречаются колонии одноклеточных и нитчатых форм водорослей.

Около 1,4 млрд. лет назад появились первые эукариоты (организмы, содержащие в клетке ядро); все предшествующие формы жизни не имели обособленного ядра в своих клетках.

В результате появления эукариот началось бурное развитие водных организмов. На дне мелководных морей начали появляться черви, кораллы, губки, иглокожие, морские звезды, моллюски, медузы.

В девонском периоде палеозойской эры появились предки плаунов, примитивные папоротники и хвощи (травянистые и голосеменные растения), а в конце девона возникли первые представители древесных пород.

Около 1 млрд. лет назад в результате развития и размножения разнообразных растительных организмов содержание кислорода в атмосфере увеличилось до 10% от современного – вторая точка Пастера. Это привело к формированию озонового слоя в атмосфере – области, в которой двухатомные молекулы кислорода разрушаются жестким ультрафиолетовым излучением Солнца, а из образовавшихся свободных атомов O и двухатомных молекул O_2 образуются трехатомные молекулы озона O_3 . Озон, в свою очередь, разрушается под действием менее жестких ультрафиолетовых лучей, снова образуя атомы и молекулы кислорода. Этот циклический процесс задерживает в относительно удаленных от поверхности земли слоях атмосферы опасное для живых организмов жесткое солнечное излучение, что дает возможность жизни существовать среди мелководья и выйти на сушу.

Просветление атмосферы и ее азотно-кислородный состав в ранний и средний период мезозоя обусловили эволюционный взрыв в развитии земной жизни: появление рыб, рептилий и птиц. Покрытосеменные растения, появившиеся позднее, в мезозойской эре, требовали значительного содержания кислорода в атмосфере, наличия в ней озонового слоя и достаточной солнечной радиации. Около 800 млн. лет до нашей эры – это возраст наиболее древних из достоверно датированных останков животных.

Около 410 млн. лет назад появились первые и наиболее успешные сосудистые наземные растения (прародители современных лесов). В позднем мезозое (в меловом периоде) зародились млекопитающие.

1.4 СВОЙСТВА ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА

Термин «живое вещество» был предложен русским ученым В.И. Вернадским в его труде «Биосфера». Под живым веществом Вернадский понимал всю совокупность живых организмов, противопоставляя его косному веществу, к которому он относил все геологические образования, не входящие в состав живых организмов и не созданные ими. Живое вещество неоднородно по составу и структуре. Любая живая система состоит из биологических макромолекул: нуклеиновых кислот (ДНК и РНК), белков, полисахаридов и других органических веществ. На молекулярном уровне происходят превращения веществ и энергии, передача наследственной информации. В то же время, жизни как таковой на этом уровне еще не существует.

По определению М. В. Волькенштейна: «Живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые, саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров – белков и нуклеиновых кислот». Живое вещество может образовывать сложные системы нескольких уровней организации (рисунок 3):

- *Клеточный уровень.* Клетка – это наименьшая структурная и функциональная единица развития живого организма, обладающая всеми необходимыми его свойствами.
- *Организменный уровень.* Отдельная особь является элементарной единицей организменного уровня. Организм может ограничиваться одной клеткой. В организмах сложных многоклеточных существ различные клетки объединены в органы и системы органов, которые специализируются для выполнения различных функций (например, пищеварения, дыхания).
- *Популяционно-видовой уровень.* Популяция – это совокупность организмов одного и того же вида, объединенная общим местом обитания. На уровне популяции осуществляются элементарные эволюционные преобразования. Вид – это совокупность всех популяций организмов, способных в силу своего биологического сходства давать жизнеспособное и плодовитое потомство.
- *Биогеоценотический уровень.* Биогеоценоз – динамическая устойчивая совокупность организмов разных видов и различной сложности организации во всем многообразии их связей между собой и с факторами среды обитания, относительно обособленный от прочих биоценозов, но связанный с ними химически и биологически за счет миграции веществ и организмов.

- *Биосферный уровень.* Биосфера есть совокупность всех биогеоценозов, она охватывает все явления жизни. На биосферном уровне происходит глобальный круговорот веществ и превращение энергии.

По выражению академика В.А. Энгельгарта, у живой материи практически нет таких отдельных свойств, каких не существовало бы у неживой материи. Живое вещество отличается от косного вещества только совокупностью особенностей.

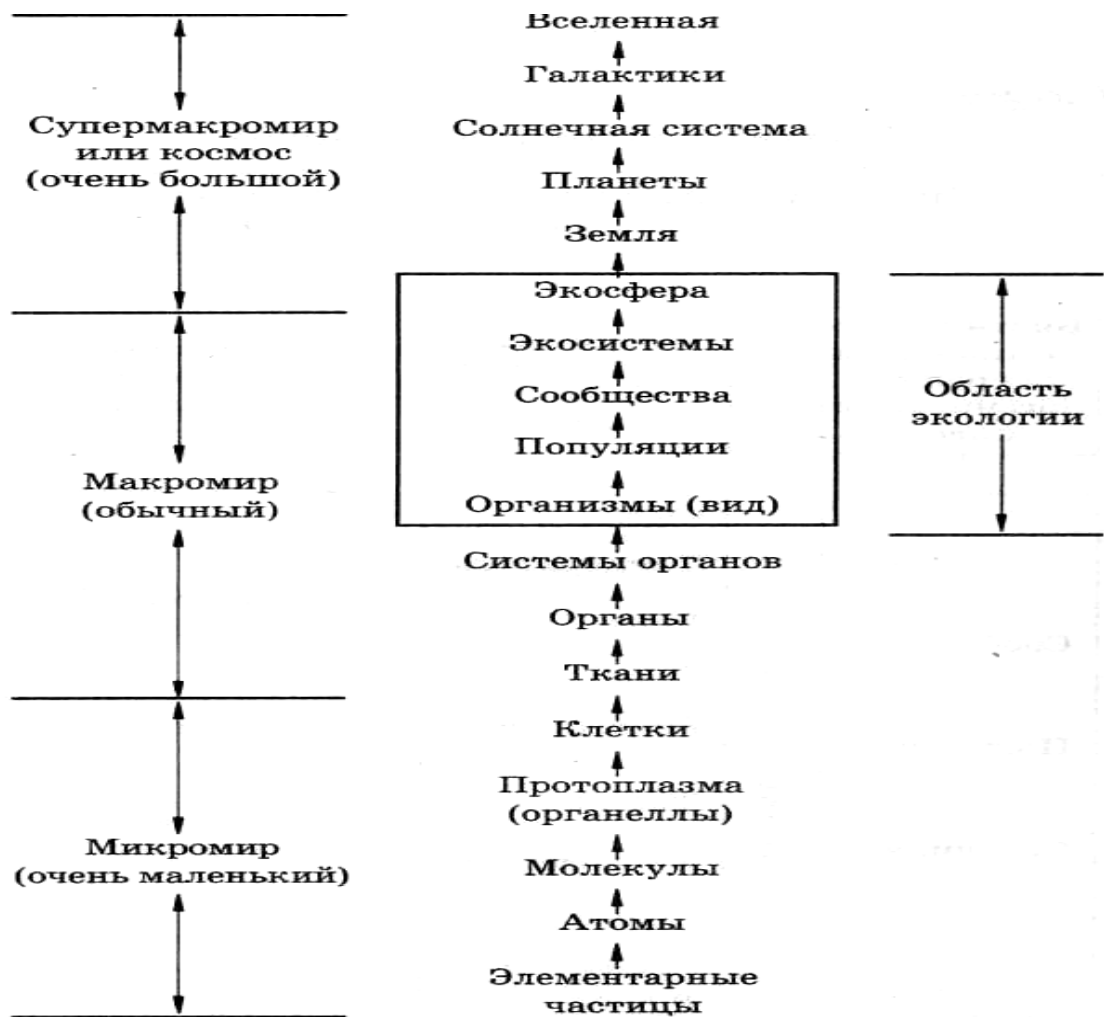


Рисунок 3 – Уровни организации природных систем

Основными особенностями живого вещества, совокупно отличающими его от остальной (неживой) природы считают следующие его свойства:

1. Обмен веществом, энергией и информацией с окружающей средой. Живое вещество существует только в потоке непрерывного обмена веществ, энергии и информации с окружающей средой. Основу обмена веществ составляют процессы ассимиляции (поглощения и синтеза) и диссимиляции (выделения). В качестве источников энергии для живого вещества служат солнечная и/или тепловая радиация, а также энергия химических связей в веществах, поступающих с пищей. Обмен

информацией – это передача от одного живого объекта к другому различных сведений или иных воздействий, которые влияют на их жизнедеятельность, включая передачу наследственной информации при размножении. Организмы также получают информацию второго рода, происходящую из окружающей среды: звуки, запахи, зрительные образы, изменение температуры, освещенность и т.д.

2. Единство химического состава. Живое вещество (биомасса) состоит на 98,8 % из макроэлементов – «воздушных мигрантов», в основном входящих в состав атмосферы: кислород – 70, углерод – 18, водород – 10,5, азот – 0,3 %. Порядка 1,2 % приходится на макроэлементы – «водные мигранты»: кальций – 0,5, калий – 0,3, кремний – 0,2, магний – 0,04, фосфор – 0,07, сера – 0,05, натрий – 0,02, хлор – 0,02, железо – 0,01%. Все остальные химические элементы – микроэлементы – составляют обычно лишь 0,01% массы организма. Состав большинства организмов, обитающих на Земле, практически одинаков – за исключением отдельных особенностей, характерных для некоторых биологических видов. Обмен веществ обеспечивает относительное постоянство химического состава всех частей организма. При этом вредное для одной части живого организма вещество не может быть безразлично для другой его части.
3. Киральная чистота. *Киральность* (иногда произносится как «хиральность», в силу особенностей греческого языка, из которого происходит слово) – способность вещества поляризовать свет, проходящий через него, в одну из сторон (правую или левую). Согласно закону киральной чистоты Пастера, живое вещество состоит из кирально чистых структур. Например, сахара, нуклеиновые кислоты и другие вещества, производимые живыми организмами, поляризуют свет только вправо.
4. Самовоспроизведение. Процесс самовоспроизведения тесно связан с явлением наследственности: любое живое существо рождает себе подобных, передавая им информацию о строении своего организма. В основе живого лежит образование новых молекул и структур, которое обусловлено информацией, заложенной в ДНК и РНК, содержащихся в каждой клетке живого организма. Однако иногда особенности родителей передаются потомству с повреждениями – мутациями, происходящими по различным причинам.
5. Изменчивость. Изменения в наследственной информации часто наследуются следующими поколениями потомков, приводя к возникновению их более или менее существенных различий с предками. Согласно Ч. Дарвину, изменчивость, наследственность и естественный отбор – главные факторы процесса эволюции. Они приводят к появлению новых форм жизни, новых видов живых организмов. При появлении каждого варианта новых условий окружающей среды жизнь к ним приспосабливается, но обычно после ряда проб и ошибок, отсеивающих неудачные формы жизни.

6. Способность к росту и развитию. Развитие живой формы материи в целом представлено как индивидуальным, так и историческим развитием. На стадии индивидуального развития постепенно и последовательно проявляются все свойства единого организма. Историческое развитие сопровождается образованием новых видов и прогрессивным усложнением жизни.
7. Саморегуляция. Для нормального функционирования живого организма в меняющихся условиях окружающей среды необходима саморегуляция различных процессов, поддержание постоянства внутренней среды – гомеостаза. В основе саморегуляции лежит принцип обратной связи, запускающей механизмы адаптации организма в ответ на изменения параметров окружающей среды.
8. Раздражимость. Благодаря этому свойству организмы способны избирательно реагировать на условия окружающей среды. Реакции многоклеточных животных на раздражение осуществляются с помощью нервной системы. Сочетания «раздражитель – реакция» могут накапливаться в виде опыта, закрепляться в форме условных рефлексов у организмов, обладающих достаточно развитой нервной деятельностью.
9. Дискретность. Любая живая система состоит из отдельных, но, тем не менее, взаимодействующих частей, которые образуют структурно-функциональное единство. Каждый организм представляет собой непрерывно функционирующую систему химических веществ, внутриклеточных структур, а у многоклеточных видов – еще и систем клеток, тканей и органов.
10. Иерархичность. Жизнедеятельность биологических систем на менее сложном уровне (например, на уровне отдельных клеток) является предпосылкой осуществления свойств живого на более высоком уровне (например, свойств тканей организма или всего организма в целом).

Одним из ключевых свойств живого вещества, несомненно, является огромное разнообразие его форм. В настоящее время на Земле описано более 2,5 млн. видов живых организмов – и это лишь только известные науке виды. Точное число существующих в настоящее время на Земле различных видов живых существ неизвестно; по разным оценкам оно может составлять от 5 до 25 млн. При этом современный видовой состав биосферы – это лишь около 5% от видового разнообразия жизни за период ее существования на Земле.

По сходству и родству организмы делят на ряд таксономических групп (рисунок 4).

В составе живого вещества можно выделить на две части – соматическую и репродуктивную. Соматическое вещество – это совокупность всех клеток организмов, кроме половых. Репродуктивное вещество – это вещество, благодаря которому жизнь в биосфере постоянно воспроизводится.

Все разнообразие видов живых организмов биосферы связано между собой через питание. По типу питания различают организмы-автотрофы,

гетеротрофы и миксотрофы (табл. 1). Автотрофы используют исключительно неорганические вещества как источники материала для своего роста, развития и воспроизводства. Гетеротрофы используют для обеспечения своей потребности в химических веществах и энергии преимущественно готовые органические вещества, созданные другими организмами (автотрофами или другими гетеротрофами). Существуют организмы со смешанным типом питания – миксотрофы, которые могут использовать как неорганические, так и органические вещества (сине-зеленые растения и растения – паразиты).

Автотрофы являются «кормильцами» биосферы – их называют продуцентами, поскольку они создают вещества, обеспечивающие питание для гетеротрофных организмов. При этом автотрофы по типу основного источника энергии используемого для жизнедеятельности делятся на фотоавтотрофы (используют световую энергию) и хемоавтотрофы (используют энергию связей неорганических веществ окружающей среды).

Таблица 1 – Различие организмов по типу питания

Трофический уровень	Роль организмов в трофической цепи	Категория организмов	
IV	Разложение органических веществ до неорганических	Редуценты (деструкторы)	Г Е Т Е Р О Т Р О Ф Ы
III	Питание мелкими разложившимися остатками животных, растений, грибов	Детритофаги	
	Питание живым органическим веществом животного происхождения	Консументы второго порядка (зоофаги)	
II	Питание живым органическим веществом растительного происхождения	Консументы первого порядка (фитофаги)	
I	Создание органических веществ из неорганических с использованием:	Продуценты	
	энергии Солнца	фототрофы (гелиотрофы)	А В Т О Т Р О Ф Ы
	энергии химических реакций	хемотрофы	

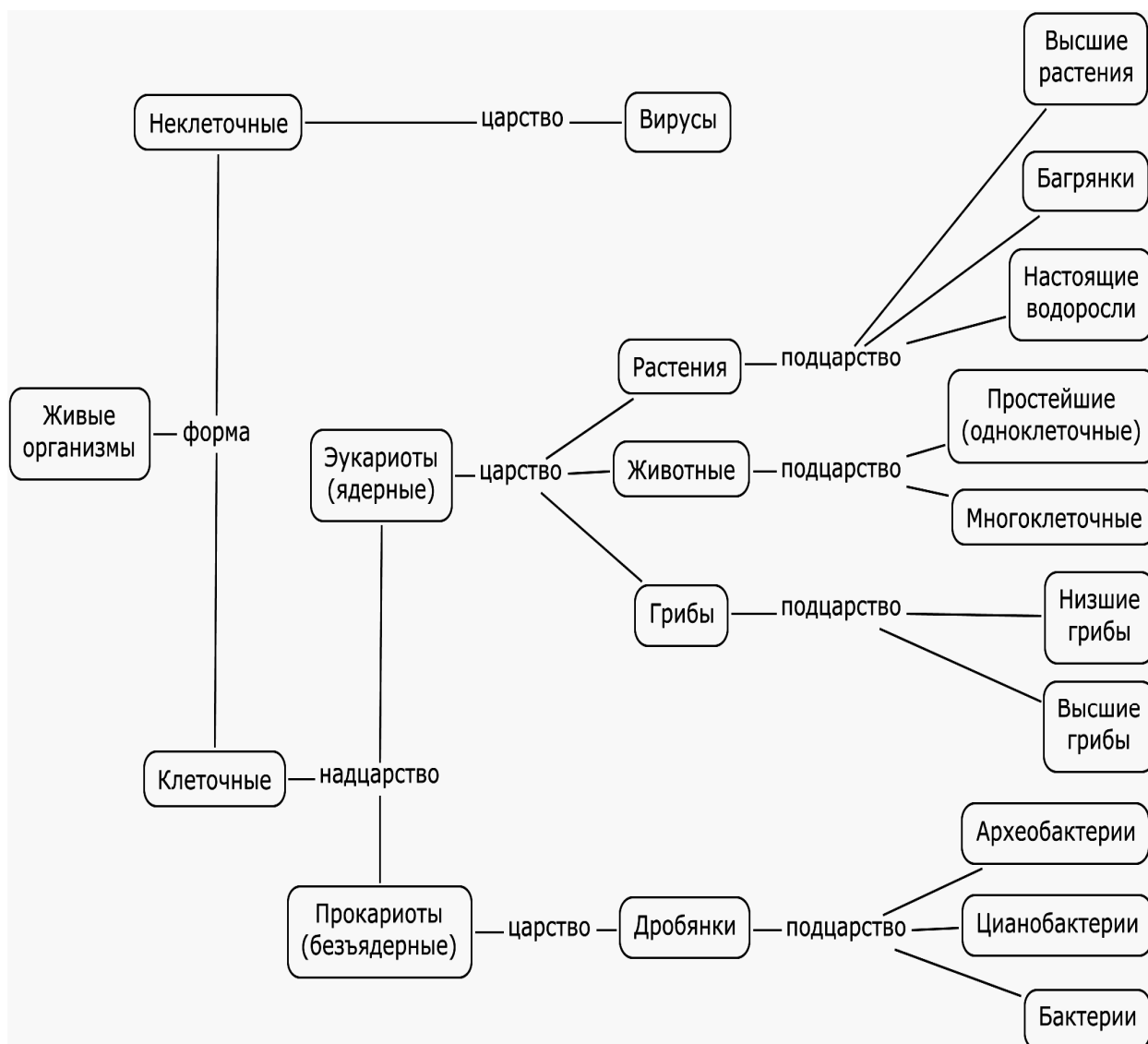


Рисунок 4 – Принципиальная таксономия живых организмов

Гетеротрофные организмы выполняют в экосистемах роль «потребителей» – консументов (растительоядные и плотоядные животные, часть микроорганизмов, паразитические и насекомоядные растения) и «разрушителей» – редуцентов (грибы и бактерии), которые превращают часть элементов потребляемых ими органических веществ в неорганические вещества, замыкая тем самым круговорот превращений. По способу поглощения пищи гетеротрофы делятся на фаготрофов (голозоев), которые заглатывают твердые куски пищи (животные) и осмотрофов, которые поглощают органические вещества из растворов (грибы, большинство бактерий). По состоянию источника пищи гетеротрофы делятся на биотрофов (зоофаги, фитофаги, паразиты), которые питаются живыми организмами, и сапротрофов (сапрофиты, сапрофаги, детритофаги, копрофаги), которые используют в пищу органические вещества мертвых тел или выделения других животных.

1.5 ОСНОВЫ ФАКТОРИАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИИ

1.5.1 СРЕДА И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Среда жизни организма – это комплекс природных тел и явлений, с которыми организм находится в прямых или косвенных взаимоотношениях. Организмы, испытывая потребность в притоке вещества, энергии и информации, полностью зависят от среды. Из закона, предложенного российским ученым К.Ф. Рулье следует, что результаты развития любого живого объекта определяются соотношением его внутренних потребностей и особенностей той среды, в которой он находится.

При этом организмы и сами способны существенно воздействовать на среду. Жизнедеятельность организмов сильно влияет на газовый состав атмосферы, формирует почвенный покров, определяет содержание растворенных органических и минеральных солей в природных водах. Организмы меняют как химический состав среды, так и ее физические свойства. Форма и пределы воздействия организмов на среду обитания описывается законом Ю.Н. Куражковского: каждый вид организмов, поглощая из окружающей среды необходимые ему вещества и выделяя в нее продукты своей жизнедеятельности, изменяет ее таким образом, что среда обитания становится непригодной для его существования.

Экологический фактор – это любое условие (параметр, характеристика, компонент, объект, явление и т.п.) окружающей среды, способное оказывать прямое или косвенное влияние на живой организм на протяжении хотя бы одной из фаз его индивидуального развития.

Экологические факторы подразделяют на абиотические, биотические, антропоические и антропогенные (рисунок 5). *Абиотические факторы* – это все свойства неживой природы, которые прямо или косвенно влияют на живые организмы. *Биотические факторы* представляют собой прямые или опосредованные формы воздействия на организм других живых существ. *Антропоические факторы* возникают в ходе непосредственного воздействия человека, как биологического объекта (млекопитающего животного). *Антропогенные факторы* косвенно обязаны своим происхождением настоящей и прошлой деятельности человека (загрязнение атмосферы и гидросферы, вспашка полей, вырубка лесов, замена природных комплексов искусственными сооружениями и др.).

Экологические факторы среды могут выступать как:

- 1) раздражители – вызывают приспособительные изменения физиологических и биохимических функций организма;
- 2) ограничители – обуславливают невозможность существования в данных условиях;
- 3) модификаторы – вызывают анатомические и морфологические изменения организмов;
- 4) сигналы – свидетельствуют об изменении других факторов среды.



Рисунок 5 – Классификация экологических факторов

Существуют и другие подходы к классификации экологических факторов: по очередности, времени действия, происхождению, среде возникновения, степени воздействия и др.

Оригинальную классификацию экологических факторов предложил отечественный исследователь А.С. Мончадский. Он выделил первичные и вторичные периодические факторы, а также непериодические факторы. К первичным периодическим факторам относят явления, связанные в основном с вращением Земли: суточная смена освещенности, смена времен года. Вторичные периодические факторы – следствие первичных периодических: влажность и температура воздуха, количество и форма осадков, динамика роста растений, содержание растворенных газов в воде и т.п. К непериодическим относятся факторы, не имеющие правильной периодичности, цикличности, например, разного рода стихийные бедствия.

1.5.2 АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Воздействие абиотического экологического фактора на организм зависит в первую очередь от интенсивности его проявления. Каждый живой организм, вследствие пройденного его предками эволюционного пути, приспособлен к действию большинства постоянных и периодических факторов своей среды обитания. В то же время, приспособленность его имеет границы, определяемые нормальным разбросом величин всех факторов среды вокруг некоторых средних значений, являющихся исторически характерными для данного местообитания. При отклонении величин экологических факторов от этих средних значений организмы, испытывающие действие этих факторов, подвергаются стрессу, ухудшающему их общее состояние. Общий характер воздействия экологических факторов на организм, в зависимости от степени отклонения их значений от нормальных величин, представлен на рисунке 6.

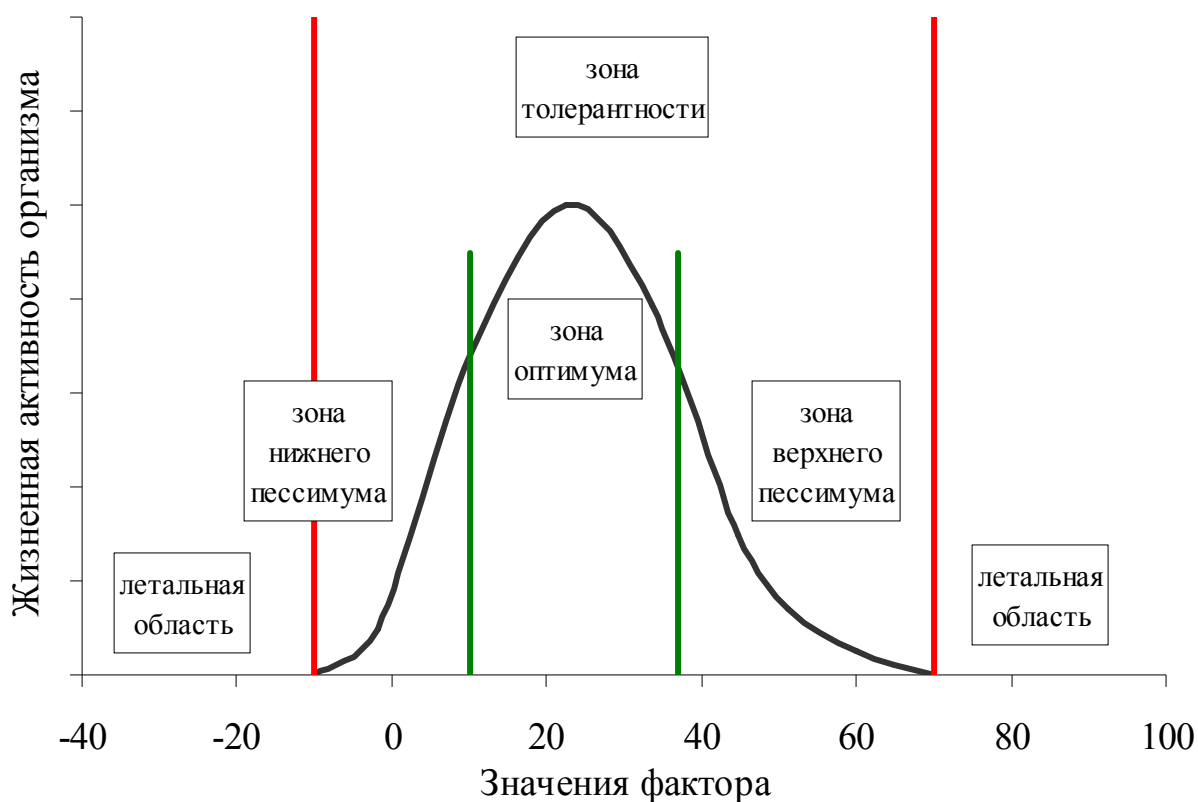


Рисунок 6 – Зоны действия экологического фактора на живой организм

На рисунке показаны несколько областей (зон) значений фактора, отличающихся по характеру реагирования организма:

1. Существует зона толерантности (устойчивости) организма к действию экологического фактора, которая ограничена крайними пороговыми значениями (точками минимума и максимума), соответствующими обычно средним естественным возможностям изменения величины фактора. При нахождении значений всех экологических факторов внутри этой области организм не подвержен опасности гибели.

2. Оптимальный диапазон значений фактора – зона оптимума – более узкая область внутри зоны толерантности. Внутри этой области значений действие фактора на организм не вызывает существенного дискомфорта, требующего затрат ресурсов организма на компенсацию действия фактора.
3. Внутри зоны оптимума существует точка наилучшего состояния жизнедеятельности организма – точка оптимума (максимального комфорта), соответствующая совокупности естественных средних значений всех факторов, к которым организм адаптирован в максимальной степени;
4. Диапазоны значений фактора, находящиеся внутри зоны толерантности (более широкой), но выходящие за пределы зоны оптимума (более узкой), характеризуются состоянием угнетения организма, вызываемого недостатком или избытком действия фактора; эти два диапазона (справа и слева от зоны оптимума) называют зонами верхнего и нижнего пессимума. Эти зоны не обязательно симметричны, так же как не обязательно должна быть симметричной и форма диаграммы в целом.
5. Выход значения фактора за пределы зоны толерантности может вызывать настолько существенные изменения в организме, что результатом этих изменений может стать гибель организма. Область значений факторов вне зоны толерантности называют летальной областью.

Значения фактора, ограничивающие зону толерантности, называют верхним и нижним пределами толерантности организма к действию данного фактора. Для каждого индивидуального организма эти значения зависят от его особенностей, хотя и не выходят за некоторые рамки, свойственные биологическому виду, к которому относится данный организм. Таким образом, можно говорить о существовании видовых и индивидуальных уровней толерантности организмов.

Решающее значение в существовании и благополучии организма принадлежит фактору, который имеется в количестве, минимальном с точки зрения потребностей организма в его действии. В этом случае действует закон минимума немецкого химика Ю. Либиха (1840): выносливость организма определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей. В развитие формулировки закона минимума, тот фактор, значение которого в наибольшей степени среди всех факторов, действующих на организм, максимально приближается к пределам выносливости этого организма, называют лимитирующим, то есть ограничивающим жизнедеятельность организма.

При этом существование организма может быть лимитировано не только минимальным значением (недостатком) фактора, но и его избытком. Впервые это сформулировал американский ученый В. Шелфорд (1913): лимитирующим фактором процветания организма может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия, диапазон между которыми определяет величину выносливости организма к данному фактору.

Общая сумма всех требований организма к условиям существования, включая занимаемое им пространство, функциональную роль в сообществе (трофический статус) и его толерантность по отношению к факторам среды принято называть *экологической нишей*. Первым словосочетание «экологическая ниша» употребил зоолог Дж. Гриннел в 1914 году, понимая под ним пространство, которое вид занимает в экосистеме (биотическом сообществе). В 1927 году Чарльз Элтон использовал это понятие для обозначения способа питания вида, т.е. его места в трофической цепи. Наиболее полное представление об экологической нише связывают с именем Хатчинсона (1957), который определял ее как совокупность связей вида с абиотическими и биотическими факторами. Известный американский эколог Юджин Одум (1986) определил экологическую нишу как «профессию вида в экосистеме», т.е. из какого сырья данный вид производит органическое вещество, где он «работает», каков «график его работы» и кто принимает его биологическую продукцию.

Пересечение экологических ниш является причиной конкуренции. Конкуренция, в свою очередь, влияет на размер экологических ниш видов. В связи с этим Хатчинсон выделил два варианта экологической ниши:

- *Фундаментальная (или предконкурентная) ниша* – это ниша, которую вид может занимать при отсутствии конкуренции. Она обусловлена генетически.
- *Реализованная (или постконкурентная) ниша* – это часть фундаментальной ниши, которую вид занимает при наличии конкуренции. Она обусловлена генетически и экологически.

Взаимодействие между фундаментальной и реализованной нишами осуществляется через т. н. экологическую лицензию. Понятие «экологической лицензии» впервые введено Гюнтером. *Экологическая лицензия* – это условия внешней и внутренней среды, разрешающие осуществляться некоторым эволюционным факторам и событиям. Реализованная ниша никогда не выходит за границы лицензии, но при этом обязательно перекрывает фундаментальную нишу. Если внутри лицензии экосистемы находится по одной популяции, то мы имеем дело с простой экосистемой. При наличии в лицензии нескольких популяций мы имеем дело со сложной экосистемой, где имеются групповые фундаментальные и реализованные ниши.

У животных экологические ниши различаются более четко, чем у растений, т.к. животные потребляют различную пищу. Помимо этого, животные обитают в различных стадиях экосистемы, разделяют территорию на охотничьи наделы или охотятся в разное время суток.

У растений деление ниш не такое четкое, т.к. они потребляют одну и ту же «пищу»: минеральные вещества, воду, CO₂. Поэтому применительно к растениям понятие экологической ниши стали употреблять относительно недавно.

1.5.3 БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ

Взаимодействие между различными организмами (растениями, животными и микроорганизмами), совместно населяющими некоторую общую среду, называются коакциями. Они делятся на два типа: гомотипические реакции, т.е. взаимодействие между особями одного и того же вида, и гетеротипические реакции, или взаимоотношения между особями разных видов.

Основными гомотипическими реакциями являются эффект группы, эффект массы, внутривидовые конкуренция и паразитизм, а также каннибализм. В более широком масштабе гомотипические реакции составляют основу существования популяций, закономерности которого будут рассмотрены позднее. В данном разделе речь идет в первую очередь о взаимодействии одиночных организмов друг с другом.

1. *Эффект группы.* Проживание в группе себе подобных отражается на протекании многих физиологических процессов в организме животного. У искусственно изолированных особей заметно меняется уровень метаболизма (обмена веществ), быстрее тратятся резервные вещества, не проявляется целый ряд инстинктов и ухудшается общая жизнеспособность. Наоборот, в группе наблюдается ускорение темпов роста животных и повышение средней продолжительности жизни особей, повышается плодовитость, быстрее формируются условные рефлексы. Например, ушастые ежи в группе повышают потребление кислорода в 1,5 раза. Важный показатель эффекта группы – это территориальность (привязанность к определенному месту обитания). Эффект группы не проявляется у видов, ведущих одиночный образ жизни.

2. *Эффект массы* оказывает негативное влияние на членов популяции в условиях перенаселения среды и сопровождается сокращением численности популяции. Между эффектом группы и эффектом массы существуют переходные состояния, когда действие обоих эффектов уравнивает друг друга.

Эффект группы и эффект массы дают закономерность, называемую принципом Олли: для каждого вида существует оптимальный размер группы и оптимальная плотность популяции.

3. *Внутривидовая конкуренция* может приводить к дифференциации вида, когда вид распадается на популяции, занимающие разные территории (процесс дивергенции). Различают две основные формы конкуренции – прямую и косвенную. Прямая конкуренция, или интерференция, осуществляется путем прямого влияния особей друг на друга. Интерференция проявляется в конкуренции за физическое пространство, когда особи препятствуют друг другу в получении определенного ресурса и с этой целью охраняют свою территорию. Косвенная, или эксплуатационная, конкуренция проходит опосредованно – через потребление одного и того же ограниченно доступного ресурса. Считается, что внутривидовая конкуренция

острее и жестче межвидовой, т.к. у особей одного вида более сходные потребности в ресурсах.

4. *Каннибализм* наиболее развит у хищных видов, например, рыб – щук, окуней, трески и др. В условиях обостренной конкуренции за пищу и воду каннибализм может проявляться и у нехищных животных.

5. *Внутривидовой паразитизм*. В гомотипической форме паразитизм встречается относительно редко, и характеризует в основном отношения разных полов. Так, самки глубоководных рыб-удильщиков носят на себе самцов, которые питаются как паразиты. Такой паразитизм имеет приспособительное значение – наличие «карманных» самцов исключает необходимость затраты энергии на поиск партнеров для размножения.

Комбинации взаимного влияния разных видов друг на друга (гетеротипические реакции) включают следующие формы:

1. *Нейтрализм*. В этом случае два вида независимы и не оказывают друг на друга никакого влияния – притом, что оба обитают в одной и той же среде. В реальности нейтрализм встречается относительно редко, и, чаще всего, означает, что один из взаимодействующих видов не является постоянным жителем данного местообитания.

2. *Конкуренция*. Для межвидовой конкуренции действует «закон конкурентного исключения» Г.Ф. Гаузе: в условиях ограниченных пищевых ресурсов два одинаковых в экологическом отношении и потребностях вида сосуществовать не могут и рано или поздно один конкурент вытесняет другого. Конкурентные отношения являются важнейшим механизмом формирования видового состава сообщества, пространственного распределения видов и регуляции их численности. Они также способствуют эволюционному развитию видов.

3. *Мутуализм* – это взаимовыгодные отношения между особями двух видов. Каждый из пары организмов разных видов может жить, расти и размножаться только в прямом взаимодействии с другим. Если объединение этих двух особей облигатное, т.е. ни одна из сторон не может существовать без другой, то такие взаимоотношения называют *симбиозом*. Симбиоз играет важную экологическую роль. Примерами симбиоза являются:

- Взаимоотношения между грибами и наземными сосудистыми растениями. Грибы не способны к фотосинтезу, поэтому они оплетают корень растения и проникают в его ткани. В результате грибы получают из корней органические вещества, а у растений за счет разветвленных грибных нитей в сотни и тысячи раз увеличивается всасывающая поверхность корней. Кроме этого, некоторые микоризные грибы выступают в роли редуцентов и разрушают сложные органические вещества до простых. Грибы также выделяют антибиотики и защищают корни растений от патогенных микроорганизмов.
- Растения живут в симбиозе с азотфиксирующими бактериями, которые обогащают почву азотистыми веществами.

Другой формой мутуализма является *межвидовая взаимопомощь (протокооперация)*. В этом случае обе популяции образуют сообщество, которое не является обязательным, но взаимовыгодно. Т.е. каждый вид может существовать отдельно, но жизнь в сообществе приносит обоим пользу. Примером протокооперации является совместное гнездование нескольких видов птиц или выпас нескольких видов травоядных для более эффективной защиты от хищников.

4. *Комменсализм*. В этом случае деятельность одного организма (хозяина) доставляет пищу и/или убежище другому (комменсалу). Комменсалы односторонне используют другой вид, извлекая пользу, в то же время хозяин не имеет никакой выгоды или заметного вреда. Пример комменсалов-соотрапезников – рыбы-прилипалы, сопровождающие акул и избавленные от необходимости охотиться, имея возможность питаться остатками пищи акулы.

5. *Аменсализм*. Биотическое взаимодействие двух видов, при котором один вид причиняет вред другому, не получая при этом для себя ощутимой пользы. Часто наблюдается в растительном мире – например, при затенении участка земли крупным растением (деревом), за счет чего более мелкие растения лишаются необходимого им солнечного света. Формой аменсализма можно считать аллелопатию – химическое воздействие одних организмов (растений, грибов) на другие при помощи продуктов метаболизма (эфирных масел, фитонцидов, антибиотиков). Это способствует вытеснению одним организмом всех прочих видов из их совместной среды обитания.

6. *Паразитизм*. Организм одного вида (паразит) живет за счет другого (хозяина), находясь внутри (эндопаразит) или на поверхности (эктопаразит) тела хозяина. Эндопаразиты питаются либо содержимым пищеварительного тракта хозяина, либо – иногда – непосредственно тканями его тела; они неспособны в течение своей жизни менять хозяина, и обычно погибают вместе с ним. Эктопаразиты обитают на коже хозяина и способны переходить от одного хозяина к другому.

7. *Хищничество*. Поедание одного организма (жертвы) другим (хищником), когда жертве до или в процессе поедания причиняются повреждения, ведущие к смерти. При этом особо оговаривается, что оба организма должны относиться к животным, и гибель жертвы должна происходить непосредственно после контакта с хищником. Эти оговорки необходимы, чтобы отделить хищничество от процессов питания растительноядных животных, а также от некоторых форм паразитизма.

1.5.4 АДАПТАЦИЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

Живые организмы в ходе эволюции освоили четыре основные среды обитания – водную, наземно-воздушную, почвенную и организменную. Приспособление организмов к среде носит название адаптации. *Адаптация* – это эволюционно возникшее приспособление организмов к условиям среды,

выражающееся в изменении их внешних и внутренних особенностей. Выделяют следующие пути адаптации живых организмов:

- а) *активный путь*, способствующий усилению сопротивляемости, развитию регуляторных процессов, поддерживающих постоянство внутренней среды организма (такой вид адаптации называют также адаптацией по типу резистентности);
- б) *пассивный путь*, связанный с подчинением жизненных функций организма изменению факторов среды. В случае резкого ухудшения условий среды организмы некоторых видов могут приостанавливать свою жизнедеятельность и переходить в состояние анабиоза (оцепенение насекомых, зимний покой растений, спячка позвоночных животных, сохранение семян и спор в почве и т.п.). Такой вид адаптации называют адаптацией по типу толерантности;
- в) *избегание неблагоприятных воздействий* – выработка таких жизненных циклов, при которых уязвимые стадии развития завершаются в самые благоприятные по температурным и другим условиям периоды года. Часто встречающийся у животных путь приспособления к неблагоприятным периодам – периодическая временная миграция в области с более комфортными условиями. Поведенческие (этологические) адаптации, также относящиеся к этому типу, проявляются в самых различных формах – создание убежищ, суточные и сезонные кочевки млекопитающих и птиц и т.п.

Активная и пассивная адаптация организма к действию факторов окружающей среды либо требует изменения отдельных процессов и компонентов организма – в этом случае говорят о физиологической адаптации (например, изменение интенсивности дыхания при изменении содержания кислорода в воздухе), либо приводит к принципиальным структурным перестройкам организма – морфологическим адаптациям (сезонное изменение структуры волосяного покрова и подкожного жирового слоя у животных). В некоторых случаях у живых организмов формируются приспособительные формы поведения. Такую адаптацию называют этологической. Адаптациями объясняется различный состав экосистем в разных экологических условиях.

Диапазон возможностей адаптации организма к разнообразным условиям среды называют также его экологической валентностью. Живые организмы с широкой валентностью, способные обитать в самых разнообразных условиях среды, называют эврибионтными, а обладающие узкой валентностью – требующие особых условий среды и неспособные выжить в других условиях – стенобионтными. Набор экологических валентностей биологического вида по отношению ко всей совокупности различных факторов среды составляет экологический спектр вида.

Существует эмпирический закон относительности действия экологического фактора: направление и интенсивность действия экологического фактора зависит от того, в каких количествах он берется и в сочетании с какими другими факторами действует.

Некоторые экологические факторы могут ослаблять, а некоторые – наоборот, усиливать действие других факторов. В первом случае говорят об антагонизме, а во втором – о синергизме действия таких факторов. Если факторы, действующие одновременно на организм, не усиливают и не ослабляют действие друг друга, а их индивидуальные эффекты при совместном действии просто складываются, то в этом случае говорят об аддитивности действия таких факторов.

Существует также закон относительной заменимости и абсолютной незаменимости экологических факторов – отсутствие какого-либо из обязательных условий жизни заменить другими экологическими факторами невозможно, но недостаток или избыток одних экологических факторов может быть возмещен действием других экологических факторов.

Адаптация организмов происходит в отношении как абиотических, так и биотических факторов. Все перечисленные выше формы гетеротипических взаимодействий являются результатами длительных процессов совместного эволюционного развития различных видов (коэволюции). Оба вида при этом приобретают такой образ жизни, численные соотношения популяций, а иногда так меняют свое строение и физиологические процессы, которые обеспечивают их успешное долговременное совместное существование в экосистеме. У различных форм симбионтов (мутуалистов и комменсалов) за счет развития взаимодействий появляются возможности для освоения ранее недоступных им местообитаний – например, упоминавшиеся комплексы азотфиксирующих клубеньковых бактерий и бобовых растений могут осваивать очень бедные питательными веществами почвы. В комплексах антибионтов (аменсалов, паразитов, хищников и жертв) взаимоотношения способствуют естественному отбору, повышая жизненную силу всех участников взаимоотношений.

Явление разделения экологических ниш в результате межвидовой конкуренции получило название экологической диверсификации. Экологическая диверсификация осуществляется по трем параметрам: пространственному размещению, пищевому рациону и распределению активности во времени. Для значительного ослабления или полного устранения конкуренции достаточно возникновения четких различий по одному из этих параметров.

Межвидовая и внутривидовая конкуренции, действуя в противоположных направлениях, приводят к очень важным экологическим последствиям. Межвидовая конкуренция, способствуя сужению диапазона используемых местообитаний и ресурсов, увеличивает специализацию вида, экологическая ниша сужается. При внутривидовой конкуренции происходит дифференциация вида, он занимает большую территорию, экологическая ниша расширяется. Таким образом, конкуренция прямо способствует диверсификации видов и их расселению, приводя к развитию биосферы и увеличению биологического разнообразия.

1.6 ПОПУЛЯЦИЯ. БИОЦЕНОЗ. ЭКОСИСТЕМА

По определению академика С. С. Шварца, «популяция – это элементарная группировка организмов определенного вида, обладающая всеми необходимыми условиями для поддержания своей численности необозримо длительное время в постоянно изменяющихся условиях среды».

Популяция является генетической единицей биологического вида. Популяцию рассматривают как элементарную единицу процесса микроэволюции – способности к перестройке своего генофонда в связи и в ответ на изменение экологических факторов среды обитания. В популяции действуют законы, которые обеспечивают при ограниченных ресурсах среды ее постоянное устойчивое воспроизводство, что является генетической целью популяции. Основными свойствами популяции являются непрерывное изменение, движение, динамика для структурно-функциональной организованности, продуктивности и биологического разнообразия.

Популяции характеризуются рядом специфических параметров:

1. *Численность* – общее количество особей на выделяемой территории или в данном объеме.
2. *Плотность популяции* – среднее число особей (или биомасса) на единицу площади или объема занимаемого популяцией пространства.
3. *Рождаемость (плодовитость)* – число новых особей, появившихся за единицу времени в результате размножения.
4. *Смертность* – число погибших в популяции особей в определенный отрезок времени, выражается в процентах к начальной или средней величине популяции. Существует три основных типа кривых выживания (смертности):
 - а) I тип – свойственен организмам, смертность которых на протяжении всей жизни мала, но резко возрастает в ее конце (высшие животные);
 - б) II тип – характерен для видов, у которых смертность остается примерно постоянной в течение всей жизни (птицы, пресмыкающиеся);
 - в) III тип – отражает массовую гибель особей в начальный период жизни, при относительно продолжительной жизни переживших его (многие рыбы, беспозвоночные, растения).
5. *Возрастное распределение членов популяции* – описывает размер возрастных групп, составляющих популяцию. Обычно представляется в виде вертикально ориентированной столбчатой диаграммы; при наличии полового диморфизма у рассматриваемого биологического вида численность возрастных групп разного пола изображают отдельно, и диаграмма приобретает форму пирамиды. В популяции выделяют три экологические группы: предрепродуктивную, репродуктивную и пострепродуктивную. Простая возрастная структура популяции состоит из представителей одного возраста; такие популяции крайне уязвимы, поскольку может происходить либо массовая гибель, либо наблюдаться

взрыв численности. Сложная возрастная структура популяции возникает, когда в ней представлены все возрастные группы. Такие популяции не подвержены резким колебаниям численности.

6. *Половое распределение* – формируется на базе различной морфологии (формы и строения тела) и экологии различных полов. Весьма часто встречается различие самцов и самок по характеру и виду пищи.
7. *Прирост популяции* – разница между рождаемостью и смертностью, прирост может быть положительным, нулевыми и отрицательным. Кроме того, иногда в приросте популяции учитывают перемещение организмов между популяциями – эмиграцию и иммиграцию.
8. *Темп (скорость) роста популяции* – средний рост ее за единицу времени.
9. *Занимаемая территория (ареал)* – ее размер, характеристики, однородность.

В зависимости от размера и однородности занимаемой территории, выделяют несколько иерархических уровней организации популяций.

Элементарная (локальная) популяция является совокупностью особей того или иного вида, которая занимает небольшой участок однородной по условиям обитания площади.

Экологическая популяция – это совокупность элементарных популяций. В экологической популяции элементарные составляющие слабо изолированы друг от друга, поэтому происходит обмен генетической информацией, но существенно реже, чем внутри элементарной популяции.

Географическая популяция складывается из экологических популяций. Она включает группу особей, которые заселяют территорию с географически однородными условиями существования и отличаются общностью приспособления к климату и ландшафту. Географические популяции заметно разграничены и изолированы. Для географической популяции Н.Ф. Реймерсом было введено понятие «ареал вида» – это область географического распространения особей рассматриваемого вида вне зависимости от степени постоянства их обитания в данной местности, но исключая места случайного попадания в соседние регионы.

В природе очень редко встречается равномерное упорядоченное распределение особей на занимаемой территории. Существуют два крайних варианта неравномерного размещения членов популяции: четко выраженная мозаичность (малые группы имеют свои обособленные места обитания) и распределение диффузионного вида (организмы распределены равномерно по всей территории, без образования малых групп). Между вариантами размещения существует множество переходных вариантов.

По типу использования пространства все подвижные животные подразделяются на оседлых и кочевых. При оседлом образе жизни облегчается ориентация, животные тратят меньше времени на поиск корма, быстрее находят укрытие от врагов, иногда создают запасы пищи. В то же время оседлый образ жизни угрожает быстрым истощением пищевых ресурсов. При кочевом образе жизни животные не зависят от запасов кормов на конкретной территории. В то же время постоянные передвижения

одиночных особей способствует возрастанию гибели от хищников. Поэтому кочевание свойственно стадам и стаям, особенно крупным. Часто наблюдается значительное укрупнение стад и стай животных перед дальней миграцией (например, стада копытных в африканских саваннах).

Выделяют два типа активности территориального поведения животных: оно может быть направлено либо на обеспечение собственного существования и неприкосновенности своей территории, либо на установление более тесных отношений с соседями. Тип территориального поведения животных может меняться в период размножения. По окончании сезона размножения у многих видов распределение по индивидуальным участкам сменяется групповым образом жизни с иным типом поведения (например, у травоядных), либо наоборот (у хищников).

Формы совместного существования особей в популяции (этологическая структура популяции) подразделяются следующим образом:

1. Одиночный образ жизни.
2. Семейный образ жизни, который резко усиливает связи между родителями и их потомством. В зависимости от преобладающей роли родителей того или иного пола различают семьи отцовского, материнского и смешанного типа.
3. Колония. Она может существовать как длительно, так и возникать лишь на период размножения. Некоторые общественные насекомые – пчелы, муравьи, термиты организуют весьма сложные и устойчивые во времени колонии–семьи.
4. Стая. Временное объединение животных одного вида, связанное с общностью места обитания или размножения. Стайность облегчает защиту от врагов, добычу пищи, миграцию. Стаи подразделяются на две категории: имеющие выраженного лидера, и не имеющие такового.
5. Стадо. Группа диких или домашних животных одного вида, обитающих на какой-либо территории. В стаде осуществляются все основные функции жизни: добывание корма, защита от хищников, миграция, размножение, воспитание молодняка и т.п. Основу группового поведения животных в стадах составляют взаимоотношения доминирования. Иерархически организованному стаду свойственен закономерный порядок перемещения, определенная организация при защите, расположения на местах отдыха и т.п.

1.6.1 ДИНАМИКА И МОДЕЛИ РОСТА ПОПУЛЯЦИИ

Динамика популяции – это процессы изменений ее основных биологических показателей (численности особей, биомассы, популяционной структуры и т.д.) во времени.

Для обобщения характера популяционной динамики различных видов, а также для прогнозирования развития популяций используются математические модели, среди которых особо выделяют две – экспоненциальную и логистическую.

В условиях, когда развитие популяции не лимитируется факторами внешней среды (среди которых основными являются количество доступной пищи и пространства для жизни), любая популяция способна к неограниченному росту численности. При этом скорость ее роста будет определяться биотическим и репродуктивным потенциалом.

В идеальных условиях число организмов увеличивается в геометрической прогрессии. Это динамика описывается уравнением А. Лотки:

$$\frac{dN}{d\tau} = r \cdot N,$$

где: r – коэффициент прироста изолированной популяции.

Данная математическая модель динамики роста популяции называется также « r -модель», поскольку параметр r является ключевым в данном уравнении. Проинтегрировав дифференциальное уравнение, получим формулу для прогнозирования роста такой популяции:

$$N_{\tau} = N_0 \cdot e^{r \cdot \tau},$$

где: N_{τ} – биотический потенциал (численность популяции в момент времени τ);
 N_0 – численность популяции в нулевой момент времени;
 e – основание натурального логарифма (2,718);
 τ – время.

Экспоненциальная кривая, являющаяся графическим отображением представленной модели, отражает рост популяций некоторых относительно простых организмов (грибковые дрожжи, отдельные виды микроскопических водорослей, бактерии), однако при некоторых условиях может быть характерна и для более крупных организмов (растения, насекомые, мелкие грызуны).

Модель экспоненциального роста является наиболее упрощенной и идеализированной. В реальности рост численности популяций любого вида никогда не бывает бесконечным, и на любой территории имеет пределы. Эти пределы называют емкостью среды. Модель динамики численности популяции при ограниченных ресурсах среды предложили Р. Пирл и А. Ферхюльст:

$$\frac{dN}{d\tau} = r \cdot N \cdot \frac{K - N}{K},$$

где: K – емкость среды, предел численности популяции.

После интегрирования получим разностное уравнение:

$$N_{\tau} = \frac{K}{1 + e^a}, \text{ где } a = \frac{r - K \cdot r \cdot \tau}{K}$$

Уравнение Пирла – Ферхюльста (логистическая кривая роста) описывает наиболее реальный и универсальный тип роста популяций микроорганизмов, животных, растений и человека. Для краткого обозначения данную модель именуют также «*K*-моделью» (рисунок 7).

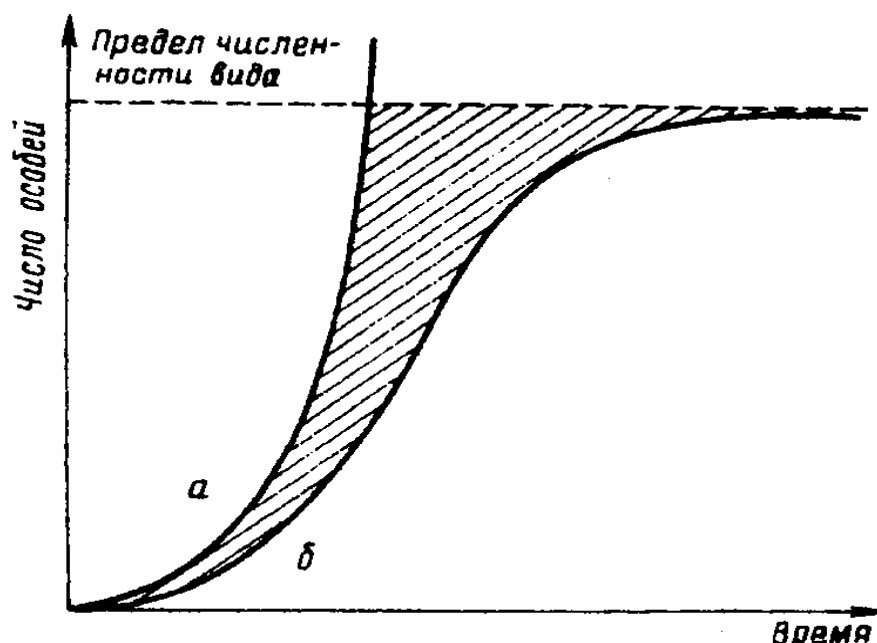


Рисунок 7. — Экспоненциальная (а) и логистическая (б) кривые роста популяции

Выражение $(K - N)/K$ характеризует сопротивление среды развитию популяции. Сопротивление среды наиболее сильно действует на молодых особей, жизненные процессы которых еще недостаточно полно сформировались. Рост, снижение или постоянство численности популяции зависит от соотношения между ее биотическим потенциалом и сопротивлением среды.

Если интенсивность рождаемости и смертности сбалансированы, то формируется стабильная популяция. Ее численность и ареал обитания сохраняются на одном уровне. Если возникает превышение рождаемости над смертностью (вспышка массового размножения), то популяция растет.

Согласно правилу пищевой корреляции (правило Уинни – Эдвардса), в ходе эволюции сохраняются только те популяции, скорость размножения которых соответствует количеству пищевых ресурсов среды их обитания. Отступление от этого правила ведет к вымиранию популяции, или же происходит снижение темпов размножения, и численность популяции сокращается. Однако безгранично сокращаться популяция не может. Достигнув минимально возможной численности, численность популяции начинает расти. Если при этом в определенный момент времени интенсивность смертности и рождаемости выравнивается, то популяция

переходит в стабильное состояние; если такого выравнивания не происходит, численность популяции может превысить емкость среды, исчерпать доступные ресурсы и в результате погибнуть.

Согласно принципу В. Олли, агрегация (скопление) особей, как правило, усиливает конкурентную борьбу за пищевые ресурсы и жизненное пространство, но приводит к повышению способности группы к выживанию. Таким образом и «перенаселенность», и «недонаселенность» ареала могут быть лимитирующими факторами в развитии популяций.

Численность популяции испытывает постоянные колебания; их амплитуда и период зависят от особенностей вида и от условий среды обитания (рисунок 8). Помимо нерегулярных колебаний, у ряда организмов выявлены периодические колебания численности, связанные с периодическими колебаниями активности Солнца. Отечественный исследователь Н. В. Тимофеев-Ресовский ввел в 1928 году термин «популяционные волны», которые возникают под влиянием различных факторов биотической и абиотической среды. Факторы, которые влияют на численность популяции, разделяют на независимые (в первую очередь абиотические факторы), и зависящие от ее плотности (подавляющее большинство биотических факторов: конкуренция, хищники, инфекции и др.).

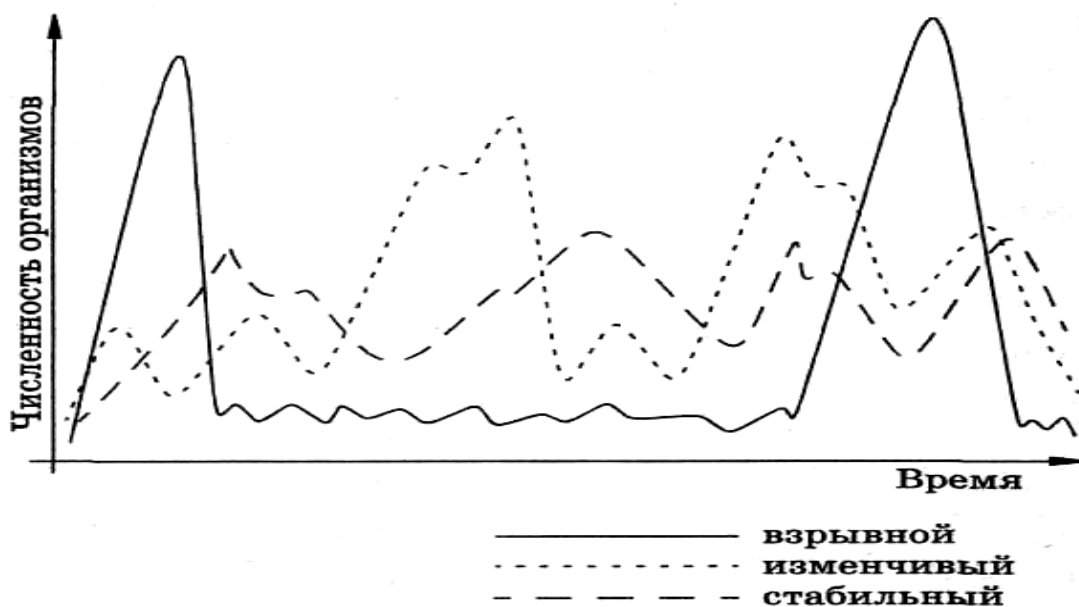


Рисунок 8 – Типы популяционной динамики

Способность популяции поддерживать определенную численность своих членов называется гомеостазом популяции. В основе этого эволюционного свойства лежат изменения физиологических особенностей, роста, поведения каждой особи в ответ на увеличение или уменьшение числа членов популяции. Механизмы популяционного гомеостаза определяются экологической спецификой вида, его подвижностью, степенью воздействия

хищников, паразитов и др. При этом возникает отрицательная обратная связь: повышение плотности популяции усиливает действие механизмов, снижающих эту плотность. Положительная обратная связь, наоборот, усиливает действие фактора. В результате действия положительной и отрицательной обратной связи возникает важнейшее свойство популяции – способность к саморегуляции в динамически меняющейся среде.

1.6.2 ПОНЯТИЕ О БИОЦЕНОЗЕ

Организованная группа взаимосвязанных популяций растений, животных, грибов и микроорганизмов, живущих совместно в практически одних и тех же условиях, называется биоценозом. Пространство с более или менее однородными условиями, которое занимает биоценоз, называется биотопом. Совокупность биотопа и биоценоза называют биогеоценозом. Структура биогеоценоза графически изображена на рисунке 9.

Установлены некоторые принципы взаимодействия биоценоза и биотопа:

1. Принцип разнообразия (А. Тинеман): чем разнообразнее абиотические условия биотопа, тем больше видов составляют биоценоз.
2. Принцип отклонения условий (А.Тинеман): чем выше отклонения условий биотопа от нормы, тем беднее видами и специфичнее биоценоз, и выше численность особей отдельных составляющих его видов.
3. Принцип плавности изменения среды (Г.М.Франц): чем более плавно изменяются условия среды в биотопе, и чем дольше он остается неизменным, тем богаче видами биоценоз и тем более он уравновешен и стабилен.

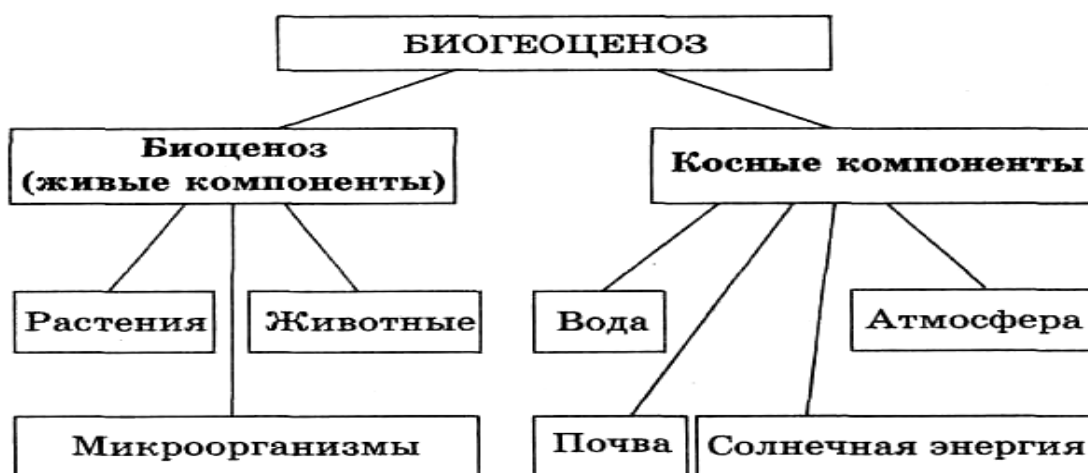


Рисунок 9 – Структура биогеоценоза

В процессе сопряженной эволюции у различных видов растений и животных выработались взаимные приспособления друг к другу, то есть

коадаптации. Согласно классификации В. Н. Беклемишева (1951 г.), прямые и косвенные межвидовые отношения подразделяются на четыре вида:

1. *Трофические связи*. Один вид питается представителями другого вида (прямая связь), либо его остатками или продуктами жизнедеятельности (косвенные трофические связи).
2. *Топические связи*. Любое физическое или химическое изменение условий среды обитания одного вида вследствие жизнедеятельности другого. Особенно большая роль в комплексе топических связей в биоценозах принадлежит растениям.
3. *Форические связи*. Один вид участвует в распространении другого. Транспортирование животными более мелких особей называется форезией, а перенос ими семян, спор, пыльцы растений – зоохорией.
4. *Фабрические связи*. В этом случае вид использует в качестве среды обитания или для сооружения жилища продукты выделений, либо мертвые остатки, либо даже живых особей другого вида.

Под видовой структурой биоценоза понимают разнообразие присутствующих в нем видов и соотношение их численности или массы. Различают бедные и богатые видами биоценозы. Виды, преобладающие по численности, называются доминантами; они занимают ведущее, господствующее положение в биоценозе. Среди доминантных видов выделяются те, которые своей жизнедеятельностью в наибольшей степени создают среду для всего сообщества. Их называют эдификаторами, или средообразователями. Чаще всего это растения, однако, в некоторых случаях эдификаторами могут быть и животные. Виды, которые живут за счет доминантов, получили название предоминанты. При этом разнообразие биоценоза связано с его устойчивостью: чем выше видовое разнообразие, тем стабильнее биоценоз.

Биоценозы обычно имеют неоднородную пространственную структуру. В ходе длительного эволюционного преобразования живые организмы образовали четкое ярусное распределение. В основном пространственная структура биоценоза определяется сложением его растительной части – фитоценозом, который формирует разновысокие ярусы; такая многоярусная структура позволяет максимально использовать как ресурсы территории (питательные вещества, жизненное пространство), так и солнечное излучение. Ярус можно представить как структурную единицу биоценоза, которая отличается от других его частей определенными экологическими условиями и набором характерных для именно этого яруса растений, животных и микроорганизмов.

Биоценозы обычно существуют в известной степени обособленно, но не изолированно. Растения и животные, характерные для каждого из соприкасающихся сообществ, проникают на соседние территории, создавая при этом специфическую пограничную полосу – экотон. В экотоне возникает пограничный, или краевой эффект – тенденция к увеличению разнообразия и плотности организмов на окраинах соседствующих сообществ и в переходных поясах между ними. Таким образом, именно в пограничных,

переходных между разными местообитаниями зонах создается максимальное разнообразие видов.

К. Мебиус и Г. Ф. Морозов сформулировали правило взаимоприспособленности: виды в биоценозе приспособлены друг другу настолько, что их сообщество составляет внутренне противоречивое, но единое и взаимно увязанное целое. В биоценозах не существует полезных и вредных организмов, в них все служит друг другу и взаимно приспособленно. Когда из состава биоценоза выпадают основные виды-средообразователи, это ведет к разрушению всей системы и смене сообществ. Однако, внезапное разрушение ранее устойчивых сообществ – это свойство, присущее всем сложным системам, у которых постепенно ослабели внутренние связи. Если один из видов биоценоза внезапно приобретает большее значение, нежели имел ранее – это может вызвать преобразование всего биоценоза.

Влияние, которое оказывает биотоп на биоценоз, называется акцией. Она способна вызвать самые различные последствия: морфологические, физиологические и этологические адаптации, сохранение или исчезновение видов, а также регуляцию их численности.

Влияние, оказываемое биоценозом на биотоп, называется реакцией. Реакция может выражаться в разрушении, созидании или изменении биотопа. Биоценозы преобразуют местный климат, создавая микроклимат.

1.6.3 ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМ

Термин «экосистема» предложен британским ботаником Артуром Тенсли в 1935 году. Экосистема – это любая совокупность организмов и неорганических компонентов окружающей их среды, в которой может осуществляться круговорот веществ (рисунок 10).

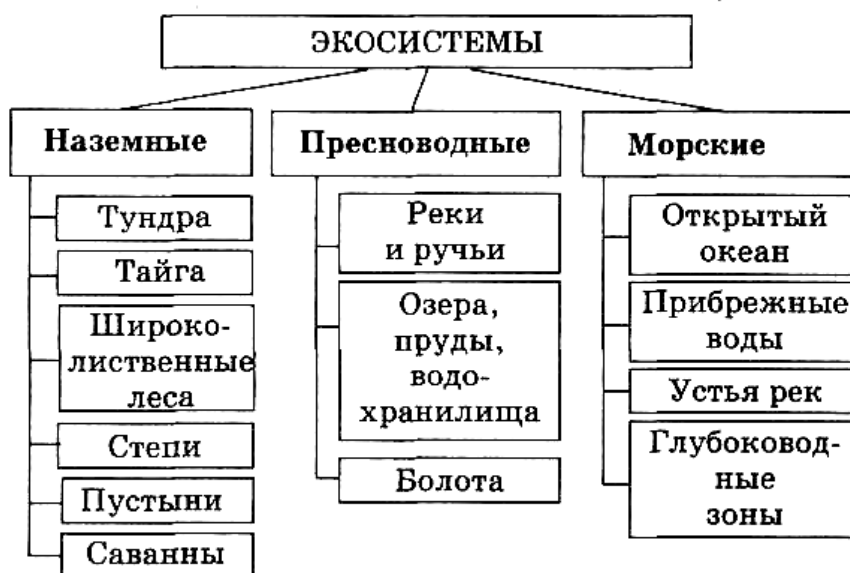


Рисунок 10 – Основные типы природных экосистем.

В 1940 году В. Н. Сукачев предложил термин «биогеоценоз» – это совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений – атмосферы, горной породы, гидрологических условий, растительности, животного мира, микроорганизмов и почвы.

Биогеоценоз также является экосистемой, но это понятие территориальное, относящееся к таким участкам суши, которые заняты фитоценозами (об этом говорит наличие в термине греческого корня «гео» - земля). Термин «биогеоценоз» неприменим к водным экосистемам. Он также ограниченно применим к искусственно созданным средам, способным некоторое время существовать за счет внутреннего круговорота. Таким образом, термин «экосистема» является более широким и универсальным. Любой биогеоценоз является экосистемой, но не каждая экосистема может быть названа биогеоценозом.

Экосистема может обеспечить круговорот веществ, если включает четыре составные части: запасы биогенных элементов, продуценты, консументы и редуценты. Принципы функционирования экосистем состоят в следующем:

1. Основной принцип: получение ресурсов и избавление от отходов происходит в рамках круговорота всех элементов.
2. Второй принцип: экосистемы существуют за счет не загрязняющей среду и практически вечной солнечной энергии, количество которой относительно постоянно и избыточно.
3. Третий принцип: чем меньше биомасса популяции, тем ниже должен быть занимаемый ею трофический уровень; на конце длинных пищевых цепей не может быть большей биомассы.

1.6.4 ПОТОКИ ВЕЩЕСТВА И ЭНЕРГИИ В ЭКОСИСТЕМАХ

Поток вещества – это перемещение последнего в форме химических элементов и их соединений от продуцентов к редуцентам через консументы или без них. Согласно закону сохранения вещества, оно никогда не теряется и не возникает. Поэтому все вещество, из которого состоят живые организмы, когда-то было веществом окружающей среды, и когда-нибудь снова в нее вернется.

Поток энергии – это переход ее в виде химических связей органических соединений (пищи) по цепям питания от одного трофического уровня к другому (более высокому), а также рассеивание ее в виде тепловой энергии в окружающей среде в процессах жизнедеятельности организмов. Согласно первому закону термодинамики, энергия может переходить из одной формы (энергии света) в другую (потенциальную энергию пищи), но она никогда не создается вновь и не исчезает бесследно.

Функционирование всех экосистем определяется наличием доступного им вещества и постоянным притоком энергии, которые необходимы всем организмам для поддержания их существования и самовоспроизведения.

Американские экологи Говард и Юджин Одум сформулировали закон максимизации энергии экосистемы: в соперничестве с другими экосистемами выживает (сохраняется) та из них, которая наилучшим образом способствует поступлению энергии и использует максимальное ее количество наиболее эффективным способом. Это также относится и к информации. Поэтому наиболее полный закон – это закон Н.Ф. Реймерса о максимизации энергии и информации: наилучшими шансами на самосохранение обладает система, в наибольшей степени способствующая поступлению, выработке и эффективному использованию энергии и информации.

Главными путями передачи энергии и вещества между организмами в экосистеме являются прочные пищевые взаимоотношения, или цепи питания (рисунок 11). Цепи питания, начинающиеся с фотосинтезирующих организмов, называют цепями выедания (или пастбищными), а цепи, которые начинаются с отмерших остатков растений, трупов или экскрементов животных, – детритными цепями. Место каждого звена в цепи питания называют трофическим уровнем. Первый трофический уровень всегда занимают продуценты; растительноядные консументы относятся ко второму трофическому уровню; плотоядные – к третьему; плотоядные, потребляющих других плотоядных – к четвертому и т. д. Соответственно различают консументов первого, второго, третьего и других порядков.

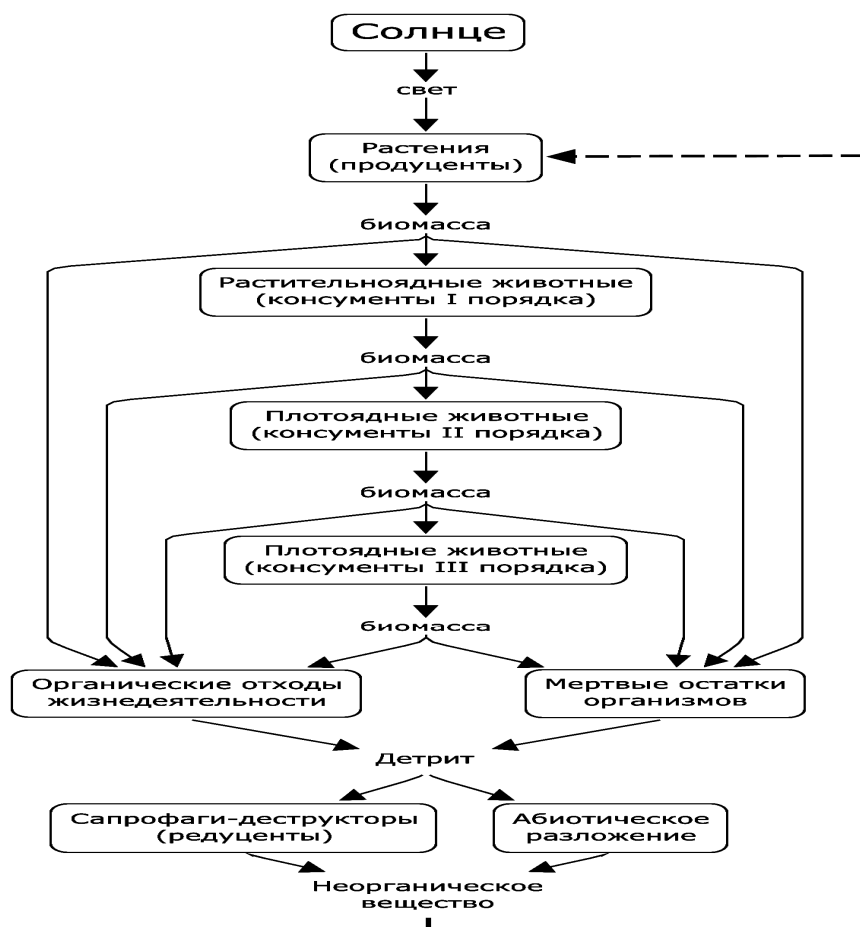


Рисунок 11 – Схематическое представление трофической (пищевой) цепи

В ходе фотосинтеза растения связывают в среднем лишь около 1% попадающей на них солнечной энергии. На каждом этапе передачи вещества и энергии по пищевой цепи теряется примерно 90% энергии. Эта закономерность называется принципом Линдемана, или «правилом десяти процентов»: с предыдущего на следующий уровень пищевой цепи передается в среднем не более 10% энергии, запасенной предыдущим уровнем. Принцип Линдемана ограничивает численность пищевых уровней в экосистеме: на некотором высоком уровне абсолютное количество энергии, которая может быть передана на следующий уровень, будет недостаточно для обеспечения существования сколько-нибудь развитого вида. Поэтому цепь питания обычно не может быть длиннее 4–6 звеньев.

В каждом биоценозе исторически формируются комплексы цепей питания, представляющие собой единое целое. Подобным образом создаются сети питания, в которых каждый из организмов соединен пищевыми связями не с одним (как в цепи), а с несколькими другими организмами. Благодаря сложности трофических связей в трофической сети даже полное выпадение какого-то одного вида из структуры биоценоза нередко почти не сказывается на сообществе в целом.

Скорость создания органического вещества в экосистемах называется биологической продукцией, а масса тела живых организмов – биомассой (рисунок 12). Органическая масса, которая создается растениями за единицу времени, называется первичной продукцией сообщества, а продукция животных или других консументов – вторичной.



Рисунок 12 – Типы биологической продуктивности

Валовая первичная продукция – количество вещества, которое создается растениями за единицу времени при данной скорости фотосинтеза. При этом часть первичной продукции идет на поддержание жизнедеятельности самих растений – это затраты на дыхание. Оставшаяся часть созданной органической массы характеризует чистую первичную продукцию.

Всем экосистемам отвечают соотношения первичной и вторичной продукции, называемые правилом пирамиды продукции. На каждом предыдущем трофическом уровне количество биомассы, создаваемой за единицу времени, больше, чем на последующем. Например, масса всех трав, выросших за год в степи, значительно больше, чем годовой прирост биомассы всех растительноядных животных, а прирост хищников меньше, чем растительноядных животных. В океане вся чистая первичная продукция очень быстро вовлекается в цепи питания – накопление биомассы водорослей мало. Поэтому для океанических экосистем пирамиды биомасс имеют основание (растения – в основном одноклеточные водоросли), меньшее по биомассе, чем следующий за ним уровень (растительноядные животные – рачки и прочий зоопланктон). Иногда второй уровень также может быть меньше, чем следующий за ним уровень плотоядных животных (рыб).

В тех трофических цепях, где передача происходит в основном через связи «хищник – жертва», выдерживается правило пирамиды чисел: общее число особей, которые участвуют в цепях питания, с каждым последующим звеном уменьшается.

Пирамида энергии более точно отображает трофические связи организмов, поскольку она характеризует скорость возобновления биомасс. На каждом уровне пирамида энергии отражает удельное количество энергии (на единицу площади или объема), прошедшей через предыдущий трофический уровень за данный отрезок времени. Пирамиды потоков энергии никогда не бывают «перевернутыми».

1.6.5 РАЗВИТИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ ЭКОСИСТЕМ

В биоценозах постоянно происходят изменения в состоянии и жизнедеятельности его членов и соотношении популяций. Изменения эти бывают циклические и поступательные.

Циклический тип изменения сообществ отражает суточную, сезонную и многолетнюю периодичность внешних условий и проявления эндогенных ритмов организмов. Суточную динамику биоценоза обеспечивает не только животное, но и растительное население. При сезонной динамике наблюдаются более существенные отклонения в биоценозах. Смена времен года в наиболее значительной степени влияет на жизнедеятельность растений и животных. Нормальным явлением в жизни любого биоценоза является и многолетняя изменчивость, которая обусловлена изменением по годам метеорологических условий (климатических флуктуаций) или других внешних факторов.

Поступательное изменение в сообществе приводит в конечном итоге к смене этого сообщества другим, с иным набором господствующих видов. Причиной подобных смен могут быть внешние по отношению к биоценозу факторы, длительное время воздействующие в одном направлении. При этом наблюдается явление, называемое сукцессией: последовательная необратимая смена биоценозов, преемственно возникающих на одной и той

же территории в результате влияния природных факторов или воздействия человека.

Различают первичные и вторичные сукцессии. Первичной сукцессией называется процесс развития и смены биоценозов на незаселенных ранее участках. Вторичная сукцессия происходит на месте сформировавшегося ранее биоценоза после его нарушения по какой-либо причине. Сукцессия завершается климаксом, когда все виды экосистемы, размножаясь, сохраняют относительно постоянную численность и дальнейшей смены ее состава не происходит. Климаксный биоценоз находится в состоянии гомеостаза (в сухом и жарком климате возникает климаксная экосистема – пустыня, а в жарком и влажном – тропические леса). Внезапные изменения, например: землетрясения, извержения вулканов, которые вызывают популяционный взрыв некоторых видов за счет гибели многих других, являются не сукцессией, а экологическим нарушением. При этом вмешательство человека бывает подчас настолько внезапным и глубоким, что может привести к гибели экосистем.

Характерной особенностью климаксных экосистем является их крайне малая чистая биологическая производительность. Биоценоз в такой системе является настолько точно настроенным механизмом передачи вещества, что обеспечивает практически полное повторное использование всех образующихся в нем питательных веществ. Отсюда возникают особо острые проблемы при попытках использования территорий, занятых климаксными тропическими лесами под выращивание сельскохозяйственных монокультур – имеющих в почве питательных веществ иногда не хватает более чем на 1-2 сезона, после чего наступает ее полная необратимая деградация.

При изменении любого абиотического и биотического фактора вид, плохо приспособленный к новым условиям, ожидает один из трех вариантов: миграция, адаптация или гибель. Когда одни виды вымирают, а выжившие особи других размножаются, адаптируются и изменяются под действием естественного отбора, можно говорить об эволюционной сукцессии. Здесь действует принцип Б. Небелу: выживание вида обеспечивается его генетическим разнообразием и слабым воздействием внешних условий.

К генетическому разнообразию за счет изменений среды можно добавить такой фактор, как географическое распространение. Чем шире распространен вид, тем выше его генетическое разнообразие. Важным свойством выживания является скорость воспроизведения, которая способствует изменению признаков за короткий промежуток времени в результате отбора, например, насекомые быстро адаптируются к применяемым пестицидам.

Основные правила, принципы и законы, определяющие устойчивость природных систем различной сложности, таковы:

1. Правило внутренней непротиворечивости: в естественных экосистемах деятельность входящих в них видов направлена на поддержание этих экосистем как среды собственного обитания.
2. Принцип совместной дополнителности: подсистемы одной природной

системы в своем развитии обеспечивают предпосылку для успешного развития и саморегуляции других подсистем, входящих в ту же систему. Ярусность в лесном сообществе способствует более полному использованию энергии Солнца. Сообщество видов, одни из которых созидают, а другие - разрушают органическое вещество – основа биологических круговоротов.

3. Закон экологической корреляции: в экосистеме, как и в любом другом целостном природно-системном образовании, особенно в биотическом сообществе, все входящие в него виды живого и абиотические компоненты функционально соответствуют друг другу.
4. Принцип взаимозаменяемости видов: В результате перекрывания экологических ниш видов в сообществе, выпадение или снижение активности одного из них не опасно для экосистемы в целом. Главные функции биоценоза (круговорот веществ, регуляция численности видов) обеспечиваются множеством видов организмов, которые в своей деятельности подстраховывают друг друга.

Исторически сложившиеся природные экосистемы являются сложными саморегулирующимися системами, способными поддерживать свое состояние продолжительное время, а также приспосабливать свою структуру и свои функции к изменяющимся условиям окружающей среды. Саморегуляция успешнее в наиболее разнообразных биоценозах, состоящих из большого числа сложных по структуре популяций. Естественно, возможности саморегуляции экосистем не безграничны, и обычно не превышают естественный разброс меняющихся параметров внешней среды. Поэтому человеку, обладающему в настоящее время силами, сравнимыми с силами природы (особенно в локальном масштабе), следует проявлять чрезвычайную осторожность при взаимодействии с природными экосистемами – ведь, как афористично отмечал Б. Коммонер, «природа знает лучше».

1.7 ЭВОЛЮЦИОННОЕ УЧЕНИЕ

Теория эволюции (эволюционное учение) — наука, изучающая историческое развитие жизни: причины, закономерности и механизмы. Различают микро- и макроэволюцию. Микроэволюция — эволюционные процессы на уровне популяций, приводящие к образованию новых видов. Макроэволюция — эволюция надвидовых таксонов, в результате которой формируются более крупные систематические группы. В их основе лежат одинаковые принципы и механизмы.

Карл Линней, предложивший систематизацию растений и животных, допускал возможность возникновения видов путем скрещивания или под влиянием условий среды.

Жан-Батист Ламарк изложил эволюционные идеи: движущей силой эволюции является стремление к совершенству и наследование

благоприобретенных признаков.

Чарльз Дарвин создал эволюционную теорию, основанную на понятиях борьбы за существование и естественного отбора.

Факторами эволюции по Ч. Дарвину являются: наследственность, изменчивость, борьба за существование, естественный отбор.

Наследственность — способность организмов передавать из поколения в поколение свои признаки (особенности строения, функции, развития).

Изменчивость — способность организмов приобретать новые признаки.

Борьба за существование — весь комплекс взаимоотношений организмов с условиями окружающей среды: с неживой природой (абиотическими факторами) и с другими организмами (биотическими факторами). Борьба за существование не является «борьбой» в прямом смысле слова, фактически это стратегия выживания и способ существования организма. Различают внутривидовую борьбу, межвидовую борьбу и борьбу с неблагоприятными абиотическими факторами окружающей среды. Внутривидовая борьба — борьба между особями одной популяции. Всегда идет очень напряженно, так как особи одного вида нуждаются в одних и тех же ресурсах. Межвидовая борьба — борьба между особями популяций разных видов. Идет, когда виды конкурируют за одни и те же ресурсы, либо когда они связаны отношениями типа «хищник-жертва». Борьба с неблагоприятными абиотическими факторами среды особенно проявляется при ухудшении условий среды; усиливает внутривидовую борьбу. В борьбе за существование выявляются наиболее приспособленные к данным условиям обитания особи. Борьба за существование ведет к естественному отбору.

Естественный отбор является направляющим фактором эволюции. Естественный отбор — процесс, в результате которого выживают и оставляют после себя потомство преимущественно особи с полезными для популяции свойствами. Отбор действует в популяциях, его объектами являются фенотипы отдельных особей. Однако отбор по фенотипам является отбором генотипов, так как потомкам передаются не признаки, а гены. В результате в популяции происходит увеличение относительного числа особей, обладающих определенным свойством или качеством. Таким образом, естественный отбор — это процесс дифференциального (выборочного) воспроизводства генотипов.

Различают три основные формы естественного отбора: стабилизирующий, движущий и разрывающий (дизруптивный).

Стабилизирующий отбор направлен на сохранение мутаций, ведущих к меньшей изменчивости средней величины признака. Действует при относительно постоянных условиях окружающей среды, то есть пока сохраняются условия, повлекшие образование того или иного признака или свойства. Например, сохранение у насекомоопыляемых растений размеров и формы цветка, так как цветки должны соответствовать размерам тела насекомого-опылителя. Сохранение реликтовых видов.

Движущий отбор направлен на сохранение мутаций, изменяющих

среднюю величину признака. Возникает при изменении условий окружающей среды. Особи популяции имеют некоторые отличия по генотипу и фенотипу, и при длительном изменении внешней среды преимущество в жизнедеятельности и размножении может получить часть особей вида с некоторыми отклонениями от средней нормы. Вариационная кривая смещается в направлении приспособления к новым условиям существования. Например, возникновение у насекомых и грызунов устойчивости к ядохимикатам, у микроорганизмов — к антибиотикам.

Разрывающий (дизруптивный) отбор направлен на сохранение мутаций, ведущих к наибольшему отклонению от средней величины признака. Разрывающий отбор проявляется в том случае, если условия среды изменяются так, что преимущество приобретают особи с крайними отклонениями от средней нормы. В результате разрывающего отбора формируется полиморфизм популяции, то есть наличие нескольких, различающихся по какому-либо признаку групп. Например, при частых

сильных ветрах на океанических островах сохраняются насекомые либо с хорошо развитыми крыльями, либо с рудиментарными.

Характеристика эволюционного учения Дарвина и СТЭ дана в таблице 2.

Возникновение приспособлений. Каждое приспособление вырабатывается на основе наследственной изменчивости в процессе борьбы за существование и отбора в ряду поколений.

Приспособленность организмов к среде не абсолютна, а относительна, так как условия среды обитания могут изменяться. Доказательством этого служат многие факты. Например, рыбы прекрасно приспособлены к водной среде обитания, но все эти адаптации совершенно непригодны для других сред обитания.

Критерии вида — характерные признаки и свойства:

- 1) морфологический (сходство внешнего и внутреннего строения);
- 2) генетический (характерный для вида набор хромосом: их число, размеры, форма);
- 3) физиологический (сходство всех процессов жизнедеятельности, прежде всего размножения);
- 4) биохимический (сходство белков);
- 5) географический (определенный ареал, занимаемый видом);
- 6) экологический (совокупность факторов внешней среды, в которых существует вид) и др.

Ни один из критериев не является абсолютным. Вид характеризуется совокупностью критериев. Население вида, как правило, распадается на относительно изолированные группы особей — популяции. Популяция является структурной единицей вида и единицей эволюции. Эволюционируют не отдельные особи, а группы особей, объединенные в популяции. Эволюционные процессы в популяции происходят в результате изменения частот аллелей (генов) и генотипов.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика основных положений эволюционного учения Ч.Дарвина и синтетическая теория эволюции (СТЭ)

Признаки	Эволюционная теория Ч.Дарвина	Синтетическая теория эволюции (СТЭ)
Основные результаты эволюции	1) Повышение приспособленности организмов к условиям среды; 2) повышение уровня организации живых существ; 3) увеличение многообразия организмов	
Единица эволюции	Вид	Популяция
Факторы эволюции	Наследственность, изменчивость, борьба за существование, естественный отбор	Мутационная и комбинативная изменчивость, популяционные волны, дрейф генов, изоляция, естественный отбор
Движущий фактор	Естественный отбор	
Трактовка термина «естественный отбор»	Выживание более приспособленных и гибель менее приспособленных форм	Избирательное воспроизводство генотипов
Формы естественного отбора	Движущий (и половой как его разновидность)	Движущий, стабилизирующий, дизруптивный

Генетическая структура популяции — соотношение в популяции различных генотипов и аллелей. Совокупность генов всех особей популяции называют генофондом. Генофонд характеризуют частоты аллелей и генотипов. Частота аллеля — это его доля во всей совокупности аллелей данного гена. Сумма частот всех аллелей равна единице: $p + q = 1$, где p — доля доминантного аллеля (А); q — доля рецессивного аллеля (а). Зная частоты аллелей, можно вычислить частоты генотипов в популяции:

$$(p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2 = 1,$$

где p и q — частоты доминантного и рецессивного аллелей соответственно; p^2 — частота гомозиготного доминантного генотипа (АА); $2pq$ — частота гетерозиготного доминантного генотипа (Аа); q^2 — частота гомозиготного рецессивного генотипа (аа). *Закон Харди-Вайнберга*: относительные частоты аллелей в популяции остаются неизменными из поколения в поколение.

Закон Харди-Вайнберга справедлив, если соблюдаются следующие условия:

- 1) популяция велика;
- 2) в популяции осуществляется свободное скрещивание;
- 3) отсутствует отбор;
- 4) не возникает новых мутаций;
- 5) нет миграции новых генотипов в популяцию или из популяции.

Очевидно, что популяций, удовлетворяющих этим условиям в течение длительного времени, в природе не существует. На популяции всегда действуют внешние и внутренние факторы, нарушающие генетическое равновесие. Длительное и направленное изменение генотипического состава популяции, ее генофонда получило название элементарного эволюционного процесса.

Элементарный эволюционный процесс — изменение частот аллелей и генотипов популяции.

Элементарные факторы эволюции — факторы, изменяющие частоту аллелей и генотипов в популяции (генетическую структуру популяции). Выделяют несколько основных элементарных факторов эволюции: мутационный процесс, популяционные волны, изоляция, отбор.

Мутационная изменчивость. Мутационный процесс приводит к возникновению новых аллелей (или генов) и их сочетаний в результате мутаций. В результате мутации возможен переход гена из одного аллельного состояния в другое или изменение гена вообще. Мутационный процесс, в силу случайности мутаций, не обладает направленностью и без участия других факторов эволюции не может направлять изменение природной популяции. Он лишь поставляет элементарный эволюционный материал для естественного отбора.

Комбинативная изменчивость возникает в результате образования у потомков новых комбинаций уже существующих генов, унаследованных от родителей. Источниками комбинативной изменчивости являются: перекрест хромосом (рекомбинация), случайное расхождение гомологичных хромосом в мейозе, случайное сочетание гамет при оплодотворении.

Популяционные волны (волны жизни) — периодические и непериодические колебания численности популяции как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. Причинами популяционных волн могут быть: периодические изменения экологических факторов среды (сезонные колебания температуры, влажности и т.д.), непериодические изменения (природные катастрофы), заселение видом новых территорий (сопровождается резкой вспышкой численности).

В качестве эволюционного фактора популяционные волны выступают в малочисленных популяциях, где возможно проявление дрейфа генов.

Дрейф генов — случайное ненаправленное изменение частот аллелей и генотипов в популяциях. В малых популяциях действие случайных процессов приводит к заметным последствиям. Если популяция мала по численности, то в результате случайных событий некоторые особи

независимо от своей генетической конституции могут оставить или не оставить потомство, вследствие этого частоты некоторых аллелей могут резко меняться за одно или несколько поколений. Так, при резком сокращении численности популяции (например, вследствие сезонных колебаний, сокращения кормовых ресурсов, пожара и т.д.) среди оставшихся в живых немногочисленных особей могут быть редкие генотипы. Если в дальнейшем численность восстановится за счет этих особей, то это приведет к случайному изменению частот аллелей в генофонде популяции.

Изоляция обусловлена возникновением разнообразных факторов, препятствующих свободному скрещиванию. Между образовавшимися популяциями прекращается обмен генетической информацией, в результате чего начальные различия генофондов этих популяций увеличиваются и закрепляются. Изолированные популяции могут подвергаться различным эволюционным изменениям, постепенно превращаться в разные виды.

Различают пространственную и биологическую изоляцию. Пространственная (географическая) изоляция связана с географическими препятствиями (водные преграды, горы, пустыни и др.). Биологическая изоляция обусловлена невозможностью спаривания и оплодотворения (в связи с изменением сроков размножения, строения или других факторов, препятствующих скрещиванию), гибелью зигот (вследствие биохимических различий гамет), стерильностью потомства (в результате нарушения конъюгации хромосом при гаметогенезе).

Эволюционное значение изоляции состоит в том, что она закрепляет и усиливает генетические различия между популяциями.

Видообразование. Между особями разных популяций внутри вида возможен процесс скрещивания и образования плодового потомства. Однако в результате изоляции популяций скрещивание между ними прекращается, обмена наследственной информацией не происходит и популяции становятся самостоятельными генетическими системами.

В ходе видообразования осуществляются в основном два процесса: возникновение адаптации в ответ на изменение условий среды и обособление на основе изоляции новых видов. Различают два основных пути видообразования: аллопатрическое и симпатрическое.

Аллопатрическое (географическое) видообразование связано с пространственной изоляцией популяций. Пространственная изоляция происходит либо в результате миграции группы особей за пределы ареала исходного вида, либо при расчленении ареала какими-либо преградами (реками, горами и т.п.). В обоих случаях происходит нарушение панмиксии (свободного скрещивания) между группами и разобщение генофондов. С течением времени различия между популяциями увеличиваются и они превращаются в самостоятельные виды.

Симпатрическое видообразование связано с биологической изоляцией популяций. Оно осуществляется в пределах ареала исходного вида из популяций с перекрывающимися или совпадающими ареалами. Можно

выделить несколько способов симпатрического видообразования: путем полиплоидии (в роде табака исходное число хромосом равно 12, но имеются формы с 24, 48, 72 хромосомами); путем гибридизации с последующим удвоением хромосом (межвидовые гибриды растений, например, рябинокизильник, некоторые виды малины и др.); путем сезонной изоляции (форель оз. Севан по срокам размножения образует озимую и яровую расы).

Макроэволюция — эволюция надвидовых таксонов, в результате которой формируются более крупные систематические группы. В ее основе лежат те же эволюционные факторы, что и в основе микроэволюции.

Важными процессами макроэволюции являются дивергенция и конвергенция.

Дивергенция — расхождение признаков в ходе эволюции у родственных групп, развивающихся в разнородных условиях. Она приводит к разделению вида на популяции, род на виды, семейство на роды и т.д. Дивергенция увеличивает разнообразие форм жизни. В результате дивергенции формируются гомологичные органы. Гомологичными называют органы, имеющие единое происхождение независимо от выполняемых функций (конечности позвоночных, видоизменения корня, стебля и листьев у растений).

Конвергенция — схождение признаков в ходе эволюции у неродственных групп, развивающихся в схожих условиях. Например, акулы, ихтиозавры и дельфины имеют внешнее сходство, но принадлежат к разным систематическим группам: рыбам, пресмыкающимся и млекопитающим соответственно. В результате конвергенции образуются аналогичные органы. Аналогичными называются органы, выполняющие одинаковые функции и имеющие внешнее сходство, но различные по происхождению (жабры рака и рыбы, крыло птицы и бабочки, роющие конечности крота и медведки).

Отечественные ученые А.Н. Северцов и И.И. Шмальгаузен установили главные направления эволюции (биологический прогресс и биологический регресс) и главные пути эволюции (ароморфозы, идиоадаптации и дегенерации). Ароморфозы, идиоадаптации и дегенерации относят к биологическому прогрессу.

Биологический прогресс — увеличение численности особей данной систематической группы, расширение ареала, расширение видового разнообразия внутри группы (популяций и подвидов внутри вида, видов в роде и т.п.). Биологический прогресс означает победу вида или другой систематической группы в борьбе за существование. Биологический прогресс является следствием хорошей приспособленности организмов к условиям окружающей среды. В настоящее время прогрессируют многие группы насекомых, костистых рыб, цветковых растений и др.

Биологический регресс — уменьшение численности особей данной систематической группы, сужение ареала, сокращение видового разнообразия внутри группы. Биологический регресс означает отставание вида или другой систематической группы в темпах эволюции от скорости изменений условий окружающей среды. Биологический регресс может

привести к вымиранию группы. Исчезли древовидные плауны и хвощи, древние папоротники, большинство древних земноводных и пресмыкающихся. Регрессирующим является род выхухолей, семейство гинкговых и др.

Деятельность человека является мощным фактором биологического прогресса одних видов (одомашненных животных, культурных растений, сорняков, вредителей и паразитов, болезнетворных микробов), и биологического регресса других видов (сокращается численность и сужается ареал соболя, на грани вымирания находится уссурийский тигр). Причина их вымирания заключается в том, что под влиянием хозяйственной деятельности человека среда обитания живых существ изменяется значительно быстрее, чем формируются приспособления.

Существуют три основных пути биологического прогресса: ароморфоз, идиоадаптация и общая дегенерация.

Ароморфозы (арогенез) — крупные эволюционные изменения, ведущие к подъему уровня биологической организации, увеличению интенсивности процессов жизнедеятельности. Ароморфоз не является узким приспособлением к конкретным условиям среды. Это развитие у группы организмов принципиально новых признаков и свойств, позволяющих ей перейти в другую адаптивную зону. Примеры ароморфозов: появление автотрофного питания, аэробного дыхания, эукариотических клеток, полового размножения и т.д.

Идиоадаптации (аллогенез) — мелкие эволюционные изменения, приспособления к определенным условиям среды обитания без подъема уровня биологической организации. Например, возникновение цветка является ароморфозом, количество лепестков и их окраска — идиоадаптации. Идиоадаптации к узким, ограниченным условиям среды приводят к специализации группы (термофильные бактерии, живущие в горячих источниках; специализация некоторых растений к определенным опылителям и др.).

Общая дегенерация (катагенез) — эволюционные изменения, ведущие к упрощению организации, образа жизни в результате приспособления к более простым условиям существования. Дегенерации, как правило, происходят при переходе к сидячему или паразитическому образу жизни, когда органы, потерявшие биологическое значение, исчезают (у ленточных червей утрачены некоторые органы чувств, пищеварительная система; у повилики — атрофия корней и листьев).

В процессе филогенеза происходит смена одного пути эволюции другим. Новые, более высокоорганизованные группы живых организмов возникают путем ароморфоза и при этом часто переходят в новую среду обитания (выход животных на сушу). Далее эволюция продолжается путем идиоадаптации, иногда дегенерации. Ароморфозы происходят значительно реже, чем идиоадаптации.

1.8 БИОСФЕРА

Биосфера (от греч. *bios* — жизнь и *sphaira* — шар) — оболочка Земли, состав, структура и свойства которой в той или иной степени определяются настоящей или прошлой деятельностью живых организмов.

Термин «биосфера» впервые применил Э.Зюсс (1875), понимавший ее как тонкую пленку жизни на земной поверхности, в значительной мере определяющую «Лик Земли». Однако заслуга создания целостного учения о биосфере принадлежит В.И. Вернадскому, которое он изложил в 1926 г. в книге «Биосфера», где развил представление о живом веществе как огромной геологической (биогеохимической) силе, преобразующей свою среду обитания.

Биосфера имеет определенные границы. Она занимает нижнюю часть атмосферы, верхние слои литосферы, поверхность суши и всю гидросферу. Границы биосферы в большой степени условны. Обычно считают, что верхняя граница биосферы находится на высоте 22—24 км от поверхности Земли, где образуется озоновый экран. Здесь свободный кислород под влиянием солнечной радиации превращается в озон, который образует экран и отражает губительные для живых организмов космические излучения и частично ультрафиолетовые лучи. Нижняя граница биосферы проходит по литосфере на глубине 3—4 км, а по гидросфере по дну Мирового океана, местами свыше 11 км. Более широкое распространение живых организмов ограничено лимитирующими факторами. Так, проникновению вверх препятствует космическое излучение, а проникновению вглубь — высокая температура земных недр (изотерма 100 °C).

В.И. Вернадский рассматривал биосферу как область жизни, включающую наряду с организмами и среду их обитания. Он выделил в биосфере 7 разных, но геологически взаимосвязанных типов веществ. По В.И. Вернадскому, вещество биосферы состоит из нескольких компонентов:

1. *Живое вещество* — совокупность всех живых организмов, населяющих нашу планету.

2. *Косное вещество* — совокупность всех неживых тел, образующихся в результате процессов, не связанных с деятельностью живых организмов (породы магматического и метаморфического происхождения, некоторые осадочные породы).

3. *Биогенное вещество* — совокупность неживых тел, образованных в результате жизнедеятельности живых организмов (некоторые осадочные породы: известняки, мел и др., а также нефть, газ, каменный уголь, кислород атмосферы и др.).

4. *Биокосное вещество* — совокупность биокосных тел, представляющих собой результат совместной деятельности живых организмов и геологических процессов (почвы, илы, кора выветривания и др.).

5. Радиоактивное вещество.

6. Рассеянные атомы.

7. Вещество космического происхождения (метеориты, космическая пыль).

Масса живого вещества составляет лишь 0,01 % от массы всей биосферы. Тем не менее живое вещество биосферы — это главнейший ее компонент.

Важнейшим свойством живого вещества является способность к воспроизводству и распространению по планете. Живое вещество распространено в биосфере неравномерно: пространства, густо заселенные организмами, чередуются с менее заселенными территориями.

Наибольшая концентрация жизни в биосфере наблюдается на границах соприкосновения земных оболочек: атмосферы и литосферы (поверхность суши), атмосферы и гидросферы (поверхность океана), гидросферы и литосферы (дно океана), и особенно на границе трех оболочек — атмосферы, литосферы и гидросферы (прибрежные зоны). Эти места наибольшей концентрации жизни В.И. Вернадский назвал «пленками жизни». Вверх и вниз от этих поверхностей концентрация живой материи уменьшается.

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 изменять и поддерживать определенный газовый состав среды обитания и атмосферы в целом.

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 помощью 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, 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.

Целостность биосферы обусловлена тесной взаимосвязью слагающих ее компонентов. Она достигается круговоротом вещества и энергии. Изменение одного компонента неизбежно приводит к изменению других и биосферы в целом. При этом биосфера — не механическая сумма компонентов, а качественно новое образование, обладающее своими особенностями и развивающееся как единое целое, биосфера — система с прямыми и обратными (отрицательными и положительными) связями, которые, в конечном счете, обеспечивают механизмы ее функционирования и устойчивости.

Центральным звеном биосферы выступают живые организмы (живое вещество). Это свойство, к сожалению, часто недооценивается человеком и в центр биосферы ставится только один вид — человек (идеи антропоцентризма).

Биосфера способна возвращаться в исходное состояние, гасить возникающие возмущения, создаваемые внешними и внутренними воздействиями, включением определенных механизмов. Гомеостатические механизмы биосферы связаны в основном с живым веществом, его свойствами и функциями. Биосфера за свою историю пережила ряд таких возмущений, многие из которых были значительными по масштабам (извержения вулканов, встречи с астероидами, землетрясения и т.п.).

Гомеостатические механизмы биосферы подчинены принципу Ле Шателье-Брауна: при действии на систему сил, выводящих ее из состояния устойчивого равновесия, последнее смещается в том направлении, при котором эффект этого воздействия ослабляется.

Биосфера проявляет ритмичность развития — повторяемость во времени тех или иных явлений. В природе существуют ритмы разной продолжительности. Основные из них — суточный, годовой, внутривековые и сверхвековые. Суточный ритм проявляется в изменении температуры, давления и влажности воздуха, облачности, силы ветра, в явлениях приливов и отливов, циркуляции бризов, процессах фотосинтеза у растений, поведении животных. Годовая ритмика — это смена времен года, изменения в интенсивности почвообразования и разрушения горных пород, сезонность в хозяйственной деятельности человека. Суточная ритмика, как известно, обусловлена вращением Земли вокруг оси, годовая — движением Земли по орбите вокруг Солнца. Разные экосистемы обладают различной суточной и годовой ритмикой. Годовая ритмика лучше всего выражена в умеренном поясе и очень слабо — в экваториальном. Наблюдаются и более продолжительные ритмы (11, 22-23, 80—90 лет и др.). Ритмические явления не повторяют полностью в конце ритма того состояния природы, которое было в его начале. Именно этим и объясняется направленное развитие природных процессов.

Биосфера — открытая система. Ее существование невозможно без поступления энергии извне. Основная доля приходится на энергию Солнца. В отличие от количества солнечной энергии, количество атомов вещества на Земле ограничено. Круговорот веществ обеспечивает неисчерпаемость отдельных атомов химических элементов. При отсутствии круговорота, например, за короткое время был бы исчерпан основной «строительный материал» живого — углерод.

Общебиосферной закономерностью является горизонтальная зональность — закономерное изменение природной среды по направлению от экватора к полюсам. Зональность обусловлена неодинаковым количеством поступающего на разные широты тепла в связи с шарообразной формой Земли. Зональный климат, воды суши и океана, процессы выветривания, некоторые формы рельефа, образующиеся под влиянием внешних сил (поверхностных вод, ветра, ледников), растительность, почвы, животный мир.

Наиболее крупные зональные подразделения — географические пояса. Они отличаются друг от друга температурными условиями, а также общими особенностями циркуляции атмосферы, почвенно-растительного покрова и животного мира. На суше выделяются следующие географические пояса: экваториальный и в каждом полушарии субэкваториальный, тропический, субтропический, умеренный, а также в Северном полушарии субарктический и арктический, а в Южном — субантарктический и антарктический. Аналогичные по названию пояса выявлены и в Мировом океане. Географические пояса протягиваются преимущественно в широтном

направлении.

Внутри поясов по соотношению тепла и влаги выделяются природные зоны, названия которых определяются по преобладающему в них типу растительности. Так, например, в субарктическом поясе это зоны тундры и лесотундры, в умеренном поясе — зоны лесов, лесостепи, степи, полупустынь и пустынь, в тропическом поясе — зоны лесов, редколесий и саванн, полупустынь и пустынь. Как правило, они совпадают с основными и переходными типами природных экосистем (биомами и экотонами). В связи с неоднородностью земной поверхности, а, следовательно, и увлажнения в различных частях материков зоны не всегда имеют широтное простираие.

Зональность характерна и для Мирового океана. От экватора к полюсам изменяются свойства поверхностных вод (температура, соленость, плотность и прозрачность, интенсивность волнения и др.), а также состав растительности и животного мира.

Высотная поясность — закономерная смена природной среды с подъемом в горы от их подножия до вершин. Она обусловлена изменением климата с высотой: понижением температуры (на 0,6 °С на каждые 100 м подъема) и до определенной высоты (до 2—3 км) увеличением осадков. Смена поясов в горах происходит в той же последовательности, как и на равнине при движении от экватора к полюсам. Отличием является присутствие в горах особого пояса субальпийских и альпийских лугов, которого нет на равнинах. Высотная поясность начинается в горах с аналога той горизонтальной зоны, в пределах которой расположены горы. Так, в горах находящихся в степной зоне, нижний пояс горно-степной, в лесной — горно-лесной и т.д. Количество высотных поясов зависит от высоты гор и их местоположения.

Биосфера — система, характеризующаяся большим разнообразием (рисунок 13). Это свойство обусловлено следующими причинами: разными средами жизни (водной, наземно-воздушной, почвенной, организменной); разнообразием природных зон, различающихся по климатическим, гидрологическим, почвенным, биотическим и другим свойствам; наличием регионов, различающихся по химическому составу (геохимические провинции); биологическим разнообразием живых организмов.



Рисунок 13 – Факторы устойчивости биосферы.

Разнообразие обеспечивает возможность дублирования, подстраховки, замены одних звеньев другими, степень сложности и прочности пищевых и другие связей. Поэтому разнообразие рассматривают как основное условие устойчивости любой экосистемы и биосферы в целом.

К сожалению, практически вся без исключения деятельность человека подчинена упрощению экосистем любого ранга. Сюда следует отнести и уничтожение отдельных видов или резкое уменьшение их численности, и создание агроценозов на месте сложных природных систем. Например, полностью исчезли с лица земли степи как тип экосистем и ландшафтов, резко уменьшились площади лесов (до появления человека они занимали примерно 70% суши, а сейчас — не более 20—23%). Идет дальнейшее, невиданное по масштабам, уничтожение лесных экосистем, особенно наиболее ценных и сложных тропических, спрямление русел рек, создание промышленных районов и т.п.

Простые экосистемы с малым разнообразием удобны для эксплуатации, они позволяют в короткое время получить значительный объем нужной продукции (например, с сельскохозяйственных полей), но за это приходится рассчитывать на снижение устойчивости экосистем, их распадом и деградацией среды.

Биосфера Земли характеризуется определенным образом сложившимися круговоротом веществ и потоком энергии. Круговорот веществ — многократное участие веществ в процессах, протекающих в атмосфере, гидросфере и литосфере, в том числе в тех слоях, которые входят в состав биосферы Земли. Круговорот веществ осуществляется при непрерывном поступлении (потоке) внешней энергии Солнца и внутренней энергии Земли.

В зависимости от движущей силы, с определенной долей условности, внутри круговорота веществ можно выделить геологический, биологический и антропогенный круговороты. До возникновения человека на Земле осуществлялись только первые два.

Геологический круговорот (большой круговорот веществ в природе) — круговорот веществ, движущей силой которого являются экзогенные и эндогенные геологические процессы.

Эндогенные процессы (процессы внутренней динамики) происходят под влиянием внутренней энергии Земли. Это энергия, выделяющаяся в результате радиоактивного распада, химических реакций образования минералов, кристаллизации горных пород и т.д. К эндогенным процессам относятся: тектонические движения, землетрясения, магматизм, метаморфизм.

Экзогенные процессы (процессы внешней динамики) протекают под влиянием внешней энергии Солнца. Экзогенные процессы включают выветривание горных пород и минералов, удаление продуктов разрушения с одних участков земной коры и перенос их на новые участки, отложение и накопление продуктов разрушения с образованием осадочных пород. К экзогенным процессам относятся геологическая деятельность атмосферы, гидросферы (рек, временных водотоков, подземных вод, морей и океанов,

озер и болот, льда), а также живых организмов и человека.

Крупнейшие формы рельефа (материки и океанические впадины) и крупные формы (горы и равнины) образовались за счет эндогенных процессов, а средние и мелкие формы рельефа (речные долины, холмы, овраги, барханы и др.), наложенные на более крупные формы, — за счет экзогенных процессов. Таким образом, эндогенные и экзогенные процессы противоположны по своему действию. Первые ведут к образованию крупных форм рельефа, вторые — к их сглаживанию.

Магматические горные породы в результате выветривания преобразуются в осадочные. В подвижных зонах земной коры они погружаются вглубь Земли. Там под влиянием высоких температур и давлений они переплавляются и образуют магму, которая, поднимаясь на поверхность и застывая, образует магматические породы.

Таким образом, геологический круговорот веществ протекает без участия живых организмов и осуществляет перераспределение вещества между биосферой и более глубокими слоями Земли.

Биологический (биогеохимический) круговорот (малый круговорот веществ в биосфере) — круговорот веществ, движущей силой которого является деятельность живых организмов. В отличие от большого геологического, малый биогеохимический круговорот веществ совершается в пределах биосферы. Главным источником энергии круговорота является солнечная радиация, которая порождает фотосинтез. В экосистеме органические вещества синтезируются автотрофами из неорганических веществ. Затем они потребляются гетеротрофами. В результате выделения 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 для синтеза автотрофами органических веществ.

В биогеохимических круговоротах следует различать две части:

1) *резервный фонд* — это часть вещества, не связанная с живыми организмами;

2) *обменный фонд* — значительно меньшая часть вещества, которая связана прямым обменом между организмами и их непосредственным окружением.

В зависимости от расположения резервного фонда биогеохимические круговороты можно разделить на два типа:

1) круговороты *газового типа* с резервным фондом веществ в атмосфере и гидросфере (круговороты углерода, кислорода, азота) представлены на рисунках 14, 15.

2) круговороты *осадочного типа* с резервным фондом в земной коре (круговороты фосфора, кальция, железа и др.) представлены на рисунках 16, 17.

Круговороты газового типа более совершенны, так как обладают большим обменным фондом, а значит, способны к быстрой саморегуляции. Круговороты осадочного типа менее совершенны, они более инертны, так

как основная масса вещества содержится в резервном фонде земной коры в «недоступном» живым организмам виде. Такие круговороты легко нарушаются от различного рода воздействий и часть обмениваемого материала выходит из круговорота. Возвратиться опять в круговорот он может лишь в результате геологических процессов или путем извлечения живым веществом. Однако извлечь нужные живым организмам вещества из земной коры гораздо сложнее, чем из атмосферы.

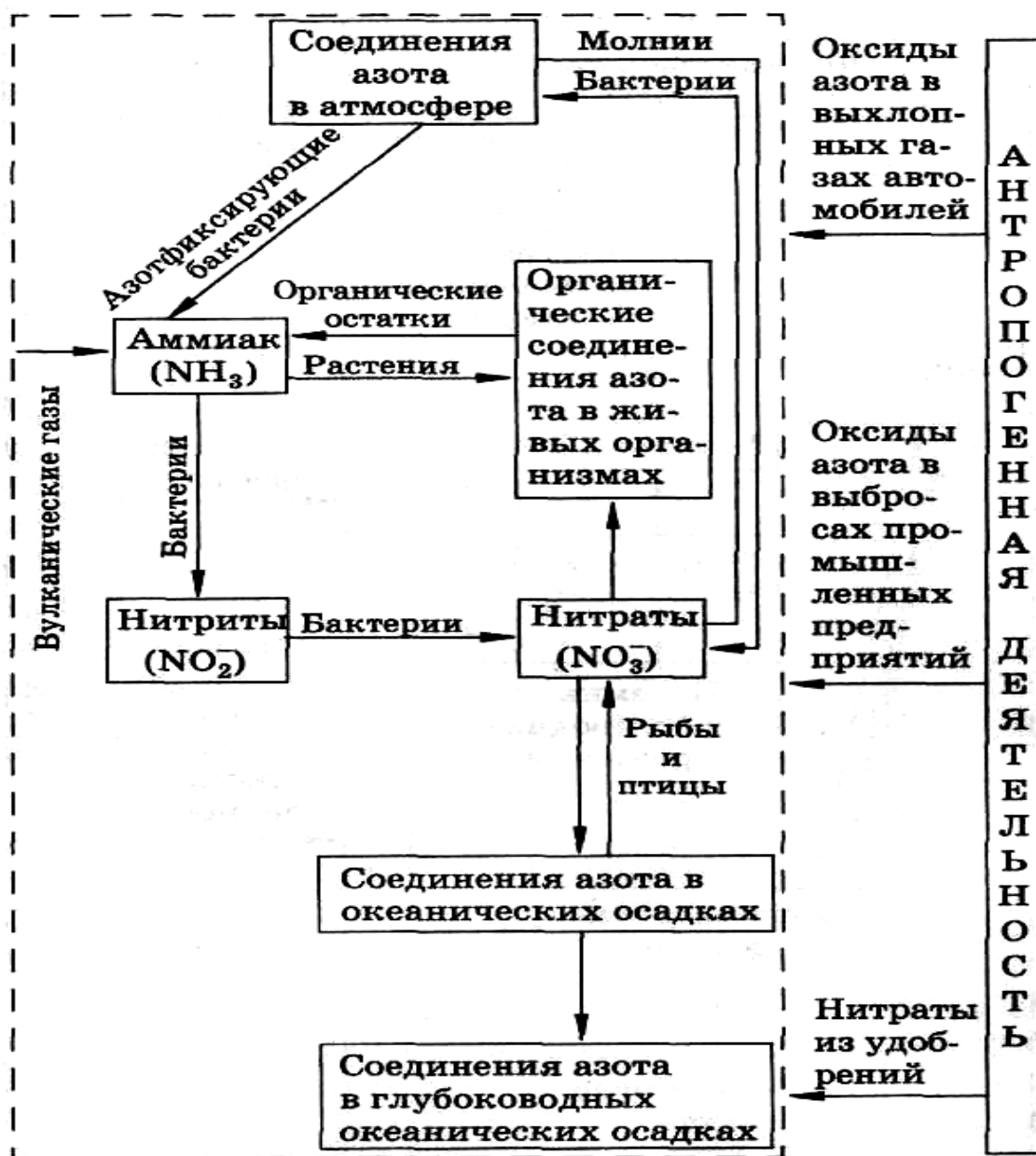


Рисунок 14 – Круговорот азота в биосфере

Интенсивность биологического круговорота, в первую очередь, определяется температурой окружающей среды и количеством воды. Так, например, биологический круговорот интенсивнее протекает во влажных тропических лесах, чем в тундре. Кроме того, в тундре биологические процессы протекают только в теплое время года.

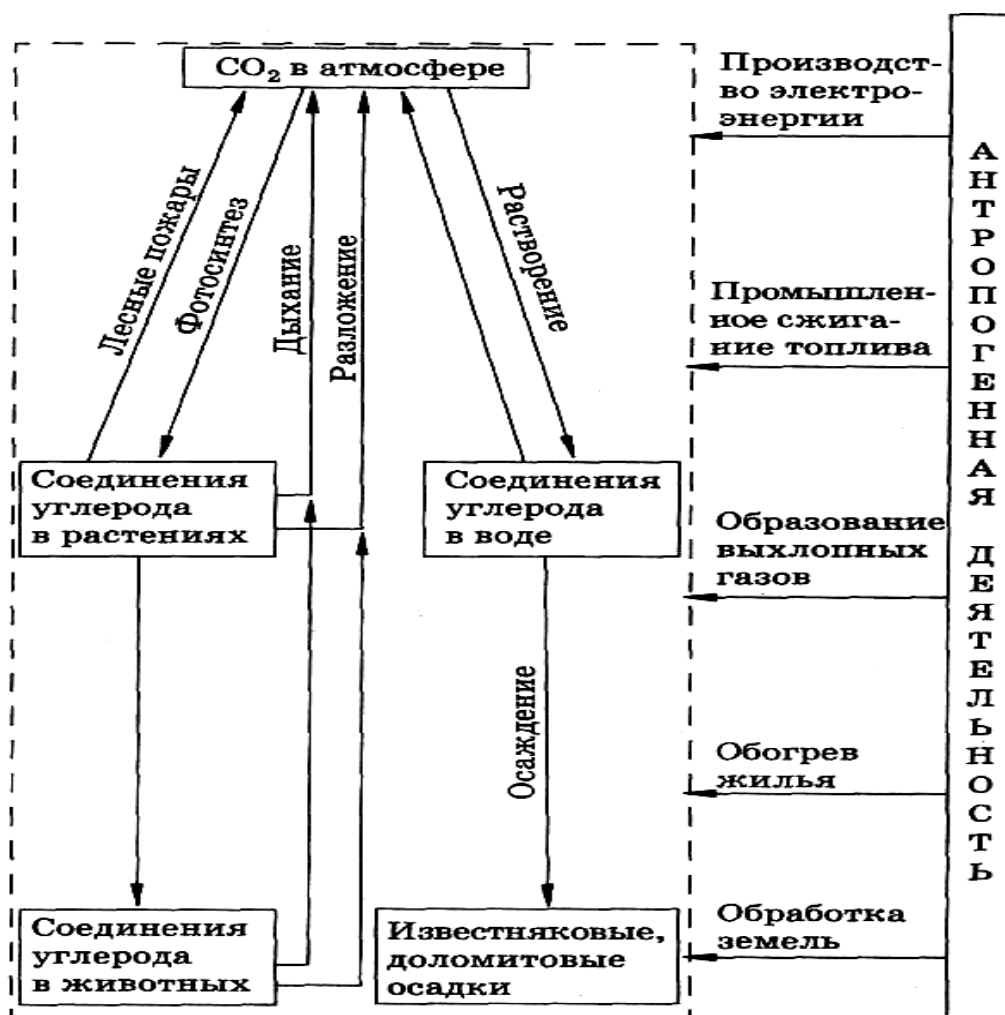


Рисунок 15 – Круговорот углерода в биосфере

Круговорот воды относится к большому геологическому, а круговороты биогенных элементов (углерода, кислорода, азота, фосфора, серы и других биогенных элементов) — к малому биогеохимическому.

С появлением человека возник антропогенный круговорот или обмен веществ. Антропогенный круговорот (обмен) — круговорот (обмен) веществ, движущей силой которого является деятельность человека. В нем можно выделить две составляющие: биологическую, связанную с функционированием человека как живого организма, и техническую, связанную с хозяйственной деятельностью людей (антропогенный круговорот).

Геологический и биологический круговороты в значительной степени замкнуты, чего нельзя сказать об антропогенном круговороте. Поэтому часто говорят не об антропогенном круговороте, а об антропогенном обмене веществ. Незамкнутость антропогенного круговорота веществ приводит к истощению природных ресурсов, загрязнению природной среды. Именно они и являются основной причиной всех экологических проблем человечества.

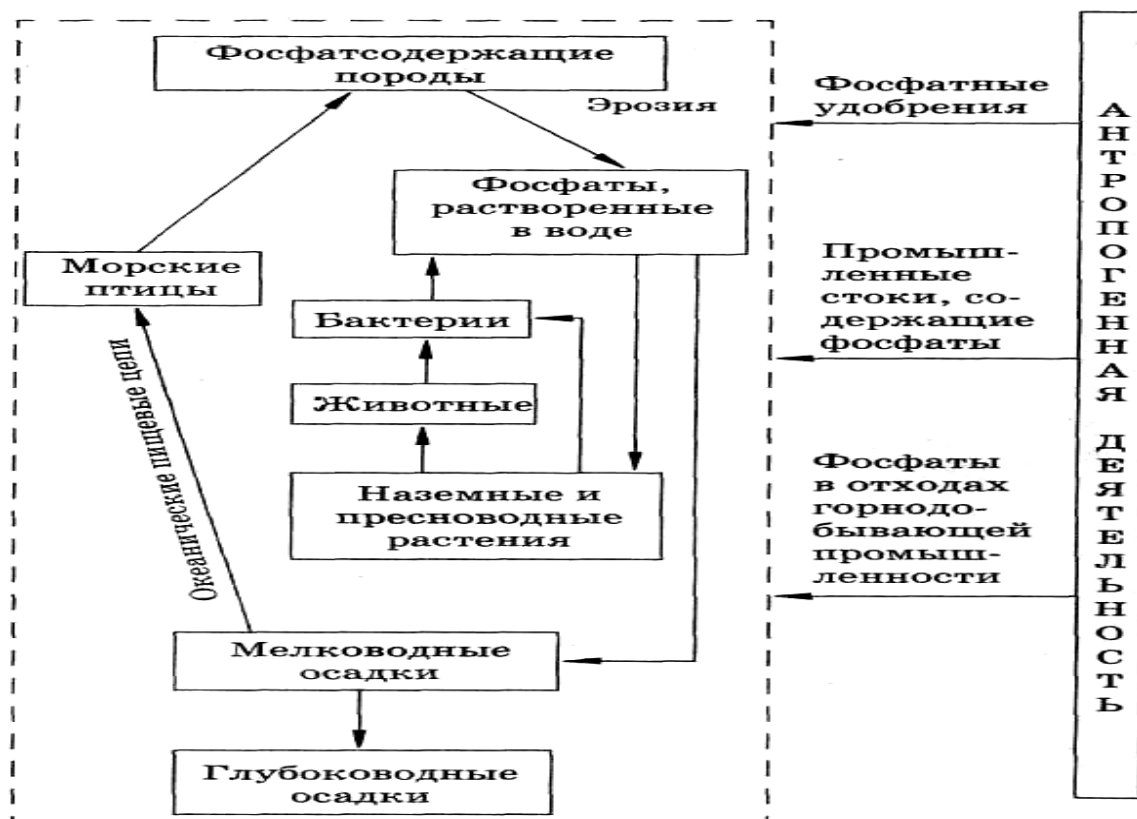


Рисунок 16 – Круговорот фосфора в биосфере.

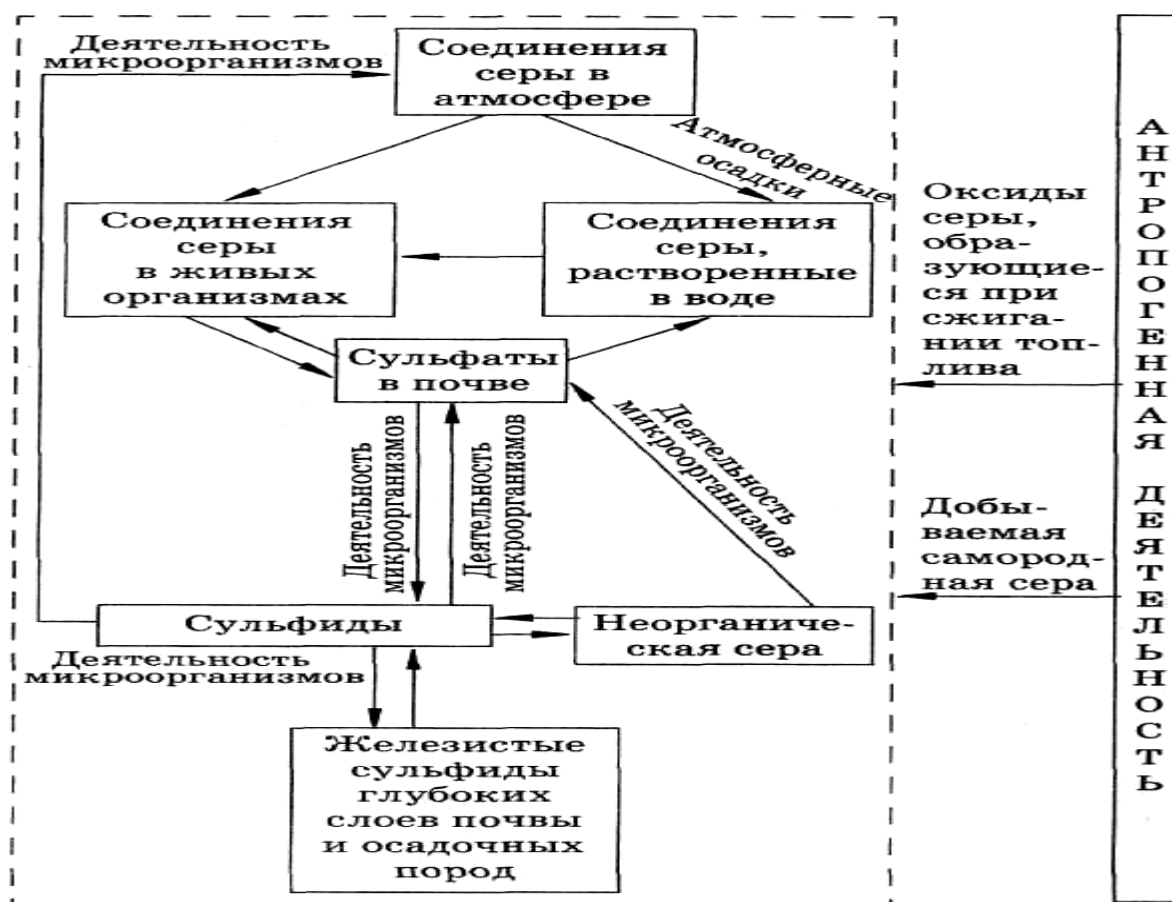


Рисунок 17 – Круговорот серы в биосфере.

Глава 2. ГЕОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

2.1 АТМОСФЕРА – СОСТАВ И СТРУКТУРА

Атмосфера – это газообразная оболочка Земли, вращающаяся вместе с нею. Общая масса атмосферы оценивается величиной $5,14 \cdot 10^{14}$ т, что составляет примерно одну миллионную часть массы Земли. Именно ограниченные размеры делают атмосферу весьма чувствительной к загрязнению.

Общий состав атмосферы почти одинаков по всей Земле в результате высокой степени массообмена в пределах атмосферы (таблица 3). В горизонтальном направлении перемешивание осуществляется благодаря вращению земли, а в вертикальном – вследствие нагревания поверхности Земли солнечным излучением.

По характеру изменения температуры с увеличением высоты в атмосфере различают несколько слоев, – тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу (или ионосферу) и экзосферу, – разделенных относительно узкими переходными зонами, которые называют паузами. Следует отметить, что границы некоторых атмосферных слоев строго не фиксированы: их положение зависит от солнечной активности и количества поступающей от него радиации. Структура атмосферы показана ниже на рисунке 18.



Рисунок 18 — Структура атмосферы

Нижняя часть атмосферы называется тропосферой (90 % массы атмосферы). В тропосфере температура падает с высотой; солнечная энергия нагревает поверхность Земли, которая в свою очередь нагревает непосредственно прилегающий к ней воздух, вызывая конвекционное перемешивание. Это происходит потому, что теплый воздух, находящийся в контакте с поверхностью Земли, легче и имеет тенденцию подниматься. На высотах около 15 – 25 км атмосфера нагревается путем поглощения ультрафиолетового излучения кислородом (O₂) и озоном (O₃). Следствием повышения температуры с высотой является большая устойчивость верхней части атмосферы к вертикальному перемешиванию, поскольку тяжелый холодный воздух в ее основании не склонен подниматься.

Главные компоненты атмосферы представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Состав атмосферы вблизи земной поверхности

Квазипостоянные компоненты		«Активные» примеси	
Компонент	Концентрация, % (об.)	Компонент	Концентрация, % (об.)
N ₂	78,11 ± 0,004	H ₂ O	0 – 7
O ₂	20,95 ± 0,001	CO ₂	0,01 – 0,1 (в среднем 0,035)
Ar	0,934 ± 0,001		
Ne	(18,18 ± 0,04)·10 ⁻⁴	O ₃	0 – 10 ⁻⁴ (в среднем 3·10 ⁻⁵)
He	(5,24 ± 0,04)·10 ⁻⁴		
Kr	(1,14 ± 0,01)·10 ⁻⁴	SO ₂	0 – 10 ⁻⁴
Xe	(0,087 ± 0,01)·10 ⁻⁴	CH ₄	1,7·10 ⁻⁴
H ₂	0,5·10 ⁻⁴	NO ₂	2·10 ⁻⁶

2.1.1 ЕСТЕСТВЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА

Эволюция загрязнения атмосферы прослеживается в отложениях материковых льдов Гренландии и Антарктиды. Анализ керн льда с разной глубины показал, что в них содержатся загрязняющие примеси: соединения свинца, серы, меди, цинка, угольная зола и др. Содержание примесей свинца, серы и цинка с 1200 по 1900 гг. оставалось постоянным и составляло не более трети от содержания их в отложениях 1970 г. Зола обнаружена только в верхних слоях льда.

Загрязнение атмосферы естественным путем происходит в результате пыльных бурь, вулканической деятельности, лесных пожаров и т. д. Пыль, поднимаемая с поверхности, состоит из горных пород, почвы, остатков растительности и живых организмов (микроорганизмов, бактерий, грибов, спор). На высоте 1 – 2 км от поверхности Земли содержание пылевидных частиц (размером от одного до нескольких микрон) составляет 0,002 – 0,02 г/м³ (в случае пыльных бурь – 100 г/м³ и более). Источником загрязнения

воздуха твердыми частицами может служить и Мировой океан. Испарившиеся брызги превращаются в соли кальция, магния, натрия, калия и переносятся на большие расстояния.

Из межпланетного пространства в атмосферный воздух попадает космическая пыль диаметром 50 – 100 мкм. В течение суток на поверхность Земли оседает около 3 000 т космической пыли.

Живой лес играет большую роль в обмене газов с атмосферой. Основные газы атмосферы – O_2 и CO_2 – вовлечены в процессы дыхания и фотосинтеза. Однако лесами выделяются также огромные количества следовых органических соединений: терпенов (пинена и лимонена), органических кислот, альдегидов и т. п.

Особенно важную роль в генерации атмосферных следовых газов играют микроорганизмы. Метан – газ, который выделяется в атмосферу вследствие протекания реакций в анаэробных системах.

Почвы Земли богаты соединениями азота, дающими начало активным химическим процессам с участием азота, в результате которых образуются многие азотсодержащие следовые газы. Мочевина (NH_2CONH_2) разлагается до аммиака (NH_3) и CO_2 . При щелочной реакции выделяется газообразный NH_3 , тогда как в условиях кислой почвы он реагирует с протоном, образуя ион аммония. В природе протекают и другие реакции с участием соединений азота, в процессе которых образуются газы N_2 , N_2O и NO .

Деятельность микроорганизмов в океанах также является мощным источником выделения газов в атмосферу. Морская вода обогащена растворенными сульфатами и хлоридами, в меньшей степени солями других элементов: фтора (F), брома (Br), йода (I). Морские микроорганизмы используют эти элементы в метаболизме, в результате чего образуются соединения серы и галогенсодержащие газы.

Органические сульфиды, продуцируемые морскими микроорганизмами, вносят особо существенный вклад в накопление соединений серы в атмосфере, в том числе диметилсульфида ($S(CH_3)_2$), карбонилсульфида (COS).

Хорошо известно наличие органических галогенпроизводных – фторхлоруглеродов (ФХУ) – в атмосфере, несмотря на очевидную их зависимость от антропогенных явлений, в том числе вследствие биологических процессов. Следует отметить различную продолжительность существования разных газов в неизменном виде в атмосфере (табл. 4). Малая продолжительность пребывания газов в атмосфере может быть связана с процессами поглощения их растениями, твердыми веществами, водой. Однако наиболее частой причиной этого явления служит протекание химических превращений. При этом наиболее реакционноспособной частицей в атмосфере является радикал гидроксила ($OH^{\bullet}$). Этот радикал образуется в результате фотохимически инициируемой последовательности реакций распада озона до атомарного кислорода и взаимодействия последнего с водой.

Таблица 4. Продолжительность пребывания следов газов в атмосфере в естественных условиях

Соединение	Время пребывания	Концентрация, $10^7\%$
Оксид углерода (IV)	4 года	360000
Оксид углерода (II)	0,1 года	100
Метан	3,6 года	1600
Муравьиная кислота	10 дней	1
Оксид азота (I)	20 – 30 лет	300
Оксид азота (II)	4 дня	0,1
Оксид азота (IV)	4 дня	0,3
Аммиак	2 дня	1
Оксид серы (IV)	3 – 7 дней	0,01 – 0,1
Сероводород	1 день	0,05
Сероуглерод	40 дней	0,02
Диметилсульфид	1 день	0,001
Метилхлорид	30 дней	0,7
Хлороводород	4 дня	0,001

2.1.2 АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА АТМОСФЕРУ

В последнее десятилетие для обычных природных загрязнителей вклад антропогенных выбросов увеличивается. Что касается наиболее вредных веществ, то их преобладающим источником является промышленность: для мышьяка – 87 %, ртути – 95 %, а для диоксинов, хлорфторуглеродов и бенз(а)пирена – около 100 %.

Доказано, что загрязнения в атмосфере распределяются крайне неравномерно: 86 % – над промышленными районами; 12,9 % – над городами; 1 % – над сельской местностью; 0,1 % – над океанами.

Уровень загрязнения атмосферы в 2000 г. оценивался как высокий в 69 городах России, как очень высокий – в 30 городах. Среди крупных городов с наиболее загрязненной атмосферой можно выделить Москву, Екатеринбург, Кемерово, Красноярск, Краснодар, Омск, Ростов-на-Дону, Санкт-Петербург, Саратов и др.

Результатом мощного загрязнения атмосферы городов может быть ядовитый туман – смог (от англ. *смоуки* – дым, туман и *фог* – ядовитый).

При наиболее известном виде смога оксиды серы в присутствии влаги образуют ядовитые вещества, вызывающие резь в глазах, кашель, удушье. В 1952 г. в Лондоне за неделю от смога погибло 3200 человек. Подобное явление отмечалось и в других городах (Нью-Йорке, Чикаго, Токио, Милане, Мадриде и пр.).

Различают два вида смога. Первый – лондонский, наблюдается чаще всего. Он образуется при захвате каплями естественного тумана аэрозольных

частиц (в том числе, соединений тяжелых металлов и непредельных углеводородов) и сорбировании на их поверхности сернистого газа. При этом образуется серная кислота. Второй называется лос-анжелесским или фотохимическим. Он связан с образованием азотной кислоты, озона, пероксиацетонитрила и взаимодействием с продуктами неполного сгорания автомобильного топлива. Этот вид смога возможен только при высокой интенсивности солнечного излучения и сильном загрязнении атмосферы, а также при наличии соответствующего рельефа местности, способствующего застою воздуха. Особенность фотохимического смога состоит в слабом уменьшении прозрачности воздуха.

Среди основных источников загрязнения атмосферы газовыми выбросами предприятия теплоэнергетики, особенно ТЭС, работающие на угле и выбрасывающие в целом сотни тонн SO_2 , CO_2 , CO , NO_x и других загрязнителей в атмосферу. Значительные количества разнообразных загрязнений выбрасывают в атмосферу предприятия черной и цветной металлургии, нефтеперерабатывающей, химической и целлюлозно-бумажной отраслей промышленности. Химическая промышленность отличается большой номенклатурой газовых загрязнителей, выбрасываемых в атмосферу. Среди предприятий текстильной и легкой промышленности, не имеющих особо крупных выбросов газов, наиболее опасны выбросы производства изделий из кожи, производства кожи, вискозы, искусственных материалов.

Источниками загрязнения атмосферы твердыми частицами являются предприятия строительных материалов, теплоэнергетики, черной и цветной металлургии и др.

В последние годы возрастает количество газовых загрязнений, образующихся на полигонах и свалках хозяйственно-бытового мусора, установок сжигания бытового мусора.

Следует отметить особую роль загрязнений атмосферы выбросами автотранспорта (SO_2 , CO_2 , CO , NO_x , углеводородами, сажей и др.). Роль автотранспорта, а значит и выбросов от него, во всем мире растет. Сейчас в мире ежегодно выпускается около 25 млн. машин. К 2000 г. численность мирового автопарка приблизилась к 500 млн. машин, из них 400 млн. легковых. Нормально эксплуатируемый автомобиль в сутки выбрасывает 4 кг только углекислого газа. По количеству выбрасываемых загрязнений в атмосферу в крупных городах автотранспорт выходит на первое место. Доля загрязнений атмосферы от автотранспорта начинает превышать 70 %. Особо опасны выбросы автотранспорта, использующего этилированный бензин, сжигание которого приводит к выбросам в атмосферу соединений свинца.

Очень сильно раздражают слизистые оболочки оксиды азота и серы, они вызывают изменения в составе крови.

К наиболее опасным загрязнениям, наносящим большой вред человеку, относятся диоксины. Диоксины относятся к классу полихлорированных полициклических соединений (ПХПС). Под этим названием объединено более 200 веществ – дибензодиоксинов и дибензофуранов.

Диоксины являются типичными и очень стойкими ксенобиотиками, т. е. веществами, неприемлемыми для живых организмов. Они способны легко проникать в ядра клеток живых организмов, вызывая, с одной стороны, ускоренное разрушение гормонов, витаминов, лекарств, а с другой – активацию канцерогенов, нейротоксических ядов и даже превращение многих безвредных соединений в чрезвычайно токсичные. Видимо, этим объясняется крайне высокая чувствительность пораженного диоксинами организма к стрессовым воздействиям физической, химической, биологической природы и к психическим факторам. При хроническом отравлении малыми дозами отмечается дискомфорт, снижение трудоспособности, авитаминоз, развитие иммунодефицита, нарушение нервной, психической деятельности и репродуктивных функций.

В природной среде диоксины, вследствие химической инертности, высокого сродства с органической фазой и способности к комплексообразованию, переносятся по цепям питания, выносятся в атмосферу, мигрируют в почве и накапливаются в воде. Это способствует поражению аэробных организмов во всех нишах экосистемы и может при определенных условиях полностью разрушить экоценоз.

С 1994 г. в РФ приняты ПДК на диоксины: $0,5 \cdot 10^{-9}$ мг/м³ – для воздуха и $2 \cdot 10^{-8}$ мг/дм³ – для воды.

Основными поставщиками диоксинов в окружающую среду являются мусоросжигательные заводы (наряду с химическими предприятиями), особенно для несортированного мусора, когда пластик, резина, линолеум, изоляционная лента, пакеты и пленки, пропитанные синтетическими смолами и клеями, древесные материалы, лакокрасочные материалы и т. п. подаются в камеру сгорания вместе с влажными пищевыми отходами.

Мусоросжигательные заводы, работающие при температуре 800 – 900 °С (вместо 1400 °С), как и автомобили, работающие на этилированном бензине, в котором есть специальные хлорированные добавки, – один из основных источников диоксинов в городах. Отбеливание целлюлозы, текстиля хлором на бумажных и текстильных комбинатах и выбросы самых разных химических предприятий – еще один вид источников.

Особо опасное действие на живые организмы оказывает бенз(а)пирен – полициклический ароматический углеводород, который связывает гемоглобин крови, вызывая выраженное нарушение нервной системы и мочеполовой сферы. Его появление вероятно во всех случаях, где не полностью сгорает органическое топливо: от работы двигателей (при взлете современного самолета в атмосферу поступает от 2 до 10 мг бенз(а)пирена; плохо отрегулированный двигатель внутреннего сгорания за час может дать и больше) до тления сигарет, при работе металлургических, литейных и коксохимических производств. Примерно так же действует на организм человека формальдегид (CH₂O), но он на несколько порядков (по величине ПДК) слабее бенз(а)пирена.

2.2 ГИДРОСФЕРА

Гидросферой называется водная оболочка Земли – совокупность океанов, морей, озер, прудов, вода водохранилищ, болот, рек и ручьев, а также подземных вод, включая поверхностные и глубинные.

На заре существования нашей планеты воды на ней не было, а примерно 4 млрд. лет назад объем гидросферы составлял лишь 20 млн. км³. Процесс формирования гидросферы (образование свободной воды) связывается с дегазацией мантии Земли в ходе общего уплотнения ее массы. При этом происходило высвобождение части химически связанной воды. Содержание воды в мантии оценивается в 20 млрд. км³, что в 15 раз больше всего объема гидросферы.

Объем гидросферы за счет дегазации мантии ежегодно увеличивается примерно на 1 км³.

В настоящее время объем гидросферы составляет примерно 1,5 млрд. км³, из которых 94 % приходится на Мировой океан, занимающий 72 % поверхности Земли (510 млн. км² – общая поверхность Земли). Подземные воды, преимущественно представляющие собой глубинные рассолы, составляют 60 млн. км³, и лишь около 4 % из них – пресные подземные воды активного водообмена. Около 24 млн. км³ депонировано в твердой форме (полярные ледники). Поверхностные воды суши имеют небольшой объем – около 360 тыс. км³, из которых 278-280 тыс. км³ находятся в озерах, а 80-83 тыс. км³ составляют почвенную влагу. Объем всех русловых вод практически ничтожен, составляет около 1,2 тыс. км³ или менее одной десятитысячной процента всего объема гидросферы. Атмосферная влага количественно оценивается в 14 тыс. км³.

Количество "биологической" вода, т. е. входящей в состав тканей и органов живых организмов, немного превышает 1 тыс. км³.

Воды водоемов и океана в целом пополняются из двух источников: атмосферных осадков и речного стока. Источник ее расходования – испарение. В активном балансе участвует около 525,1 тыс. км³ воды в год.

Круговорот поверхностной воды суши рассматривают в качестве малого круговорота, а обмен воды в океане – в качестве большого. Малый круговорот совершается очень быстро: семь лет, а прочих пресных вод – одним годом и менее. Большой круговорот океана в целом оценивается в 3000 лет, а подземных вод – в 5000 лет. Наиболее замедленна активность ледников из-за их медленного движения и таяния льда. Наиболее активны речные воды: в среднем они сменяются каждые 11 дней. На этом основании их считают возобновляемыми ресурсами.

Минерализация тем выше, чем медленнее водообмен, а вода, находящаяся в быстром водообмене, практически пресная.

На испарение воды в год требуется около $3 \cdot 10^{20}$ ккал, т. е. примерно четверть всей поступающей от Солнца энергии.

Плотность воды в 800 раз, а вязкость – примерно в 55 раз больше, чем воздуха. Поэтому водная среда очень своеобразна и влияет на образ жизни и жизненные формы ее обитателей.

Подвижность, т. е. постоянное перемещение и перемешивание водных масс в пространстве, способствует поддержанию относительной гомогенности (однообразию) их физических и химических характеристик.

Температурная стратификация – это изменение температуры воды по глубине водного объекта. В летний период поверхностные воды нагреваются сильнее, чем глубинные. Поскольку более теплая вода имеет меньшую плотность и меньшую вязкость, то ее циркуляция происходит в поверхностном, нагретом слое и с более плотной и более вязкой холодной водой она не смешивается. Между теплым и холодным слоем образуется промежуточная зона с резким градиентом температуры, которую называют термоклином. Общий температурный режим, связанный с периодическими (годовыми, сезонными, суточными) изменениями температуры является важнейшим условием обитания живых организмов в воде.

2.2.1 КАЧЕСТВО И ПОТРЕБЛЕНИЕ ВОДЫ

К воде, используемой для промышленных или питьевых нужд, предъявляются достаточно высокие требования по качеству. Под *качеством воды* понимают совокупность физических, химических, биологических и бактериологических показателей, обуславливающих пригодность воды для использования в промышленном производстве, быту и т.д. Качество воды определяется совокупностью примесей минеральных и органических веществ, газов, коллоидов, взвешенных веществ и микроорганизмов.

Показатели качества воды подразделяют на органолептические, токсичные, бактериологические и химические. Основными показателями качества воды являются следующие:

1. Важным показателем как природных, так и сточных вод является их *температура*, поскольку она существенно влияет на скорость биохимических реакций и растворимость кислорода в воде. Температура природной воды зависит от местоположения источника и имеет определенный диапазон колебания, обусловленный климатическими условиями. Сброс сточных вод, имеющих повышенную температуру, непосредственно в водоем, классифицируется как тепловое загрязнение и может стать одной из причин эвтрофикации водоема.

Оптимальная температура воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения составляет 7 - 11°C.

2. *Мутность* природной воды обусловлена наличием в ней взвешенных веществ (частиц диаметром более 0,1 мкм). Существенное содержание взвешенных веществ характерно водам поверхностных водоемов с достаточно высокой скоростью течения и зависит от характера питания

водоема, свойств береговых и русловых пород, климатических и погодных условий. Мутность воды выражают как количество взвешенных (в единицах массы) отнесенное к объему воды, т.е. в мг/л. Определяют мутность воды, как правило, гравиметрическим методом. Для этого взвешенные вещества выделяют из пробы анализируемой воды фильтрованием, фильтр с осадком высушивают до постоянной массы при 105^0 С и определяют массу осадка.

Для характеристики качества воды, содержащей незначительные количества взвешенных, используют показатель, противоположный мутности – *прозрачность*. Прозрачность воды определяют как высоту столба воды в сантиметрах, через который просматривается «крест» из линий толщиной 1 мм, нанесенных краской на белую фарфоровую пластинку. Мутность воды, предназначенной для питьевых нужд, не должна превышать 1,5 мг/л, а прозрачность должна быть не менее 30 см.

3. *Цветность воды*, т.е. окраска, обусловлена наличием в природной воде гумусовых веществ, белково- и углеводоподобных соединений, жиров, органических кислот, других соединений, входящих в состав животных и растительных организмов, населяющих природную воду. Окраску воде могут придавать примеси соединений железа, цветения водоемов из-за массового развития водорослей, а также сброс окрашенных промышленных вод в водоемы. Цветность воды измеряется в градусах платино-кобальтовой шкалы. Определяют цветность воды фотоколориметрическим методом, сравнивая полученные данные со шкалой цветности, построенной по стандартным растворам смеси солей платины и кобальта. Цветность питьевой воды не должна превышать 20^0 .

4. *Привкусы и запахи* природных вод относятся к органолептическим показателям. Они могут быть естественного или искусственного происхождения. Различают четыре основных вкуса воды: соленый, горький, сладкий и кислый. Соленый вкус определяется содержанием хлорида натрия, горький — содержанием сульфата магния, кислый — избытком угольной кислоты (CO_2). При наличии в воде соединений железа вода приобретает железистый привкус; щелочной привкус придает воде поташ, сода; а вяжущий — наличие в воде гипса или солей марганца. К запахам естественного происхождения можно отнести: землистый, рыбный, сероводородный, болотный, глинистый, тинистый и т.д. К запахам искусственного происхождения — хлорный, аптечный, фенольный, запах нефтепродуктов и т.д. Запахи и привкусы определяются экспертами по органолептическим показателям по пятибалльной шкале. Заметный запах оценивается в 3 балла.

5. *Жесткость воды* определяется содержанием в воде солей кальция и магния и измеряется в мг-экв/л. Различают карбонатную, некарбонатную и общую жесткость воды. Для питьевых целей рекомендуют воду, имеющую жесткость в пределах 2-7 мг-экв/л, так как для организма

человека наличие солей кальция и магния в воде полезно. Для многих производств жесткость воды выше 1 мг-экв/л вредна, например, для текстильных производств, производства бумаги, прачечных и т.д.

6. *Щелочность воды* определяется суммой содержащихся в воде ионов гидроксидов (OH^-) и анионов угольной, органических кислот. Активная реакция среды или величина pH для кислых вод составляет 1 - 3, слабокислых - 4 - 6, нейтральных - 7, слабощелочных - 8 - 10, щелочных более - 11. pH природных вод обычно находится в пределах 6.5-8.5.

Требования по содержанию индивидуальных веществ или ионов устанавливаются для разных видов воды в зависимости от ее назначения. Для загрязняющих воду веществ установлены предельно допустимые концентрации (ПДК).

В поверхностных природных водах могут содержаться гидробионты, водоросли, бактерии и вирусы. Бактериологический контроль качества воды, учитывая сложность и длительность полного анализа, сводится к нахождению общего числа бактерий в 1 мл воды, растущих при 37°C и кишечной палочки – бактерии *Escherichia Coli*. Наличие последних имеет индикаторные функции, т.е. свидетельствует о загрязнении воды выделениями людей и животных.

Для характеристики загрязненности воды неорганическими и органическими соединениями применяют обобщенные показатели — ХПК и БПК, в определенной мере показывающие меру угрозы эвтрофикации водоемов. ХПК (химическое потребление кислорода, выражаемое в мг $\text{O}_2/\text{л}$) характеризует количество кислорода в мг воды, необходимое для окисления органических примесей, содержащихся в 1 литре воды, до высших оксидов (CO_2 , H_2O) или до соединений с высшей степенью окисления (нитратов, сульфатов, фосфатов и др.). БПК (биологическое потребление кислорода, выражаемое в мг $\text{O}_2/\text{л}$), характеризует количество кислорода в мг, израсходованное за определенный промежуток времени (за 5, 10, 20 суток или до полного окисления) на окисление органических соединений в исследуемой воде микроорганизмами. БПК поверхностных вод, не загрязненных антропогенными выбросами, обычно находится на уровне 10 - 20 мг $\text{O}_2/\text{л}$.

Соленость природных вод варьируется в широких пределах. В морской воде содержание солей достигает 35 г/л (или 35 ‰, произносится «35 промилле»), причем 55 % приходится на хлорид-ион, более 30 % - на натриевый ион. К пресным относятся воды, в которых содержание солей не превышает 90 мг/л. В поверхностных водах растворены газы, причем количество растворенного в морской воде CO_2 примерно в 100 раз больше массы его в атмосфере, а кислорода - наоборот. В воде растворены метан, водород, аргон и др. Вода содержит в небольших количествах микроэлементы, к которым относят медь, марганец, цинк, фтор и др.

К биогенным относят соединения азота и фосфора, концентрация которых колеблется от следов до 10 мг/л. К биогенным элементам относят также соединения кремния и железа. В природных водах содержатся растворенные органические вещества, по существу, органические формы биогенных элементов. Состав органических соединений весьма сложен и зависит от месторасположения водного бассейна.

Производственные сточные воды представляют собой сложные многокомпонентные гетерогенные системы, содержащие растворенные и нерастворимые, неорганические и органические соединения, включая и токсичные, а также микробиологические примеси.

Гидросфера является естественным аккумулятором загрязняющих веществ, поступающих не только в водоемы, но и в атмосферу или литосферу, что обусловлено наличием глобального круговорота воды на планете и свойствами воды. Вода способна растворять минеральные вещества, различные газы, в той или иной мере органические вещества. В воду попадают и всевозможные твердые вещества, особенно в тонкодисперсном состоянии. Так как вода является естественной средой обитания многих живых организмов (гидробионтов), то она находится в состоянии динамического равновесия обмена биогенными веществами. Загрязнение воды чуждыми ей элементами оказывает вредное воздействие на жизнедеятельность организмов и на функционирование водных экосистем.

Водные экосистемы загрязняются различными путями, и к основным источникам загрязнений следует отнести:

а) *атмосферные (ливневые) стоки*, которые несут с собой в водоемы не только вещества, вымываемые из воздуха, но и загрязнения, переходящие в воду при стекании воды по поверхности земли. Особенно загрязнены подобные воды в промышленных районах, городах;

б) *промышленные сточные воды*, образующиеся в самых различных отраслях промышленности. Их количество и состав зависят от особенностей производства, технологий, наличия на предприятиях очистных сооружений и их совершенства;

в) *хозяйственно-бытовые сточные воды* канализованных населенных пунктов, содержащие фекалии, поверхностно-активные вещества, микроорганизмы, в том числе патогенные.

В настоящее время ежегодно население планеты потребляет воду в следующих количествах, км³: для ирригации — 7 000, для промышленных целей — 1 700, для бытовых нужд — 600, для других целей 400, для разбавления сточных вод — 9 000, т.е. всего 18 700.

В современных условиях не следует забывать о сточных водах сельскохозяйственного производства. Это — и стоки крупных животноводческих ферм, и воды с полей, уносящие вымываемые минеральные удобрения в поверхностные водоемы. Эти воды могут содержать пестициды и продукты их метаболизма.

Одна из крупных проблем — это загрязнение водоемов нефтью и нефтепродуктами, поступающими в водоемы из разных источников — от

аварий нефтеперевозчиков до элементарного невежества — мойки машин у водоемов. Загрязнение нефтепродуктами водоемов резко сокращает способность их к самоочищению за счет образования на поверхности газонепроницаемой пленки. Достаточно сказать, что 1 т нефти покрывает тонкой пленкой поверхность водоема площадью 12 км².

Еще одна из проблем — термальное загрязнение водоемов теплыми отработанными водами тепловых и атомных станций. Количество таких вод весьма значительно. Химически эти воды, в основном, — чистые, но биологически они мертвы, а геохимически — малоактивны, так как содержат мало кислорода и углекислоты.

Неправильное орошение земель при коэффициенте полезного использования воды 0.4 - 0.6 приводит к засолению почв, поднятию уровня грунтовых вод, заболачиванию земель, ухудшению качества воды в реках и озерах. Во всем мире возрастает потребление подземных вод. До 10 % потребностей в питьевой воде удовлетворяется за счет использования ресурсов подземных вод. Это приводит к опусканию почв.

В промышленности вода используется в качестве химического реагента или промышленного сырья, среды, в которой протекают те или иные процессы, средства поддержания определенных технологических параметров, для промывки оборудования, производственных площадей, в качестве теплоносителя, для транспортирования сырья, готовой продукции, для других хозяйственных и бытовых нужд. Наиболее водопотребляемыми являются отрасли промышленности: целлюлозно-бумажная, металлургия, химическая, нефтехимическая и др. Например, для производства 1 т картона расходуется 350 м³ воды; 1 т стали - до 35 м³, 1 т шерстяных тканей - около 300 м³; на стирку 1 т белья расходуется более 70 м³ воды. В городах с населением свыше 3 млн. человек суточный расход воды достигает 3 млн. м³, а годовой — 1 км³.

2.2.2 ЭВТРОФИКАЦИЯ ВОДОЕМОВ

Со сточными водами промышленных и сельскохозяйственных предприятий в водоемы поступают биогенные элементы, в том числе азот и фосфор. При избытке биогенных элементов, а также при наличии термальных сбросов ускоряется размножение и развитие фитопланктона, сине-зеленых и других водорослей, высших водных растений. Масса органического вещества возрастает. Для роста организмов требуется кислород, растворенный в воде. В указанных условиях развитие происходит при дефиците кислорода. Вскоре вода становится непригодной для жизни, и в ней начинают протекать анаэробные процессы, т.е. процессы вторичного загрязнения воды. Рассмотренный процесс называют эвтрофикацией воды — повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов под действием антропогенных или естественных факторов.

Эвтрофикация водоема может сопровождаться вспышками "цветения" водорослей, приводящими к дефициту кислорода в воде. При указанных условиях деградация экосистемы водоема носит прогрессирующий характер и может произойти всего за несколько десятков лет. Этому способствуют уменьшение водообмена, наличие застойных зон, строительство плотин, водохранилищ без надлежащей очистки ложа и др.

В природных условиях протекает множество взаимопересекающихся метаболических циклов.

По мере обогащения водной среды биогенными элементами за счет внешних источников (сточных вод) скорость метаболических процессов возрастает. Суммарная биомасса организмов увеличивается, процесс эвтрофикации водоемов ускоряется. В замкнутых системах происходит накопление донных отложений, которые служат вторичными источниками биогенных элементов. Это может привести к гибели водоема, в то время как срок "жизни" водоема в естественных условиях измеряется тысячами лет.

Если сточные воды содержат токсичные вещества, например, тяжелые металлы, то они могут накапливаться или в живых организмах, или в донных отложениях. При переходе в живые организмы они передаются по трофической цепи, вплоть до человека, что и наблюдается в последние десятилетия. В рыбной продукции различных водоемов обнаруживается повышенное содержание тяжелых металлов. Обогащение тяжелыми металлами донных отложений имеет аналогичные последствия. То же самое может происходить и с радионуклидами, загрязняющими отдельные источники сточных вод.

В процессе эвтрофикации водоемов в застойных зонах ухудшается санитарно-эпидемическая ситуация — размножаются патогенные микроорганизмы и наблюдаются вспышки заболеваний гидробионтов, птиц, животных и человека. Ежегодно в мире около 500 млн. человек страдает от инфекций, распространяемых через воду.

Значение донных отложений для водных систем весьма значительно и противоречиво. С одной стороны — аккумулируя тяжелые металлы, другие неорганические и органические примеси, донные отложения способствуют самоочищению водных экосистем. С другой стороны, донные отложения при определенных условиях могут превратиться во вторичный источник загрязнения водоема, влияют на протекающие в водной среде процессы. В донных отложениях могут происходить различные ферментативные превращения одних веществ в другие, в том числе более токсичные. Оседая на жабрах или попадая в кишечный тракт, микроколлоидные частицы токсичных веществ приводят к окислению органических тканей рыб, разрушению жабр и в итоге к гибели.

2.3 ЛИТОСФЕРА ЗЕМЛИ. ПОЧВА

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. В земной коре преобладают: О (49,1 %), Si (26 %), Al (7,4 %), Fe (4,2 %), Ca (3,3 %), Na (2,4 %), K (2,4 %), Mg (2,4 %).

Мантия располагается между земной корой и ядром и распространяется до глубины 2 900 км. Здесь преобладают О, Si, Fe, Mg, Ni. Внутри мантии с глубины 50 - 100 км под океанами и 100 - 250 км под континентами начинается слой вещества, 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.

Земная кора сложена из горных пород, которые 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.

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. В результате жизнедеятельности организмов образуются органические (биохимические) осадочные породы: известняки, мел, торф, нефть, уголь.

Почва – биокосная система, основанная на динамическом взаимодействии между минеральными компонентами, детритом, детритофагами и почвенными организмами.

Почва формируется в результате взаимодействия, так называемых 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.

Верхняя граница почвы – поверхность раздела между почвой и атмосферой, нижняя граница – глубина проникновения почвообразующих 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.

В почве обитает великое множество различных живых организмов, формирующих сложную пищевую детритную сеть: бактерии, микрогрибы, водоросли, простейшие, моллюски, членистоногие и их личинки, дождевые черви и многие другие. Среди почвенных есть болезнетворные организмы, вызывающие заболевания сельскохозяйственных животных и человека.

Химический состав почвы оказывает влияние на состояние здоровья человека через воду, растения и животных. Недостаток или избыток определенных химических элементов в почве бывает столь велик, что приводит к нарушению обмена веществ, вызывает или способствует развитию серьезных заболеваний. Так, широко распространенное заболевание эндемический (местный) зоб связано с недостатком йода в почве. Недостаток фтора приводит к кариесу зубов. При высоком содержании фтора нередко возникают заболевания костной системы (флюороз).

В почве происходит закономерный круговорот химических элементов в системе «почва – растения – животные – микроорганизмы – почва». Этот круговорот В. Р. Вильямс назвал малым, или биологическим. Благодаря малому круговороту веществ в почве постоянно поддерживается плодородие.

В искусственных агроценозах такой круговорот нарушен, так как человек изымает значительную часть сельскохозяйственной продукции, используя ее для своих нужд. Чтобы повысить плодородие почвы в искусственных агроценозах, человек вносит органические и минеральные удобрения, применяет необходимые севообороты.

2.3.1 ТВЕРДЫЕ ОТХОДЫ. УТИЛИЗАЦИЯ

Твердые отходы подразделяют на промышленные (ТПрО) и бытовые (ТБО).

Промышленные отходы (или отходы производства) – это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшиеся при производстве продукции или выполнении работ и утратившие полностью или частично потребительские свойства. С некоторой долей условности к ТПрО можно отнести и отходы потребления – изделия и машины, утратившие свои потребительские свойства в результате физического или морального износа.

Бытовые (коммунальные) отходы – твердые вещества, не утилизируемые в быту, образующиеся в результате амортизации предметов быта и самой жизни людей. В последнее время к ТБО относят и твердую составляющую коммунально-бытовых сточных вод – их осадок.

В крупных городах России отходы составляют: промышленные – 45 %; образующиеся на очистных сооружениях систем водоснабжения и водоотведения – 31 %; твердые бытовые – около 17 %; осадки ливневых вод – около 4,8 %; отходы от зеленого хозяйства – 2,17 %; радиоактивные отходы – 0,03 %.

За рубежом в последнее время из двух больших групп – ТПрО и ТБО – выделяют несколько специфических видов. Так, ТБО можно подразделить на домашние, коммерческие, учрежденческие и другие городские отходы (трупы мертвых животных, отходы уборки улиц, осадки сточных вод). В США в последнее время выделяют отдельную группу ТБО – упаковочные материалы. И это не случайно. Для упаковки товаров в последнем десятилетии XX в. США использовали около 50 % бумаги, 75 % стекла, 40 % алюминия, 30 % пластика. Кроме чисто промышленных отходов выделяют медицинские, радиоактивные, сельскохозяйственные, горные (металлургические) и др.

Следует обратить внимание на рост содержания пластиков в ТБО до 8 - 10 %. Сама же масса ТБО в РФ в последние годы имеет тенденцию к увеличению (до 0,75 - 0,9 % ежегодно), причем почти половина этой массы приходится на города с населением 1 млн. жителей и более.

Из огромных объемов добываемого в мире минерального сырья, исчисляемого десятками миллиардов тонн, непосредственно в производстве используется лишь 5 - 10%. Остальное добываемое количество сырья представляет собой отходы горнодобывающих и горноперерабатывающих производств. Эти отходы включают некондиционные полезные ископаемые, вскрышные и вмещающие породы, отходы обогательного и металлургического производств, отходы энергетического хозяйства и составляют большую часть (70 – 80 %) всей массы твердых, жидких и газопылевых отходов всех основных производств.

Накопление огромных объемов полиминеральных образований в отвалах, хвостохранилищах, шламоохранилищах и на других объектах размещения отходов нарушает природные ландшафты, загрязняет воздушный и водный бассейны, приводит к изъятию из хозяйственного оборота земельных площадей и непроизводительным затратам на хранение отходов.

Все промышленные отходы различаются по классам токсичности и степени опасности. Класс токсичности определяют на основе ПДК_п химических веществ.

Отнесение отходов к классу опасности осуществляется экспериментальным или расчетным методами. Экспериментальный метод при невозможности точного определения качественного и количественного

состава отходов любого класса опасности. Он основан на биотестировании водной вытяжки отходов (значениях БПК₂₀ – биохимической потребности в кислороде и ХПК – химической потребности в кислороде).

Расчетный метод сводится к определению суммарного индекса токсичности. Индекс токсичности каждого компонента твердых отходов рассчитывают по формуле

$$K_i = \frac{\text{ПДК}_{\text{п}i}}{S + C_{\text{п}}}, \quad (2.1)$$

где ПДК_{п_i} – предельно допустимая концентрация токсичного вещества, содержащегося в отходе; S – коэффициент, отражающий растворимость его в воде (величина безразмерная); $C_{\text{п}}$ – содержание данного компонента в общей массе отходов, т/т.

Суммарный индекс токсичности рассчитывается по формуле

$$K_{\text{п}} = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n K_i, \quad (2.2)$$

где n – выбранное (1 – 3) число компонентов, имеющих минимальные значения K_i .

С помощью суммарного индекса токсичности определяют класс токсичности и соответствующую ему степень опасности отхода (таблица 5). В соответствии с правилами охраны окружающей среды от отходов производства и потребления, использование, обезвреживание и захоронение отходов I, II, III классов, а при необходимости и IV класса токсичности осуществляют на специализированных предприятиях или на полигонах по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов, обустроенных в соответствии со СНИП. При этом следует отметить, что границы территорий, отведенных для размещения опасных отходов, должны находиться на расстоянии не менее 3 км от границ городов и населенных пунктов, лесопарковых, курортных, лечебно-оздоровительных, рекреационных зон и зон санитарной охраны питьевого водоснабжения.

Твердые отходы размещаются на санкционированных и несанкционированных свалках или полигонах. Санкционированные свалки – это территории, предназначенные для размещения ТПрО и ТБО, разрешенные местными органами власти, но не обустроенные в соответствии с нормативными требованиями и эксплуатируемые с отклонениями от требований санитарно-эпидемиологического надзора. Такие свалки являются временными и разрешаются до окончания строительства полигонов или заводов для утилизации отходов. К свалкам относят и временные шламохранилища, отвалы для ТПрО.

Полигон – природоохранное сооружение для централизованного сбора, обезвреживания отходов, обеспечивающее защиту от загрязнения атмосферы, почв, поверхностных и грунтовых вод, препятствующее распространению болезнетворных микроорганизмов. Полигоны для токсичных ТПрО (I и II класса опасности) имеют такие же санитарные ограничения и такой же размер СЗЗ, как и свалки.

Таблица 5 — Классификация опасности отходов производства на основе ПДКп химических веществ, содержащихся в них

Расчетное значение	Класс токсичности	Степень опасности отходов
Менее 2	I	Чрезвычайно опасные
2 – 16	II	Высоко опасные
16 – 30	III	Умеренно опасные
Более 30	IV	Мало опасные

Примечание. V класс – это практически не опасные отходы, не нарушающие экологическую систему (обычно отходы горно-добывающей промышленности).

Основные особенности полигонов: уплотнение отходов, позволяющее увеличить нагрузку на единицу площади; послойное укрытие отходов; меры по предотвращению проникновения сточных вод полигона в почву и подземные воды; сбор биогаза (при необходимости). Работы на полигонах полностью механизированы, а после их закрытия производится рекультивация участка.

Промышленных отходы, относящиеся к наиболее опасной категории, обезвреживают и захоранивают на специальных полигонах. Специальные полигоны бывают двух видов: специализированные и комплексные. Специализированные полигоны предназначены для обезвреживания одного вида отходов только захоронением или химическим способом. Комплексные полигоны предназначены для централизованной переработки и обезвреживания твердых, пастообразных и жидких отходов с использованием нескольких способов.

Промышленные способы утилизации отходов можно разделить на термические способы и мусоропереработку.

Термические методы утилизации твердых отходов, в свою очередь, условно можно разделить на две группы: термодеструкция (пиролиз) отходов с получением твердых, жидких и газообразных продуктов и огневой метод (сжигание), приводящий к образованию газообразных продуктов и золы.

К недостаткам метода сжигания относятся большой остаток шлака, высокий уровень образования диоксинов и кислых газов, которые выделяются на стадии газификации и ведут к загрязнению атмосферы. Из-за большой доли пищевых отходов (выше 40 %) температура в топке обычно не превышает 550 °С.

Пиролиз – термохимический процесс, в котором происходит разложение органической части отходов и получение полезных продуктов под действием высокой температуры в специальных реакторах. Существуют следующие разновидности метода: окислительный пиролиз с последующим сжиганием пиролизных газов и сухой пиролиз.

Окислительный пиролиз – это процесс термического разложения отходов при их частичном сжигании или непосредственном контакте с продуктами сгорания топлива. В процессе окислительного пиролиза образуется твердый углеродистый остаток (кокс), который можно использовать в качестве твердого топлива или в других целях. Обычно окислительный пиролиз проводят при 600 – 900 °С

Сухой пиролиз – это метод термического разложения отходов, твердого или жидкого топлива, осуществляемый при 1200°С без доступа кислорода. В результате сухого пиролиза отходов образуются пиролизный газ с высокой теплотой сгорания, жидкие продукты (деготь, нерастворимые масла, органические соединения) и твердый углеродистый остаток (пирокарбон), который можно использовать как топливо. Преимущество высокотемпературного сухого пиролиза состоит в получении горючего газа, который можно использовать как топливо.

Большое количество пищевых отходов в составе ТБО препятствует их качественному сжиганию и затрудняет захоронение на полигонах. В странах, где отдельный сбор ТБО не осуществляется (в России; на большей части территории США и др.), это делается на мусороперерабатывающих заводах (МПЗ). Многие МПЗ принимают для переработки нетоксичные, умеренно опасные и слаботоксичные промышленные отходы. Основным процессом на МПЗ – компостирование органических отходов, прежде всего пищевых. Компостирование – биохимический процесс преобразования органических твердых отходов в стабильный, подобный гумусу, продукт.

Процесс компостирования начинается с сортировки. Из поступающих ТБО и ТПрО отсортировываются металлы, стекло, песок, камни и другие некомпостируемые материалы.

Различают компостирование аэробное и анаэробное. Аэробное (более быстрое) протекает при температурах 45 - 65 °С; в штабелях, на открытом воздухе и в механических устройствах – биотермических барабанах (биобарабанах).

Глава 3. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

3.1 СОВРЕМЕННЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС

Между природой и обществом существуют сложные взаимодействия, обмен веществом и энергией. Взаимоотношение общества и природы — воздействие человеческого общества (антропогенных факторов) на природу и природы (природных факторов) на здоровье и хозяйственную деятельность человека.

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 человеку качеств. Например, сведение тропических лесов под агроценозы, 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.

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. Ухудшение природной среды

происходит по двум причинам: 1) сокращение природных ресурсов; 2) загрязнение природной среды.

Несбалансированные взаимоотношения общества и природы, то есть нерациональное природопользование, часто приводят к экологическому кризису и даже экологической катастрофе.

Экологический кризис (чрезвычайная экологическая ситуация) — экологическое неблагополучие, характеризующееся устойчивыми отрицательными изменениями окружающей среды и представляющее угрозу для здоровья людей. Это напряженное состояние взаимоотношений между человечеством и природой, обусловленное несоответствием размеров производственно-хозяйственной деятельности человека ресурсно-экологическим возможностям биосферы.

Экологический кризис характеризуется не столько усилением воздействия человека на природу, сколько резким увеличением влияния измененной людьми природы на общественное развитие.

Экологическая катастрофа (экологическое бедствие) — экологическое неблагополучие, характеризующееся глубокими необратимыми изменениями окружающей среды и существенным ухудшением здоровья населения. Это природная аномалия, нередко возникающая на основе прямого или косвенного воздействия человеческой деятельности на природные процессы и ведущая к остро неблагоприятным экономическим последствиям или массовой гибели населения определенного региона.

Принципиальным является следующее различие между экологическим кризисом и экологической катастрофой: кризис — обратимое явление, в котором человек выступает активно действующей стороной, катастрофа — необратимое явление, здесь человек уже лишь пассивная, страдающая сторона.

Экологический кризис и экологическая катастрофа в зависимости от масштаба могут быть локальными, региональными и глобальными

Важнейшие *глобальные экологические проблемы*, стоящие перед современным человеком, следующие: перенаселение, урбанизация, загрязнение окружающей среды, парниковый эффект, истощение «озонового слоя», смог, кислотные дожди, деградация почв, обезлесение, опустынивание, проблемы отходов, сокращение генофонда биосферы и др.

Перенаселение. Достижения в медицине, повышение комфортности деятельности и быта, интенсификация и рост продуктивности сельского хозяйства во многом способствовали увеличению продолжительности жизни человека и как следствие росту населения Земли (таблица 6).

Одновременно с ростом продолжительности жизни в ряде регионов мира (в странах Африки, Азии и Южной Америки) рождаемость продолжала оставаться на высоком уровне и составляла в некоторых из них до 40 человек на 1000 человек в год и более. Более половины населения Земли проживает в Азии — около 58%, в Европе — свыше 17%, в Африке — свыше 10%, в Северной Америке — около 9%, Южной Америке — около 6%, в Австралии

и Океании — 0,5%. Многочисленные попытки сократить рождаемость не удается, в настоящее время наблюдается демографический взрыв.

Таблица 6 – Народнонаселение Земли в XIX- XX в.в.

Год	1840	1930	1962	1975	1987	1999
Численность населения, млрд. чел.	1	2	3	4	5	6
Период прироста, лет/1 млрд. чел.	500 000	90	32	13	12	12

Существуют несколько прогнозов дальнейшего изменения численности населения Земли. По I варианту (неустойчивое развитие) к концу XXI в. возможен рост численности до 28—30 млрд. человек. В этих условиях Земля уже не сможет (при современном состоянии технологий) обеспечивать население достаточным питанием и предметами первой необходимости. С определенного периода начнутся голод, массовые заболевания, деградация среды обитания и как следствие резкое уменьшение численности населения и разрушение человеческого сообщества. Уже в настоящее время в экологически неблагоприятных регионах наблюдается связь между ухудшением состояния среды обитания и сокращением продолжительности жизни, ростом детской смертности.

По II варианту (устойчивое развитие) численность населения необходимо стабилизировать на уровне 10 млрд. человек, что при существующем уровне развития технологий жизнеобеспечения будет соответствовать удовлетворению жизненных потребностей человека и нормальному развитию общества.

Урбанизация. Одновременно с демографическим взрывом идет процесс урбанизации населения планеты. Урбанизация — это исторический процесс повышения роли городов в жизни общества, связанный с концентрацией и интенсификацией несельскохозяйственных функций, распространением городского образа жизни, формированием специфических социально-пространственных форм расселения (таблица 7). К 1990 г. в США урбанизировано 70 % населения, в Российской Федерации к 1995 г. — 76 %.

Таблица 7 – Урбанизация в XIX- XX в.в.

Год	1880	1950	1970	1990
Городское население, %	1,7	13,1	37	42

Процесс урбанизации имеет положительные последствия, ибо способствует повышению производительной деятельности во многих сферах, одновременно решает социальные и культурно-просветительные проблемы

общества. Неоспоримы экономические и социальные преимущества городских форм расселения. Они обладают значительным потенциалом хозяйственного развития, их жители имеют более широкие по сравнению с другими формами поселений возможности образования, выбора профессии, приобщения к культурным ценностям.

Однако окружающая среда многих городов мира уже не в состоянии удовлетворить многие биологические и социальные требования современного человека. Чрезмерная плотность населения порождает такие проблемы как загрязнение окружающей среды, шум, недостаток жилья, школ, больниц, транспорта, зеленых насаждений, безработица, отчужденность молодежи. Социально-психологические последствия скученности — отчуждение, утрата социальной значимости личности, снижение ценности жизни, социальное безразличие и карьеризм (стремление обрести значимость любой ценой), саморазрушение (алкоголизм, наркомания, половые извращения, исключаящие из репродуктивного процесса), преступность.

Недостаток пищи. Мировое производство зерна, мяса и рыбы и ряда других продуктов на душу населения непрерывно снижается с 1985 г. По прогнозам к 2010 г. цены на пшеницу и рис возрастут более чем в два раза. В наиболее бедных странах это может привести к массовому голоду. Однако и в настоящее время по официальным данным один из каждых пяти жителей планеты голодает или недоедает.

С 1990-го по 2030 г. население планеты увеличится на 3,5 млрд. человек, что потребует удвоить производство продовольствия, в три раза увеличить выпуск промышленной продукции и выработку энергии. Затраты энергии на единицу производимой сельскохозяйственной продукции (удобрения, вода, электроэнергия, топливо для сельскохозяйственных агрегатов и т.д.) за последние 15-20 лет XX века возросли в 10-15 раз, в то время как урожайность увеличилась всего на 20-35%. Темпы роста урожайности зерновых культур с 1990 г. замедлились. Эффективность использования удобрений в мире, по мнению специалистов, близка к своему пределу. Кроме того, суммарная площадь, занятая зерновыми культурами, стабилизировалась на уровне середины 80-х гг. XX в.

Резко сократились рыбные запасы. С 1950-го по 1989 г. мировой улов вырос с 19 до 89 млн. т, после чего прироста уже не было. Увеличение же рыболовецкого флота не приводит к росту улова.

Дефицит воды. Изменение водного баланса различных территорий и речного стока под влиянием хозяйственной деятельности, отрицательных последствий в результате целенаправленных и непреднамеренных отклонений антропогенных процессов давно составляют одну из главных экологических проблем человечества. Предотвратить истощение и загрязнение водных ресурсов призваны экологизация промышленного и сельскохозяйственного производства и городского хозяйства, очистка сточных вод, мелиоративные мероприятия.

Основными факторами, вызывающими загрязнение питьевой воды, являются:

- 1) большое количество промышленных сбросов;
- 2) отравление воды веществами, загрязняющими воздух и вымываемыми из него дождевой водой, в итоге стекающей в водоемы;
- 3) просачивание в водоемы вредных веществ, употребляемых в сельском хозяйстве;
- 4) недостаточное развитие канализационной сети.

Поступление бытовых сточных вод в водоемы приводит к повышению их эвтрофированности (накоплению питательных веществ), что может полностью лишить воду кислорода. В результате гибнут живые организмы, качество воды резко ухудшается. Кроме этого, промышленные предприятия отравляют водоемы сточными водами, которые содержат большое количество ядов, в том числе тяжелые металлы, цианиды.

Мировое потребление воды достигает 18700 км^3 в год. В пересчете на одного человека (без учета воды на разбавления) – это 1500 м^3 . Однако воды во многих регионах не хватает. Известно, что около 60% площади планеты приходится на зоны, где ощущается недостаток пресной воды. А в целом, пятая часть человечества испытывает недостаток пресной воды или имеет воду плохого качества.

Нехватка пресной воды резко ухудшила экологическую обстановку во многих регионах и вызвала продовольственный кризис. Таким образом, в последние десятилетия дефицит воды перерастает в глобальную проблему — кризис пресной воды.

Энергетические ресурсы. Потребность в энергии — одна из основных жизненных потребностей человека. Для поддержания жизни человеку требуется примерно 3 тыс. килокалорий в сутки. Около десяти процентов потребной энергии человеку обеспечивают продукты питания, остальную — промышленная энергетика, которая включает:

1. Теплоэнергетика. Основным источником энергии в России является тепловая энергия, получаемая от сгорания органического топлива — угля, нефти, газа, торфа, горючих сланцев. Нефть не может быть отнесена к разряду «экологически чистых» источников энергии и ее запасы (в том числе и неразведанные) ограничены. Запасы газа хотя и велики, но тоже не безграничны. Сегодня известны способы извлечения из газа водорода, который в будущем может быть использован как универсальное «чистое» топливо». *Уголь* имеет не меньшее значение в тепловой энергетике чем нефть и газ. В настоящее время у нас в стране разработан способ наиболее полного использования угля путем его ожижения.

2. Гидроэнергетика. Энергия гидроэлектростанций безвредна для окружающей среды. Однако само по себе строительство водохранилищ на равнинах чревато отрицательными последствиями, наиболее существенным из которых является затопление обширных полезных (сельскохозяйственных и др.) земельных угодий.

3. Атомная и термоядерная энергия. При благоприятных условиях ядерные электростанции дают значительно меньше вредных выбросов, чем электростанции, работающие на органическом топливе. В условиях дефицита солнечного излучения, химических и иных неатомных источников энергии ядерное топливо может оказаться если небезальтернативным, то, по крайней мере, наиболее эффективным энергетическим сырьем.

4. Геотермальная энергетика. Запасы тепла в глубинах земных недр практически неисчислимы, и использование его с позиций охраны окружающей среды весьма перспективно. Температура скальных пород с заглублением на 1 км повышается на $13,8^{\circ}\text{C}$ и на глубине 10 км достигает $140\text{—}150^{\circ}\text{C}$. Известно, что во многих районах уже на глубине 3 км температура пород достигает 100°C и больше.

В настоящее время в некоторых странах мира — России, США, Японии, Италии, Исландии и др. — используют тепло горячих источников для выработки электроэнергии, отопления зданий, подогрева теплиц и парников.

Эксплуатация геотермальных вод требует решения вопроса сброса и захоронения отработанных минерализованных вод, поскольку они могут оказать вредное влияние на окружающую среду.

5. Энергия Солнца. Этот вид энергии признается одним из наиболее экологически «чистых» и перспективных.

Преимущества солнечной энергии состоят в ее доступности, неисчерпаемости, отсутствии побочных, загрязняющих среду продуктов. К недостаткам следует отнести низкую плотность и прерывистость поступления на поверхность Земли.

В настоящее время учеными разрабатываются пути и способы использования солнечной энергии для промышленных нужд, вплоть до создания станций в космосе.

6. Энергия ветра, морских течений и волн. Оба эти источника энергии «чистые», использование их не загрязняет окружающую среду. Эти источники давно начали использоваться, эксплуатация их расширяется и будет расширяться в дальнейшем. Однако пока доля этих источников в энергоснабжении незначительна.

Парниковый эффект. Парниковый (тепличный, оранжерейный) эффект — разогрев нижних слоев атмосферы, вследствие способности атмосферы пропускать коротковолновую солнечную радиацию, но задерживать длинноволновое тепловое излучение земной поверхности. Парниковому эффекту способствует поступление в атмосферу антропогенных примесей (диоксида углерода, закиси азота, метана, фреонов и т.д.).

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.

В 1997 г. было подписано Киотское (Япония) соглашение, по которому развитые страны обязались к 2000 г. стабилизировать выбросы парниковых газов на уровне 1990 г., а к 2012 г. сократить на 5 %. Однако после этого выбросы парниковых газов даже возросли.

Разрушение «озонового слоя». Слой атмосферы с наибольшей концентрацией озона на высоте 20-25 (22-24) км называется озоносферой. «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 D и т.д.), в больших дозах губительны, из-за способности вызывать раковые заболевания и мутации.

В 1985 г. в Вене состоялась конференция, принявшая Конвенцию по охране озонового слоя. Был установлен список веществ, отрицательно влияющих на озоновый слой, и принято решение о взаимном информировании государств о производстве и использовании этих веществ и о принимаемых мерах.

Решающим стало подписание Монреальского протокола (1987 г.), в соответствии с которым устанавливался контроль за производством и использованием фреонов, протокол подписали более 70 стран. По этим соглашениям производство фреонов должно быть прекращено к 2010 г.

Кислотные осадки. Кислотные осадки — дождь или снег, подкисленный до $pH < 5,6$ из-за растворения в атмосферной влаге антропогенных выбросов (диоксид серы, оксиды азота, хлороводород и пр.).

Отрицательное воздействие кислотных осадков на растительность проявляется как в прямом биоцидном воздействии на растительность, так и в

косвенном через снижение рН почв. Выпадение кислотных осадков приводит к ухудшению состояния и гибели целых лесных массивов, а также снижению урожайности многих сельскохозяйственных культур. Кроме того, отрицательное воздействие кислотных осадков проявляется в закислении пресноводных водоемов. Снижение рН воды вызывает сокращение запасов промысловой рыбы, деградацию многих видов организмов и всей водной экосистемы, а иногда и полную биологическую гибель водоема.

Загрязнение Мирового океана. Роль Мирового океана в функционировании биосферы как единой системы трудно переоценить. Водная поверхность океанов и морей покрывает 72 % поверхности планеты. При взаимодействии с атмосферой океанские течения в значительной мере определяют формирование климата и погоды на Земле. Все океаны, включая замкнутые и полузамкнутые моря, имеют непреходящее значение в глобальном жизнеобеспечении населения земного шара продуктами питания. Океану, особенно его прибрежной зоне, принадлежит ведущая роль в поддержании жизни на Земле, поскольку около 50% кислорода, поступающего в атмосферу планеты, вырабатывается в процессе фотосинтеза планктона. Мировой океан дает 1/6 часть всех белков животного происхождения, потребляемых населением в пищу. Океан и моря испытывают нарастающий экологический стресс из-за загрязнения, хищнического вылова рыбы и моллюсков, разрушения исторически сложившихся нерестилищ рыбы, ухудшения состояния берегов и коралловых рифов.

В Мировой океан ежегодно поступает в среднем 13-14 млн. т нефтепродуктов. Только 1 т нефти может покрыть пленкой 12 км² поверхности моря. Нефтяное загрязнение опасно по двум причинам: во-первых, на поверхности воды образуется пленка, препятствующая доступу кислорода к морской флоре и фауне; во-вторых, нефть сама по себе является токсичным соединением. При содержании в воде нефти в количестве 10-15 мг/кг гибнут планктон и мальки рыб.

Особенно опасным является радиоактивное загрязнение при захоронении радиоактивных отходов. В 1972 г. в Лондоне была подписана Конвенция по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов с высоким и средним уровнем радиации без специального разрешения. С 1993 г. был запрещен сброс жидких радиоактивных отходов.

С 1970-х гг. осуществляется экологическая программа ООН «Региональные моря», объединяющая более 120 стран мира, совместно использующих 10 морей. Были приняты региональные многосторонние соглашения: Конвенция по защите морской среды Северо-Восточной Атлантики (Париж, 1992 г.); Конвенция по защите Черного моря от загрязнения (Бухарест, 1992 г.).

Уничтожение тропических лесов. Лесные экосистемы занимают на Земле около 30% суши и выполняют функцию «легких» планеты. Леса — важнейший фактор в экологическом равновесии биосферы, один из основных источников кислорода на Земле, аккумулятор солнечной энергии и

биологической массы.

Лесной покров очищает околоземную атмосферу, регулирует температурный режим и сток воды, защищает почву от эрозии и является источником разнообразного сырья и питания людей. Влажные тропические леса, занимающие 7% площади суши, особенно богаты различными видами растений и животных. Эти леса обеспечивают среду обитания примерно половине всех известных современной науке видов.

Средняя ежегодная продуктивность этих лесов в виде органического вещества составляет 28 т/га, тогда как смешанные леса умеренных широт продуцируют до 10 т/га. Тропический лес играет огромную роль в поддержании кислородного баланса на планете.

Проблема заключается в том, что эти леса уничтожены уже на 40%. Ежегодно в мире теряется 15-20 млн. га тропического леса, что эквивалентно половине площади Финляндии. В последнее десятилетие темпы обезлесения составляют в среднем 1,8% в год. Наибольшие потери понесли 10 стран мира, в числе которых Бразилия, Мексика, Индия и Таиланд.

Если уничтожение тропических лесов будет продолжаться такими же темпами, то через 30-40 лет их уже не останется на Земле. Из-за исчезновения тропических лесов количество кислорода в атмосфере уменьшается ежегодно на 10-20 млрд. т. Возникает опасность нарушения баланса кислорода.

Основными причинами обезлесения являются распашка лесных земель под сельхозугодья, увеличение спроса на древесное топливо, промышленная вырубка лесов, осуществление крупномасштабных проектов.

Дегградация почвенного покрова. Дегградация почв — ухудшение качества почвы в результате снижения плодородия. К явлениям дегградации почв относятся: дегумификация почв (потеря почвами гумуса); промышленная эрозия почв (отчуждение почв городами, поселками, дорогами, линиями электропередач и связи, трубопроводами, карьерами, водохранилищами, свалками и т.д.); водная и воздушная эрозия (дефляция) почв (разрушение верхних слоев почвы под действием воды и ветра); вторичное засоление почв (результат неправильного орошения минерализованными или пресными водами); затопление, разрушение и засоление почв водами водохранилищ (затопление пойменных и надпойменных террас; подъем уровня грунтовых вод и подтопление почв; абразия берегов и засоление дельт); промышленное, сельскохозяйственное, радиоактивное загрязнение почв.

Опустынивание территорий. Совокупность природных и антропогенных процессов, приводящих к разрушению равновесия в экосистемах и к дегградации всех форм органической жизни на конкретной территории, называется опустыниванием.

Главная причина современного роста опустынивания в различных странах мира — экологический кризис, вызванный несоответствием сложившейся структуры хозяйственного использования природных ресурсов с потенциальными природными возможностями данного ландшафта, ростом народонаселения, увеличением антропогенных нагрузок, несовершенством

социально-экономического устройства ряда стран. Опустынивание происходит во всех природных зонах мира. Сейчас пустынями антропогенного происхождения занято более 9 млн. км², а из продуктивного использования земель ежегодно выбывает до 7 млн. га.

Деградация растительного покрова. 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.

В «Красную книгу СССР» (1984) вошло 603 вида редких высших растений. Среди них водяной орех, альдрованда, железное дерево, шелковая акация, дуб каштанolistный, самшит гирканский, платан пальчатколистный, туранга, фисташка, тис, падуб и др.

Деградация животного мира. 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.

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

Изменение генофонда. Генофонд обычно определяют как совокупность генов, имеющих у особей данной популяции, группы популяций или вида в пределах которых они характеризуются определенной частотой встречаемости. О воздействии на генофонд чаще всего говорят в связи с радиационным загрязнением, хотя это далеко не единственный фактор, влияющий на генофонд. Исторически генофонд сложился в результате длительной эволюции и обеспечил приспособление человеческих популяций к широкому спектру природных условий. Генетическое разнообразие предопределило многообразие и динамичность развития человеческой культуры. Высшее достижение этой культуры — гуманистический принцип равноценности всех людей — в переводе на биологический язык означает сохранение генофонда, не подлежащего искусственному отбору.

Вместе с тем продолжается действие и естественных факторов изменения генофонда — мутации, дрейф генов и естественный отбор:

1. Факторы мутагенеза. К ним из физических воздействий кроме ионизирующего излучения, возможно, относятся электромагнитные поля.

Установлено, например, повышение заболеваемости лейкемией у лиц, проживающих длительное время вблизи высоковольтных линий электропередачи. Из сотен тысяч разнообразных химических соединений, поступающих в среду в виде бытовых и производственных загрязнений, около 20% генотоксичны.

1. Наряду с прямым канцерогенным эффектом — мутациями, нарушающими взаимодействие клеточных клонов в процессе их роста и трансформации, происходит нарушение контрольных функций гормональной и иммунной систем, на фоне которого возрастает риск злокачественных новообразований как хемотоксичной, так и вирусной этиологии.

2. Дрейф генов. В прошлом дрейф генов был связан с резкими колебаниями численности локальных популяций, истребляемых войнами и эпидемиями. Выжившие основатели новой популяции передавали ей черты своей генетической индивидуальности. Утраченная часть генетического разнообразия восстанавливалась за счет повторных мутаций и потока генов, но определенные отличия могли сохраняться длительное время. Сегодня рост численности и более подвижный образ жизни предохраняют генофонд от дрейфа генов, разве что за исключением малочисленных популяций на океанических островах, в горных районах или тропических лесах.

3. Естественный отбор. Любое воздействие на среду хотя бы в небольшой степени изменяет направленность отбора, создавая давление на популяцию и сдвигая частоты соответствующих генотипов. Ген может долго удерживаться в популяции, несмотря на негативный отбор (который недостаточно эффективен при низких частотах), но угроза обеднения генофонда со временем становится все более реальной. Отбор действует в особенности на перинатальном уровне (например, в виде ранних самопроизвольных аборт, которые могут остаться незамеченными). Любое заболевание снижает шансы на полноценный генетический вклад в следующее поколение. Поскольку люди неравноценны в отношении устойчивости к воздействиям специфического и общего характера, то отбор работает в пользу более устойчивых, невзирая на их личностные качества, и тем более активно, чем больше загрязнение среды.

3.2 ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Загрязнением называют привнесение в окружающую среду или возникновение в ней новых, не характерных для нее вредных химических, физических, биологических агентов (качественное изменение среды), либо существенное превышение содержания (присутствия) в ней каких-либо характерных, естественных компонентов (количественное изменение). Загрязнение может возникать в результате естественных причин (природное загрязнение) или под влиянием деятельности человека (антропогенное загрязнение).

Загрязнение окружающей среды может быть 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 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 начинается подниматься вопрос об информационном загрязнении окружающей человека среды.

Химические загрязнители могут вызывать острые отравления, хронические болезни, а также оказывать канцерогенное, мутагенное и тератогенное действие.

К ним относятся тяжелые металлы, которые получили свое название благодаря высоким значениям атомной массы (более 50). Они способны накапливаться в растительных и животных тканях, оказывая на них токсичное воздействие. В небольших количествах некоторые тяжелые металлы необходимы для жизнедеятельности человека — это, в частности, медь, цинк, марганец, железо, кобальт, молибден и др. Однако увеличение их содержания выше нормы вызывает токсичный эффект и представляет угрозу для здоровья. Кроме того, существует около 20 металлов, не являющихся необходимыми для функционирования организма. Наиболее опасные из них ртуть, свинец, кадмий и мышьяк.

Кроме тяжелых металлов, особо опасными загрязнителями являются диоксины, которые образуются из хлор- и фторпроизводных ароматических углеводородов. Диоксины практически не выводятся из почвы и водной среды. Они чрезвычайно токсичны для человека и животных даже в очень низких концентрациях ($\text{ПДК}_{\text{сс}} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ мг/м}^3$), вызывают поражение печени, почек, иммунной системы, обладают канцерогенным, тератогенным и мутагенным действием.

Формальдегид может выделяться из прессованных плит, используемых при изготовлении настилов полов, шкафов и другой мебели. Он обладает выраженным эмбриотоксическим действием, а также канцерогенным, тератогенным и мутагенным эффектами.

Бенз(а)пирен содержится в загрязненном городском воздухе, выхлопных газах, сигаретном дыме. Является сильным канцерогеном.

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) образуются при неполном сгорании органических веществ, например, при горении мусора, древесины, нефти. ПАУ обнаружены в табачном дыме, жареных, копченых и печеных пищевых продуктах. Они насчитывают сотни соединений, встречаются в воздухе, почве и воде и почти все являются канцерогенами.

Широкая химизация сельского хозяйства привела к активному применению для борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур различных пестицидов, к которым относятся гербициды — препараты для борьбы с сорняками, инсектициды для борьбы с насекомыми, бактерициды для борьбы с бактериями и пр. Все они являются ядохимикатами и при

контакте с человеком могут привести как к хронической интоксикации, так и к острым отравлениям. Хлорорганические (ХОС) и фосфорорганические (ФОС) ядохимикаты при поступлении внутрь через дыхательные пути, слизистые и кожные покровы могут вызвать острые отравления, характеризующиеся рвотой, резкими болями в животе, повышением артериального давления, явлениями почечной и сердечно-сосудистой недостаточности, нарушениями со стороны центральной нервной системы.

Нитраты, нитриты и продукты метаболизма азотистых удобрений вызывают острые отравления, нарушение обмена веществ, аллергию, нервные расстройства и злокачественные новообразования.

Оксид углерода в воздухе воздействует на психические функции, вызывает удушье. Диоксид серы в воздухе вызывает заболевание дыхательных путей, конъюнктивит, головную боль.

Пыль, образующаяся при сжигании мусора, вызывает хроническое раздражение дыхательных органов, приступы бронхиальной астмы и обладает канцерогенным действием.

Физическими загрязнениями называются загрязнения, которые связаны с изменением физических параметров среды: шумовых, радиационных, световых, температурных, электромагнитных и т. п.

Шумовое загрязнение отрицательно воздействует на организм человека, вызывая повышенную утомляемость, снижение умственной активности, понижение производительности труда, развитие сердечно-сосудистых и нервных заболеваний. Шум сокращает продолжительность жизни человека в больших городах на 8 – 12 лет.

Инфразвуки оказывают влияние на психическую сферу человека: снижается эффективность интеллектуальной деятельности, ухудшается настроение, появляется ощущение ужаса, растерянности, тревоги, испуга, страха. Инфразвуки, неслышно проникающие сквозь самые толстые стены, вызываются многие нервные болезни у жителей крупных городов.

Механизм действия ультразвуков на живые организмы многообразен. Особенно сильно их отрицательному воздействию подвержены клетки нервной системы.

Шум обладает кумулятивным действием. Наибольшее раздражение вызывает шум в диапазоне частот 3 000 – 5 000 Гц.

Уровень шума измеряется в единицах, выражающих степень звукового давления, – децибелах. Уровень шума в 20 – 30 дБ практически безвреден для человека. Для громких звуков допустимая граница составляет примерно 80 дБ. При интенсивности шума 140 – 145 дБ возникают вибрации в мягких тканях носа и горла, а также в костях черепа и зубах; если интенсивность превышает 140 дБ, то начинает вибрировать грудная клетка, мышцы рук и ног, появляется боль в ушах и голове, крайняя усталость и раздражительность; при уровне шума свыше 160 дБ может произойти разрыв барабанных перепонки.

В современном мире люди постоянно испытывают на себе воздействие электромагнитных полей. За последние полвека суточная мощность

радиоизлучений возросла более чем в 50 тыс. раз. Но кроме радиоволн есть и множество других источников электромагнитного излучения (ЭМИ) – электропроводка, телевизоры, компьютеры, мобильные телефоны, рекламные щиты, высоковольтные линии электропередач, осветительные приборы и т. д.

Электромагнитные поля обладают очень высокой биологической активностью. Наиболее уязвимы для них нервная, иммунная и половая системы. Причем вредное воздействие, подобно радиации, с годами накапливается. При длительном контакте с интенсивным источником электромагнитного излучения возникают серьезные заболевания центральной нервной системы, лейкозы, опухоли мозга, гормональные нарушения.

По мнению экспертов Всемирной организации здравоохранения, сегодня степень электромагнитного, шумового загрязнения окружающей среды выходит на уровень, характерный для нынешнего загрязнения ее вредными химическими веществами.

Одним из видов физического загрязнения является ионизирующее излучение. Оно обладает энергией, достаточной для того, чтобы выбить один или более электронов из атомов и образовать положительно заряженные ионы, которые вступают в реакцию и разрушают ткани живых организмов. Примерами ионизирующего излучения являются ультрафиолетовое излучение Солнца, рентгеновское излучение, нейтронное излучение, возникающее в ходе реакции ядерного деления и ядерного синтеза, а также альфа-, бета- и гамма-излучение, испускаемое радиоактивными изотопами.

Единицей радиации является 1 бэр = 1 рад – это доза облучения, при которой 1 г живого вещества поглощает 100 эрг энергии (0,01 Дж/кг).

При дозе, превышающей 1 000 рад, человек погибает; при дозе 7 000 и 200 рад смертельный исход отмечается в 90 и 10 % случаев соответственно; при дозе 100 рад человек выживает, однако значительно возрастает вероятность заболевания раком и полной стерилизации.

Организм человека постоянно подвергается естественному ионизирующему излучению, источниками которого является космическое излучение и природные радиоактивные элементы, присутствующие в воздухе, почве и тканях самого организма. Уровни природного излучения от всех источников в среднем составляют 100 мбэр в год. В современных условиях человек сталкивается с превышением этого среднего уровня, что и является радиационным загрязнением.

При одинаковом уровне загрязнения среды изотопы простых элементов (C_{14} , Ca_{45} , S_{35} , H_3 и др.), являющиеся основными слагаемыми живого вещества (растений и животных), более опасны, чем редко встречающиеся радиоактивные вещества, слабо поглощаемые организмами.

Воздействие ионизирующего излучения приводит к повреждению клеток человеческого организма двумя путями: наносит генетические повреждения, которые изменяют гены и хромосомы; вызывает соматические повреждения:

ожоги, выкидыши, гладкие катаракты, раковые заболевания костей, щитовидной и молочной желез, легких.

Наиболее серьезное загрязнение среды связано с работой заводов по переработке отработанного атомного сырья. Большая часть радиоактивных примесей содержится в сточных водах, которые собираются и хранятся в герметичных сосудах. Радиоактивные элементы Kr_{85} , He_{133} и часть I_{131} попадают в атмосферу из испарителей, используемых для уплотнения радиоактивных отходов. Для дезактивации радиоактивных отходов до их полной безопасности необходимо время, равное примерно 20 периодам полураспада (это около 640 лет для Cs_{137} и 490 тыс. лет для Ru_{239}).

Чрезвычайно опасными являются *биологические загрязнения* – привнесение и размножение во внешней и внутренней среде нежелательных для человека организмов. Заболевания могут быть вызваны болезнетворными микроорганизмами (бактерии, риккетсии, вирусы, грибки) или паразитами – возбудителями животного происхождения (черви, простейшие, членистоногие – насекомые, клещи).

Инфекционные болезни могут возникать при наличии трех компонентов: болезнетворного организма – возбудителя, восприимчивого макроорганизма (человека или животного) и факторов, обеспечивающих передачу инфекции от зараженного к здоровому организму. Возбудители кишечных инфекций распространяются через воду, пищевые продукты и другие предметы, возбудители воздушно-капельных болезней – с воздухом, инфекционные болезни наружных покровов – при непосредственном контакте.

Один из видов биологического загрязнения – выбросы биологического и микробиологического синтеза. Так, производство белково-витаминного концентрата из углеводов в 70-80-х годах XX века привело к резкому увеличению заболеваемости астмой и снижению иммунитета, особенно у детей. Сейчас искусственный белок производят в основном из природных растительных продуктов, в частности, сои. Несмотря на запрет бактериологического оружия (Конвенция 1972 года), его продолжают производить.

Существуют непатогенные и условно-патогенные микроорганизмы, которые в качестве биотопа избрали организм человека. Так, полости рта, носа, толстого кишечника, влагалища являются местом обитания многих микроорганизмов, которые не только не вредят человеку, но и стимулируют его защитные силы, способствуют перевариванию остатков пищи, вырабатывают витамины. Уменьшение количественной нормы микроорганизмов в организме человека приводит к дисбактериозу. Условно-патогенные организмы, которые в норме являются сапрофитами, однако, могут вызывать заболевания – кандидозы и ОРВИ.

Последствия загрязнения биосферы и внутренней среды организма находят свое отражение в структуре заболеваемости и смертности населения. Увеличилась доля острых и хронических отравлений, которые вместе с уличным травматизмом вышли на одно из первых мест в структуре смертности. Каждый четвертый житель Земли сегодня страдает аллергией и

аутоиммунными заболеваниями. Социальная неустроенность, неуверенность в завтрашнем дне, моральная угнетенность расцениваются в качестве ведущих факторов риска, отрицательно действующих на человека.

В мировых классификаторах в настоящее время насчитывается более шести тысяч нозологических форм болезней, причем более 80% из них являются производными от экологического напряжения.

В последнее время в воздухе повысилась концентрация нерастворимых аэрозолей, что делает органы дыхания основными путями проникновения токсичных веществ в организм. Желудочно-кишечный тракт как путь попадания токсических веществ в организм отступает на второй план.

Экологически опасными являются пищевые продукты, содержащие ксенобиотики различного происхождения. К ним относятся пестициды, соли тяжелых металлов, радионуклиды, нитраты, нитриты и, синтетические химические соединения. Они попадают в организм человека в 80-95% случаев с продуктами питания, 5% – с питьевой водой.

При химических загрязнениях атмосферный путь поступления токсичных веществ в организм человека является ведущим, так как в течение суток человек потребляет около 15 – 25 кг воздуха, 2,5 – 5 кг воды и 1,5 – 2,5 кг пищи. Загрязнением атмосферы обусловлено до 30% общих заболеваний населения промышленных центров.

Так, автомобильные газы представляют собой сложную смесь, содержащую до 200 вредных токсичных ингредиентов, которые поступают в приземный слой воздуха и плохо рассеиваются.

3.3 НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Под качеством окружающей среды понимают состояние окружающей среды человека, которое характеризуется физическими, химическими, биологическими и иными показателями, или их совокупностью. От состояния качества окружающей среды зависит продолжительность жизни, здоровье, уровень заболеваемости населения и т. д.

Нормирование качества окружающей среды состоит в установлении показателей и предельно допустимых норм (экологических нормативов) воздействия человека на окружающую среду, в которых изменение этих показателей для различных объектов окружающей среды (воздуха, воды, почвы и т. д.) будет способно обеспечить экологическую безопасность населения, сохранение генетического фонда человека, растений и животных, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов.

К основным экологическим нормативам качества окружающей среды и воздействия относятся:

- 1) Нормативы качества (санитарно-гигиенические): предельно допустимая концентрация вредных веществ, предельно допустимый уровень вредных физических воздействий: радиации, шума, вибрации, магнитных полей и др.
- 2) Нормативы воздействия (производственно-хозяйственные): предельно

допустимый выброс вредных веществ в атмосферу; предельно допустимый сброс вредных веществ в природные водоемы; нормативы на образование и лимиты на размещение твердых отходов.

3) Комплексный норматив предельно допустимой экологической нагрузки на окружающую среду.

Предельно допустимая концентрация (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 на здоровье не только человека, но и 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 учитывают их совместное воздействие. Одновременное или последовательное действие нескольких вредных веществ, поступающих в организм одним и тем же путем (ингаляционным, пероральным или перкутанным), называют комбинированным. Различают несколько видов комбинированного действия:

1. Аддитивное действие – суммарный токсический эффект смеси равен сумме токсических эффектов действующих компонентов. Аддитивность характерна для веществ однонаправленного действия, когда компоненты смеси оказывают влияние на одни и те же системы организма, причем при количественно одинаковой замене компонентов друг другом токсичность смеси не меняется. Для гигиенической оценки воздушной среды при условии аддитивного действия веществ используют выражение, предложенное А.Т. Аверьяновым. Сумма концентраций вредных веществ к их ПДК в этом случае не должна превышать при расчете единицы:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1,$$

где: $C_1, C_2, \dots, C_n$ – фактические концентрации вредных веществ в воздухе, воде, почве или продуктах питания;

$ПДК_1, ПДК_2, ПДК_n$ – предельно допустимые концентрации вредных веществ, которые установлены для их изолированного присутствия.

2. Потенцированное действие (синергизм) – усиление эффекта, действие большее, чем аддитивное. Компоненты смеси действуют так, что одно вещество усиливает действие другого. Примером является действие сероводорода с углеводородами (характерный состав сероводородсодержащего природного газа). ПДК H_2S составляет 10 мг/м^3 , а для смеси H_2S с углеводородами $\text{C}_1\text{-C}_5$ она уменьшена до 3 мг/м^3 .
3. Антагонистическое действие – эффект комбинированного действия меньше ожидаемого. Компоненты смеси действуют так, что одно вещество ослабляет действие другого, эффект при этом меньше аддитивного.
4. Независимое действие – компоненты смеси действуют на различные системы органов, и их токсические эффекты не связаны друг с другом. Преобладает эффект более токсичного вещества.

При нормировании качества атмосферного воздуха используют такие санитарно-гигиенические показатели, как ПДК вредного вещества в воздухе рабочей зоны, ПДК максимально разовую и ПДК среднесуточную.

Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны ($\text{ПДК}_{\text{рз}}$) – 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 заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых 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 площади, на которой находятся места постоянного или временного пребывания рабочих.

Предельно допустимая концентрация максимальная разовая ($\text{ПДК}_{\text{мр}}$) – 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 (ощущения запаха, изменения световой чувствительности глаз и др.).

Предельно допустимая концентрация среднесуточная ($\text{ПДК}_{\text{сч}}$) – 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 хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых вод и рыбохозяйственных водоемов. Нормируют также 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 ($\text{ПДК}_{\text{в}}$) – 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, а также не должна ухудшать гигиенические условия водопользования. ПДК_в подразделяются по лимитирующим показателям вредности: органолептическому, общесанитарному, санитарно-токсикологическому.

Предельно допустимая концентрация в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей (ПДК_{рыб}) – это максимальная концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых. ПДК_{рыб} подразделяются по лимитирующим показателям вредности: рыбохозяйственному и токсикологическому. При нормировании качества почвы используют такой показатель как ПДК вредного вещества в пахотном слое почвы. Предельно допустимая концентрация в пахотном слое почвы (ПДК_п) – 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 обосновании ПДК_п учитываются шесть лимитирующих показателей (признаков) вредности:

- органолептический (изменение запаха, привкуса, пищевой ценности, фитотест растений и т. п.);
- общесанитарный (влияние на самоочищение почвы);
- фитоаккумуляционный (передающееся растениям количество);
- водно-миграционный;
- воздушно-миграционный;
- санитарно-токсикологический.

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 (ПДК_{пр}) – 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 ориентировочно допустимая концентрация (ОДК), или ориентировочно допустимый уровень (ОДУ), соответственно.

В отличие от нормативов качества среды, нормативы предельно допустимых вредных воздействий на нее, а также методы их определения носят временный характер и совершенствуются по мере развития науки и

техники с учетом международных стандартов. 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 (ВСС) соответственно и вводится поэтапное снижение показателей выбросов и сбросов вредных веществ до значений, которые обеспечивают соблюдение ПДВ и ПДС.

Не назначаются нормативы ПДВ только для веществ, действие которых недостаточно изучено и для которых вместо ПДК временно вводится ориентировочно безопасные уровни воздействия – ОБУВ (до недавнего времени такое положение было с диоксинами).

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 (ПДН).

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) запаса живого и мертвого органического вещества; 2) эффективности образования органического вещества или продукции растительного покрова и 3) видового и структурного разнообразия. 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.

3.4 ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ. ПОСТИНДУСТРИАЛЬНОЕ ОБЩЕСТВО

Современную эпоху характеризуют как этап перехода к постиндустриальной (информационной) цивилизации. Сегодня фактически осуществляется переход к главенству производства информации, знаний и гармонизации на этой основе взаимоотношений человека и природы.

В.И. Вернадский одним из первых осознал, что человечество стало мощной геологической и, возможно, космической силой, способной преобразовывать природу в больших масштабах. Он отмечал, что человек охватил своей жизнью, культурой всю биосферу и стремится еще больше углубить и расширить сферу своего влияния. Биосфера, с его точки зрения, постепенно преобразуется в ноосферу – «сферу разума». Ноосферное человечество найдет путь к восстановлению и сохранению экологического равновесия на планете, разработает и осуществит на практике стратегию бескризисного развития природы и общества. Французский палеонтолог, философ и богослов П. Тейяр де Шарден (1881-1955) обобщил результаты своей деятельности в работе «Феномен человека», опубликованной в 1956 г. Он считал, что первоначально ноосфера формируется как тонкий, обособленный от всех земных оболочек слой мыслящей материи – «покров сознания». По мере все более глубокого проникновения мысли в суть процессов, происходящих во всех земных сферах, ноосфера переходит в свое высшее состояние, перерастая в Дух Земли. С его взглядами частично пересекаются идеи Дж. Лавлока, сформулировавшего концепцию Геи – Земли как единого организма.

По Вернадскому, процесс превращения биосферы в ноосферу должен иметь следующие основные признаки:

1. Возрастание количества механически извлекаемого материала земной коры. В геологическом круговороте резко возрастает звено денудации (вовлечения косного минерального вещества в биосферные процессы).
2. Массовое потребление продуктов фотосинтеза прошлых геологических эпох (такими продуктами являются уголь, нефть, ископаемый газ, сланец, и др. ресурсы, образовавшиеся в предыдущие геологические эпохи из остатков доисторических растений).
3. Преимущественное рассеивание энергии в биосфере, в отличие от преобладания процессов ее накопления до появления человека.
4. Образование в больших количествах веществ, ранее в биосфере отсутствующих (искусственные вещества – ксенобиотики).

5. Создание трансурановых химических элементов. Освоение ядерной энергии за счет деления тяжелых ядер и термоядерной энергии за счет синтеза легких ядер.
6. Расширение границ ноосферы за пределы Земли в связи с научно-техническим прогрессом.

Обеспокоенные существующим положением многие видные экологи, социологи, экономисты, политики, общественные деятели, начиная со второй половины 70-х годов XX столетия, объединили свои усилия с целью выработки нового подхода к построению взаимоотношений между человеком и средой его обитания. Большую роль в оценке нынешних и будущих трудностей человечества сыграла группа ученых разных стран и разных специальностей, впервые собравшаяся в Риме в 1968 г. и получившая название «Римский клуб».

Благодаря усилиям Римского клуба быстро возросла международная осведомленность о мировой проблематике. Клуб первым перешел от анализа и диагностики состояния нашей цивилизации к поиску и предписанию средств и путей выхода из критической ситуации.

Попытки прогнозировать будущее всего мира на основе математических моделей и вычислительной техники привели к возникновению нового междисциплинарного направления – глобального моделирования. Одним из наиболее значимых результатов такого моделирования стала публикация в 1972 г. доклада «Пределы роста» группой ученых Массачусетского технологического университета. Основные результаты глобального моделирования следующие:

1. Технологический прогресс желателен и жизненно необходим, но необходимы также социальные, экономические и политические изменения в способах применения результатов этого прогресса;
2. Народонаселение и потребление им ресурсов не могут расти бесконечно на планете, размеры которой ограничены;
3. Нам неизвестна емкость среды, т.е. неизвестно, до какой степени физическая среда Земли и природные системы жизнеобеспечения смогут удовлетворять нужды и потребности будущего роста населения; снижение роста уменьшит вероятность превышения допустимого уровня;
4. Характер будущего глобального устройства мира не предопределен; многое зависит от того, как скоро изменятся существующие нежелательные тенденции;
5. Цивилизация представляет собой систему, поэтому при приближении к пределу в отношении ресурсов сотрудничество имеет большую ценность, чем конкуренция.

Для предотвращения глобальной экологической катастрофы взаимоотношения человеческого общества и природы должны быть перестроены в направлении их коэволюции.

Коэволюция общества и природы подразумевает их совместную, взаимосвязанную эволюцию. Однако эволюция в природе идет более

медленно, чем социальная и научно-техническая эволюция общества, поэтому природа не успевает приспособливаться к антропогенным изменениям. Общество должно сознательно ограничить свое воздействие на природу, чтобы сохранить возможность дальнейшей коэволюции. Такое совместное развитие общества и природы, обеспечивающее коэволюцию, называется устойчивым.

Капиталистическая модель развития со свободной конкуренцией независимых агентов не является устойчивой; для устойчивого развития человечеству нужна существенно иная модель развития общества. Историю социального прогресса нельзя больше рассматривать только как смену общественно-экономических формаций, требуется включить в рассмотрение процессы взаимодействия общества с окружающей средой.

Развитие должно быть устойчивым, потому что иначе погибнет некая-либо одна цивилизация, как бывало раньше, а вся Земля в целом.

Вопрос устойчивого развития цивилизации впервые возник на международном уровне в 1972 г., когда в Стокгольме проходила Конференция ООН по окружающей среде человека. Важным решением этой конференции стало создание Экологической программы ООН – постоянно действующего органа ООН по охране окружающей среды, известного под аббревиатурой UNEP. По решению конференции был образован Фонд окружающей среды. День начала работы Конференции – 5 июня – был провозглашен Всемирным днем окружающей среды, который отмечается ежегодно.

На конференции был принят ряд документов: «Декларация принципов», выражающая отношение мирового сообщества к проблеме окружающей среды в настоящее время и на перспективу, а также «План мероприятий», который был призван решить организационные, экономические, политические вопросы охраны окружающей среды и взаимоотношений государств и международных организаций.

Наиболее существенными принципами в «Декларации» были признаны право человека на благоприятные условия жизни в окружающей среде, качество которой позволяет вести достойную и процветающую жизнь; необходимость сохранения природных ресурсов на благо нынешних и будущих поколений; суверенность прав государств на разработку собственных природных ресурсов и ответственность государств за ущерб окружающей среде; необходимость решать международные проблемы окружающей среды в духе сотрудничества; право человека и окружающей среды на избавление от последствия применения ядерного и иных видов оружия массового поражения.

Результатом дальнейшей работы стала формулировка концепции устойчивого развития. Согласно определению Международной комиссии по окружающей среде и развитию (доклад «Наше общее будущее», 1987 г.) под устойчивым должно пониматься такое развитие, при котором удовлетворение потребностей современного человечества не ставит под угрозу благополучие последующих поколений и их способность

удовлетворять собственные насущные потребности. Ключевые физические константы (состав воздуха, воды, почвы, механические свойства земной поверхности, гравитация и др.), генофонд, участки основных экосистем в их первозданном виде, здоровье населения, должны с течением времени сохранять постоянное значение. Важнейшей задачей в этой связи становится охрана окружающей среды, цель которой, с одной стороны, обеспечить сохранность таких качеств окружающей среды, которые не должны быть подвергнуты изменениям, а с другой – обеспечить непрерывное производство полезных растений, животных и других необходимых человеку ресурсов путем сбалансированных циклов изъятия и обновления.

Концепция устойчивого развития получила формальную поддержку правительств и руководителей государств большинства стран мира в решениях Конференции ООН по окружающей среде и развитию, состоявшейся в 1992 г. в Рио-де-Жанейро, в которой приняли участие 179 государств. Впервые официально, на уровне глав государств и правительств, был сделан шаг к признанию зависимости развития человечества от тех возможностей, которые представляет окружающая среда – живая и неживая природа.

Документами Конференции в Рио-де-Жанейро определяющими стратегию устойчивого развития, стали «Декларация Рио по окружающей среде и развитию» и «Повестка на XXI век». Для содействия устойчивому развитию была создана организация «Международный Зеленый крест», инициатива создания организации принадлежала М. С. Горбачеву, который стал президентом организации. Главными задачами организации были объявлены экологическое образование и воспитание, как основа устойчивого развития и изменения системы ценностей, а также ликвидация последствий «холодной войны» для окружающей среды.

Другими документами, принятыми на конференции, стали: Заявление о принципах охраны и рационального использования лесов всех климатических зон, Рамочная Конвенция по изменению климата, Конвенция по охране биологического разнообразия, и Решение об образовании Комиссии ООН по окружающей среде и развитию для разработки проекта Конвенции по пустыням и засушливым зонам.

Основные положения Декларации по окружающей среде и развитию:

1. Центром проблемы устойчивого развития является человек и удовлетворение его права на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой. Принципиальное значение имеет акцент на необходимость удовлетворения потребностей не только нынешнего, но будущих поколений.
2. Ориентация развития на традиционные экономические критерии и погоня за максимальной прибылью неприемлемы. Защита окружающей природной среды должна стать неотъемлемой частью процесса развития. Приоритетными ценностями человека и общества при устойчивом развитии будут моральный, духовный и биосферный компоненты. Все это в совокупности означает изменение траектории развития от

экономики к человеку.

3. Разрыв в уровне жизни богатых и бедных необходимо существенно сократить как внутри стран, так и между ними.
4. Необходимым условием продвижения в направлении устойчивого развития является исключение из жизни человечества войн.
5. Чтобы добиться устойчивого развития и более высокого уровня жизни для всех народов, государства должны уменьшить и исключить не способствующие устойчивому развитию модели производства и потребления.

Основные принципы устойчивого развития:

- 1) уважение и забота обо всем сущем на Земле;
- 2) повышение качества жизни;
- 3) сохранение жизнеспособности и разнообразия экосистем;
- 4) предотвращение истощения невозобновимых ресурсов;
- 5) развитие в пределах потенциальной емкости экосистем;
- 6) изменение сознания человека и стереотипов его поведения;
- 7) поощрение социальной заинтересованности общества в сохранении среды обитания;
- 8) выработка национальных концепций интеграции социально-экономического развития и охраны окружающей среды;
- 9) достижение единства действий на мировом уровне.

Один из главных документов конференции, «Повестка на XXI век» представляет собой программу действий с целью сделать развитие устойчивым с социальной, экологической и экономической точек зрения. Для этого документом предусматривается следующий комплекс мер.

Рост экономики должен вписываться в пределы экологических возможностей планеты. Необходимо соблюдать устойчивое равновесие между населением, потреблением и способностью Земли поддерживать жизнь. Следует выработать новые показатели развития, так как существующие индексы – например, ВВП, – не дают достаточной информации об устойчивости экосистем.

Следует исходить из принципа предотвращения ущерба. Для этого необходимо проводить экологическую экспертизу до осуществления планируемых проектов. Следует определить сбалансированные структуры потребления для всего мира, которые Земля сможет выдержать в течение длительного времени. Необходимо изменять отношение людей к природе и своей собственной деятельности путем просвещения; для этого необходимо включить концепции устойчивого развития и принципы охраны окружающей среды во все учебные программы, вместе с анализом причин, вызывающих основные проблемы.

Экономический рост должен сопровождаться одновременным снижением расхода энергии, сырья и производства отходов. Этому должна способствовать вторичная переработка, уменьшение объемов упаковочных материалов, стимулирование «чистых» производств и разработки экологически безопасных продуктов. Разумным также является снижение

темпов урбанизации и централизации производства.

Следует ввести в практику учет полной стоимости природных ресурсов, цена производимого товара должна отражать относительную нехватку и общую стоимость ресурсов. Земли и природные ресурсы следует рассматривать как национальное богатство и принимать меры по сохранению биологического разнообразия (по вопросам биологического разнообразия в Рио-де-Жанейро была принята отдельная Конвенция). Следует заменять пестициды и другие агрохимикаты биологическими средствами защиты растений. Необходимо проводить работу по определению опасности для здоровья человека и окружающей среды химических веществ, поскольку такие данные для большинства веществ отсутствуют.

Особое внимание в «Повестке» уделяется противодействию глобальному потеплению, которое может, в частности, привести к подъему уровня морей. Большинство населения Земли живет в пределах 60 км от морской береговой линии, и может быть непосредственно затронуто подъемом воды при глобальном изменении климата. Для решения этой проблемы на Конференции в Рио-де-Жанейро была принята Рамочная конвенция об изменении климата.

Для достижения устойчивого развития необходимо участие широких слоев населения в выработке стратегии развития. Должны быть обеспечены права населения на получение информации о состоянии окружающей среды и воздействиях на нее. В частности, этому может способствовать нанесение экологической информации на товарные этикетки и другие сведения, информирующие население о воздействии продуктов на их здоровье и окружающую среду. Необходима также прозрачность и адекватность законов и правил в разных странах, а также равный доступ к правосудию по экологическим вопросам населения всех стран.

В документе указывается на необходимость предоставления достаточных ресурсов общественным группам, неправительственным организациям и местным учебным центрам. В «Повестке» признается ценность традиционных знаний и методов использования ресурсов, которыми пользуется коренное население. Природоохранную активность местного населения следует стимулировать путем предоставления им прав на владение землей и обеспечения их ресурсами, финансами и средствами продвижения их продукции на рынке по справедливым ценам. Финансовая помощь должна предоставляться на решение экологических проблем и обеспечение основных потребностей бедных и нуждающихся. Развитые страны должны выделять средства – 0,7% ВВП – на помощь развития всего мира. Необходим механизм передачи экологически безопасных технологий развивающимся странам, прекращение «утечки мозгов» из развивающихся стран, увеличение там числа ученых и стимулирование возвращения их на родину.

Основные принципы, на которых основывается «Повестка на XXI век» – «лучше понемногу для всех, чем помногу для некоторых», и «тот, кто загрязняет, должен нести ответственность и расходы по ликвидации

загрязнения».

В документе предусматривалось, что к 1996 г. национальные органы власти каждого государства разработают свою национальную «Повестку на XXI век». В России «Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию» утверждена Указом Президента РФ №440 от 1 апреля 1996 г.

Несмотря на разумность предложенного в «Декларации Рио» и в «Повестке на XXI век» механизма, эти результаты Конференции в Рио-де-Жанейро сразу вызвали волну серьезной критики.

Во-первых, все перечисленные принципы сформулированы в декларативной форме, то есть, не предполагают обязательности их исполнения каким-либо из подписавших документы государств. Такой рекомендательный характер они сохраняют и поныне, хотя ряд принципов, перечисленных в этих документах, уже внедрены в законодательные системы многих стран, в том числе России.

Во-вторых, документ не ставит под сомнение принятый сейчас в большинстве развитых стран рыночный принцип организации экономики, который – по мнению многих экологов – является одной из главных причин всех экологических проблем современности.

В-третьих, несмотря на масштабность «Повестки» – более 300 страниц – она не содержит хотя бы примерного механизма решения основных проблем, а только общие рекомендации относительно принципов, на которых такой механизм должен строиться.

В-четвертых, несмотря на то, что прошло уже почти два десятилетия с момента принятия решений в Рио-де-Жанейро, а также на значительные усилия, предпринятые в последующие годы – Резолюция S-19/2 Генеральной Ассамблеи ООН в 1997 г. (оценка прогресса по решениям Рио – «Рио+5»), документы «Саммита тысячелетия» (2000 г., Нью-Йорк) – следует отметить очень слабый прогресс в большинстве намеченных направлений. Таким образом, несмотря на благие намерения, лежавшие в основе движения к устойчивому развитию, данная концепция пока что не приносит заметных результатов в глобальном масштабе.

В сентябре 2001 г. состоялась Международная встреча экологов в Алжире на уровне министров экологии и экспертов, представителей более 60 стран. Участники форума отмечали, что бедные фактически не принимают участие в переговорах и выработке практических решений по окружающей среде. Они были единодушны, что в деле защиты окружающей среды настала пора заключить совместный специальный и долговременный Пакт между бедными и богатыми странами.

На Международной Конференции на острове Бали (Индонезия, 2001г.) впервые на форуме столь высокого уровня был поставлен вопрос о глобализации. По данным экспертов, 20% населения Земли распоряжаются 83% мирового дохода. При этом отметим, что на долю развитых стран приходится 70-80% эксплуатируемых ресурсов, сосредоточенных главным образом на территориях стран с низким уровнем дохода.

Усилия, направленные на улучшение ситуации, должны возглавить правительства, а лидерство здесь принадлежит богатым странам, которые располагают средствами и технологией, а также несут непропорционально большую ответственность за глобальные экологические проблемы. В качестве партнеров должны выступить группы гражданского общества. Кроме этого, без поддержки частного сектора устойчивое развитие окажется недостижимой мечтой.

В документах, принятых Международной Конференцией ООН по охране окружающей среды и развитию – «Саммит Земли» в Йоханнесбурге в 2002 г., был предложен план решения таких проблем как искоренение нищеты, изменение неустойчивых моделей потребления и производства, охрана и рациональное использование природных ресурсов, устойчивое развитие в условиях глобализации и др. Также были определены пять приоритетных сфер, на которые мировое сообщество должно сосредоточить все внимание в ближайшие годы: вода, энергетика, здравоохранение, сельское хозяйство и биоразнообразие. Пять сфер, где прогресс возможен благодаря ресурсам и технологиям, которыми уже располагает мировое сообщество.

Делегаты саммита сделали анализ того, что сделано за десятилетие после первого «Саммита Земли», проходившего в Рио-де-Жанейро, как реализуется принятая на нем доктрина устойчивого развития. Его основной вывод: катастрофическое изменение климата – наглядный пример неумения человеческого общества распоряжаться естественными ресурсами Земли.

Участники саммита отмечали, что нынешняя модель развития, которая дала так много наиболее развитым государствам, то есть примерно 20% населения мира, взыскала огромную плату с нашей планеты и ее ресурсов. Такая модель не может быть устойчивой даже для тех, кто уже получил от нее выгоду. И самое худшее состоит в том, что уже в начале XXI века люди будут все чаще сталкиваться с экстремальными погодными явлениями и должны быть готовы к любому сценарию.

Глава 4. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ И ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

4.1 ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Современная научно-техническая революция значительно усложняет взаимоотношения между обществом, производством и природой. Современные масштабы производственной деятельности, объемы которой удваиваются каждые 15 лет, обуславливают изменение качества природной среды и ее ресурсов. Многие результаты производственной деятельности имеют отрицательное воздействие на природную среду: загрязнение воздушного и водного бассейнов, почвы, тепловое загрязнение, повышенный уровень шума, ионизирующего излучения и многое другое. Подход к решению данной проблемы состоит в том, чтобы определить пределы устойчивости биосферы, равновесия природных систем, выявить основные аспекты влияния хозяйственной деятельности человека на естественные процессы в биосфере и предотвратить их негативное влияние.

В результате хозяйственной деятельности человека формируются своеобразные нообиогеоценозы. К ним относятся технобиогеоценозы, создаваемые в процессе развития промышленных предприятий; агроценозы, создаваемые в результате сельскохозяйственной деятельности; урбабиогеоценозы — образуются в результате строительства городов, поселков, транспортных коммуникаций.

Нообиогеоценоз в отличие от биогеоценоза, включает дополнительное, равноправное сообщество, называемое нооценозом. *Нооценоз* — это совокупность сообществ людей, средств труда и продуктов труда.

Для удовлетворения своих материальных потребностей и обеспечения жизнедеятельности общество должно создать средства существования. Эту роль выполняют средства труда, посредством которых общество взаимодействует с природой. Результатом этого взаимодействия являются продукты труда. Поскольку основным процессом, определяющим взаимодействия общества и природы, в техногенных системах является процесс труда, наибольшее внимание при изучении взаимоотношений в системе «общество — природа» должно уделяться технологическим процессам и тем изменениям, которые они вызывают в природной среде.

При появлении в структуре экологической системы объектов промышленного производства, оказывающих влияние на ее функционирование, возникает новая искусственная экологическая система, называемая *природно-промышленной системой*.

Создание природно-промышленных систем или техногенных систем должно основываться на экологических знаниях. Если основой нообиогеоценоза служит биогеоценоз, то элементы нооценоза должны подбираться таким образом, чтобы они вписывались в те круговороты

веществ и энергий, которые существуют в данном регионе в природе и не привели к гибели биогеоценозов и деградации окружающей среды. В природно-промышленной системе природная среда функционирует в совокупности с производственными объектами и образует совершенно новые комплексы, не существовавшие ранее в природе. В связи с этим структуру экологической системы объектов промышленного производства, включающую в себя новую, созданную человеком, искусственную экологическую систему в целом, называют природно-промышленной системой.

Главным компонентом техногенной системы, определяющим направление деятельности и характер ее воздействия на окружающую среду, является ее промышленное звено. В структурной схеме промышленного звена выделяются объекты основного производства, предприятия вспомогательного производства, объекты энергетики, организации по строительству и реконструкции действующих промышленных предприятий.

Продукцией промышленного звена считается вся продукция, которая отправляется за пределы природно-промышленного комплекса, а также предназначенная для удовлетворения собственных нужд и поддержания заданной продуктивности системы. К продуктам промышленного звена относятся и отходы производства: газообразные, жидкие, пылевидные промышленные выбросы, тепловые потоки и шум, загрязняющие окружающую среду.

Вспомогательные производства включают организации, деятельность которых связана с обслуживанием основного производства. В него входят ремонтно-механическая база, промышленный транспорт, склады готовой продукции, сырья и оборудования, а также предприятия, обеспечивающие строительство новых и реконструкцию действующих основных предприятий, энергетических объектов, транспортных магистралей.

Коммунально-бытовое звено обеспечивает жизнедеятельность людей, занятых в промышленности и на предприятиях по производству сельскохозяйственной и другой продукции природно-промышленного комплекса. Основными объектами этого звена являются: селитебная зона, предприятия питания, торговли, медицинские учреждения, общественный транспорт, культурные и учебные заведения, рекреационные объекты (парки, стадионы, пляжи и т. д.). Продукцией коммунально-бытового звена считаются продукты, потребляемые населением, а также отходы и выбросы коммунально-бытовых предприятий.

Основная особенность экологической системы, в составе которой функционирует природно-промышленный комплекс, состоит в том, что практически все компоненты этой системы находятся под постоянным воздействием промышленных предприятий и испытывают на себе их влияние. Сельскохозяйственные, лесные и другие угодья, расположенные на территории техногенной системы, как правило, снижают свою продукцию, а иногда полностью деградируют. В этой связи наиболее рациональным является выделение под промышленные комплексы неплодородных земель.

На территории природно-промышленных комплексов страдает и качество сельскохозяйственной продукции. Это происходит потому, что определенная часть промышленных выбросов может вовлекаться в естественный круговорот веществ природных сообществ и попадать в организм человека, который является звеном в экологической цепи. Поэтому сельскохозяйственные угодья, расположенные на территории промышленных комплексов, должны оцениваться не только по продуктивности, но и по качеству получаемой продукции.

В экологическом аспекте особо важно определить пути распространения выбросов и отходов производства в экологической системе, выявить их долю в общем круговороте веществ, оценить качественные и количественные изменения, происходящие в природных объектах, провести экспертную оценку воздействия различных технологий на окружающую среду и выбрать наиболее целесообразные с этих точек зрения.

Особая роль в решении этих задач принадлежит инженерной экологии, которая определяет интенсивность взаимодействия техногенной системы с окружающей средой, степень его рациональности и комплексности. Инженерная экология, используя специальные методики, представляет сложную научно-техническую информацию о состоянии природно-промышленной системы, ее границах, степени влияния собственно на природную среду, перспективах ее развития.

4.2 РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Рациональное природопользование и охрана природы должны основываться на следующих принципах (правилах):

1. Правило прогнозирования: использование и охрана природных ресурсов должны осуществляться на основе научно обоснованного прогнозирования потребности в ресурсах 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 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, с соблюдением баланса в развитии разных отраслей народного хозяйства.
5. Правило региональное: 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; следует стимулировать первое и не допускать второго.
7. Правило единства использования и охраны природы: охрана природы должна осуществляться в процессе ее использования. Охрана природы не должна быть самоцелью, но и не должна осуществляться по «остаточному» принципу.
8. Правило приоритета охраны природы над ее использованием: при использовании природных ресурсов должен соблюдаться приоритет экологической безопасности над экономической выгодностью.

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.

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 – это 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.

Существует несколько подходов к классификации природных ресурсов.

1. По источникам и местоположению: энергетические ресурсы, атмосферные газовые ресурсы, водные ресурсы, ресурсы литосферы, ресурсы растений-продуцентов, ресурсы консументов, ресурсы редуцентов, климатические ресурсы и др.
2. По сфере их использования: производственные (сельскохозяйственные и промышленные), правоохранные (или рекреационные), эстетические, научные и др.
3. 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.).
4. По принципу заменимости: заменимые природные ресурсы можно заменить другими сейчас или в обозримом будущем (все полезные ископаемые, энергоресурсы); незаменимые природные ресурсы нельзя заменить другими природными ресурсами (атмосферный воздух, вода, генетический фонд живых организмов).
5. По принципу исчерпаемости и возобновимости: исчерпаемые природные ресурсы – ресурсы, количество которых ограничено и абсолютно, и относительно. Исчерпаемые ресурсы подразделяют 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 в любом режиме неминуемо ведет к их истощению. Охрана невозобновимых природных ресурсов сводится к рациональному, экономному использованию, борьбе с потерями при добытии, 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, пресные воды), 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).

Решая проблему рационального использования природных ресурсов, общество сохраняет природные ресурсы от истощения и снижает загрязнение природной среды.

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

4.3 УПРАВЛЕНИЕ ОХРАНОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ

Функции экологического управления в Российской Федерации осуществляются: Федеральным Собранием, Президентом и Правительством Российской Федерации, органами законодательной и исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, а также специально уполномоченными органами Российской Федерации и республик в составе РФ в области охраны окружающей природной среды и санитарно-эпидемиологического надзора.

Специально уполномоченные органы охраны окружающей среды подразделяются на:

- комплексные – отвечающие за разработку и реализацию единой государственной политики в области охраны окружающей среды и природопользования (Министерство природных ресурсов и экологии, комитеты и министерства в составе правительств субъектов);
- отраслевые – исполняющие функции в отношении отдельных природных ресурсов (например, Федеральное агентство по недропользованию);
- функциональные – осуществляющие деятельность по контролю, направленному на соблюдение требований в отношении отдельных аспектов состояния окружающей среды (например, Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды).

Следует отметить, что, при внимательном изучении полномочий органов

исполнительной власти Российской Федерации, достаточно трудно найти среди них такие, которые совершенно не имели бы тех или иных экологических функций.

Под экологической функцией правоохранительных органов Российской Федерации (Конституционный суд, Верховный суд и суды общей юрисдикции, арбитражные суды, прокуратура, подразделения Министерства внутренних дел, Федеральная служба безопасности) понимается их деятельность по применению природоохранительного законодательства, выявлению причин экологических правонарушений и разработка мер по их предупреждению и пресечению. В действующих Уголовном кодексе и Кодексе об административных правонарушениях имеются отдельные главы, посвященные соответственно экологическим преступлениям и правонарушениям.

Нормативно-правовые документы, регулирующие отношения в сфере взаимодействия общества и природы, относят к экологическому праву. Центральным элементом системы экологического права России является Федеральный закон «Об охране окружающей среды» (ныне действующая редакция - №7-ФЗ от 10 января 2002 г.). Экологическое право тесно связано с другими отраслями – законодательством о благополучии населения, градостроительным законодательством, системой технического регулирования, земельным и водным правом, а также с системами гражданского, налогового, бюджетного, административного, уголовного, процессуального и другими отраслями права России. Кроме значительного числа законодательных актов федерального уровня и субъектов Федерации, существуют еще многочисленные акты исполнительных властей всех уровней, определяющие конкретные механизмы реализации положений законов. Большое значение имеют также стандарты и иные нормативно-технические документы, определяющие конкретные требования в различных областях – например, устанавливающие нормативы качества окружающей среды.

Особое место в системе экологического права занимают вопросы, связанные с информацией. Согласно положениям действующего законодательства, информация о состоянии окружающей среды не может быть признана закрытой или секретной, и любой гражданин Российской Федерации имеет право запросить такую информацию у соответствующих государственных органов и получить ее в установленном порядке и в сроки, определенные законодательством. Сведения о планируемой деятельности, которая может иметь негативные экологические последствия, также должны быть доступны для общественности, за исключением данных, составляющих государственную или коммерческую тайну, а граждане имеют право участвовать в обсуждении и принятии решений по осуществлению экологически значимых проектов (строительство, сооружение, реконструкция различных объектов и т.п.).

4.4 ПЛАТА ЗА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В соответствии с Порядком определения платы за загрязнение окружающей среды, размещение отходов, другие виды вредной деятельности, введенным постановлением Правительства РФ, с августа 1992 года установлено два вида базовых нормативов платы:

а) за выбросы, сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов, другие виды вредного воздействия в пределах допустимых нормативов;

б) за выбросы, сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов, другие виды вредного воздействия в пределах установленных лимитов (временно согласованных нормативов).

Плата за сверхлимитное загрязнение окружающей природной среды определяется путем умножения соответствующих ставок платы за загрязнение в пределах установленных лимитов на величину превышения фактической массы выбросов, сбросов загрязняющих веществ, объемов размещения отходов, уровней вредного воздействия над установленными лимитами, суммирования полученных произведений по видам загрязнения и умножение этих сумм на пятикратный повышающий коэффициент.

В случае отсутствия у природопользователя оформленного в установленном порядке разрешения на выброс, сброс загрязняющих веществ, размещение отходов вся масса загрязняющих веществ учитывается как сверхлимитная.

Платежи за предельно допустимые выбросы, сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов, уровни вредного воздействия осуществляются за счет себестоимости продукции (работ, услуг), а платежи за превышение их — за счет прибыли, остающейся в распоряжении природопользователя.

Дифференцированные ставки платы за загрязнение определяются умножением базовых нормативов платы на коэффициенты, учитывающие экологические факторы по территориям и бассейнам рек. Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния, атмосферного воздуха и почвы рассчитаны по данным оценки лаборатории мониторинга природной среды и климата Госкомгидростата РФ и Академии наук. В их основу положен показатель степени загрязнения и деградации природной среды на территории экономических районов РФ в результате присущих этим районам выбросов в атмосферу и образующихся и размещаемых на их территории отходов. Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния водных объектов рассчитаны на основании данных о количестве сброшенных загрязненных сточных вод и категории водного объекта.

Плата за нормативные и сверхнормативные (лимитные и сверхлимитные) выбросы от стационарных и передвижных источников, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, другие виды загрязнений и размещение отходов перечисляются плательщиками на счета экологических фондов и в доход Республиканского

бюджета РФ в бесспорном порядке, предусмотренном Законом РСФСР «Об охране окружающей природной среды».

За экологические правонарушения налагаются штрафы органами в области охраны природы, Санэпиднадзора и другими специально уполномоченными государственными органами. Расчет сумм по возмещению вреда производится в соответствии с утвержденными в установленном порядке таксами и методиками исчисления размера ущерба, а при их отсутствии — по фактическим затратам на восстановление нарушенного состояния природного объекта с учетом понесенных убытков, в том числе упущенной выгоды.

Поступающие средства аккумулируются на счетах экологических фондов и распределяются в следующем порядке:

- 60% средств направляется на реализацию природоохранных мероприятий городского, районного значения с зачислением соответствующих сумм на счета городских, районных экологических фондов;
- 30% средств остается в распоряжении областного и краевых экологических фондов для финансирования мероприятий соответствующего значения;
- 10% средств перечисляется в Федеральный экологический фонд РФ на реализацию природоохранных мероприятий федерального значения.

4.5 ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО

Законодательство в области экологической безопасности представляет сложную систему, включающую все нормативно-правовые акты и нормы законодательства страны, предметом регулирования которых являются общественные отношения по сохранению, восстановлению и улучшению объектов окружающей среды непосредственно или в прямом опосредованном реальном проявлении к ним.

Конституция РФ от 12.12.1993 года в ст. 42 впервые закрепляет право граждан на благоприятную природную среду. Кроме того, в ст. 58 содержится положение об обязанности каждого гражданина «сохранять окружающую природную среду, бережно относиться к ее природным богатствам».

Обеспечение *экологической безопасности* на территории России, формирование и укрепление экологического правопорядка основаны на действии с марта 1992 г. Федерального закона «Об охране окружающей природной среды» в комплексе с мерами организационного, правового, экономического и социального воздействия. Закон содержит свод правил охраны окружающей природной среды в новых условиях хозяйственного развития и регулирует природоохранные отношения в сфере всей природной среды, не выделяя ее отдельные объекты, охране которых посвящено специальное законодательство.

Задачами *природоохранного законодательства* являются: охрана природной среды (а через нее и здоровья человека); предупреждение вредного воздействия хозяйственной или иной деятельности; оздоровление окружающей природной среды, улучшение ее качества.

Эти задачи реализуют через три группы норм: нормативы качества окружающей среды; экологические требования к хозяйственной и иной деятельности, влияющей на окружающую среду; механизм исполнения этих требований.

К *нормативным качествам окружающей природной среды* относятся предельно допустимые нормы воздействия (химического, физического, биологического): ПДК вредных веществ, ПДВ, ПДС, нормы радиационного воздействия, нормы остаточных химических веществ в продуктах питания и др. Нормативы утверждаются специально уполномоченными органами государства (в частности, Минздравом России) и обязательны для всех хозяйствующих субъектов.

Экологические требования предъявляются всем хозяйствующим субъектам независимо от форм собственности, подчиненности, гражданам РФ. Органы охраны окружающей среды и Санэпиднадзора имеют право экологического контроля и наложения запрета деятельности на всех стадиях — проектирования, размещения, строительства, ввода в эксплуатацию, эксплуатации объектов. Закон гарантирует право граждан на здоровую и благоприятную природную среду, закрепляет полномочия граждан и общественных экологических объединений в охране окружающей природной среды: требовать предоставления экологической информации, назначения экологической экспертизы, обращаться в административные и судебные органы с заявлением о приостановлении или прекращении деятельности экологически вредных объектов, обращаться с исками о возмещении вреда, причиненного здоровью и имуществу. Основные положения производственного экологического контроля были введены Постановлением Правительства СССР в 1968 года «О мерах по дальнейшему улучшению здравоохранения и развитию медицинской науки в стране». Постановление предусматривало организацию лабораторий для постоянного контроля за соблюдением санитарно-гигиенических нормативов в цехах, а также за загрязнением атмосферного воздуха, почвы и водоемов промышленными выбросами. В соответствии с Федеральным законом «О предприятиях и предпринимательской деятельности» 1990 года предприятия получили самостоятельность в определении структуры и финансирования своих подразделений. Однако обязанностью всех предприятий и предпринимателей является проведение экологического контроля производства и недопущение загрязнения окружающей среды; выпуск продукции, не приносящей вреда здоровью человека.

Федеральный закон «Об охране окружающей природной среды» дополняется законодательными актами, конкретизирующими его положения. В 1992 году принят «Порядок разработки и утверждения экологических нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую

природную среду, лимитов использования природных ресурсов, размещения отходов». В 1994 году — указ «О государственной стратегии РФ по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития».

23 ноября 1995 года вступил в действие Федеральный закон «Об экологической экспертизе», а 26 февраля 1996 года Правительство РФ Постановлением № 168 утвердило «Положение о лицензировании отдельных видов деятельности в области охраны окружающей среды».

Регулирование отдельных аспектов экологической безопасности производится на основе новейшего средоохранительного и природноресурсового законодательства: Лесного кодекса РФ, Водного кодекса РФ, ФЗ «О животном мире», ФЗ «О недрах», ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях».

4.6 МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Важнейшим вопросом стратегии регулирования качества окружающей природной среды (ОПС) является вопрос создания системы, способной определять наиболее критические источники и факторы антропогенного воздействия на здоровье населения и окружающую природную среду, выделять наиболее уязвимые элементы и звенья биосферы, подверженные такому воздействию.

Такой системой признана *система мониторинга антропогенных изменений состояния окружающей природной среды*, способная представить необходимую информацию для принятия решений соответствующими службами, ведомствами, организациями.

Осознание во многих странах неэффективности усилий по финансированию сбора и переработки информации о состоянии окружающей среды потребовало новых подходов и координации действий как на национальном, так и на международном, глобальном уровнях.

Первым шагом в этом направлении стала конференция ООН по охране окружающей среды в Стокгольме в 1972 году. Одним из важных решений Стокгольмской конференции была рекомендация по созданию глобальной системы мониторинга окружающей среды (YEMS).

В 1974 году в Найроби была образована межправительственная комиссия по системе глобального мониторинга, разработана первая схема организации мониторинга антропогенных загрязнителей. Тогда же был уточнен список наиболее опасных загрязнителей для учета их при организации мониторинга. Загрязнители оценивались по различным критериям, в том числе по воздействию на здоровье человека; влиянию на климат или экосистемы; склонности к разрушению природной среды; способности накапливаться в пищевых цепях; возможности химической трансформации во вторичные токсические или мутагенные вещества и другим.

В настоящее время в России создана и функционирует Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ), общее руководство которой осуществляет Госкомэкологии России. В связи с этим был принят государственный стандарт определения понятия «*мониторинг окружающей природной среды*» — это система мероприятий наблюдения и контроля, проводимых регулярно по определенной программе для оценки состояния окружающей среды, анализа происходящих в ней процессов и своевременного выявления тенденций ее изменения» (ГОСТ Р 22.1.02-95).

Объектом экологического мониторинга является окружающая среда. *Окружающую среду* следует рассматривать как совокупность факторов и элементов, способных оказывать прямое влияние на живые организмы на любой из стадий индивидуального развития.

В настоящее время с развитием антропосферы необходимо учитывать прямую и обратную связь между деятельностью человека и состоянием окружающей среды, что позволяет сделать мониторинг.

Таким образом, задачи и цели мониторинга окружающей природной среды следующие:

- наблюдение за состоянием окружающей среды;
- выявление факторов и источников антропогенного воздействия на окружающую среду;
- определение степени антропогенного воздействия на окружающую среду;
- оценка и прогнозирование состояния окружающей среды.

Для конкретизации действий и удобства рассмотрения общий мониторинг подразделяют на следующие блоки: биоэкологический, геоэкологический, биосферный.

В каждый из этих блоков могут быть включены определенные виды мониторинга в зависимости от конкретных объектов наблюдения. В свою очередь, структура отдельного вида мониторинга может состоять из отдельных подсистем или подпрограмм и других видов мониторинга.

В настоящее время наибольшую актуальность приобретает мониторинг антропогенных изменений, так как именно техногенное и хозяйственное воздействие человека на окружающую среду приносит опасные изменения в экологические системы, ландшафты, природные комплексы. Основой для этого служит фоновый мониторинг в неизменных или мало измененных природных комплексах. Исключительно важное значение имеют результаты фонового мониторинга в процессе *биосферного мониторинга*, предназначенного для определения глобально-фоновых изменений в окружающей природной среде под усиливающимся антропогенным воздействием. Неотъемлемой частью биосферного мониторинга являются биосферные заповедники (заказники), позволяющие поддерживать стратегию биоразнообразия. Земли природоохранного и природно-заповедного значения приведены на рисунках 19 и 20. ЕГСЭМ координирует деятельность всех заинтересованных ведомств в области

наблюдений за состоянием окружающей среды. При этом осуществляются: мониторинг источников антропогенного воздействия на окружающую природную среду; мониторинг животного и растительного мира; мониторинг наземной фауны и флоры; мониторинг водной среды водохозяйственных систем в местах водозабора и сброса сточных вод.



Рисунок 19 – Земли природоохранного значения

Мониторинг лесов осуществляет Федеральная служба лесного хозяйства России, а наблюдение за состоянием земельного фонда — Госкомитет РФ по земельной политике России.

В структуре ЕГСЭМ исключительно важное место принадлежит *гидрометеорологическому мониторингу*, осуществление которого возложено на гидрометеорологическую службу (Росгидромет).

В функции последней входит наблюдение, оценка и прогнозирование состояния атмосферы, почв, поверхностных вод, суши, морской среды, сельскохозяйственных культур и пастбищной растительности, околоземного космического пространства, трансграничного переноса загрязняющих веществ.

Кроме того, Росгидромет в пределах своих полномочий контролирует соблюдение требований по всем видам работ в области гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды, выполняемых предприятиями, учреждениями и организациями независимо от их организационно-правовых форм; координирует деятельность федеральных органов исполнительной власти по уменьшению негативного влияния хозяйственной деятельности на климат и предотвращение отрицательных последствий изменения климата для экономики и природной среды.



Рисунок 20 – Земли природно-заповедного значения

В России с 1994 года функционирует система *социально-гигиенического мониторинга*. Эта система предусматривает: получение и обработку информации государственных и отраслевых систем наблюдения, оценку и прогнозирование изменения состояния здоровья населения, окружающей природной, производственной и социальной среды, социально-экономического развития, а также данных государственной статистики; выявление причинно-следственных связей между состоянием здоровья и средой обитания человека, создание информационно-аналитических сетей и баз данных и др.

Сложность организации мониторинга зависит от его уровня. Мониторинг окружающей среды может охватывать локальные территории (район, область) — локальный уровень, отдельные регионы (округа) — региональный уровень, а земной шар в целом — глобальный уровень. При этом с учетом уровня мониторинга должна быть создана достаточная сеть станций, пунктов, постов наблюдения, оснащенных самым современным оборудованием, использующих новейшие технологии.

В России наряду с бюджетным финансированием различных служб и ведомств, осуществляющих мониторинг окружающей среды, функционирует Федеральный экологический фонд Российской Федерации (ФЭФРФ).

4.7. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

Основная задача экологического контроля – обеспечение соблюдения экологического законодательства, его норм (нормативов) и правил, а также выполнения планов и мероприятий по охране окружающей природной среды

всеми предприятиями, учреждениями, организациями и иными органами, независимо от форм собственности и подчиненности, должностными лицами и гражданами.

По своим формам экологический контроль можно подразделить на информационный, предупредительный и карательный.

Информационная форма контроля выражается преимущественно в сборе и анализе соответствующей экологической информации, необходимой для принятия государственными органами решений в области природопользования и охраны окружающей среды.

Предупредительная форма контроля направлена на предотвращение экологических правонарушений.

Карательная форма контроля заключается в применении мер государственного принуждения, как к физическим, так и к юридическим лицам, нарушающим экологическое законодательство.

В законе «Об охране окружающей среды» указывается, что система экологического контроля включает государственный, производственный и общественный контроль.

В пределах предоставленной им компетенции функции государственного экологического контроля осуществляют органы представительной и исполнительной власти всех уровней, а также специально уполномоченные органы Российской Федерации в области охраны окружающей среды.

Должностные лица и специалисты комитетов по охране окружающей среды имеют право беспрепятственно посещать объединения, предприятия, организации и другие органы, требовать предоставления информации, касающейся природной деятельности, знакомиться с документами, отражающими природоохранную деятельность. В их компетенцию входят также и другие меры, например, запреты на строительство, реконструкцию или расширение объектов промышленного или иного значения, когда нарушаются нормы и правила охраны окружающей природной среды. Аннуляция лицензии (разрешения) на пользование отдельными видами природных ресурсов при нарушении условий, установленных в них, привлечение лиц, нарушивших природоохранное законодательство, к административной ответственности.

Схожими полномочиями обладают должностные лица и специалисты других уполномоченных органов в области охраны окружающей природной среды с учетом профиля их деятельности. Так, государственные санитарные врачи имеют право приостанавливать или запрещать эксплуатацию действующих производственных объектов промышленности, транспорта, сельского хозяйства до проведения необходимых санитарных и противоэпидемических мероприятий.

Ветеринарные врачи вправе приостанавливать или запрещать до проведения необходимых мероприятий и устранения имеющихся нарушений производство, хранение, перевозку и реализацию продуктов животноводства.

Силовые министерства и ведомства имеют собственные структурные

экологические подразделения (управления, отделы, инспекции), осуществляющие экологический контроль на подведомственных им объектах, в учреждениях и организациях.

На предприятиях, в учреждениях и организациях осуществляется производственный экологический контроль. При этом приказом руководителя назначается лицо, непосредственно отвечающее за вопросы охраны окружающей среды (заместитель директора, главный инженер, главный технолог или другое должностное лицо). На предприятиях создаются специальные природоохранные подразделения, службы, лаборатории, санитарные инспекции и др.

Деятельность соответствующих подразделений на предприятиях регламентируется внутренним инструктивным документом – Положением. Специалисты данных подразделений на предприятии осуществляют контроль за содержанием в воздухе вредных веществ, за уровнем шума, вибрации, электромагнитных полей, освещенности, метеорологических условий и других производственных факторов. Природоохранные подразделения предприятий взаимодействуют с ведомственными поликлиниками и медпунктами, отделами технического контроля, отделами охраны труда и промышленной безопасности, периодически обмениваясь с ними соответствующей информацией.

На природоохранные отделы предприятий возлагается организация на предприятии работы по обеспечению охраны окружающей среды от загрязнений выбросами и сбросами вредных веществ и промышленных отходов. На них также может возлагаться контроль за внедрением новых технологических процессов, улучшающих экологическую обстановку.

Общественный экологический контроль в соответствии с законом «Об охране окружающей среды» осуществляется общественными экологическими объединениями и гражданами. Его главной задачей является проверка исполнения требований экологического законодательства министерствами, ведомствами, предприятиями, учреждениями, организациями, независимо от форм собственности и подчиненности, должностными лицами и гражданами.

4.8 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА

Экологическая экспертиза — обязательная мера охраны окружающей природной среды, которая проводится с целью проверки соответствия намечаемой хозяйственной и иной деятельности требованиям экологического законодательства и интересам безопасности общества и окружающей среды. Основные механизмы ее осуществления изложены в Федеральном законе «Об экологической экспертизе» (от 19.06.1995).

В общем виде задачи экологической экспертизы можно сформулировать как организацию и проведение исследований, анализа и оценки экологической безопасности объектов экспертизы; установление соответствия предлагаемых решений экологическим нормам и стандартам;

прогнозирование последствий хозяйственной деятельности для окружающей среды и здоровья населения, а также обеспечение государственного экологического контроля и информирования общественности об исполнении принимаемых проектных решений.

Принципы экологической экспертизы, закрепленные в законодательстве:

- научная обоснованность;
- независимость или вневедомственность в организации и проведении экспертизы;
- гласность проведения и участие общественности;
- презумпция потенциальной экологической опасности и приоритет экологической безопасности;
- комплексность оценки, достоверность и полнота информации;
- платность экологической экспертизы;
- ответственность за нарушение требований законодательства об экологической экспертизе.

Порядок организации и проведения экологической экспертизы составляет основу эколого-экспертного процесса и включает пять стадий: назначение экспертизы и ее организацию; сбор, обобщение, анализ и оценку поступившей информации; формирование предварительного заключения и ознакомление с ним общественности; представление окончательного заключения экспертной комиссии и утверждение его руководителем компетентного органа; разрешение споров и при необходимости проведение повторной (дополнительной) экологической экспертизы.

В законе определены два вида экологической экспертизы – государственная и общественная. Субъектами экологической экспертизы выступают две стороны: заказчик (инициатор) и исполнитель (подрядчик). Заказчиком экспертизы может являться орган государственной власти или другая структура, наделенная соответствующим правом назначать государственную или регистрировать общественную экологическую экспертизу. Исполнителем обычно является экспертная комиссия, сформированная компетентным органом и утвержденная им, либо комиссия зарегистрированной общественной экологической экспертизы. «Потребителем» результатов экологической экспертизы в данной системе общественных отношений является население, предприятие, организация или инвестор, объекты или документы, которые стали предметом экспертного анализа. При расширении круга эколого-экспертных отношений, число субъектов экспертизы может изменяться.

Объектами экологической экспертизы являются все предплановые, предпроектные и проектные материалы по объектам и мероприятиям, намечаемым к реализации на территории РФ независимо от их сметной стоимости и принадлежности, а также экологические обоснования лицензий и сертификатов.

Согласно положениям «Закона об охране окружающей среды», до

завершения экологической экспертизы проекта и получения положительного заключения экспертной комиссии, инициатор проекта не имеет права приступать к его практической реализации. Несоблюдение этого требования рассматривается в Российской Федерации как административное правонарушение.

Экологическая экспертиза является основной формой практической реализации «превентивного принципа», общепризнанного в качестве одного из ключевых принципов устойчивого развития. Проведение всесторонней объективной оценки планируемой деятельности до начала ее непосредственной реализации позволяет скорректировать недостаточно проработанные проекты, и не допустить к реализации опасные для окружающей среды инициативы.

4.9 МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПРИРОДООХРАННЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ

Вопросами охраны окружающей среды занимаются все известные виды международных организаций: специализированные учреждения и органы ООН, межправительственные организации, международные неправительственные организации универсального типа, региональные и субрегиональные органы.

Комплексное рассмотрение экологических вопросов весьма интенсивно осуществляется по программам ООН. Главной из них является Программа по окружающей среде – UNEP (United Nations Environment Programme), ставящая своей целью активизацию научных исследований по природной среде и практических работ в этой области. Организация была создана на основании резолюции Генеральной Ассамблеи ООН от 15 декабря 1972 г. в соответствии с рекомендациями Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде. В составе UNEP выделяются: Совет Управляющих, куда входят представители государств, Совет по координации охраны окружающей среды и Фонд окружающей среды. В основе действий UNEP лежит концепция «экоразвития», согласно которой экономическое и социальное развитие как необходимое и неизбежное возможно совместить с сохранением природной среды и в соответствии с законами экологии.

Основные направления деятельности UNEP определяются на Совете Управляющих. В качестве первоочередных задач на ближайшую перспективу им определен ряд направлений: населенные пункты, здоровье человека, санитария окружающей среды; охрана земель, вод, предотвращение опустынивания; океаны; охрана природы, диких животных, генетических ресурсов; энергия; образование, профессиональная подготовка; торговля, экономика; технологии.

По вопросам окружающей среды с UNEP тесно сотрудничает другое подразделение ООН – UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation) – Организация Объединенных наций по образованию науке и культуре, созданная в 1948 г. Природоохранительную деятельность она ведет по нескольким направлениям, осуществляя руководство

экологическими программами, в которых занято более 100 государств. Среди программ UNESCO – долгосрочная межправительственная и междисциплинарная программа «Человек и биосфера» (МАЕ); международная программа по образованию в области окружающей среды; международная гидрологическая программа; учет и организация охраны природных объектов, отнесенных к всемирному наследию; оказание помощи развивающимся и другим странам в развитии экологического образования и подготовке специалистов-экологов.

В инициативах UNEP принимает участие и МСОП – Международный союз охраны природы и природных ресурсов, учрежденный в 1948 году. Эта неправительственная международная организация представляет свыше 100 стран, неправительственных организаций и международных правительственных организаций – всего свыше 500 членов. От России членами МСОП являются Министерство сельского хозяйства и продовольствия, Всероссийское общество охраны природы. Основная задача деятельности МСОП состоит в развитии международного сотрудничества государств, национальных и международных организаций, отдельных граждан: сохранение естественных экосистем, растительного и животного мира; сохранение редких и исчезающих видов растений и животных, памятников природы; организация заповедников, национальных природных парков; экологическое просвещение.

В целом ряде программ UNEP с нею сотрудничает Всемирная организация здравоохранения, созданная решением Генеральной Ассамблеи ООН в 1946 г. Она занимается вопросами охраны здоровья человека в аспекте взаимодействия его с окружающей средой, осуществляет санитарный мониторинг окружающей среды, обобщает данные о заболеваемости людей в связи с состоянием окружающей среды, проводит санитарно-гигиеническую экспертизу окружающей среды и дает оценку ее качества. В связи с этим ВОЗ изучает проблемы оздоровления городов; организации отдыха и санитарно-курортного лечения граждан; участвует в международных программах по улучшению санитарно-гигиенических условий жизни человека.

Международное агентство по атомной энергии МАГАТЭ (1957) также принимает участие в целом ряде проектов по природной среде. Для выполнения программы обеспечения ядерной безопасности и охраны окружающей среды от радиоактивного загрязнения МАГАТЭ разрабатывает правила строительства и эксплуатации атомных электростанций, проводит экспертизу проектируемых и действующих АЭС, дает оценку воздействия атомных материалов на окружающую среду, устанавливает нормы радиационной безопасности, проверяет их выполнение.

Сельскохозяйственная и продовольственная организация Объединенных Наций (FAO, Food and Agriculture Organisation), образованная в 1945 году в рамках своей компетенции сотрудничает с UNEP, UNESCO, МСОП, занимаясь экологическими проблемами в сельском хозяйстве, охраной и использованием земель, водных ресурсов, лесов. FAO подготовила

почвенную карту мира; благодаря инициативе ФАО принята Всемирная почвенная хартия, проведены международные конференции по народонаселению, продовольствию, по борьбе с опустыниванием земель, охране водных ресурсов.

Международная морская организация (ММО), созданная в 1948 году, взаимодействуя с UNEP и другими организациями, принимает участие в разработке международных конвенций по борьбе с загрязнением моря нефтью и другими вредными веществами. В состав ММО входит Комитет защиты морской среды.

Важные природоохранные функции возложены на Всемирную метеорологическую организацию ООН (WMO, World Meteorological Organisation), созданную в 1947 году. Ее задача: изучение и обобщение степени воздействия человека на погоду и климат планеты в целом и по отдельным регионам. Организация действует в рамках Глобальной системы мониторинга окружающей среды, работу которой координирует UNEP.

Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС) имеет пять действующих программ по мониторингу: состояния атмосферы; переноса загрязняющих веществ на большие расстояния; здоровья человека; Мирового океана; возобновляемых ресурсов суши.

Помимо названных ведущих международных организаций природоохранительного профиля в мировом сообществе функционируют многочисленные международные структуры, занимающиеся одной или несколькими специальными экологическими проблемами. Например, Международный регистр потенциально токсичных химических веществ создан как часть UNEP. Его задача – изучение и распространение информации о токсичных химических веществах и их воздействии на человека и окружающую среду. В базе данных организации содержится информация о более чем 600 токсичных химических веществах, распространенных во всем мире. Это число продолжает расти.

Среди региональных комиссий заслуживает внимания, прежде всего работа Европейской экономической комиссии (ЕЭК). В ее состав входит специальный орган по окружающей среде, состоящий из старших советников стран ЕЭК. Этот орган координирует экологическую деятельность комитетов ЕЭК, предварительно рассматривает вопросы охраны окружающей среды на своих заседаниях и разрабатывает рекомендации сессии ЕЭК. Приоритетными экологическими проблемами ЕЭК являются: внедрение малоотходных и безотходных технологий; оценка воздействия на окружающую среду; охрана экосистем; охрана животного мира суши; борьба с трансграничным загрязнением и др.

ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Экология как наука. Связь экологии с другими областями знания.
2. Окружающая среда. Компоненты окружающей среды.
3. Строение и состав атмосферы Земли.
4. Строение и состав гидросферы Земли.
5. Свойства воды. Качество природных вод.
6. Строение и состав литосферы Земли.
7. Теория формирования Земли как планетного тела. Образование веществ, составляющих биосферу.
8. Биогенные элементы. Природный круговорот кислорода и водорода.
9. Биогенные элементы. Природный круговорот углерода.
10. Биогенные элементы. Природный круговорот азота.
11. Биогенные элементы. Природный круговорот серы.
12. Биогенные элементы. Природный круговорот фосфора.
13. Экологический фактор. Абиотические экологические факторы.
14. Экологический фактор. Биотические экологические факторы.
15. Биосфера Земли – пространственные границы, состав, свойства. Закон незаменимости биосферы.
16. Закон лимитирующего фактора, его значение для экологической науки.
17. Закон толерантности, его значение для экологической науки.
18. Экологическая ниша организма.
19. Механизмы приспособления организма к изменениям окружающей среды.
20. Механизм мутаций, его значение для развития жизни.
21. Экосистема – основные элементы и их взаимосвязь.
22. Пищевая цепь.
23. Продуктивность экосистемы. Пирамиды биомассы, численности и энергии.
24. Популяция. Модель неограниченного роста численности популяции.
25. Популяция. Модель ограниченного роста численности популяции.
26. Популяция. Внутривидовая конкуренция.
27. Ареал обитания организма. Факторы, определяющие протяженность ареала.
28. Межвидовые взаимоотношения в экосистеме. Комменсализм.
29. Межвидовые взаимоотношения в экосистеме. Аменсализм.
30. Межвидовые взаимоотношения в экосистеме. Мутуализм.
31. Межвидовые взаимоотношения в экосистеме. Протокооперация.
32. Межвидовые взаимоотношения в экосистеме. Отношения хищник-жертва.
33. Межвидовые взаимоотношения в экосистеме. Отношения паразит-хозяин.
34. Межвидовые взаимоотношения в экосистеме. Межвидовая конкуренция.

35. Изменения в экосистемах. Климакс.
36. Изменения в экосистемах. Сукцессия в наземных экосистемах.
37. Изменения в экосистемах. Сукцессия в речных и озерных экосистемах.
38. Особенности формирования и изменений в изолированных островных экосистемах.
39. Видовая структура экосистем. Роль редких видов в жизни экосистем.
40. Современная теория эволюции.
41. Природопользование. Виды природопользования.
42. Классификация природных ресурсов.
43. Антропогенный ресурсный цикл.
44. Загрязнение окружающей среды. Классификация загрязнений.
45. Демографические проблемы современного мира. Их причины и пути решения.
46. Охрана окружающей среды. Виды природоохранной деятельности.
47. Пути сокращения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.
48. Пути сокращения сбросов загрязняющих веществ в водные объекты.
49. Пути сокращения количества образующихся твердых промышленных отходов.
50. Классификация твердых бытовых отходов.
51. Пути сокращения потребления ресурсов и энергии при производстве продукции и услуг.
52. Основные принципы охраны окружающей среды – по Федеральному Закону РФ «Об охране окружающей среды».
53. Нормирование качества окружающей среды. Норматив ПДК.
54. Нормирование воздействия на окружающую среду. Нормативы ПДВ и ПДС.
55. Основные принципы и статус государственной экологической экспертизы.
56. Конвенция о защите Балтийского моря – участники, основные принципы и методы решения экологических проблем региона.
57. Роль Организации Объединенных Наций в решении экологических проблем. Функции UNEP.
58. «Повестка на XXI век». Принципы обеспечения устойчивого развития.
59. Монреальский протокол – цели, механизм действия, достоинства и недостатки.
60. Киотский протокол – цели, механизм действия, достоинства и недостатки.

Минимальный объем ответа на каждый из вопросов контрольной работы – 6 рукописных листов или 4 печатных листа (Times New Roman, 14 шрифт, интервал 1,5). Обязательные требования – указание номеров вопросов по списку, вопросы писать полностью, ответы на вопросы разделять (каждый из ответов начинать с новой страницы), обязательно наличие списка использованной литературы (не менее 2 источников).

Таблица 8 — Распределение вопросов для выполнения контрольной работы

Последние две цифры номера зачетной книжки						Номера вопросов по списку		
00	20	40	60	80		1	22	53
01	21	41	61	81		2	35	50
02	22	42	62	82		3	24	49
03	23	43	63	83		4	25	47
04	24	44	64	84		6	27	48
05	25	45	65	85		5	21	43
06	26	46	66	86		7	30	42
07	27	47	67	87		8	36	52
08	28	48	68	88		9	37	54
09	29	49	69	89		10	39	55
10	30	50	70	90		11	23	58
11	31	51	71	91		12	38	59
12	32	52	72	92		13	26	46
13	33	53	73	93		14	40	51
14	34	54	74	94		15	28	45
15	35	55	75	95		16	33	56
16	36	56	76	96		17	34	57
17	37	57	77	97		18	32	60
18	38	58	78	98		19	31	44
19	39	59	79	99		20	29	41

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Панов, В. П. Экология: учебное пособие/ В. П. Панов, П. П. Власов. – СПб.: СПГУТД, 2005. – 264 с.
2. Хван, Т. А. Экология: краткий курс. За три дня до экзамена / Т. А. Хван, П. А. Хван. – Ростов-н/Д: Феникс, 2010. – 188 с.
3. Хабарова, Е. Н. Экология в таблицах: справочное пособие / Е. Н. Хабарова, С. А. Панова – 2-е изд. – М.: Дрофа, 2001. – 128 с.
4. Денисов, В. В. Экология / В. В. Денисов, В.В. Гутенев, И. А. Луганская и др. – М.: Вузовская книга, 2007. – 728 с.
5. Справочник инженера по охране окружающей среды / под ред. В. П. Перкуткина. – М.: Инфра-Инженерия, 2006. – 861 с.
6. Степановских, А.С. Прикладная экология: охрана окружающей среды: Учебник для вузов / А. С. Степановских. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 751 с.
7. Белозерский, Г. Н. Введение в глобальную экологию. Учебник / Г. Н. Белозерский. – СПб.: изд-во С.-Петербур. ун-та, 2001. – 464 с.
8. Колесников, С. И. Экология: экзаменационные ответы. Сер. «Сдаем экзамены» / С. И. Колесников. – Ростов н/Д: Феникс, 2003. – 384 с.
9. Колесников, С. И. Биология с основами экологии для студентов вузов. Сер. «Шпаргалки» / С. И. Колесников. – Ростов-н/Д: Феникс, 2004. – 224 с.
10. Шилов, И.А. Экология: учебник для биол. и мед. спец. вузов / И.А. Шилов. – М.: Высшая школа, 1998. – 512 с.
11. Миркин, Б.М. Основы общей экологии: учебное пособие / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова; под ред. Г.С. Розенберга. – М.: Университетская книга, 2004. – 240 с.
12. Мамин, Р. Г. Безопасность природопользования и экология здоровья: Учеб. Пособие для вузов / Р. Г. Мамин. – М: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 238 с.
13. Азимов, А. Взрывающиеся солнца. Тайны сверхновых / А. Азимов. – М.: Наука, 1991. – 240 с.
14. Ревелль, П. Среда нашего обитания: в 4-х кн. Кн. 1. Народонаселение и пищевые ресурсы; Кн. 2. Загрязнение воды и воздуха; Кн. 3. Энергетические проблемы человечества; Кн. 4. Здоровье и среда, в которой мы живем / П. Ревелль, Ч. Ревелль. – М.: Мир, 1995.
15. Соколова, Л.В. Введение в психологию взаимодействия с окружающей средой / Л.В. Соколова. – СПб.: Речь, 2008. – 384 с.
16. Человек и природа: экологическая история / под общ. ред. Д. Александрова, Ф.-Й. Брюггемайера, Ю. Лайус. – СПб.: Европейский университет в Санкт-Петербурге; Алетейя, 2008. – 349 с.
17. Романович, А. Л. Устойчивое будущее (глобализация, безопасность, ноосферогенез) / А.Л.Романович, А. Д. Урсул. – М.: Жизнь, 2006. – 512 с.
18. Медоуз, Д. Пределы роста. 30 лет спустя / Д. Медоуз, Й. Рандерс, Д. Медоуз. – М.: Академкнига, 2007. – 342 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Глава 1. Основные положения общей экологии.....	4
1.1. Этапы становления экологии.....	4
1.2. Предмет, задачи и методы экологии.....	8
1.3. Возникновение жизни на Земле.....	11
1.4. Свойства живого вещества.....	14
1.5. Основы факториальной экологии.....	20
1.5.1. Среда и экологические факторы.....	20
1.5.2. Абиотические факторы.....	22
1.5.3. Биотические факторы.....	25
1.5.4. Адаптация живых организмов.....	27
1.6. Популяция. Биоценоз. Экосистема.....	30
1.6.1. Динамика и модели роста популяций.....	32
1.6.2. Понятие о биоценозе.....	36
1.6.3. Функционирование экосистем.....	38
1.6.4. Потоки вещества и энергии в экосистемах.....	39
1.6.5. Развитие и устойчивость экосистем.....	42
1.7. Эволюционное учение.....	44
1.8. Биосфера.....	52
Глава 2. Геосферы Земли.....	62
2.1. Атмосфера – состав и структура.....	62
2.1.1. Естественное загрязнение воздуха.....	63
2.1.2. Антропогенное воздействие на атмосферу.....	65
2.2. Гидросфера.....	68
2.2.1. Качество и потребление воды.....	69
2.2.2. Эвтрофикация водоемов.....	73
2.3. Литосфера Земли. Почва.....	74
2.3.1. Твердые отходы. Утилизация.....	76

Глава 3. Экологическая безопасность и здоровье человека.....	81
3.1. Современный экологический кризис.....	81
3.2. Загрязнение окружающей среды.....	91
3.3. Нормирование качества окружающей среды.....	96
3.4. Перспективы развития. Постиндустриальное общество.....	101
Глава 4. Природопользование. Экономическое и правовое регулирование окружающей среды.....	109
4.1. Техногенные системы и окружающая среда.....	109
4.2. Рациональное природопользование.....	111
4.3. Управление охраной окружающей среды и природопользованием.....	114
4.4. Плата за загрязнение окружающей среды.....	116
4.5. Экологическое законодательство.....	117
4.6. Мониторинг окружающей природной среды.....	119
4.7. Экологический контроль.....	122
4.8. Экологическая экспертиза.....	124
4.9. Международные природоохранные организации.....	126
Вопросы для контрольной работы.....	129
Библиографический список.....	132

Учебное издание

Власов Павел Петрович
Орлова Марина Владимировна
Тарасенков Николай Викторович

Краткий курс экологии

Учебное пособие

Оригинал подготовлен авторами
и печатается в авторской редакции

Подписано в печать 30.09.2010 г. Формат 60х84¹/16.

Усл. п. л. 7,8. Тираж 150 экз. Заказ 132/10

<http://publish.sutd.ru>

Отпечатано в типографии СПГУТД
191028, С.-Петербург, ул. Моховая, 26