

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства»  
(ПГУАС)

В.А. Щепетова

# **ЭКОЛОГИЯ**

Курс лекций

Рекомендовано Редсоветом университета  
в качестве учебного пособия для студентов,  
обучающихся по направлению подготовки 20.03.01  
«Техносферная безопасность»

Пенза 2016

УДК 502(075)  
ББК 20.1я73  
Щ56

Рецензент – И.Н. Симонова (ПГУАС)

**Щепетова В.А.**

Щ56 Экология: курс лекций по направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность» / В.А. Щепетова. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 104 с.

Представлены основополагающие принципы и методы современного природопользования, показаны тенденции и проблемы его развития от глобального до регионального уровня. Содержатся сведения о биологической, глобальной, социальной экологии, системном подходе к её изучению; эколого-экономических особенностях хозяйственной деятельности человеческого общества и связанных с ней экологических проблемах; основах современного экологического природопользования, мировом и отечественном опыте по рациональному природопользованию и охране природы; экологических взаимодействиях экономического развития человеческого общества и природы; основных принципах международного экологического сотрудничества.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Инженерная экология» и предназначено для студентов, обучающихся по направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность», при изучении дисциплины «Экология» и может быть использовано на лекционных занятиях по курсам «Химия окружающей среды», «Основы природопользования», «Радиационная экология».

© Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, 2016  
© Щепетова В.А., 2016

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебным процессом по дисциплине «Экология» предусмотрено проведение теоретического курса в аудитории. Занятия направлены на изучение тем лекционного курса.

Задачи изучения студентом дисциплины на практических занятиях направлены на формирование следующих компетенций:

– владение компетенциями ценностно-смысловой ориентации (понимание ценности культуры, науки, производства, рационального потребления) (ОК-2);

– владение компетенциями гражданственности (знание и соблюдение прав и обязанностей гражданина; свободы и ответственности) (ОК-3);

– способность к познавательной деятельности (ОК-10);

– способность пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и окружающей среды (ОПК-4).

На лекционный курс согласно графику учебного процесса выделяется 18 часов (9 аудиторных занятий). Занятия предусматривают освоение тем лекционного курса, в качестве закрепления пройденного материала предложены контрольные вопросы.

Изучение лекционного материала направлено на формирование следующих компетенций:

- ОК-10 способность к познавательной деятельности

ОПК-4 способность пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и окружающей среды

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции):

Знать:

- базовые принципы нормирования воздействия на окружающую среду;

- информационное обеспечение природопользования, организацию экологического мониторинга;

- особенности возникновения и решения экологических проблем во взаимосвязи с хозяйственной деятельностью общества.

Уметь:

- самостоятельно использовать полученные теоретические знания при анализе конкретных ситуаций в практике природопользования, для решения проблем рационального использования природных ресурсов и обеспечения экологической безопасности;

- оценивать природоохранные решения и проекты с позиций обеспечения устойчивого развития.

Владеть:

- использования основных экологических законов и принципов в важнейших практических приложениях;
- применения основных экологических методов для решения естественнонаучных задач;
- обработки и интерпретирования результатов эксперимента.

Иметь представление:

- об экологических принципах охраны природы и рациональном природопользовании, перспективах создания неразрушающих природу технологий;
- о новейших открытиях естествознания, перспективах их использования для построения технических устройств;
- о последствиях своей профессиональной деятельности с точки зрения единства биосферы и биосоциальной природы.

- ОК-2 владение компетенциями ценностно-смысловой ориентации (понимание ценности культуры, науки, производства, рационального потребления);

ОК-3 владение компетенциями гражданственности (знание и соблюдение прав и обязанностей гражданина; свободы и ответственности)

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции):

Знать:

- основы науки экологии,
- понятия экосистема, ландшафт,
- природные законы, экологические кризисы и др.;
- системную организацию окружающей природной и природно-антропогенной среды;
- функциональные особенности, закономерности развития экологических систем.

Уметь:

- систематизировать и обобщать информацию, имеющую, в частности, экологический характер, готовить справки и обзоры по вопросам профессиональной деятельности.

Владеть:

- методами и приемами комплексной характеристики региона специализации на основе теоретических представлений о понятиях природно-ресурсного потенциала и техногенного воздействия;
- навыками выделения основных параметров и тенденций социального, политического, экономического развития стран региона специализации с учетом экологической составляющей.

Иметь представление:

- о Вселенной в целом как о физическом объекте и её эволюции;
- о фундаментальном единстве естественных наук, незавершённости естествознания и возможности его дальнейшего развития;
- о состояниях в природе и их изменениях со временем;
- об индивидуальном и коллективном поведении объектов в природе;
- о принципах воспроизводства и развития живых систем;
- о биосфере и направлении её эволюции;
- о целостности и гомеостазе живых систем;
- о взаимодействии организма и среды, сообществе организмов, экосистемах.

Лекция № 1  
ЭКОЛОГИЯ КАК ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ.  
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ.  
ЭКОСИСТЕМА: СОСТАВ, СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА

1. Экология – наука о взаимоотношениях природы и человека
2. История становления и развития экологии как науки
3. Основные понятия экологии
4. Состав, структура, свойства и функции экосистем

Экология – наука о взаимоотношениях природы и человека

Современная экология – это фундаментальная наука о природе, являющаяся комплексной и объединяющая знание основ нескольких классических естественных наук: биологии, геологии, географии, климатологии, ландшафтоведения и др.

Согласно основным положениям этой науки человек является частью биосферы как представитель одного из биологических видов и так же, как и другие организмы, не может существовать без биоты, т.е. без совокупности живущих ныне на Земле биологических видов, которые и составляют среду обитания человечества.

В наше время термином «экология» все чаще обозначают совокупность взаимоотношений природы и общества. Рассматривая структуру современной экологической науки, примерно соответствующую структуре естественно-научной дисциплины в высших учебных заведениях, можно выделить три основные ветви экологии.

Первая ветвь

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

\* *аутэкология* – это раздел экологии, который изучает взаимоотношения организма с окружающей средой;

\* *демэкология, или экология популяций*, – это раздел общей экологии, объектами изучения которого являются изменение численности популяции и отношения внутри них;

\* *синэкология, или экология сообществ*, – это раздел экологии, изучающий многовидовые сообщества организмов – биоценозы;

\* *биосферная экология* – изучает глобальные процессы, происходящие в биосфере.

### Вторая ветвь.

*Геоэкология* – это научное направление, изучающее состав, строение, свойства геосферы Земли, геофизические условия жизни, факторы неживой окружающей среды, действующие на организмы.

### Третья ветвь

*Прикладная экология* – раздел экологии, результаты исследования которого направлены на решение практических проблем охраны окружающей среды: защита от загрязнения, научное управление окружающей средой, рациональным использованием естественных ресурсов, круговоротом воды и воздуха в природе, продуктивностью сообществ, стабильностью и возможной нагрузкой экосистем и т.д.

## История становления и развития экологии как науки.

### Основные понятия

Историю становления экологии как самостоятельной науки можно разделить на несколько периодов:

- накопление эмпирических познаний о природе в эпоху древних цивилизаций;
- изучение влияния природных условий на живые организмы в эпоху Возрождения;
- появление во второй половине XIX столетия эволюционного учения Ч. Дарвина и науки экологии;
- формирование в экологии системной концепции;
- современный период в экологии.

Первый период характеризуется зарождением основ экологических знаний, которые появляются в сочинениях многих ученых античного мира и средних веков. Уже в античные времена люди понимали проблемы, которые теперь называют экологическими. Гиппократ (460–377 гг. до н.э.) говорил о влиянии факторов среды на здоровье людей. Великий Аристотель (384–322 гг. до н.э.) – автор более 300 сочинений: «Метафизика», «История животных», «Физика», «О небе» и др. – по праву считается основателем многих естественных дисциплин. Для античного периода характерно описательное направление в науке, основанное на эмпирических знаниях о природе.

Видным ученым этого времени был немецкий химик и врач Т. Парацельс (1493–1541), идеи которого о дозированном влиянии природных факторов были развиты в XIX веке в работах Ю. Либиха и В. Шелфорда.

Но большая часть знаний, накопленных в основном греками, была утрачена в связи с разрушением знаменитой Александрийской библиотеки Ю. Цезарем в 48 г. до н. э. Окончательно ее сожгли арабы в 642 г. н. э.

Второй период, начавшийся в эпоху Возрождения, во времена великих географических открытий, положил начало современному естествознанию. Христофор Колумб достиг Багамских островов в 1492 г., Америго Веспуччи

трижды (1499, 1501, 1502) побывал в Новом Свете, открытом Колумбом, и описал материк, названный его именем; Васко да Гама обогнул Африку в 1498 г., Магеллан совершил первое кругосветное плавание в 1520 г. и др.

В XVIII веке ботанические и зоологические наблюдения были обобщены в работе «Система природы» шведского естествоиспытателя Карла Линнея (1707–1778), который разработал основы научной систематики животных и растений. Хотя он и сформулировал гипотезу постоянства видов: «их столько, сколько было сотворено Творцом», но тем не менее признавал образование разновидностей под влиянием условий жизни.

В России путь эволюционной идее прокладывал М. В. Ломоносов (1711–1765). Он писал, что лик Земли многократно менялся, на месте морей появлялась суша, и наоборот; земные пласты постепенно поднимались и изгибались, образуя горные складки, изменялся климат, изменялись флора и фауна: «слоны и южных земель травы на севере важивались».

Жан Батист Ламарк (1744–1829) – один из самых крупных представителей науки того времени. В книге «Философия зоологии» он впервые широко поставил вопрос о влиянии среды на организмы, но не сумел объяснить причин их «пригнанности» к среде обитания.

Большой вклад в развитие экологических представлений в этот период внесли российские естествоиспытатели А.Т. Болотов (1738–1833), И.И. Лепехин (1740–1802), П.С. Паллас (1741–1811).

#### Появление науки экологии

Появлению науки экологии предшествовал выход в свет 24 ноября 1859 г. знаменитой книги Чарльза Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятных рас в борьбе за жизнь». С этого времени начинается новый период в истории становления экологии как самостоятельной науки.

Третий период ознаменован появлением новой эволюционной теории Ч. Дарвина; сходные положения были одновременно разработаны английским ученым А. Уоллесом. Ключевое положение в учении Дарвина занимает теория естественного отбора в результате борьбы за существование. В результате естественного отбора сохраняются те организмы, в которых произошли изменения, дающие преимущества для существования в данных условиях. Взгляды Ч. Дарвина на борьбу за существование не только как на борьбу организмов друг с другом, но и с окружающей неживой средой послужили тем научным фундаментом, на котором Э. Геккель в 1866 г. возвел здание новой науки. В России страстным поборником и популяризатором эволюционной теории Ч. Дарвина и последователем Э. Геккеля был К. А. Тимирязев.

Экологический подход к изучению природы, как следует из всего вышесказанного, был свойственен человеку с древнейших времен, но слова «экология» не было. *Заслуга Геккеля в том, что он первый предложил*

название новой науки и определил предмет ее исследования. И хотя экология как самостоятельная отрасль биологических наук была выделена еще в конце XIX столетия, содержание ее все время расширяется, продолжая формироваться и по сей день.

Важным шагом на пути становления экологии следует считать введение в 1877 г. немецким гидробиологом К. Мебиусом понятия *биоценоза*.

Значительный вклад в развитие экологии внесли русские ученые А.Н. Бекетов (1825–1902), Н.А. Северцев (1827–1885) и др.

В начале XX века оформились экологические школы ботаников, зоологов, гидробиологов, в каждой из которых развивались определенные стороны экологической науки: экология животных, экология растений, экология микроорганизмов, экология насекомых, экология озера, экология леса и т.п.

В 1910 г. на III Ботаническом конгрессе в Брюсселе экология растений разделилась на экологию особей – аутэкологию – и экологию сообществ – синэкологию. Этот период по сравнению с предыдущим был более прогрессивным. Благодаря ему в экологии зародилось научное направление – популяционная экология, приоритетной проблемой которой являются биотические взаимодействия в биоценозе.

Современная экология. Современная экология базируется на основной концепции содержания этой науки – системной концепции, которая зародилась в конце XIX столетия и сформировалась лишь к середине XX столетия.

Четвертый период истории экологии связан с особым интересом мировой ученой общественности к работам русского геохимика В. И. Вернадского. Его главный труд – книга «Биосфера» – вышел в свет в 1926 г. и вновь привлек внимание научного мира к проблеме взаимодействия живых организмов с неживой природой. В созданном им учении о биосфере рассматривались не только основные свойства «живого вещества» и воздействие на него «косной» природы, но и огромное обратное влияние жизни на неживую природу и формирование «биокосных природных тел» (таких, например, как почва или озеро).

С особой убедительностью эти выводы были сформулированы английским геоботаником А. Тэнсли, которому принадлежит честь введения в 1935 г. термина для обозначения экологической системы – экосистема. А. Тэнсли последовательно развивает взгляд на экосистему как на образование надорганизменного уровня, включающее не только организмы, но и всю совокупность физических условий местообитания. Он обратил внимание на невозможность отделения организмов от окружающей их среды, вместе с которой они образуют одну систему – экосистему.

В отечественной научной литературе представления об экосистемах появились в 1942 г. в работах В. Н. Сукачева, который обобщил их в учении о *биогеоценозе* (синоним термина «экосистема»). В этом учении нашли

отражение идеи о единстве организмов с физическим окружением, о закономерностях, которые лежат в основе таких связей, об обмене веществами и энергией между ними.

Однако эффективная реализация методологии системного подхода к изучению экосистем стала возможной лишь в начале 70-х годов XX столетия, когда в распоряжение экологов поступили мощные ЭВМ и были разработаны методы моделирования динамических систем, которые в совокупности с экспериментами и наблюдениями получили название системного анализа. Развитие целостного взгляда на экосистемы привело к возрождению на новой экологической основе учения о биосфере В.И. Вернадского, который в своих идеях опередил современную ему науку. Биосфера предстала как глобальная экосистема, стабильность и функционирование которой определяются фундаментальными экологическими законами баланса вещества и энергии.

*Успехи в изучении и моделировании экосистем, особенно реализация проектов в рамках международного сотрудничества, способствовали окончательному утверждению во второй половине XX столетия экосистемной концепции как основы современной экологии.*

Пятый период истории экологии – это современная экология. В последние два десятилетия изменился взгляд на экологию как на сугубо биологическую науку. Уже с начала века в экологии, помимо *антропоцентрического направления, рассматривающего человеческое сообщество как отдельное царство, возвышающееся над царствами минералов, растений и животных, появилось биоцентрическое направление. Представители последнего считают человека продуктом эволюции биосферы; люди, как и другие млекопитающие, подчиняются законам природы, и их развитие идет параллельно с развитием остальных организмов.*

Поскольку с биоцентрических позиций человек тоже предмет экологии, растет социальная роль экологических знаний. Отсюда следует: современная экология должна соприкасаться с такими дисциплинами, как право, экономика, социология, политология, философия, и владеть всеми инструментами, которыми располагают техника и математика.

Эта точка зрения стала доминантной в современном обществе, которое осознало опасность экологического кризиса, катастрофических преобразований планетарной системы.

Основная задача современной экологии – найти пути сохранения биосферы и управления природными, антропогенными системами и человеческим обществом в соответствии с законами природы, а не вопреки им, найти гармонию между экономическими и экологическими интересами человека.

Вторая половина XX столетия характеризуется озабоченностью мирового сообщества угрозой экологического кризиса, обусловленного неразумной властью человека над природой. Утверждается биоцентрическое

направление в экологии. Осознана роль человека как части природы и зависимость его от ресурсов планеты и природных процессов. Человек тоже становится предметом экологии. Возрастает интерес к экологии всех слоев общества. Развитие науки и техники дает в руки людей инструменты, позволяющие изучать экосистемы и биосферу в целом. Развивается системный анализ как методологическая основа экологии. Экология изучает не только совокупность взаимосвязей в природных экосистемах, она выходит за рамки биологии, превращаясь в интегрированную науку, наводящую мосты между естественными, техническими и общественными дисциплинами, исследует общие закономерности, справедливые как для природы, так и для общества.

Предмет экологии. Определить предмет экологии позволяет концепция организации живой оболочки Земли – биосферы. Биосфера состоит из биологических систем – биосистем разного уровня сложности и организации.

*Биосистемы – это природные системы, в которых живые компоненты, называемые биотическими, упорядоченно взаимодействуют с неживой физической средой, т.е. абиотическими компонентами, составляя с ними единое целое.* По мере продвижения биосистем от низших ступенек к высшим уровень организации входящих в них биотических компонентов усложняется: гены, клетки, органы, организмы, популяции, сообщества. Абиотические компоненты на всех уровнях представлены веществами и энергией, которые формируют все факторы неживой физической среды.

Биотические и абиотические компоненты вместе образуют соответствующие биосистемы, расположенные снизу вверх в следующем порядке:

- 1) генетические системы,
- 2) клеточные системы,
- 3) системы органов,
- 4) системы организмов,
- 5) популяционные системы,
- 6) экологические системы, или экосистемы.

Экосистема не жизнеспособна без взаимосвязи с популяционными системами и биосферой в целом. В то же время сообщество не может жить, если в нем не происходит круговорот веществ и не поступает энергия извне, т.е. отсутствуют абиотические компоненты. Все экосистемы вместе образуют биосферу Земли.

Системы, которые расположены выше уровня организмов, популяционные системы, экосистемы, биосферу в целом изучает **экология**.

*Следовательно, предметом экологии являются системы надорганизменного уровня – популяционные, экологические и биосфера.*

*Популяционные системы – это биосистемы, в которых биотические компоненты представлены, как сказано выше, популяциями.*

*Популяции – это совокупность разновозрастных особей одного вида, обменивающихся генетической информацией, объединенных общими условиями существования, необходимыми для поддержания численности в течение длительного времени: общность ареала, происхождение, свободное скрещивание и др.*

В отличие от отдельных организмов, популяция характеризуется рядом признаков, носителями которых является группа, но не отдельные особи: плотность, рождаемость, смертность, возрастная структура, распределение в пространстве, кривая роста и др. Кроме «групповых свойств», популяции обладают и «биологическими свойствами», присущими как популяции, так и входящим в нее организмам. Одной из самых важных характеристик популяции является ее возрастная структура, определяющая кривую роста численности популяции, степень ее зрелости и стабильности.

*Экологические системы, т.е. экосистемы занимают центральное место в экологии. Популяции в экосистемах объединяются в сообщество организмов – биоценоз.*

*Биоценоз – это сообщество всех организмов экосистемы, которые живут в определенном пространстве абиотической среды – биотопе. Биоценоз и биотоп функционируют как единое целое, образуя экосистему. Структура экосистемы формируется потоком энергии и круговоротом веществ.*

*Экосистема – это надорганизменная система, в которой биотический компонент представлен биоценозом, а абиотический – биотопом.*

Часто экосистему выделяют внутри естественных границ. Например, границей озера служит береговая линия, а города – административные границы. Как большие, так и малые экосистемы обычно не имеют четких границ. Переходная зона между двумя экосистемами называется *эктоном*.

*Эктон является местом обитания растений и животных смежных экосистем.* Кроме того, в этой зоне появляются свои организмы, которые не живут в соседних экосистемах. Поэтому обычно эктон характеризуется большим разнообразием организмов, чем близлежащие территории.

*Биосфера – это глобальная экосистема, включающая все живые организмы Земли, взаимосвязанные с физической средой.* Биосфера является системой жизнеобеспечения Земли. Обычно ее подразделяют на атмосферу (гр. *atmos* – воздух), гидросферу (гр. *hydor* – вода) и литосферу (гр. *lithos* – камень).

Организмы живут лишь в приземных слоях атмосферы, в гидросфере и в верхней части литосферы. Практически вся жизнь сосредоточена в тонкой прослойке воздуха, воды и горных пород.

*Главная цель экологии – узнать, как работают экосистемы биосферы.*

Для решения экологических проблем глобального уровня прежде всего надо изучить экосистемный уровень организации жизни.

## Состав, структура, свойства и функции экосистем

Состав экосистемы представлен двумя группами компонентов: *абиотическими* – компонентами неживой природы и *биотическими* – компонентами живой природы.

*Абиотические компоненты* – это химические и физические элементы неживой природы:

- \* неорганические вещества и химические элементы, участвующие в обмене веществ между живой и неживой материей: диоксид углерода, вода, кислород, кальций, магний, калий, натрий, железо, азот, фосфор, сера, хлор и др.;

- \* органические вещества, связывающие абиотическую и биотическую части экосистем: углеводы, жиры, аминокислоты, белки, и др.;

- \* поток энергии;

- \* воздушная, водная или твердая среда обитания;

- \* климатический режим: солнечный свет, испарение, ветер, температура, влажность, осадки, водные течения и др.

Биотические компоненты экосистемы представлены на рис. 1.

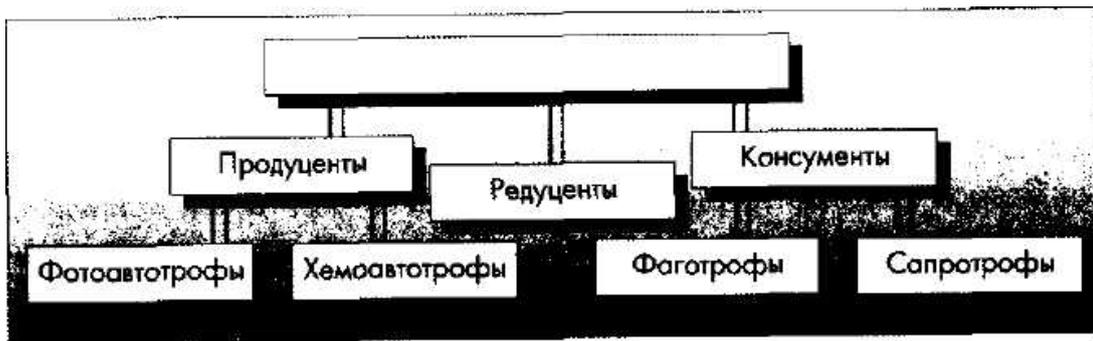


Рис. 1. Биотические компоненты экосистемы

Первая группа организмов – *продуценты* или автотрофные организмы (сами являющиеся пищей).

*Продуценты, или автотрофы* – это такие организмы, которые в качестве питательного материала используют простые неорганические вещества: воду, углекислый газ, нитраты, фосфаты и др. В качестве энергетического материала продуценты используют либо солнечный свет, либо энергию химических реакций. Они подразделяются на *фото–* и *хемо–*автотрофов.

*Фотоавтотрофы* используют в качестве источника энергии солнечный свет, а в качестве питательного материала – в основном углекислый газ и воду. К этой группе организмов относятся все зеленые растения и некоторые бактерии. *Хемоавтотрофы* используют энергию, выделяющуюся при химических реакциях. К этой группе принадлежат, например, нитрифицирующие бактерии.

Вторая группа организмов – *консументы* (лат. *consume* – потреблять), или гетеротрофные организмы (гр. *heferos* – другой, *frophe* – пища), т.е. «питающиеся другими».

*Консументы*, или гетеротрофы, используют в качестве источника энергии и питательного материала готовое органическое вещество. Консументы осуществляют процесс разложения органических веществ. Их делят на *фаготрофов* (гр. *phagos* – пожирающий) и *сапротрофов* (гр. *sapros* – гнилой).

*Фаготрофы* питаются непосредственно растительными или животными организмами. К ним относятся в основном крупные животные – макроконсументы.

*Сапротрофы* используют для питания органические вещества мертвых остатков. К этой группе относятся как мелкие организмы (муравьи, черви и др.), так и крупные животные (гиены, шакалы, вороны и др.).

Третья группа организмов – *редуценты* (лат. *reductio* – восстановление), или деструкторы (лат. *desfructio* – разрушение).

*Редуценты*, или *деструкторы*, – это консументы, участвующие в последней стадии разрушения, т.е. в минерализации органических веществ, которые они восстанавливают до неорганических соединений ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и др.). Редуценты очищают природную среду от отходов, они возвращают вещества в круговорот, превращая их в формы, доступные для продуцентов. К редуцентам относятся главным образом микроскопические организмы (бактерии, грибы и др.) – микроконсументы.

**Пространственная структура экосистем** обусловлена тем, что процессы образования и разложения органических веществ, т.е. автотрофные и гетеротрофные процессы, обычно разделены в пространстве. Первые активно протекают в верхних слоях, куда проникает солнечный свет, а вторые интенсивнее в нижних слоях экосистем: почвах, донных отложениях. Кроме того, эти процессы разделены во времени, поскольку существует временной разрыв между образованием органических веществ растениями и разложением их животными организмами.

Следовательно, с точки зрения пространственной структуры в природных экосистемах можно выделить два яруса:

– *верхний, автотрофный ярус*, или «зеленый пояс» Земли, который включает растения или их части, содержащие хлорофилл; здесь преобладают фиксация света, использование простых неорганических соединений и синтез органических веществ, т.е. накопление солнечной энергии в сложных фотосинтезируемых веществах;

– *нижний, гетеротрофный ярус*, или «коричневый пояс» Земли, представлен почвами в наземных экосистемах и донными осадками – в водных. В них преобладают процессы разложения мертвых органических остатков растений и животных.

Живые и неживые компоненты экосистем так тесно переплетены друг с другом в единый комплекс, что разделить их крайне трудно.

**Свойства и функции экосистем.** Экосистемы, как и популяционные системы, помимо «биологических свойств», присущих экосистемам и отдельным организмам, обладают рядом признаков, характеризующих сообщество в целом, называемых совокупными свойствами. Кроме того, они характеризуются качественно новыми уникальными свойствами, отсутствующими у популяционных систем, входящих в их состав.

*Свойства экосистем, таким образом, можно разделить на две группы: совокупные и качественно новые свойства.*

1. *Совокупные* свойства складываются из свойств отдельных подсистем, входящих в экосистему, представляют собой сумму свойств отдельных компонентов и не характеризуют уникальные особенности, возникающие при функционировании системы как целого. Рождаемость – пример совокупного свойства, характеризующего сумму рождений отдельных организмов. К совокупным свойствам относятся также площадь обитания биоценоза, плотность организмов, их общая численность, смертность и т.д.

2. *Эмерджентные* (англ. *emergent* – неожиданно возникающий, появляющийся) свойства являются следствием иерархической организации живой природы. По мере объединения подсистем в более крупные функциональные единицы у этих новых систем возникают уникальные свойства, которых не было на предыдущем уровне. Эти качественно новые свойства нельзя предсказать на основании свойств подсистем низшего порядка, составляющих систему следующего, более высокого уровня организации.

Образование и разложение органических веществ, или взаимодействие автотрофных и гетеротрофных процессов, – наиболее важная функция экосистем, обусловленная именно их эмерджентными свойствами.

Образование органических веществ на свету называется *фотосинтезом*.

*Фотосинтез есть накопление части солнечной энергии путем превращения ее в потенциальную энергию химических связей органических веществ.*

Разложение органических веществ происходит в процессе метаболизма в живых клетках.

*Метаболизм – это совокупность биохимических реакций и превращений энергии в клетках живых организмов, сопровождающихся обменом веществ между организмами и средой.*

*Сумма реакций, ведущих к распаду или деградации молекул и выделению энергии, называется катаболизмом, а реакций, приводящих к образованию новых молекул, – анаболизмом.*

*Функции экосистемы заключаются в саморегуляции и стабильности.*

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

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

*С помощью гомеостаза осуществляются регуляторные механизмы живых систем.*

Таким образом, *гомеостаз – это способность популяции или экосистемы поддерживать устойчивое динамическое равновесие в изменяющихся условиях среды с помощью обратных связей.*

2. *Стабильность экосистем* в экологии означает свойство любой системы возвращаться в исходное состояние после того, как она была выведена из состояния равновесия. Стабильность определяется устойчивостью экосистем к внешним воздействиям. Выделяют два типа устойчивости: резистентную и упругую.

*Резистентная устойчивость – это способность экосистемы сопротивляться нарушениям, поддерживая неизменными свою структуру и функции.*

*Упругая устойчивость – способность системы быстро восстанавливаться после нарушения структуры и функций.*

Системе трудно одновременно развить оба типа устойчивости: они связаны обратной связью, а иногда исключают друг друга.

Огромное значение в сохранении стабильности биосферы в целом имеет *биологическое разнообразие (биоразнообразие).*

*Биоразнообразие – наиболее ценный ресурс планеты, который возник в результате естественного отбора за миллиарды лет при взаимодействии двух процессов: видообразования и вымирания видов. Биоразнообразие включает два понятия: генетическое и видовое разнообразие.*

*Генетическое разнообразие, т.е. многообразие генетических программ у особей одного вида, – это гигантская генетическая библиотека, которая помогает всем видам совершенствоваться, использовать необходимые ресурсы, находить свое место в биосфере, приспосабливаться к изменениям в окружающей среде.*

*Видовое разнообразие – это многообразие различных видов организмов внутри какого-то биоценоза. Это «страховая политика» природы против катастроф.*

### **Экологические сукцессии**

Закономерное развитие экосистем во времени известно в экологии под названием экологических сукцессии (лат. *succesio* – преемственность, последовательность). После крупномасштабных изменений экологические участки начинают возрождаться в несколько этапов. Например, заброшенные поля или выжженный лес постепенно завоевываются многолетними дикими травами, затем кустарниками и, в конце концов, деревьями. Такой закономерный процесс называется экологической сукцессией.

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

*Причины и типы сукцессии могут быть различными. Изменения происходят во всех экосистемах в силу естественных или искусственных причин. Естественные изменения являются закономерными и управляются самим сообществом. Если сукцессионные изменения определяются в основном внутренними взаимодействиями, то говорят об аутогенной (гр. autos – сам), т.е. самопроизвольной сукцессии. Если изменения вызываются внешними силами на входе экосистемы (шторм, пожар, воздействие человека), то такую сукцессию называют аллогенной (гр. albs – другой), т.е. порожденной извне.*

*Последовательные сообщества, сменяющие друг друга на данном пространстве, называются сериями или стадиями.*

*Выделяют два типа сукцессии: первичные и вторичные.*

*Первичная сукцессия начинается на участке, прежде не занятом живыми организмами и лишенном почв. Такими участками могут быть скалы, глины после прохождения селя, остывшая вулканическая лава, районы открытой добычи полезных ископаемых. Вначале участки заселяют и формируют на них почвы несколько неприхотливых видов – пионеров.*

*Вторичная сукцессия возникает там, где новое сообщество развивается на месте ранее существовавшего и где сохранились почвы или донные отложения. Такими территориями могут быть заброшенные сельскохозяйственные поля, поселки, сгоревшие или вырубленные леса, загрязненные водоемы, затопленные при строительстве водохранилищ земли и т.д.*

*Скорость сукцессии различна. Для первичных сукцессий требуются сотни и тысячи лет. Вторичные протекают быстрее. Для восстановления растительной биомассы на месте вырубки, лесного пожара или покинутого сельскохозяйственного участка требуется от 30–50 до 250 лет.*

*Автотрофная сукцессия – широко распространенное в природе явление, которое начинается в незаселенной среде: формирование леса на брошенных землях или восстановление жизни после извержения вулканов и других природных катастроф. Она характеризуется длительным преобладанием автотрофных организмов.*

*Гетеротрофная сукцессия характеризуется преобладанием в системе редуцентов и встречается тогда, когда среда пересыщена органическими веществами, например в реке, загрязняемой сточными водами с большим содержанием органических веществ, или на очистных сооружениях.*

*Состояние стабилизированной экосистемы называется климаксом (гр. klimax – лестница, «зрелая ступень»).*

*Климаксные системы образуют сложную сеть взаимоотношений, поддерживающих их стабильное состояние. Теоретически такое состояние*

*должно быть постоянным во времени и существовать до тех пор, пока его не нарушат сильные внешние возмущения.*

Незрелые развивающиеся и зрелые климаксные экосистемы характеризуются разными признаками.

Незрелые экосистемы на ранних стадиях экологической сукцессии имеют лишь несколько видов (характеризуются низким видовым разнообразием); простые схемы питания: много продуцентов, травоядных животных и мало редуцентов. Растения, в основном однолетние травы, тратят большую часть энергии на продукцию мелких семян для воспроизводства, а не на корневую систему, стебли и листья. Зрелые экосистемы, в противоположность незрелым, характеризуются многообразием видов, стабильными популяциями и сложными схемами питания. В системе доминируют редуценты, разлагающие большое количество мертвого органического вещества. Растения представлены крупными многолетними травами и деревьями, дающими крупные семена.

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «экология».
2. Кратко дайте характеристику основным разделам экологии.
3. Расскажите об этапах становления экологии как науки.
4. Рассмотрите структуру экосистемы.
5. Какими свойствами обладает экосистема?
6. Рассмотрите функции экосистемы и ее возможные изменения.

## Лекция № 2 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

1. Экологические факторы и их действие
  - 1.1. Абиотические факторы
  - 1.2. Совокупное воздействие экологических факторов
  - 1.3. Биотические факторы
2. Закономерности воздействия факторов среды на организмы
3. Реакция организмов на изменения уровня экологических факторов

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

*Среда* – одно из основных экологических понятий, которое означает весь спектр окружающих организм элементов и условий в той части пространства, где обитает организм, все то, среди чего он живет и с чем непосредственно взаимодействует. Составные части и свойства среды многообразны и изменчивы. В земных условиях существуют четыре основных среды обитания живых организмов: водная, наземная (воздушная), почвенная, а также тело другого организма, используемое паразитами.

### Экологические факторы и их действие

*Экологический фактор* – любой элемент окружающей среды, способный прямо или косвенно влиять на живой организм хотя бы на одном из этапов его индивидуального развития, называют экологическим фактором.

Экологические факторы многообразны, при этом каждый фактор является совокупностью соответствующего условия среды и его ресурса (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

### Экологические факторы

Косной природы (абиотические, абиогенные)	Живой природы (биотические, биогенные)
<b>1. Физические:</b>	<b>1. Зоогенные</b>
климатические	(воздействия животных)
топографические	<b>2. Фитогенные</b>
космические	(воздействия растений)
механический состав среды	<b>3. Микробогенные</b>
высокотемпературные	(воздействия микробов)
<b>2. Химические</b>	
(количественный и качественный состав среды):	
основные вещества	
примеси	
токсичные примеси	
кислотность (щелочность)	

Экологические факторы среды принято делить на две группы:

- факторы косной (неживой) природы – *абиотические или абиогенные*;
- факторы живой природы – *биотические или биогенные*.

С другой стороны, по происхождению и те и другие бывают как природными, так и антропогенными, т.е. прямо или косвенно связанными с деятельностью человека, который не только меняет режимы природных экологических факторов, но и создает новые, синтезируя ядохимикаты, удобрения, строительные материалы, лекарства и т.п.

Наряду с приведенной классификацией экологических факторов существует много других (менее распространенных), в которых используют иные отличительные признаки.

### Абиотические факторы

В абиотической части среды обитания (в неживой роде) все факторы можно разделить на физические и химические. Однако для понимания сути рассматриваемых явлений и процессов абиотические факторы удобно представить совокупностью климатических, топографических, космических факторов, а также характеристик состава среды (водной, наземной или почвенной) и др.

#### *Основные климатические факторы*

*Энергия Солнца.* Она распространяется в пространстве в виде электромагнитных волн. Для организмов важны длина волны воспринимаемого излучения, его интенсивность и продолжительность воздействия.

Около 99% всей энергии солнечной радиации составляют лучи с длиной волны  $\lambda = 170\text{--}4000$  нм, в том числе 48% приходится на видимую часть спектра ( $\lambda = 390\text{--}760$  нм), 45% на близкую инфракрасную ( $\lambda = 760\text{--}4000$  нм) и около 7% на ультрафиолетовую ( $\lambda < 400$  нм).

Преимущественное значение для фотосинтеза имеют лучи с  $\lambda = 380\text{--}710$  нм. Длинноволновая (дальняя инфракрасная солнечная радиация ( $\lambda > 4000$  нм) незначительно влияет процессы жизнедеятельности организмов.

Ультрафиолетовые лучи с  $\lambda > 320$  нм в малых дозах необходимы животным и человеку, так как под их действием в организме образуется витамин D. Излучение с  $\lambda < 290$  нм губительно для живого, но до поверхности Земли оно не доходит, поглощаясь озоновым слоем атмосферы.

*Температура.* Температура главным образом связана с солнечным излучением, но в ряде случаев определяется энергией геотермальных источников.

При температуре ниже точки замерзания живая клетка физически повреждается образующимися кристаллами льда и гибнет, а при высоких температурах происходит денатурация ферментов. Верхний температурный предел жизни редко поднимается выше 40–45 °С. В диапазоне между крайними границами скорость ферментативных реакций (следовательно, и

интенсивность обмена веществ) удваивается с повышением температуры на каждые 10 °С. Значительная часть организмов способна контролировать (поддерживать) температуру тела, причем в первую очередь наиболее жизненно важных органов. Такие организмы называют *гомойотермными* – теплокровными (от греч. *moios* – подобный, *therme* – теплота), в отличие от *пойкилотермных* – холоднокровных (от греч. *poikilos* – различный, переменчивый, разнообразный), имеющих непостоянную температуру, зависящую от температуры окружающей среды.

Температура, как и интенсивность света, зависит от географической широты, сезона, времени суток и экспозиции склона. Действие экстремальных температур (низких и высоких) усиливается сильными ветрами.

Изменение температуры по мере подъема в воздушной среде или погружения в водную среду называют *температурной стратификацией*. Обычно и в том и в другом случае наблюдается непрерывное снижение температуры с определенным градиентом. Тем не менее существуют и иные варианты. Так, в летний период поверхностные воды нагреваются сильнее глубинных.

Подобное явление встречается и в атмосфере, когда охлажденные слои воздуха смещаются вниз и располагаются под теплыми слоями, т.е. имеет место *температурная инверсия*, способствующая накоплению загрязняющих веществ в приземном слое воздуха.

В почвенной среде суточная и сезонная стабильность (колебания) температуры зависят от глубины. Значительный градиент температур (а также влажности) позволяет обитателям почвы обеспечивать себе благоприятную среду путем незначительных перемещений.

*Осадки, влажность.* Вода обязательна для жизни на Земле, и в экологическом плане она уникальна. При практически одинаковых географических условиях на Земле существуют и жаркая пустыня, и тропический лес. Различие состоит только в годовом количестве осадков: в первом случае 0,2–200 мм, а во втором 900–2000 мм.

Осадки, тесно связанные с влажностью воздуха, представляют собой результат конденсации и кристаллизации водяных паров в высоких слоях атмосферы. В приземном слое воздуха образуются росы, туманы, а при низких температурах наблюдается кристаллизация влаги – выпадает иней.

Одна из основных физиологических функций любого организма – поддержание на достаточном уровне количества воды в теле. В процессе эволюции у организмов сформировались разнообразные приспособления к добыванию и экономному расходованию воды, а также к переживанию засушливого периода. Одни животные пустыни получают воду из пищи, другие за счет окисления своевременно запасенных жиров и т.д. При периодической засушливости некоторые организмы способны впадать в состояние покоя с минимальной интенсивностью обмена веществ.

Наземные растения получают воду главным образом из почвы. Баланс влаги зависит от разницы между количеством выпавших осадков и количеством воды, испарившейся с поверхностей почвы и растений (путем транспирации). В свою очередь процессы испарения непосредственно зависят от относительной влажности атмосферного воздуха.

Помимо отмеченного, влажность воздуха как экологический фактор при своих крайних значениях (повышенной и пониженной влажности), усиливает воздействие (усугубляет действие) температуры на организм.

Режим осадков – важнейший фактор, определяющий миграцию загрязняющих веществ в природной среде и вымывание их из атмосферы.

*Подвижность среды.* Причинами возникновения движения воздушных масс (ветра) являются в первую очередь неодинаковый нагрев земной поверхности, вызывающий перепады давления, а также вращение Земли. Ветер направлен в сторону более прогретого воздуха.

Ветер – важнейший фактор распространения на большие расстояния влаги, семян, спор, химических примесей и т.п. Он способствует как снижению околоземной концентрации пыле- и газообразных веществ вблизи места их поступления в атмосферу, так и повышению фоновых концентраций в воздушной среде вследствие выбросов далеких источников, включая трансграничный перенос.

Ветер ускоряет транспирацию (испарение влаги наземными частями растений), что особенно ухудшает условия существования при низкой влажности. Кроме того, он косвенно влияет на все живые организмы суши, участвуя в процессах выветривания и эрозии.

*Давление.* Нормальным атмосферным давлением считается абсолютное давление на уровне поверхности Мирового океана 101,3 кПа, соответствующее 760 мм рт. ст. или 1атм. В пределах земного шара существуют постоянные области высокого и низкого атмосферного давления, причем в одних и тех же точках наблюдаются сезонные и суточные его колебания. По мере увеличения высоты относительно уровня океана давление уменьшается, снижается парциальное давление кислорода, усиливается транспирация у растений.

Периодически в атмосфере образуются области пониженного давления с мощными воздушными потоками, перемещающимися по спирали к центру, которые называют *циклонами*. Для них характерно большое количество осадков и неустойчивая погода. Противоположные природные явления называют *антициклонами*. Они характеризуются устойчивой погодой, слабыми ветрами и в ряде случаев температурной инверсией. При антициклонах порой возникают неблагоприятные метеорологические условия, способствующие накоплению в приземном слое атмосферы загрязняющих веществ.

Различают также морское и континентальное атмосферное давление.

Давление в водной среде возрастает по мере погружения. Благодаря значительно (в 800 раз) большей, чем у воздуха, плотности воды на каждые 10 м глубины в пресноводном водоеме давление увеличивается на 0,1 МПа (1 атм). Абсолютное давление на дне Марианской впадины превышает 110 МПа (1100 атм).

*Ионизирующие излучения.* *Ионизирующим* называют излучение, образующее пары ионов при прохождении через вещество; *фоновым* – излучение, создаваемое природными источниками. Оно имеет два основных источника: космическое излучение и радиоактивные изотопы и элементы в минералах земной коры, возникшие некогда в процессе образования вещества Земли. Из-за большого периода полураспада ядра многих первозданных радиоактивных элементов сохранились в недрах Земли до настоящего времени. Главнейшие из них – калий-40, торий-232, уран-235 и уран-238. Под воздействием космического излучения в атмосфере постоянно образуются все новые ядра радиоактивных атомов, главные из которых – углерод-14 и тритий.

Радиационный фон ландшафта – одна из неперенных составляющих его климата. В формировании фона принимают участие все известные источники ионизирующего излучения, однако вклад каждого из них в общую дозу облучения зависит от конкретной географической точки. Человек – обитатель природной среды; он получает основную часть облучения от естественных источников радиации, и избежать этого невозможно. Горные ландшафты из-за значительной высоты над уровнем моря получают повышенное космическое излучение.

На Земле есть районы, где интенсивность излучения в десятки раз превышает средние значения, например районы месторождений урана и тория.

Биологические процессы, сопровождающие образование почв, существенно влияют на накопление в последних радиоактивных веществ. При малом содержании гумусовых веществ их активность слабая, тогда как черноземы всегда отличались более высокой удельной активностью. Особенно она высока у черноземных и луговых почв, расположенных близко к гранитным массивам.

В целом ионизирующее излучение губительно воздействует на высокоразвитые и сложные организмы, причем человек отличается особой чувствительностью. Радиоактивные вещества могут накапливаться в воде, почве, осадках или в воздухе, если скорость их поступления превышает скорость радиоактивного распада. В живых организмах накопление радиоактивных веществ происходит при их попадании с пищей.

### *Топографические факторы*

Влияние абиотических факторов в значительной мере зависит от топографических характеристик местности, которые могут сильно изменять как климат, так и особенности развития почв. Основной топографический

фактор – *высота над уровнем моря*. С высотой снижаются средние температуры, увеличивается суточный перепад температур, возрастает количество осадков, скорость ветра и интенсивность радиации, понижается давление. В результате в горной местности по мере подъема наблюдается вертикальная зональность распределения растительности, соответствующая последовательности смены широтных зон от экватора к полюсам.

Горные цепи могут служить климатическими барьерами. Поднимаясь над горами, воздух охлаждается, что часто вызывает осадки и тем самым снижает его абсолютное влагосодержание. Попадая затем на другую сторону горной гряды, осушенный воздух способствует снижению интенсивности дождей (снегопада), чем создается «дождевая тень». Горы могут играть роль изолирующего фактора в процессах видообразования, так как служат барьером для миграции организмов.

Важный топографический фактор – *экспозиция* (освещенность) склона. В Северном полушарии теплее на южных склонах, а в Южном полушарии – на северных склонах. Другой важный фактор – *крутизна склона*, влияющая на дренаж. Вода стекает со склонов, смывая почву, уменьшая ее слой. Кроме того, под действием силы тяжести почва медленно сползает вниз, что ведет к ее скоплению у основания склонов. Наличие растительности сдерживает эти процессы, однако при уклонах более 35° почва и растительность обычно отсутствуют и создаются осыпи из рыхлого материала.

Рельеф местности – один из главных факторов, влияющих на перенос, рассеивание или накопление примесей в атмосферном воздухе.

### *Состав среды*

*Состав водной среды.* Большая часть поверхности Земли (около 366 из 510 млн км<sup>2</sup>, или 72%) покрыта водой. Распространение и жизнедеятельность организмов в водной среде в значительной степени зависят от ее химического состава. Прежде всего водные организмы подразделяют на пресноводные и морские в зависимости от солености воды, в которой они обитают. Соленость океанской воды меняется как по глубине, так и по акватории. В Северном Ледовитом океане она ниже 31%, а в Красном море выше 42%. Содержание солей в воде Мертвого моря достигает 26–27%, тогда как концентрация солей в пресных водоемах около 0,05%.

Соли и другие растворенные в воде вещества находятся преимущественно в виде ионов. Состав солей разнообразен, в океанической воде встречаются практически все химические элементы и их изотопы, но основную массу составляют девять основных ионов, соотношение между которыми постоянно и не зависит от уровня солености, места и глубины, поэтому ее можно определить по одному главному иону. Главный компонент солей морской воды – хлорид натрия, в пресных водах преобладают карбонаты и гидрокарбонаты.

По составу растворенных минеральных веществ даже пресноводные воды могут существенно отличаться в различных природных водоемах и прежде всего в подземных и поверхностных водах.

Любые воды в природных водоемах, помимо растворенных веществ, содержат некоторое количество взвешенных частиц, наличие которых характеризует мутность воды, ее обратную характеристику – прозрачность, а также световой режим в глубине водоема.

В составе природной водной среды всегда присутствуют растворенные газы, из которых первоочередное значение имеют кислород и диоксид углерода, участвующие в фотосинтезе и дыхании водных организмов. Среди прочих растворенных в океане газов наиболее заметны сероводород, аргон и метан. На отдельных участках дна сероводород образует значительные скопления. Черное море, начиная с глубины 150–200 м, является сероводородным до самого дна.

Состав газов, растворенных в водах океана, близок к составу первичной атмосферы нашей планеты, в которой было заметно больше диоксида углерода и меньше кислорода.

*Состав воздуха.* Один из главных абиотических факторов наземной (воздушной) среды обитания – состав воздуха, естественной смеси газов, сложившейся в ходе эволюции Земли. Состав воздуха в современной атмосфере находится в состоянии динамического равновесия, зависящего от жизнедеятельности живых организмов и геохимических явлений глобального масштаба.

Воздух, лишенный влаги и взвешенных частиц, на высоте уровня моря имеет практически одинаковый состав во всех местностях земного шара, а также на протяжении суток и в разные периоды года. Однако в различные эпохи существования планеты состав воздуха был различен. Считается, что наиболее сильно изменялось содержание диоксида углерода и кислорода.

Азот, присутствующий в атмосферном воздухе в наибольшем количестве, в газообразном состоянии для абсолютного большинства организмов, особенно для животных, является нейтральным. Присутствие в воздухе иных газообразных веществ аэрозолей (твердых или жидких частиц, находящихся в воздухе во взвешенном состоянии) в каких-либо заметных количествах изменяет привычные условия среды обитания, влияет на живые организмы.

*Состав почв.* Почва – слой веществ, лежащих на поверхности земной коры. Она представляет собой продукт физического, химического и биологического преобразования горных пород и является трехфазной средой, включающей твердые, жидкие и газообразные компоненты, находящиеся в следующих соотношениях (в %):

минеральная основа	обычно 50–60%	от общего состава
органическое вещество	.....	до 10
вода	.....	25–35

воздух..... 15– 25

В данном случае почва рассматривается среди прочих абиотических факторов, хотя на самом деле она является важнейшим звеном, связывающим абиотические и биотические факторы среды обитания.

*Минеральный неорганический состав почвы.* Горная порода под действием химических и физических факторов природной среды постепенно разрушается. Механические и химические свойства почвы в основном зависят от мелкого грунта (частицы менее 2 мм), который принято подразделять в зависимости от размера  $\delta$  (в мкм) на следующие системы:

песок..... $\delta = 60– 2000$

алеврит (иногда называемый «пылью»)  $\delta = 2– 60$

глину ..... $\delta$  менее 2

В целом считается, что свыше 50% минерального состава почвы составляет кремнезем ( $\text{SiO}_2$ ), 1–25% – глинозем ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), 1–10% – оксиды железа ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), 0,1–5% – оксиды магния, калия, фосфора, кальция ( $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ).

В сельском хозяйстве почвы делят на тяжелые (глины) и легкие (пески), чем отражают величину усилий, необходимых для обработки почвы сельскохозяйственными орудиями.

*Содержание воды в почве.* Вода необходима всем почвенным организмам, она поглощается корнями растений и принимает участие в процессах разрушения материнской породы, подстилающей почву. Благодаря воде происходит миграция и дифференциация химических элементов в почве. Более правильно жидкую часть почвы рассматривать как почвенный раствор.

Общее количество воды, которое может быть удержано почвой, складывается из гравитационной, физически связанной, капиллярной, химически связанной и парообразной воды. *Гравитационная вода* может свободно просачиваться вниз через почву, достигая уровня грунтовых вод, что ведет к вымыванию различных питательных веществ. *Физически связанная (гигроскопическая) вода* адсорбируется на частицах почвы в виде тонкой прочно связанной пленки. Ее количество зависит от содержания твердых частиц. В глинистых почвах такой воды значительно больше (около 15% веса почвы), чем в песчаных (около 0,5%). Гигроскопическая вода наименее доступна растениям. *Капиллярная вода* удерживается вокруг почвенных частиц за счет сил поверхностного натяжения. При наличии узких пор или каналцев капиллярная вода может подниматься от уровня грунтовых вод вверх, играя центральную роль в регулярном снабжении растений влагой. Глины удерживают больше капиллярной воды, чем пески. *Химически связанная и парообразная вода* практически недоступны корневой системе растений.

*Содержание воздуха в почве.* Поры почвы, не занятые водой, заполняет почвенный воздух. Насыщенность воздухом (аэрация) играет важную роль

в почвенных процессах. С увеличением размера частиц грунта объем пор возрастает.

По сравнению с составом атмосферного воздуха из-за дыхания организмов с глубиной уменьшается содержание кислорода (до 10%) и увеличивается концентрация диоксида углерода (достигая 19%). В течение года и суток состав почвенного воздуха сильно меняется. Тем не менее, почвенный воздух постоянно обновляется и пополняется за счет атмосферного. Заболачивание почвы обуславливает вытеснение воздуха водой, и условия становятся анаэробными.

### *Космические факторы*

Наша планета не изолирована от процессов, протекающих в космическом пространстве. Земля периодически сталкивается с астероидами, сближается с кометами, на нее попадают космическая пыль, метеоритные вещества, разнообразные виды излучений Солнца и звезд. Циклически (один из циклов имеет период 11,4 г.) солнечная активность меняется.

Наукой накоплено множество фактов, подтверждающих влияние Космоса на жизнь Земли.

### *Огонь (пожары)*

К числу важных природных абиотических факторов относят пожары, которые при определенном сочетании климатических условий приводят к полному или частичному выгоранию наземной растительности.

Основной причиной возгораний в естественных условиях являются молнии. По мере развития цивилизации увеличивалось число пожаров, связанных с деятельностью человека: выжигание участков леса для земледелия, небрежное обращение с огнем, аварии и др.

В местностях с явно выраженным сухим климатическим сезоном растительность в процессе эволюции приспособилась к воздействию огня (пожаров), сформировалась специфическая флора, отличающаяся твердой и прочной кожурой семян, быстрым ростом и ранним плодоношением, огнестойкостью коры и т.п.

Считают, что огонь ежегодно уничтожает растительность на площади около 20 млн га. При этом в атмосферу поступает значительное количество продуктов пиролиза растительной массы и ее обитателей, что существенно сказывается на загазованности среды обитания в соседних районах. Однако почва после пожаров обогащается питательными элементами, такими, как фосфор, калий, кальций, магний. Животные, пасущиеся на участках, подвергающихся периодическим пожарам, получают более полноценное питание. Искусственное предотвращение пожаров вызывает изменения факторов среды обитания, для поддержания которых в естественных пределах необходимы периодические выгорания растительности.

## Совокупное воздействие экологических факторов

Экологические факторы среды воздействуют на организм одновременно и совместно. Хорошо изучено влияние влажности воздуха на восприятие животными температуры. С повышением влажности уменьшается интенсивность испарения влаги с поверхности кожи, что затрудняет работу одного из наиболее эффективных механизмов приспособления к высокой температуре. Низкие температуры также легче переносятся в сухой атмосфере, имеющей меньшую теплопроводность (лучшие теплоизоляционные свойства). Таким образом, влажность среды меняет восприятие температуры у теплокровных животных, в том числе у человека.

В комплексном действии экологических факторов среды значение отдельных экологических факторов неравноценно. Среди них выделяют ведущие (главные) и второстепенные факторы.

*Ведущими* являются те факторы, которые необходимы для жизнедеятельности, *второстепенными* – существующие или фоновые факторы. Обычно у разных организмов различные ведущие факторы, даже если организмы живут в одном месте. Кроме того, смену ведущих факторов наблюдают при переходе организма в другой период своей жизни. Так, в период цветения ведущим фактором для растения может быть свет, а в период формирования семян – влага и питательные вещества.

Иногда недостаток одного фактора частично компенсируется усилением другого. Например, в Арктике продолжительный световой день компенсирует недостаток тепла.

## Биотические факторы

Все живое, окружающее организм в среде обитания, составляет *биотическую среду, или биоту*. *Биотические факторы* – это совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на другие.

Взаимоотношения между животными, растениями, микроорганизмами чрезвычайно многообразны. Прежде всего различают *гомотипические реакции*, т.е. взаимодействие особей одного и того же вида, и *гетеротипические* – отношения представителей разных видов.

Взаимодействия могут быть не только на уровне пищевых связей; наблюдаются пространственные взаимоотношения между растительными и животными организмами. В результате действия многих факторов разнообразные виды объединяются не в произвольном сочетании, а только при условии приспособленности к совместному обитанию.

## *Формы биотических взаимоотношений*

*Симбиоз (сожительство)*. Это форма взаимоотношений, при которой оба партнера или один из них извлекают пользу от другого.

*Кооперация.* Кооперация представляет собой длительное, неразделимое взаимовыгодное сожительство двух и более организмов. Например, отношения рака-отшельника и актинии.

*Межвидовая взаимопомощь.* Она заключается, например, в том, что птицы уничтожают личинок-паразитов под кожей буйволов или сороки предупреждают об опасности крупных копытных.

*Комменсализм* – это взаимодействие между организмами, когда жизнедеятельность одного доставляет пищу (нахлебничество) или убежище (квартиранство) другому. Типичные примеры – гиены, подбирающие остатки недоеденной львами добычи, мальки рыб, прячущиеся под зонтиками крупных медуз, а также некоторые грибы, растущие у корней деревьев.

*Мутуализм* – взаимополезное сожительство, когда присутствие партнера становится обязательным условием существования каждого из них. Примером служит жительство клубеньковых бактерий и бобовых растений, которые могут совместно жить на почвах, бедных азотом, и обогащать им почву.

*Антибиоз.* Форма взаимоотношений, при которой оба партнера или один из них испытывают отрицательное влияние, называется антибиозом.

*Конкуренция* – отрицательное воздействие организмов друг на друга в борьбе за пищу, местообитание и другие необходимые для жизни условия. Проявляется наиболее отчетливо на популяционном уровне.

*Хищничество* – отношение между хищником и жертвой, заключающееся в поедании одного организма другим. Хищники – это животные или растения, ловящие и поедающие животных как объект питания. Так, например, львы поедают растительноядных копытных, птицы – насекомых, крупные рыбы – более мелких. Хищничество одновременно полезно для одного и вредно для другого организма.

*Паразитизм* – взаимодействие организмов, при котором один из них живет за счет другого, находясь на поверхности или внутри его тела. Паразит использует в пищу тело своего хозяина постепенно, сохраняя ему жизнь до окончания своего жизненного цикла. С общебиологических позиций паразит также необходим хозяину. Исчезновение (или уничтожение) такого «естественного врага» наносит ущерб хозяину, так как слабые, отставшие в развитии или имеющие иные недостатки особи не будут уничтожаться, что способствует постепенной деградаци и вымиранию. Вид, не имеющий «врагов», обречен на вырождение. Отмеченное обстоятельство имеет особо важное значение в таких случаях, как разработка и применение средств защиты растений в сельском хозяйстве.

*Нейтрализм* – это взаимонезависимость разных видов, обитающих на одной территории. Например, белки и лоси не конкурируют друг с другом, но засуха в лесу сказывается на тех и на других, хотя в разной степени.

### *Биотическое влияние на растения*

Биотические факторы, воздействующие на растения как первичные продуценты органического вещества, подразделяют на зоогенные и фитогенные.

*Зоогенные биотические факторы.* К факторам воздействия животных на растительность прежде всего относится поедание растения целиком или отдельных его органов (частей). Объедание животными ветвей и побегов изменяет форму кроны деревьев. Значительное количество семян идет на питание птиц и грызунов. Растения, повреждаемые животными-фитофагами, приобретают защитные приспособления (колючки, шипы и т.п.), образуют избыточную фитомассу, усиленно наращивают оставшиеся листья и т.п.

Экологически значимым фактором является и механическое воздействие животных на растения, заключающееся в повреждении всего растения при поедании его частей, а также вытаптывание.

Имеется и положительное влияние животных на жизненные процессы растений, например опыление насекомыми и птицами.

*Фитогенные биотические факторы.* Растения, испытывая многообразные влияния от соседних растений, одновременно сами воздействуют на них. Повсеместно существует переплетение и срастание корней, охлестывание ветвями соседних крон, использование одним растением другого для прикрепления и многие другие формы взаимоотношений между растениями. Любое растительное сообщество, в свою очередь, влияет на совокупность абиотических характеристик среды своего обитания.

### *Биотические факторы почвенного покрова*

В процессах образования и функционирования почвы важнейшую роль играют живые организмы. В первую очередь к ним относятся зеленые растения, извлекающие из почвы питательные химические вещества и возвращающие их обратно с отмирающими тканями. Растительность создает непрерывный поток зольных элементов из более глубоких слоев почвы к поверхности, т.е. их биологическую миграцию.

В почве постоянно обитает множество организмов различных групп. В ней живут грызуны, ящерицы, роют норы кролики. Часть жизненного цикла многих беспозвоночных (жуки, прямокрылые и т.п.) также проходит в почве. Ходы и норы способствуют перемешиванию и аэрации почвы, облегчают рост корней.

Протекающие в почве процессы синтеза, биосинтеза, разнообразные химические реакции преобразования веществ связаны с жизнедеятельностью бактерий.

Среди почвенных бактерий особую функцию выполняют нитрифицирующие (азотфиксирующие), играющие важнейшую роль в круговороте азота в природе.

### Закономерности воздействия факторов среды на организмы

Экологические факторы динамичны, изменчивы во времени и пространстве. Теплое время года регулярно сменяется холодным, в течение суток наблюдается колебание температуры и влажности, день сменяет ночь и т.п. Все это природные (естественные) изменения экологических факторов, однако в них может вмешиваться человек. Антропогенное влияние на природную среду проявляется в изменении либо режимов экологических факторов (абсолютных значений или динамики), либо состава факторов (например, разработка, производство и применение не существовавших ранее в природе средств защиты растений, минеральных удобрений и др.).

### *Закон минимума Либиха*

Любому живому организму необходимы не просто температура, влажность, минеральные и органические вещества или какие-нибудь другие факторы, а их определенный режим. Реакция организма зависит от количества (дозы) фактора. Кроме того, живой организм в природных условиях подвергается воздействию многих экологических факторов (как абиотических, так и биотических) одновременно. Любой вид животного или растения обладает четкой избирательностью к составу пищи: каждому растению необходимы определенные минеральные элементы. Для того чтобы нормально существовать, развиваться, организм должен иметь весь набор необходимых факторов в оптимальных режимах и достаточных количествах.

Тот факт, что ограничение дозы (или отсутствие) любого из необходимых растению веществ, относящихся как к макро-, так и к микроэлементам, ведет к одинаковому результату – замедлению роста, – обнаружен и изучен одним из основоположников агрохимии немецким химиком Юстасом фон Либихом. Сформулированное им в 1840 г. правило называют законом минимума Либиха: *величина урожая определяется количеством в почве того из элементов питания, потребность растения в котором удовлетворена меньше всего.*

Закон минимума справедлив как для растений, так и для животных, включая человека, которому в определенных ситуациях приходится употреблять минеральную воду или витамины для компенсации недостатка каких-либо элементов в организме. Важной поправкой и дополнением служит закон *неоднозначного (селективного) действия фактора на различные функции организма: любой экологический фактор неодинаково*

влияет на функции организма, оптимум для одних процессов, например дыхания, не есть оптимум для других, например пищеварения, и наоборот.

Рюбелем Э. в 1930 г. был установлен закон (эффект) компенсации (взаимозаменяемости) факторов: *отсутствие или недостаток некоторых экологических факторов может быть компенсировано другим близким (аналогичным) фактором.*

Например, недостаток света может быть компенсирован для растения обилием диоксида углерода, а при построении раковин моллюсками недостающий кальций может заменяться на стронций.

Однако подобные возможности чрезвычайно ограничены. В 1949 г. В.Р. Вильямс сформулировал закон *незаменимости фундаментальных факторов: полное отсутствие в среде фундаментальных экологических факторов (света, воды, биогенов и т.д.) не может быть заменено другими факторами.*

К этой группе уточнений закона Либиха относится несколько отличное от других *правило фазовых реакций «польза – вред»: малые концентрации токсиканта действуют на организм в направлении усиления его функций (их стимулирования), тогда как более высокие концентрации угнетают или даже приводят к его смерти.*

Эта токсикологическая закономерность справедлива для многих (так, известны лечебные свойства малых концентраций змеиного яда), но не всех ядовитых веществ.

### *Закон лимитирующих факторов Шелфорда*

Фактор среды ощущается организмом не только при его недостатке. Проблемы возникают также и при избытке любого из экологических факторов. Из опыта известно, что при недостатке воды в почве ассимиляция растением элементов минерального питания затруднена, но и избыток воды ведет к аналогичным последствиям: возможна гибель корней, возникновение анаэробных процессов, закисание почвы и т.п. Жизненная активность организма также заметно угнетается при малых значениях и при чрезмерном воздействии такого абиотического фактора, как температура.

Фактор среды наиболее эффективно действует на организм только при некотором среднем его значении, оптимальном для данного организма. Чем шире пределы колебаний какого-либо фактора, при котором организм может сохранять жизнеспособность, тем выше устойчивость, т.е. толерантность данного организма к соответствующему фактору (от лат. *tolerai* – терпение). Таким образом, *толерантность* – это способность организма выдерживать отклонения экологических факторов от оптимальных для его жизнедеятельности значений.

Впервые предположение о лимитирующем (ограничивающем) влиянии максимального значения фактора наравне с минимальным значением было высказано в 1913 г. американским зоологом В. Шелфордом, установившим

фундаментальный биологический закон *толерантности*: любой живой организм имеет определенные, эволюционно унаследованные верхний и нижний пределы устойчивости (толерантности) к любому экологическому фактору.

Другая формулировка закона В. Шелфорда поясняет, почему закон толерантности одновременно называют *законом лимитирующих факторов*: даже единственный фактор за пределами зоны своего оптимума приводит к стрессовому состоянию организма и в пределе – к его гибели.

Поэтому экологический фактор, уровень которого приближается к любой границе диапазона выносливости организма или заходит за эту границу, называют *лимитирующим фактором*.

Закон Митчерлиха – Бауле, названный А. Тинеманом *законом совокупного действия*, также описывает воздействие факторов на живой организм: *совокупность факторов воздействует сильнее на те фазы развития организмов, которые имеют наименьшую пластичность – минимальную способность к приспособлению*.

### Реакция организмов на изменения уровня экологических факторов

Оптимальное воздействие на разные организмы один и тот же фактор может оказывать при различных значениях. Так, одни растения предпочитают очень влажную почву, а другие относительно сухую. Некоторые животные любят сильную жару, иные лучше переносят умеренную температуру среды и т.д.

Кроме того, живые организмы делят на способных существовать в широком или узком диапазонах изменения какого-либо фактора среды. К каждому экологическому фактору организмы приспособляются относительно независимым путем. Организм может иметь приспособленность к узкому диапазону одного фактора и к широкому диапазону – другого. Для организма имеет значение не только амплитуда, но и скорость колебаний того или иного фактора.

Если влияние условий среды не достигает предельных значений, живые организмы реагируют на него определенными действиями или изменениями своего состояния, что в конечном итоге к выживанию вида. Преодоление неблагоприятных воздействий животными возможно двумя способами: 1) путем их избегания, 2) путем приобретения выносливости. Первый способ используют животные, обладающие достаточной подвижностью, благодаря которой они мигрируют, строят убежища и т.п. В основе ответных реакций растений лежит выработка приспособительных изменений их строения и процессов жизнедеятельности. При ритмически повторяющихся климатических ситуациях растения и животные могут приспособиться путем выработки соответствующей временной организации жизненных процессов, в результате чего у них чередуются периоды активного

функционирования организма с периодами спячки (ряд животных) или с состоянием покоя (растения).

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение, что представляет собой среда и экологические факторы.
2. Перечислите возможные экологические факторы.
3. Рассмотрите климатические факторы.
4. Рассмотрите основные топографические факторы.
5. Дайте краткую характеристику космическим и высокотемпературным факторам.
6. Рассмотрите состав водной, воздушной и почвенной среды.
7. Дайте характеристику биотическим факторам.
8. Рассмотрите классификацию биотических связей. Дайте определения и приведите примеры.
9. Что представляет собой совокупное воздействие экологических факторов?
10. Как живые организмы реагируют на изменение уровня экологических факторов?
11. Рассмотрите закономерности воздействия факторов среды на организмы.

## Лекция №3

# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОЕНИИ ЗЕМЛИ. УЧЕНИЕ ВЕРНАДСКОГО О БИОСФЕРЕ

1. Биосфера и ее структура
2. Биологические структуры биосферы
3. Эволюция биосферы

### Биосфера и ее структура

Впервые определил биосферу как область жизни (лат. *bios* – живой, *sphaira* – область, шар) Жан-Батист Ламарк. В 1875 году австрийский геолог Э. Зюсс назвал биосферу особой оболочкой Земли, которая образована живыми организмами. В 1920-е годы русский академик В.И. Вернадский разработал учение о биосфере и геологической роли живых организмов в истории нашей планеты. Он писал: «Биосфера есть область активной жизни, целостная, саморегулирующаяся открытая система, общепланетарная оболочка, к выделению которой привело развитие жизни на Земле». Границы биосферы включают распространение живых организмов в трех оболочках Земли – в воздушной, водной и каменной. Воздушная оболочка Земли – это нижние слои атмосферы: 8–10 км в полярных широтах и 16–18 км у экватора. Ее состав – газообразные вещества (кислород, азот, углекислый газ, озон), пары воды, космические частицы и пылевые частицы с поверхности Земли. Ограничивающими факторами для распространения живого являются ультрафиолетовое излучение, низкая температура, недостаток воды и кислорода. Здесь, в основном, встречаются споры и бактерии. На высоту до 7 км могут подниматься птицы (например, орлы), в горах (до 6 км в высоту) можно встретить насекомых и некоторые виды растений. По физическим свойствам атмосфера имеет ярко выраженное слоистое строение и подразделяется на несколько сфер:

*Тропосфера* – это нижняя часть атмосферы, в которой сосредоточено более 75 % массы всей атмосферы ( $5 \cdot 10^{18}$  кг). Ее высота определяется интенсивностью вертикальных (восходящих или нисходящих) потоков воздуха, вызванных нагреванием земной поверхности. Поэтому на экваторе она простирается до высоты 16–18 км, в умеренных широтах – до 10–11 км, а на полюсах – до 8 км. Отмечено закономерное понижение температуры воздуха с высотой – в среднем на  $0,6$  °C на каждые 100 м.

*Стратосфера* – располагается выше тропосферы до высоты 50–55 км. В стратосфере находится 20 % всей массы атмосферы. Температура у ее верхней границы повышается, что связано с наличием здесь пояса озона на высотах 20–30 км в зависимости от широты.

*Мезосфера* – верхняя граница этого слоя располагается до высоты 80 км. Главная ее особенность – резкое понижение температуры до  $-75$ – $90$  °C у ее

верхней границы. Здесь фиксируются серебристые облака, состоящие из ледяных кристаллов.

*Ионосфера (термосфера)* – располагается до высоты 800 км, для нее характерно значительное повышение температуры (более 1000 °С). Под действием ультрафиолетового излучения Солнца газы находятся в ионизированном состоянии. С ионизацией газов связано свечение газов и возникновение полярных сияний. Ионосфера обладает способностью многократно отражать радиоволны, что обеспечивает дальнюю радиосвязь на Земле.

*Экзосфера* – располагается выше 800 км и простирается до 2000–3000 км. Здесь температура превышает 2000 °С. Скорость движения газов приближается к критической величине 11,2 км/с. Преобладают атомы водорода и гелия, которые образуют вокруг Земли корону, простирающуюся до высоты 20 тыс. км.

Сухой воздух, лишенный примесей, по составу практически одинаков по всей территории Земли. Состав атмосферного воздуха над незагрязненной территорией приведен в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Валовый состав незагрязненного воздуха

Компонент	Содержание	Компонент	Содержание
Азот	78,04%	Аргон	0,934%
Кислород	20,94%	Неон	18,18 ppm
Вода	0,5 – 4%	Гелий	5,24 ppm
Углекислый газ	360 ppm	Криптон	1,14 ppm
Метан	1,7 ppm	Ксенон	0,087 ppm
Водород	0,5 ppm		

Водная оболочка Земли называется гидросфера, или Мировой океан (занимает 70,8% поверхности земного шара). Средняя глубина Мирового океана – 4 км, максимальная – до 11,5 км. Жизнь впервые появилась в океане. Вода – важная составляющая часть всех компонентов биосферы. Она необходима для существования живых организмов. Мировой океан – регулятор тепла: быстро накапливает тепло и медленно его отдает. Он является также преобразователем энергии. Энергия Солнца автотрофными водными организмами превращается в энергию химических соединений. Преобразование энергии происходит при испарении воды с поверхности океана, в процессе приливов и отливов. Ограничивающими факторами для живого в океане являются давление водного столба, содержание кислорода, проникновение света. Наибольшая насыщенность жизнью – на глубине до 200 метров. В толще воды обитают организмы планктона, находящиеся во взвешенном состоянии и пассивно переносимые водным течением. Это могут быть одноклеточные водоросли, представители низших ракообразных (дафнии, циклопы), личинки различных видов живых организмов.

Организмы, которые ведут придонный образ жизни, входят в группу бентоса (представители многоклеточных водорослей, иглокожих, губок, кишечнополостных, моллюсков, рыб).

Каменная, или твердая, оболочка Земли, называется литосфера. Ее протяженность – до 100 км. Верхний слой представлен осадочными породами и гранитом, нижний – базальтом. Почва состоит из трех фаз: твердой, жидкой и газообразной. Около половины объема почвы составляет почвенный воздух и почвенный раствор.

В *твердой фазе* преобладают минеральные образования – *первичные* (кварц, полевые шпаты, слюда) и *вторичные* (каолинит, гидрослюды и др.). Сюда же относятся различные органические вещества, в том числе и гумус (перегной), почвенные коллоиды, имеющие органическое, минеральное или органоминеральное происхождение.

*Почвенный раствор* составляет вода с растворенными в ней минеральными веществами (простые, сложные и комплексные катионы и анионы), органическими веществами (например, моносахариды, фульфо-кислоты) и растворенными газами.

*Почвенный воздух* включает газы, заполняющие свободные от воды поры, а также газы, адсорбированные коллоидными частицами и растворенные в почвенном растворе. Благодаря деятельности почвенных организмов состав атмосферного и почвенного воздуха сильно отличается. В почвенном воздухе в десятки и сотни раз больше углекислого газа, но меньше кислорода, содержание азота приблизительно одинаковое. Почвенный воздух сильно обогащен парами воды (близко к 100 %), а также разнообразными летучими органическими и неорганическими биогенными соединениями. Благодаря деятельности аэробных бактерий, которые окисляют водород, метан, соединения серы, не выпуская эти газы из почвы в атмосферу, в почве происходит почти замкнутый круговорот перечисленных выше газов, а в атмосферу выходит преимущественно CO<sub>2</sub>.

Любые почвы содержат 92 элемента Периодической системы, а в случае химического загрязнения в почвах обнаруживаются некоторые элементы в значительно больших количествах, чем фоновые, а также дополнительно трансурановые элементы.

Органическое вещество почвы состоит из слабоизмененных остатков растений, продуктов их измельчения и преобразования микроорганизмами и мезофауной, а также из специфических почвенных органических веществ, которые представляют собой гумус.

*Гумус* (от лат. *humus* – земля, почва), или перегной – органическое вещество почвы, образующееся в результате разложения растительных и животных остатков и продуктов жизнедеятельности организмов.

*Состав гумуса: гуминовые и фульвокислоты, их соли и гумин* – своеобразный комплекс гумусовых кислот, связанных с высокодисперсными минеральными частицами. Резкой границы между ними нет, они

связаны между собой постепенными переходами и характеризуются различным отношением к растворителям.

*Гуминовые кислоты* (ГК) – темноокрашенная фракция органических веществ с переменным составом: С от 48 до 64 %, Н 3,4–5,6 %, N 2,7–5,3 %, не растворимые в воде, но растворимые в щелочах, осаждаются минеральными кислотами при рН 1–2. Благодаря высокой клеящей способности создают структуру почв, считаются активаторами роста растений.

*Фульвокислоты* (ФК) – специфические органические кислоты, растворимые в воде и минеральных кислотах, имеют сходное строение с ГК.

*Гумин* – наименее изученная часть гумуса, и его роль в природных процессах не ясна. Много неясностей остается и в исследованиях ГК и ФК.

Средой обитания многих организмов в литосфере является почвенный слой (примерно до 10 метров). Проникновение живых организмов в глубь литосферы ограничивают высокая температура, отсутствие света и давление. Почва есть та среда, которая связывает в единое целое всю биосферу. Эта среда обитания многих видов бактерий, протистов и животных, практически всех растений. С почвой связаны круговороты всех химических элементов и их соединений в природе.

Вещество биосферы:

- живое вещество (совокупность живых организмов) – 0,25% всего вещества биосферы;

- биогенное вещество, созданное и переработанное в процессе жизнедеятельности организмов (газы атмосферы, нефть, каменный уголь и др.);

- косное вещество, образующееся без участия живых организмов (продукты тектонической деятельности);

- биокосное вещество, образующееся в результате деятельности организмов и абиогенных процессов (почва);

- рассеянные атомы и молекулы, образующиеся из земного вещества под влиянием космических лучей;

- вещества в радиоактивном распаде;

- вещества космического происхождения в виде молекул и атомов.

По определению В. И. Вернадского «живое вещество» – это все живые организмы биосферы.

Главными их функциями являются запасание солнечной энергии и обеспечение геохимических процессов в биосфере. В состав живого вещества входят: примерно 500000 видов растений, 5000 видов прокариот, 30000–60000 видов протистов, около 100000 видов грибов и 2 млн видов животных. Живые организмы в процессе фотосинтеза на планете за год синтезируют 46 млрд тонн органических углеродосодержащих веществ и  $123 \cdot 10^9$  т кислорода.

## Биологические структуры биосферы

Организмы (особи) определенных видов объединяются в популяции. Популяции входят в состав биогеоценозов. Биогеоценозы – структурные единицы биосферы. Основа сходства функционирования биогеоценозов – трофические связи.

В биогеоценозах постоянно функционирует система «атмосфера – почва – растения – животные – микроорганизмы – атмосфера». Благодаря этой системе идет круговорот химических элементов.

Докучаев В.В. назвал его биогеохимическим круговоротом. Взаимосвязи биологических систем в биосфере помогают понять механизм экологического гомеостаза: нарушения в какой-то одной системе приводят к нарушению равновесия в других, взаимозависимых системах.

## Эволюция биосферы

Первые этапы эволюции биосферы проходили под влиянием естественных геоклиматических изменений и изменений видового состава и численности живых организмов. Позже, с появлением человеческого общества, присоединился антропогенный фактор. Выделяют 6 этапов эволюции биосферы:

I-й этап. Возникновение и развитие жизни в воде – первые организмы назывались гидробионты. Начинается формирование биосферы.

II-й этап. У гидробионтов появляются паразиты и симбионты. Формируется новая среда жизни – организм хозяина. Появляются фотосинтез, окислительная атмосфера, аэробные организмы.

III-й этап. Организмы выходят из воды на сушу и осваивают наземно-воздушную среду жизни и почву. Происходит формирование почвы.

IV-й этап. Развиваются все среды жизни – вода, почва, воздух, организм. Появляется человек. Он становится биосоциальным существом. Биогенез (эволюция под воздействием биологических факторов) переходит в социогенез.

V-й этап. Законы природы переплетаются с социально-экономическими законами развития общества – проходит социальный этап эволюции.

Формируется новая оболочка Земли – ноосфера.

VI-й этап. С появлением ноосферы социогенез сменяется ноогенезом. Человек становится мощной геологической силой в биосфере. Термин «ноосфера» в 1927 году предложили французские ученые-философы Э. Леруа и П. Тейяр де Шарден.

Они определили ноосферу как «сферу разума». В 1944 году в работе «Несколько слов о ноосфере» В. И. Вернадский дал более широкое определение: «Ноосфера – это стадия развития биосферы, связанная с по-

явлением человечества. Она включает человеческое общество, взаимодействующее с техникой, наукой, культурой, языками, разными видами разумной деятельности».

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «биосфера».
2. Рассмотрите состав и структуру атмосферы.
3. Рассмотрите состав и структуру гидросферы.
4. Рассмотрите состав и структуру литосферы.
5. Что представляют собой биологические структуры биосферы?
6. Эволюция биосферы. Основные понятия и этапы.

## Лекция № 4 ЭКОЛОГИЯ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

1. Состояние биосферы и болезни
2. Охрана здоровья человека
3. Биологические факторы риска
4. Химические факторы
5. Физические факторы
6. Факторы добровольного риска

### Состояние биосферы и болезни

Человек – лишь незначительная часть биосферы. На протяжении тысячелетий он стремился не столько приспособиться к природной среде, сколько сделать ее удобной для своего существования.

На здоровье человека влияет множество экологических факторов: болезнетворные микроорганизмы, загрязнение воздуха, воды, почвы, питание, погода, другие условия окружающего мира.

### Охрана здоровья человека

Это проблема, которая приобрела глобальный характер раньше других экологических проблем. Еще в эпоху средневековья и раннего капитализма распространялись грозные эпидемии и пандемии, против которых национальные меры были малоэффективны – потребовались согласованные международные действия. В 1881 г. Луи Пастер открыл принцип действия вакцин, вырабатывающих невосприимчивость организмов к некоторым заразным болезням. В 1883 г. Мечников создал теорию иммунитета. Однако до сих пор не удалось получить эффективных вакцин против малярии, гриппа, стафилококков, венерических заболеваний, не говоря уже о раке и СПИДе.

Особенности воздействия человека на окружающую природу и окружающую среду вытекают из его двойственного положения в биосфере. С одной стороны, человек – это биологический вид, являющийся элементом экосистемы и входящий в общую систему круговоротов вещества и энергии, с другой стороны – член социума, пользующийся всеми его достижениями.

Происхождение человека, его становление как биологического вида называется *антропогенезом*.

Движущимися факторами антропогенеза являются как биологические, так и социальные факторы.

*Биологические факторы* – это наследственность, изменчивость, борьба за существование и естественный отбор.

*Социальные факторы* – это трудовая деятельность человека, его общественный образ жизни, речь и мышление.

Человек имеет биосоциальную природу и развивается под воздействием двух программ: биологической и социальной. Первая определяет его морфофизиологические особенности, в результате второй происходит формирование личности человека, его социокультурных ценностей, морали, политических убеждений и т.п. Сегодня эволюция человека продолжается.

Предположительно, она идет даже более быстрыми темпами, чем ранее. Во-первых, на всех стадиях онтогенеза присутствует естественный отбор, во-вторых, возросла доля мутаций как в соматических, так и в половых клетках человека, в связи с увеличением роли мутагенов, поступающих в окружающую среду из-за активно идущего техногенеза.

Мутации – это внезапно и случайно появляющиеся изменения в наследственной информации соматических клеток (соматическая мутация) или в зародышевых клетках, которые не являются следствием рекомбинации и которые наследуются. Фенотипически эти изменения проявляются в разной степени. Изменения признаков, вызванные мутацией, могут быть рецессивными и у особей с диплоидным набором хромосом могут явно не проявляться, а также не иметь заметных последствий.

- Мутации в соматических клетках при митозе наследуются и передаются во все последующие поколения клеток. В этом случае особь наряду с клетками исходного генотипа будет иметь, кроме того, мутантные клетки. Особь оказывается мозаичной. Изменчивость особи зависит от стадии развития, в ходе которой возникла мутация.

- Мутация в зародышевых клетках оказывает влияние на всю развивающуюся из оплодотворенной яйцеклетки особь. Измененная наследственная информация передается всем клеткам тела при митозе в ходе индивидуального развития, а при размножении наследуется потомками.

- Неядерные мутации касаются изменений, происходящих у млекопитающих в ДНК митохондрий. Они проявляются в сложных нарушениях всего организма, например, в виде дефектов дыхания.

Мутагены оказывают действие на весь организм, но действуют ненаправленно. К мутагенам можно отнести: радиоактивное и рентгеновское излучение; холодовой шок и высокие температуры; колхицин и никотин; азотистую кислоту и всевозможные газы, среди которых безусловно выделяется иприт.

При нормальной жизнедеятельности организма мутации могут возникнуть спонтанно, и тогда выяснить внешнюю причину мутаций сложно. Однако мутации могут быть индуцированными, т.е. вызываться физическими или химическими воздействиями. Однако даже в этом случае при использовании мутагенов не удается вызвать направленных мутаций.

Вид человек разумный сегодня подразделен на 3 (5) рас: европеоидную, монголоидную, австрало-негроидную или на европеоидную, монголоидную, американскую, австралоидную и негроидную. Расы возникли вследствие расселения и последующей изоляции на долгое время популяций

неоантропов, живших в разных природно-климатических зонах. Различия между расами заключаются в цвете кожи, в форме носа, разрезе глаз, в особенностях потовыделения и т.п. Они сформировались вследствие адаптаций людей к определенному образу жизни. Однако все имеющиеся отличия не мешают людям разных рас создавать семьи и оставлять потомство.

В истории развития вида человек разумный произошло три революции: *неолитическая* (около 10–12 тысяч лет назад), приведшая к тому, что человек перестал вести кочевой образ жизни и начал заниматься сельским хозяйством; *промышленная* (начало XIX века) – знаменовалась тем, что стало развиваться промышленное производство и сельскохозяйственные труженики стали наемными рабочими, и *экологическая* (70-е годы XX века) связана с техническими достижениями человечества и с ростом загрязнения окружающей среды. Начиная со второй революции – промышленной – активно наметилась тенденция к урбанизации.

Урбанизация – это исторический процесс, связанный с ростом городов и распространением городского образа жизни. Урбанизация имеет объективный характер, однако она приносит в жизнь человечества очень много проблем, поскольку с улучшением условий существования происходит концентрация промышленных производств, увеличение количества транспорта, сокращение зеленых насаждений и, как следствие, появление новых мутагенов и рисков для жизни человека. Сегодня на Земле проживает около 7 млрд человек. Средняя продолжительность жизни, по данным ООН, составляет 62 года (63 – у женщин и 60 у мужчин). В России мужчины в среднем живут до 58 лет, женщины – до 71 года. Есть страны (Япония), где средняя продолжительность жизни выше (мужчины до 75 лет, женщины до 81 года). По прогнозам ученых в дальнейшем ожидается увеличение общей численности населения и, как следствие, дальнейшая активизация процесса урбанизации.

Существует несколько прогнозов роста численности населения (приведено по И. Щукину, 2004). По 1 варианту (неустойчивое развитие) к концу XXI века возможен рост численности населения до 28–30 млрд человек, что сделает затрудненным обеспечение населения продуктами питания. По 2 варианту (устойчивое развитие) численность населения необходимо стабилизировать на уровне, не превышающем 10 млрд человек, что будет соответствовать удовлетворению жизненных потребностей человека и дальнейшему нормальному развитию общества. Безусловно, также необходимо ограничить и общую численность проживающего в городах населения. Сегодня существует несколько десятков городов-миллионеров, среди которых самыми крупными мегаполисами можно считать Токио (27 млн человек), Нью-Йорк и Сан-Паулу (17 млн человек), Мехико, Шанхай, Бомбей (около 15 млн человек). В Москве численность населения вместе с приезжими составляет около 12 млн человек. Безусловно,

территории с высокой плотностью населения порождают массу проблем, среди которых на первом месте стоит загрязнение окружающей среды.

Появились новые болезни. Есть факторы, говорящие о том, что некоторые ядовитые выбросы в воздух и водоемы влияют на наследственность. Растет число новорожденных с генетическими отклонениями от нормы. Очень велика детская смертность. Ежегодно появляются десятки тысяч химических соединений, действие которых на организм неизвестно. Причины «средовых болезней» разнообразны. Основные факторы риска представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Основные факторы риска

Сферы	Группы факторов	Значение для здоровья – примерный удельный вес, %
Образ жизни	Курение, потребление табака, несбалансированное питание, употребление алкоголя, вредные условия труда, стрессовые ситуации, плохие материально-бытовые условия, непрочность семей, одиночество	49 – 53
Генетика, биология человека	Предрасположенность к наследственным и дегенеративным болезням	18 – 22
Внешняя среда, природные условия	Загрязнение воздуха и воды канцерогенами, другие загрязнения воздуха и воды, загрязнение почвы, жилища, резкая смена погоды, различные излучения	17 – 20
Здравоохранение	Неэффективность профилактических мероприятий, низкое качество медицинской помощи и ее несвоевременность	8 – 10

Статистика говорит, что 60–90% наиболее грозных раковых заболеваний человека обусловлено факторами окружающей среды: загрязнением канцерогенами воздуха, воды, товаров, строительных материалов, качеством питания и лекарств, табаком, наркотиками и т.д. Рак – общечеловеческая проблема: около 2,9 млн случаев ежегодно регистрируется в развитых странах и 3 млн – в развивающихся. Опасно влияние на здоровье человека разнообразных вредных веществ: ртути, кадмия, диоксинов, нитратов, пестицидов и т.д. Страшно то, что воздействие большинства так называемых средовых загрязнителей отдельный человек почти не может контролировать. Экологические факторы, влияющие на здоровье людей, условно можно подразделить на биологические, химические, физические и факторы добровольного риска.

## Биологические факторы риска

В окружающей человека природной среде обитает огромное число патогенных микроорганизмов природного и антропогенного происхождения, вызывающих различные болезни.

*Инфекционные заболевания* в современном мире характерны в первую очередь для слаборазвитых стран. До недавнего времени в Азии, Африке и Латинской Америке были распространены практически забытые в развитых странах оспа, чума, холера, малярия. Сегодня благодаря успехам медицины и фармакологии ситуация изменилась в лучшую сторону. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) взяла на себя координации всех мер, направленных на борьбу с болезнями.

Рост инфекционных заболеваний является индикатором социально-экономического неблагополучия страны и отдельных регионов. Туберкулез относится к числу типичных социальных болезней. В России после длительного медленного снижения заболеваемости туберкулезом началось резкое ухудшение эпидемиологической ситуации. В нашей стране встречается также лептоспироз, возбудитель которого переносится обыкновенными мышами-полевками. Во многих странах серьезная проблема – гепатит. Наиболее массовой инфекцией остается грипп.

«Чума» XX века – синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД). В 1990 эпидемия СПИДа охватила 156 стран, расположенных на всех континентах. Общее число больных, по мнению экспертов ВОЗ, в 1997 г. составило 600 тыс. человек. Сейчас в мире зарегистрировано 30 млн случаев заражения СПИДом. Эта болезнь поражает иммунную систему человека, делает ее неспособной сопротивляться смертоносному вирусу. Основные ее симптомы таковы: увеличение лимфатических узлов; длительное беспричинное повышение температуры – от 37 до 39 °С; прогрессирующая потеря веса; частые гнойные поражения; длительное расстройство стула.

СПИД отличается от других болезней тем, что в его распространении решающую роль играет нравственное и духовное состояние общества. В России зарегистрировано 350000 больных СПИДом.

Создание вакцины против СПИДа осложняется отсутствием живой модели, т.е. животных, обладающих иммунной системой, сходной с иммунной системой человека.

## Химические факторы

Последствия для человека химических загрязнений биосферы зависят от их природы, концентраций и времени действия. Реакция организма на загрязнения зависит от возраста, пола, состояния здоровья. Наиболее уязвимы дети, пожилые и больные люди. При систематическом поступлении в организм даже небольших количеств токсичных веществ могут наступать хронические отравления, признаками которых являются

нейропсихические отклонения, утомления, сонливость или бессонница, апатия, ослабление внимания. Сходные признаки наблюдаются и при радиоактивном загрязнении среды, превышающем нормы. Высокотоксичные соединения часто приводят к хроническим заболеваниям различных органов и нервной системы; действуют на внутриутробное развитие плода, вызывая различные отклонения у новорожденных. Медики установили прямую связь между ростом числа больных аллергией, бронхиальной астмой, раком и ухудшением экологической обстановки в регионе.

*Канцерогены* вызывают особую озабоченность людей. Установлено, что многие вещества (хром, никель, бериллий, асбест, табак и др.) являются канцерогенными. Еще в прошлом веке рак был почти неизвестен у детей, сейчас он встречается среди них довольно часто. Пища, воздух и вода также могут содержать токсичные и канцерогенные вещества, представляющие опасность для человека. Интересно, что процент заболеваний той или иной формой рака различен в разных регионах и разных группах населения.

#### Основные причины заболевания раком

Причина заболевания	Доля от числа заболевших, %
Курение	30
Пища	35
Условия работы	5
Спиртные напитки	3
Различные виды излучения	3
Загрязнения воздуха и воды	2
Лекарства, рентген	1
Пищевые добавки	1
Пенопласт, асбест, некоторые красители для волос и другие потребительские товары	1
Причины, не связанные с окружающей средой (травмы, инфекции, беременность и т.д.)	17

Многие канцерогены могут вызывать необратимые изменения в генах, называемые *мутацией*.

*Диоксины* – группа хлорсодержащих органических веществ, которую в последние годы считают наиболее экологически опасной. В данную группу входят универсальные клеточные яды, поражающие все живое. Пик выброса диоксинов пришелся на 60–70-е гг. XX в. Диоксины не производятся промышленно, они образуются при производстве других химических веществ – синтезе гексахлорфенолов, гербицидов и др. Источниками диоксинов являются также сточные воды предприятий целлюлозно-бумажной, металлообрабатывающей, электронной, радиопромышленности и др., использующих для обезжиривания хлорорганические растворители. Кроме того, диоксины попадают в атмосферу с выхлопными газами автомобилей, при хлорировании питьевой воды, горении «техногенной»

древесины и т.д. Загрязнение среды возникает и при промышленных авариях.

Диоксины способны влиять на репродуктивную систему. У рабочих, занятых в производств хлорфенолов и гербицидов, отмечается импотенция, а у их жен – повышенная частота выкидышей.

*Продукты питания и лекарственные препараты* могут содержать вещества, оказывающие вредное воздействие на здоровье людей. До 40% смертей от рака можно связать с питанием или приготовлением пищи. Даже обжаривание мяса может приводить к образованию канцерогенных веществ. Излишний жир иногда стимулирует выработку гормонов, способствующих возникновению рака молочной железы. Избыточное потребление соли может приводить к появлению гипертонии, избыток сахара – к порче зубов и т.д. Добавки и загрязнения, присутствующие в продуктах, медикаментах и косметических товарах, способны также вызывать различные заболевания. В медикаменты тоже вводят примеси для маскировки горечи или иного неприятного вкуса. Красители и ароматизаторы используются также для замены дорогих натуральных компонентов. Например, вместо натурального сока в ароматизированные безалкогольные напитки часто добавляют заменитель. Фактически целые группы продуктов, в том числе и диетических, вероятно, не могли бы существовать без добавок, необходима уверенность в том, что они безвредны. В США было испытано около 450 химических добавок, 80% из которых были объявлены безвредными, 14% – вероятно безвредными и около 5% – сомнительными. Споры вызывают и синтетические заменители сладких веществ. Использование пищевых красителей также возможно только в соответствии с утвержденными списками. В качестве консервантов мяса и рыбы обычно применяют нитраты и нитриты. Они предотвращают рост бактерий, вызывающих пищевые отравления, придают мясу характерную розовую окраску и особый вкус, к которому люди привыкли. Много нитратов поступает в организм с овощами.

Нитриты, например, реагируя с гемоглобином, превращают его в метгемоглобин, не способный переносить кислород. При инактивации 70% гемоглобина в крови наступает смерть. Поэтому устанавливается предельное содержание нитритов в пищевых продуктах.

Даже некоторые витамины (особенно А и Д) при передозировках могут накапливаться в организме до токсических уровней. Съедобные природные продукты (грибы, некоторые растения, плесневые грибки, появляющиеся в крупах, орехах, кукурузе и т.д.) могут синтезировать для своей защиты токсические вещества, многие из которых обладают канцерогенным, тератогенным и мутагенным действием.

## Физические факторы

Физические экологические факторы влияют на здоровье человека не меньше, чем химические соединения. К физическим воздействиям относятся различные излучения, шумы, климатические погодные условия и т.д. Большинство физических факторов внешней среды, с которыми взаимодействует человек, имеют электромагнитную природу. Электромагнитный спектр включает много видов излучений: от длинноволновых до микроволновых.

Влияние лучей на здоровье человека зависит от длины волны. Когда говорят об «облучении», имеют в виду воздействие коротких волн. Эти типы излучений известны как ионизирующая радиация. Воздействие длинных волн называют неионизирующим излучением. Эти два типа излучений по-разному влияют на здоровье людей.

*Ионизирующее излучение* состоит из рентгеновских лучей, гамма-лучей и космических лучей. Эти виды лучей обладают энергией, достаточной для превращения атомов в ионы с высвобождением электронов. Воздействием этих ионов и обусловлены изменения в клетках организма. Распад ядер радиоактивных элементов также порождает ионизирующее излучение, состоящее из  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -лучей. Наиболее опасно  $\gamma$ -излучение, так как оно проходит через несколько сантиметров свинцовой защиты. Опасность рентгеновских лучей возрастает на больших высотах. Поэтому работа космонавтов может быть приравнена к работе с радиоактивным излучением.

Люди подвергаются действию ионизирующих излучений при рентгене, радиоактивном распаде элементов и из космоса. Если исключить воздействие источников, созданных человеком, то уровень излучения будет соответствовать естественному радиационному фону.

Некоторые радиоактивные элементы могут накапливаться в пищевых цепях. Например, известны случаи накопления цинка-65 в моллюсках. Однако их воздействие при попадании в организм с пищей недостаточно изучено, чтобы оценить его опасность.

Около половины всех излучений поступает от природных источников. Одну треть в этом естественном фоне составляют космические лучи, вторую треть – природные радиоактивные элементы в почвах и горных породах, оставшаяся треть приходится на радиоактивные элементы, присутствующие в организме человека. Грунтовая вода и природный газ могут содержать радон. Некоторые стройматериалы (камень, фосфогипс и др.) также могут быть источником излучений.

Из антропогенных источников излучений наибольшая доля принадлежит радиоактивным выбросам, рентгеновским процедурам и радиоактивным медикаментам. При путешествии на самолете увеличиваются дозы облучения космическими лучами. Табачный дым также содержит радиоактивные частицы. Значительная доля излучений приходится на радиоактивные осадки.

Последствия облучения для здоровья людей можно разделить на две категории:

- 1) острые симптомы после интенсивной кратковременной экспозиции, возможной в аварийных ситуациях и во время атомной войны;
- 2) последствия длительного облучения малыми дозами, которые выявляются спустя годы.

Ионизирующее излучение может вызывать рак молочной и щитовидной желез, легких, желудочно-кишечного тракта, костей, лейкоз, лучевую болезнь. Помимо рака, последствиями излучения могут быть генетические повреждения, т.е. мутации, которые передаются будущим поколениям. Для профессионального риска установлен предел 5 бэр в год, а для населения – 1 бэр в год, т.е. 1% от природного радиационного фона. Но и природные фоновые излучения, по некоторым оценкам, могут вызывать до 2% генетических болезней.

*Неионизирующие излучения* – радиоволны, волны от работы электростанций и линий электропередачи и др. – могут вызывать тепловое повреждение тканей, разрушать клетки и провоцировать рак. Пока нет данных о влиянии на людей доз излучений, полученных от радиопередатчиков и высоковольтных линий. Но имеются опасения, что рабочие, постоянно подвергающиеся их действию, рискуют своим здоровьем. К сожалению, в последние годы на всей территории России фактически прекратились исследования биологического действия электромагнитных полей, создаваемых линиями электропередачи, радиотелевизионными средствами связи, радиолокаторами и другими объектами. Отсутствуют эколого-гигиенические нормативы для защиты окружающей среды от возможного вредного действия этих полей. Имеется лишь план работ Минприроды РФ по выработке единой системы нормативных значений предельно допустимых уровней воздействий неионизирующих лучей.

Итак, в результате внутреннего и внешнего облучения человек в течение года в среднем получает дозу 0,1 бэр, т.е. в течение жизни – около 7 бэр. В этих дозах облучение не приносит вреда. Однако есть такие районы, где даже природный фон выше средней дозы за счет естественных радиоактивных источников.

Наибольшую же опасность, конечно, представляют антропогенные источники загрязнений. Загрязнение обусловлено в основном несанкционированно хранимыми или захороненными радиоактивными отходами, технологическими отходами производств, содержащими радионуклиды, и строительными материалами.

*Влияние шумов и звуков* также небезопасно для здоровья человека. Звук называют колебания, воспринимаемые слуховым аппаратом человека – от 16 до 20000 колебаний в секунду. Колебания большей частоты называют ультразвуком, а меньшей – инфразвук.

## Факторы добровольного риска

Помимо факторов окружающей среды, воздействие которых мало зависит от отдельного человека, существуют так называемые факторы добровольного риска, которым люди подвергают себя в процессе курения, употребления наркотиков, алкоголя и занятия различными видами спорта.

Таким образом, для минимизации воздействия на организм вредных факторов следует придерживаться здорового образа жизни. Здоровый образ жизни есть способ жизнедеятельности, соответствующий генетически обусловленным особенностям данного человека, конкретным условиям жизни и направленный на формирование, сохранение и укрепление здоровья, а также на полноценное выполнение человеком его социально-биологических функций.

Для соблюдения здорового образа жизни надо учитывать: индивидуальные наследственные особенности; природно-экологические и социально-экологические условия среды обитания человека; возрастную и половую принадлежность, социально-экономические условия жизни; личностно-мотивационные особенности человека.

Здоровый образ жизни должен определяться следующими факторами: оптимальным двигательным режимом, закаливанием, рациональным питанием, отсутствием вредных привычек.

Доминирующие факторы риска: гиподинамия, переедание, вредные привычки, стресс, загрязнение окружающей среды.

Сегодня загрязнение окружающей среды проявляется в: нарушении биоритмов, аллергиях, росте доли рождения недоношенных детей, возрастании удельного веса хронических заболеваний, росте профессиональных заболеваний. Загрязнение – это привнесение в окружающую среду или возникновение в ней новых вредных химических, физических, биологических, информационных агентов.

По видам загрязняющих агентов выделяют следующие типы загрязнений:

*физическое* – тепловое, радиоактивное, шумовое, электромагнитное, световое.

*химическое* – загрязнение тяжелыми металлами, пестицидами, аэрозолями, ПАВами (поверхностно активными веществами);

*биологическое* – загрязнение патогенными микроорганизмами, продуктами генной инженерии и т.д.

Загрязнение может быть природным или антропогенным; глобальным или региональным и локальным (местным).

Барри Коммонер сформулировал экологические закономерности, которые призваны регулировать поведение человека в современном мире:

1. «Все связано со всем». Данный закон гласит, что изменения в какой-то одной части экосистемы неизбежно приводят к изменениям в другой ее части, в результате чего либо нейтрализуется первоначальное воздействие,

либо экосистема деформируется. Все процессы, происходящие в экосистемах и в глобальной экосистеме – биосфере, взаимосвязаны через глобальные круговороты вещества, перемещения в пространстве животных и диаспор, спор и семян растений, через геофизические процессы и благодаря влиянию антропогенного фактора во всех частях планеты.

2. «Все должно куда-то деваться». По сути, этот закон есть перефразированный закон сохранения массы вещества и энергии. Другими словами, если в процессе производства создается какой-то новый элемент, то должны существовать в природе круговороты, в которые он может встроиться или организмы-редуценты, которые смогут его переработать. Следовательно, необходимо отслеживать поведение каждого химического элемента, без чего невозможно определить истинное количество и состав отходов и выбросов в окружающую среду.

3. «Ничто не дается даром». В естественных экосистемах возникновение новых жизненных форм, появление новых видов или изменения в неживой природе неизбежно приводят к изменениям сложившихся взаимосвязей между элементами экосистемы. Это означает то, что человек не может безвозмездно использовать природные ресурсы, он обязан что-то возвращать в окружающую его природу.

4. «Природа знает лучше». Этот закон означает, что наши знания о природе весьма ограничены. Несмотря на то, что мы много знаем и умеем, естественные экосистемы устойчивее агро- и урбоценозов, а естественный отбор надежнее искусственного.

5. «За все нужно платить». Этот закон говорит о том, что ни в коем случае нельзя наносить вред окружающей природе, и что в случае уничтожения отдельных видов или целых экосистем человечество лишает себя не только ценных лекарственных, пищевых или технических ресурсов, но и самой возможности комфортного существования в будущем.

### Контрольные вопросы

1. Что представляет собой антропогенез? Его движущие силы.
2. Мутация как процесс антропогенеза.
3. Дайте определение понятию «урбанизация».
4. Перечислите основные причины средовых заболеваний.
5. Охарактеризуйте химические факторы риска.
6. Охарактеризуйте физические факторы риска.
7. Дайте характеристику биологическим факторам риска.
8. Факторы добровольного риска. Краткая характеристика.

## Лекция № 5

# ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

1. Демографические проблемы
2. Продовольственные проблемы
3. Энергетические проблемы
4. Загрязнение воздуха
5. Загрязнение воды
6. Загрязнение почвы

В процессе эволюции общество породило множество социальных, экономических и экологических проблем.

Сложилась парадоксальная ситуация: мировая цивилизация достигла поразительных высот и в то же время оказалась на краю пропасти. К общепланетарным проблемам относятся: экспоненциальный рост численности населения; истощение природных ресурсов; загрязнение окружающей среды; обострение энергетического кризиса; нехватка продовольствия и нищета в слаборазвитых странах; угроза ядерной войны; эскалация этнических конфликтов и малые войны; возникновение эпидемий; разгул бандитизма и терроризма; религиозные конфликты; кризис культуры, нравственности, семьи; экологические проблемы глобального и регионального масштабов и т.д.

### Демографические проблемы

Рост народонаселения в значительной мере определяет будущее планеты: растут потребности, развиваются технологии, иссякают природные ресурсы, повышается нагрузка на биосферу, разрушается окружающая человека природная среда и т.д. Сегодня эта проблема волнует демографов, социологов, экономистов, экологов и политиков.

Динамика народонаселения определяет демографическую ситуацию в отдельных странах и в мире. Население увеличивается при превышении темпов рождаемости над темпами смертности. Демографы для оценки этих процессов пользуются не абсолютным числом родившихся и умерших людей, а *коэффициентами рождаемости (КР) и коэффициентами смертности (КС)*:

$$КР = \frac{\text{число рожденных детей в год}}{\text{численность населения на середину года}} \cdot 1000;$$

$$КС = \frac{\text{число умерших за год}}{\text{численность населения на середину года}} \cdot 1000.$$

Коэффициенты отражают число рожденных или умерших на 1000 жителей в год. Ежегодный прирост населения (%) характеризуется *коэффициентом прироста населения (КП)*:

$$КП = \frac{КР - КС}{10}.$$

Например, в 1989 г. коэффициент рождаемости в мире был 28 %, а коэффициент смертности – 10 %. *При равенстве коэффициентов рождаемости и смертности и отсутствии миграции численность населения в стране остается стабильной. Эта ситуация называется нулевым приростом населения (НПН).*

Численность населения в стране зависит также от *среднего коэффициента фертильности (СКФ)*, который представляет собой среднее число живых детей у одной женщины в течение детородного периода (15–44 года). На коэффициенты рождаемости (КР) и средние коэффициенты фертильности (СКФ) влияют одни и те же факторы:

- *уровень образованности и обеспеченности*: КР и СКФ тем ниже, чем выше уровень образования и экономического благосостояния общества;

- *использование детского труда*: КР и СКФ больше в развивающихся странах и сельских местностях, где детей активно используют в трудовой деятельности;

- *урбанизация*: у городского населения существует тенденция к снижению обоих коэффициентов по сравнению с сельскими жителями, нуждающимися в детском труде;

- *высокая стоимость воспитания и образования* снижает КР и СКФ в тех странах, где образование обязательно, а детский труд запрещен;

- *коэффициент детской смертности* напрямую определяет и коэффициент рождаемости: в странах с высокой смертностью детей родители в качестве гарантий заводят «лишних» детей;

- *возраст вступления в брак*: в странах, где средний возраст вступления в брак у женщин выше 25 лет, естественно, коэффициенты рождаемости и фертильности ниже;

- *пенсионное обеспечение*: в странах, где существуют надежные и достаточные пенсии, КР и СКФ снижаются, так как обеспечение старости не зависит от количества детей;

- *культурные традиции*: религиозные убеждения и вековые традиции влияют на количество детей, которое хотят иметь супружеские пары.

Внимательный анализ факторов, влияющих на коэффициенты рождаемости и фертильности, показывает, что низкие значения этих коэффициентов наблюдаются в экономически развитых странах, а высокие – в развивающихся странах. Это соответствует *теории демографического перехода*, разработанной в 1945 г. Ф. Ноутстойном, согласно которой есть три

стадии роста населения, определяемые экономическим и социальным развитием.

*Для первой стадии* характерны невысокая рождаемость и высокая смертность. Эта стадия практически пройдена всем человечеством.

*Во второй стадии* рождаемость повышается, а смертность снижается благодаря развитию экономики и прогрессу здравоохранения. На этой стадии численность населения быстро увеличивается – большинство развивающихся стран находятся в этом периоде.

*На третьей стадии* показатели рождаемости снижаются, одновременно снижается детская смертность. Меняются экономические и социальные цели общества. Происходит выравнивание показателей рождаемости и смертности. Следовательно, рост мирового населения обусловлен не только ростом коэффициента рождаемости, но и снижением коэффициента смертности.

*Главными факторами снижения смертности в развивающихся странах являются:*

1) улучшение условий питания вследствие повышения производства продовольствия;

2) сокращение эпидемий и инфекционных заболеваний в связи с совершенствованием системы здравоохранения и медицинского обслуживания;

3) улучшение общих санитарных условий и качества водоснабжения.

Эксперты ООН считают, что заметное снижение рождаемости в развивающихся странах произойдет после 2000 г., а к 2100 г. население Земли стабилизируется на уровне примерно 11–13 млрд человек.

*Демографы выделяют три возрастные категории: 0–14 лет, 15–44 года, 45–85 лет.* В большинстве развивающихся стран молодое население (0–14 лет и 15–44 года) составляет значительно большую долю, чем люди старше 65 лет. Экономически развитые государства, например Швеция, Германия, Дания, Венгрия, достигшие нулевого прироста населения, имеют почти равное число жителей в каждой возрастной категории.

Любая страна с большим количеством жителей в возрасте до 15 лет обладает мощным импульсом увеличения численности населения, если не происходит рост коэффициента смертности. Это объясняется тем, что женщин, способных иметь детей, становится с каждым годом все больше. К 2025 г. население слаборазвитых стран составит 84 % всех жителей Земли, в то время как сейчас – около 68 %.

Общество XXI в. будет еще более «городским», а из 5 самых крупных городов мира 3 будут находиться в странах «третьего мира»: Мехико (более 18 млн человек), Сан-Паулу и Калькутта. Чтобы смягчить демографические проблемы, необходима стабилизация численности населения Земли. И некоторые страны уже проводят более или менее жесткую политику регулирования числа жителей.

*Регулирование численности населения* может повлиять на демографическую ситуацию в мире. *Снижение числа жителей в стране происходит при изменении трех главных демографических категорий: рождаемости, смертности и миграции.* Многие страны пытаются снижать прирост населения, ограничивая иммиграцию и даже поощряя эмиграцию. Увеличение коэффициента смертности не является приемлемой альтернативой. Поэтому основные усилия сосредоточивают, как правило, на снижении коэффициента рождаемости.

*Существуют три основных подхода к решению проблемы снижения рождаемости:*

- 1) экономическое развитие;*
- 2) контроль рождаемости;*
- 3) социально-экономические преобразования.*

*Экономическое развитие* большинства развивающихся стран в современных условиях находится в стадии перехода к индустриальному обществу. В этих условиях коэффициент рождаемости несколько снижается, но снижение коэффициента смертности происходит намного быстрее, что обуславливает высокие темпы прироста населения.

Многие демографы опасаются, что темпы экономического развития в этих странах никогда не достигнут темпов прироста населения. Они могут застрять в фазе демографического перехода, так как не имеют достаточного количества квалифицированных специалистов и средств для экономического развития, не производят конкурентоспособную продукцию, несмотря на многочисленное население. Если темпы роста населения в странах, задержавшихся в переходной фазе, будут опережать темпы экономического развития, может увеличиться коэффициент смертности. Это замедлит прирост численности населения, и страна начнет скатываться в допромышленную фазу демографического развития.

*Контроль рождаемости* путем планирования семьи, по мнению современных исследователей, потребует меньше средств, чем одно экономическое развитие. Программы по регулированию народонаселения основаны на просвещении и медицинском обслуживании граждан и варьируют в зависимости от культурных традиций. Большинство из них обеспечивают население информацией о контроле рождаемости, кормлении грудью, родовом уходе, противозачаточных средствах. В большинстве стран, кроме Китая, эти программы не принуждают граждан иметь меньше детей.

Самая жесткая и обширная программа снижения коэффициентов фертильности была принята в Китае, где с 1958 по 1962 г. умерло от голода около 30 млн человек.

Экономически развитые страны, в отличие от развивающихся, озабочены замедлением темпов роста населения. С 2000 г. наблюдается незначительное снижение численности населения во Франции, Великобритании и США в связи с переходом их в стабильную постиндустриальную фазу

развития. Когда общество вступает в постиндустриальную фазу развития, коэффициенты рождаемости и смертности уравниваются и достигается нулевой прирост населения.

К 1989 г. Австрия, Бельгия, Венгрия, Чехия, Дания, Италия, Финляндия, Германия, Греция, Норвегия, Португалия, Испания, Швеция, Швейцария и некоторые другие страны приблизились к нулевому приросту населения. Но в этих странах проживает лишь 6,3 % населения мира.

*Социально-экономические преобразования* в стране, по мнению многих экспертов, могут более эффективно регулировать численность населения, чем контроль рождаемости. Экономические рычаги (вознаграждения и штрафы) могут снизить коэффициенты рождаемости. Возможности для женщин получить юридические права, образование и работу помогли бы сократить коэффициенты фертильности. При этом огромное значение имеет изменение роли женщин в обществе и улучшение условий их жизни.

### Продовольственные проблемы

Продовольственные проблемы неизбежно связаны с прогрессирующим ростом населения. Зона, где большинство населения страдает от голода и недоедания, протянулась по обе стороны экватора и включает многие страны Азии, Латинской Америки и особенно Африки. Специалисты ООН считают, что число голодающих составляет около 500 млн человек; эксперты МБРР приводят значение 1 млрд человек.

Тревожной тенденцией является постоянное снижение темпов мирового производства продовольствия.

Еще большее число людей получают неполноценное питание, т.е. испытывают недостаток в рационе питания необходимых питательных веществ (белков, жиров, витаминов, микроэлементов, солей). Эксперты Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) полагают, что около 50 % детской смертности (до 5 лет) в Латинской Америке связано с плохим питанием.

В то время как 15 % населения развивающихся стран страдают от недоедания и неполноценного питания, около 15 % населения промышленно развитых стран страдают от переизбытка. Пища переизбыточных людей насыщена жирами, холестерином, солью, сахаром, содержит мало свежих овощей, фруктов, клетчатки, что является причиной ожирения, диабета, гипертонии и других сердечно-сосудистых заболеваний. Таким образом, не недостаток продуктов питания, а бедность является главной причиной голода и преждевременной смерти во всем мире.

## Энергетические проблемы

Такие казавшиеся неистощимыми источники энергии, как нефть, газ, уголь, тают буквально на глазах.

**Ископаемое топливо** (доступные запасы) при современных объемах энергопотребления, по разным оценкам, в среднем иссякнет приблизительно через 200–300 лет, в том числе нефть – через 40–80, газ – через 50–100, уголь – через 300–400 лет. Освоение новых месторождений становится все более трудным: за ними приходится идти все дальше на север и восток, устремляться все глубже в недра Земли. Использование любых источников имеет как свои преимущества, так и недостатки.

*Нефть* пока остается основой современной энергетики. В развитых странах ее используют на 60 %, а в развивающихся на 40 %.

*Преимущества использования нефти* состоят в том, что она, несмотря на колебания цен, остается сравнительно дешевым видом топлива, ее легко транспортировать и она обладает высоким выходом чистой энергии. Нефть является также многофункциональным топливом, которое можно использовать для движения транспорта, получения высокотемпературного тепла в промышленных производствах и выработки электроэнергии.

*Недостатки сжигания нефти* заключаются в том, что при этом образуется большое количество диоксида углерода  $\text{CO}_2$ , оксидов серы  $\text{SO}_x$ , оксидов азота  $\text{NO}_x$ , которые загрязняют атмосферу и порождают общепланетарные экологические проблемы. Кроме того, нефтяные пятна и утечки токсичных буровых шламмов из скважин загрязняют поверхностные и грунтовые воды. Но самый большой недостаток – то, что ее доступные запасы могут быть исчерпаны уже в этом веке.

*Газовое топливо* – это природный газ, состоящий из смеси метана (от 50 до 90 %) с небольшим количеством тяжелых углеводородов: пропана, бутана и др. Обычно природный газ залегает над месторождениями сырой нефти. 40 % разведанных мировых запасов природного газа в мире находится на территориях России и стран СНГ. Россия является величайшей страной в мире по добыче газа (Иран – 14 %, США – 6 %).

*Преимущества газа* состоят в том, что он выделяет при сгорании большое количество тепла и меньше, чем любой другой вид ископаемого топлива, загрязняет воздух. Газ почти не образует диоксида серы  $\text{SO}_2$ , выделяет в шесть раз меньше на единицу энергии диоксидов азота  $\text{NO}_x$ , чем уголь, нефть, бензин, и практически не образует твердых частиц. Природный газ легко транспортировать по трубопроводам, он обладает высоким выходом чистой энергии. Газ можно использовать и для выработки электроэнергии. До сих пор цены на природный газ были низкими.

*Недостатки газа* состоят в том, что для транспортировки на танкерах его необходимо переводить в жидкие формы. Транспортировка сжиженного газа в рефрижираторах является дорогим и опасным мероприятием. Вблизи мест погрузки и выгрузки могут возникать мощные взрывы, наносящие

большой ущерб и даже приводящие к гибели людей. Кроме того, сжижение газа на четверть снижает выход чистой полезной энергии.

*Уголь* – наиболее распространенный на планете энергоноситель. Его запасы оцениваются в 7 трлн т. Только разведанных месторождений (300 млрд т) хватит на несколько веков.

*Преимущества использования твердого угля* обусловлены тем, что это наиболее распространенный вид ископаемого топлива. Уголь обладает высоким выходом чистой энергии при выработке высокотемпературного тепла и производстве электроэнергии. В странах с достаточными запасами угля его сжигание – самый дешевый способ получения электроэнергии. Однако низкая цена на уголь не включает расходы на устройства по контролю за загрязнением воздуха и мероприятия по очистке выбросов и восстановлению территории, на которой добывается уголь.

*Недостатки угля* обусловлены тем, что это самое загрязненное ископаемое топливо, а его добыча связана с опасностями. При сжигании угля образуется больше  $SO_x$ ,  $NO_x$  и мельчайших твердых частиц, чем при сжигании других ископаемых видов топлива. Загрязнение воздуха этими веществами порождает экологическую проблему глобального масштаба – выпадение кислотных дождей. Открытая разработка угля разрушает почвенный покров, губит естественную растительность; шахтеры часто страдают силикозом легких, нередки случаи гибели людей. Кислоты и соединения токсичных металлов, стекающие из заброшенных шахт, загрязняют поверхностные и подземные воды, губят рыбу и других обитателей водоемов. Кроме того, добытый уголь дорого перевозить и нельзя использовать в твердом виде, как топливо в автомобиле.

**Ядерная энергия** первоначально рассматривалась как источник чистой безопасной и дешевой энергии.

*Преимущества* обычной реакции ядерного деления являются следующие: отсутствие загрязняющих воздух оксидов –  $CO_2$ ,  $SO_x$ ,  $NO_x$  – и твердых частиц при работе ядерных реакторов; допустимые пределы степени загрязнения воды и нарушения почвенного покрова, если цикл протекает нормально. Поэтому многие считают, что удовлетворить растущие потребности в энергии может только ядерное топливо.

*Недостатки* ядерной энергии заключаются в следующем:

- затраты на строительство и эксплуатацию АЭС оказались гораздо больше, чем предполагалось;
- обычные АЭС могут использоваться только для производства электроэнергии;
- выход чистой полезной энергии низок; не разработаны методы надежного хранения высокоактивных отходов в течение тысяч лет;
- получение атомной энергии позволяет использовать научно-техническую информацию и материалы для изготовления атомного оружия;

- хотя вероятность крупномасштабных аварий невысока, но они уже происходили: в результате оппозиция к атомной энергетике возросла с 30 % в 1979 г. до 60 % в 1989 г.

Чернобыльская катастрофа расколола мировое общественное мнение. Дания, Норвегия, Австралия, Греция, Люксембург, Нидерланды, Италия, Швейцария приняли решение отказаться от строительства новых атомных электростанций. Швеция предполагала закрыть свои 6 станций в 2000 г., Россия склонна следовать путем большинства развитых стран: использовать весь арсенал усиления безопасности АЭС.

**Альтернативные источники энергии** являются возобновляемыми: солнечная, ветровая, гидроэнергетика, геотермальная и др. Их использование видится многим единственным выходом из надвигающегося энергетического кризиса. Однако сегодня крупномасштабное энергосбережение на базе альтернативных источников экономически не оправдывается.

*Солнечная энергия* является практически вечным источником энергии. Существуют пассивные системы улавливания прямой солнечной энергии для отопления зданий и активные гелиоустановки концентрации солнечного света для производства высокотемпературного тепла и электроэнергии. Кроме того, солнечная энергия преобразуется в электрическую при помощи фотоэлементных ячеек – солнечных батарей.

*Пассивные солнечные отопительные системы* улавливают прямую солнечную энергию внутри здания и превращают ее в низкотемпературное тепло: теплица, солярий, теплоемкие материалы стен и др. Эти системы аккумулируют солнечную энергию и медленно отдают ее в течение суток. В Израиле и Японии пассивные водонагреватели размещают на крыше домов для снабжения дома горячей водой.

*В активных гелиоустановках* специально спроектированные коллекторы концентрируют солнечную энергию и накапливают ее для отопления помещений и нагревания воды. Более 1 млн активных гелиосистем горячего водоснабжения установлено в Калифорнии, Флориде и других солнечных юго-западных штатах США. На Кипре 90 % домов имеют солнечные водонагреватели, а в Израиле – 65 % домов.

*Преобразование солнечной энергии в фотоэлементах* используется в солнечных батареях. Поскольку один фотоэлемент вырабатывает мало электроэнергии, их объединяют на панели. Несколько панелей, установленных на крыше, могут снабжать электричеством жилой дом или административное здание.

*Преимущества.* В солнечные дни гарантирована бесплатная энергия с достаточно высоким КПД. Солнечная энергия в данном качестве является экологически чистой: в атмосферу не выбрасываются CO<sub>2</sub> и другие загрязняющие вещества. Нарушения почвенного покрова практически нет, так как пассивные гелиоэнергетические системы встраиваются в готовых зданиях. Использование солнечных батарей для отопления зданий имеет ряд

преимуществ. Они надежны, бесшумны, у них нет движущихся частей и они служат до 30 лет. Установка солнечных батарей не требует много времени и трудоемкого ухода. Изготавливают батареи из второго по распространению в земной коре элемента – кремния. Солнечные батареи не выделяют CO<sub>2</sub>, не загрязняют воздух и воду, не разрушают почвы. Их коэффициент полезного действия довольно высок.

*Недостатки* в разной степени присущи всем видам использования солнечной энергии.

*Пассивные системы улавливания прямого солнечного света* работают лишь в солнечные дни – ночью и в облачные дни энергия не поступает, поэтому необходимы запасующие дублирующие системы. Первоначальная стоимость иногда пугает покупателей жилья, гелиоэнергетические системы остаются дорогими для большинства людей.

*Солнечные батареи* из фотоэлементов устанавливаются достаточно высоко. Они, как и солнечные коллекторы, ухудшают внешний вид дома. Солнечные батареи, не имеющие плотной защиты, могут быть повреждены ветром, дождем, градом. Для их производства необходимы, кроме кремния, дорогие и дефицитные металлы – галлий и кадмий. При изготовлении солнечных батарей появляются токсичные химические отходы, которые могут вызвать загрязнение воды.

*Гелиоустановки для концентрации солнечной энергии* в печах имеют очень низкий или нулевой выход чистой энергии. Стоимость их строительства и эксплуатации выше, чем всех других альтернативных источников энергии. Строительство энергетических башен требует больших площадей для аккумуляции солнечного света, дефицитных и дорогих материалов и других видов энергии. При их изготовлении образуются токсические отходы.

*Гидроэнергетика* занимает важное место во многих странах.

*Кинетическая энергия подающей и текущей воды* рек и ручьев использовалась с начала XVIII столетия на небольших и крупных ГЭС. Реки перекрывались гигантскими плотинами для создания водохранилищ, из которых вода с регулируемой скоростью падала в реку ниже плотины, вращая турбины и вырабатывая электричество. Получаемое таким путем электричество является скрытой формой вечной солнечной энергии, благодаря которой происходит глобальный круговорот воды. Гидроэнергетика практически полностью обеспечивает производство электричества в таких странах, как Норвегия (74 %), Швейцария и Австрия (67 %), Канада (70 %).

Казалось бы, ГЭС – экологически чистые станции, не дающие никаких отходов. Но здесь тоже есть свои плюсы и минусы.

*Преимущества ГЭС* состоят в том, что многие развивающиеся страны имеют потенциальные ресурсы для их строительства, хотя иногда они расположены далеко от тех мест, где требуется электричество. ГЭС имеют средний или высокий выход чистой энергии и довольно низкую стоимость

эксплуатации. В процессе их работы отсутствуют выбросы  $\text{CO}_2$  и других загрязняющих веществ в атмосферу. Сроки эксплуатации этих электростанций в десятки раз превышают сроки эксплуатации ТЭС и АЭС. Плотины, кроме того, позволяют контролировать паводки и регулировать количество воды, подаваемой на орошение.

*Недостатки крупных ГЭС* обусловлены высокой стоимостью их сооружения. Кроме того, в развитых странах осталось немного возможностей для гидростроительства. При сооружении гигантских водохранилищ, рукотворных морей не учитывались гибель миллионов кубометров ценной древесины, миллионов гектар затопленных сельскохозяйственных земель и лесов, разрушение водных биоценозов на приплотинных участках, ущерб, наносимый рыболовству и рыбоводству, разрушение местообитаний диких животных. Людям приходилось покидать насиженные места и т.д. Эрозия почв и заиление вод приводят к сокращению сроков службы водохранилищ. Уменьшая сток рек, малые ГЭС уничтожают места рекреации.

*Приливные электростанции.* Энергию колебаний уровня океана во время приливов и отливов люди стали использовать в XX веке. Однако для строительства приливных электростанций (ПЭС) на Земле существует лишь около двух десятков мест. Природных возможностей для ПЭС у России больше, чем у других стран.

*Преимущества ПЭС* заключаются в том, что прилив, обусловленный действием гравитационных сил, «бесплатен», а стоимость эксплуатации такой станции невелика. Выход чистой энергии достаточно высок. Атмосфера не загрязняется  $\text{CO}_2$  и другими оксидами, нарушения почвенного покрова практически не происходит.

*Недостатки* обусловлены небольшим количеством мест, благоприятных для строительства ПЭС. Стоимость их строительства достаточно высока. Мощность электростанций колеблется в течение суток в зависимости от фазы прилива, поэтому станции должны иметь дублирующие системы. Плотины и оборудование станций могут быть повреждены штормами, а металлические конструкции корродируют в морской воде.

*Гидротермальная энергия* используется при наличии горячих источников. В мире уже работают гидротермальные электростанции (ГТЭС) общей мощностью более 6 млн кВт. Лидируют здесь США, Филиппины, Мексика, Италия, Япония.

**Ветровая энергия** использовалась людьми еще в XVII в. для движения кораблей, помола зерна, перекачивания воды и впоследствии для снабжения энергией маленьких фабрик. Ветряные электрогенераторы построены в Дании, Калифорнии, Индии, Китае, Греции, Нидерландах, Швеции – всего около 20 000 ветровых турбин.

*Преимущества ветровой энергии* в районах с большой и средней скоростью ветра в том, что ветер здесь является неограниченным источником энергии. Ветроэнергетические системы имеют высокий выход

чистой энергии. Этот вид энергии экологически чистый: CO<sub>2</sub> и другие загрязняющие вещества не выделяются в воздух, при эксплуатации не требуется вода для охлаждения и практически не загрязняются водоемы.

*Недостатки ветроэнергетики* в том, что когда ветер затихает, необходимо резервное электричество от коммунальных сетей. Работа больших турбин связана с высоким уровнем шума и вызывает помехи на местном телевидении. В некоторых районах крупные ветровые фермы мешают миграции перелетных птиц и нарушают красоту ландшафтов на горных перевалах и морских побережьях.

*Энергия возобновляемой биомассы* – это энергия органического растительного вещества, образующегося в процессе фотосинтеза. Биомассу или биотопливо можно использовать в виде дров, навоза, мусора либо в виде газообразного или жидкого топлива после соответствующей переработки.

*Преимущества биологического топлива* в том, что оно может быть использовано в твердом, жидком и газообразном виде для отопления помещений, нагрева воды, выработки электричества и в транспортных средствах. Биомасса – возобновляемый энергетический ресурс, но до тех пор, пока деревья и растения не уничтожаются быстрее, чем вырастают. При сжигании биотоплива нет существенных выбросов SO<sub>x</sub> и NO<sub>x</sub>, происходящих при сжигании угля.

*Недостатки биотоплива* в том, что широкомасштабное уничтожение деревьев и растений влечет за собой негативные экологические последствия: истощение и эрозию почв, загрязнение воды, уничтожение лесов и среды обитания диких животных, а следовательно, и снижение биоразнообразия. Кроме того, ресурсы биомассы имеют влажность до 95 %, что делает древесину тяжелой, а ее заготовку и транспортировку дорогими.

## Загрязнение воздуха

В воздухе насчитываются сотни загрязняющих веществ. Наибольшее негативное влияние на атмосферу, породившее такие проблемы, как «парниковый эффект», «озоновые дыры» и кислотные дожди, оказывают следующие классы соединений:

- 1) оксиды углерода – CO и CO<sub>2</sub>;
- 2) оксиды серы – SO<sub>2</sub> и SO<sub>3</sub>;
- 3) оксиды азота – NO, NO<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>O;
- 4) летучие органические вещества – метан CH<sub>4</sub>, бензол C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, хлорфторуглеводороды – ХФУ;
- 5) взвешенные твердые частицы – пыль, сажа, асбест, соли металлов, диоксины, пестициды и др.

Рассмотрим основные проблемы общепланетарного масштаба.

*Парниковый эффект* считают причиной глобального потепления, которое наблюдалось в последние 20 лет XX столетия. Так, 1998 г. побил все рекорды: в Нью-Йорке в течение 40 дней температура не падала ниже 31 °С,

суровая засуха привела к тому, что в США впервые сбор зерна упал ниже потребностей страны. В Антарктиде откололся гигантский айсберг длиной 130 км. Жарко было и в Европе.

Миллиарды тонн углекислого газа ежегодно поступают в атмосферу при сжигании дров, угля, нефти, газа. Миллионы тонн метана каждый год выделяются при разработках газа и гниении органических остатков. Кроме того, в атмосфере увеличивается содержание водяного пара. Все вместе эти газы и создают парниковый эффект.

Как стеклянная крыша в парнике, пропуская солнечную радиацию, не дает уходить теплу, так и накопившиеся в атмосфере «парниковые газы», задерживая длинноволновое тепловое излучение Земли, не дают уходить теплоте в космос. Солнечный свет, проходя через стратосферу и тропосферу, достигает поверхности Земли. Поглощенная Землей теплота излучается в окружающее пространство. Но только часть тепловых лучей, достигающих стратосферы, рассеивается в космическом пространстве.

*Следствие парникового эффекта*, вызывающее наибольшие опасения, – это подъем уровня Мирового океана. Международная конвенция климатологов в Австрии (1988 г.) прогнозировала к 2030–2050 гг. повышение температуры на 1,5–4,5 °С, что может вызвать подъем уровня океана на 50–100 см, а к концу XXI века – на 2 м.

Повышение температуры вызовет и другие негативные последствия: сместятся климатические зоны, ареалы выращивания сельскохозяйственных культур. Во многих районах учащаются наводнения, в других – засухи.

*Озоновые дыры* образуются при разрушении защитного озонового экрана Земли. Озоновый слой защищает биосферу от смертоносных ультрафиолетовых лучей.

*Разрушение озонового экрана* обнаруживалось каждый год над Антарктидой с 1975 г., а начиная с 1980 г., с сентября по ноябрь, содержание озона в стратосфере этого региона снижается на 50 % ежегодно. В 1987 г. озоновая «дыра» покрывала территорию, равную площади США.

Уменьшение количества озона в результате деятельности человека оказывает влияние на здоровье людей и климат Земли.

*Разрушение озона* обусловлено поступлением в стратосферу ХФУ, холонов, оксидов азота  $N_2O$ ,  $CCl_4$ ,  $CH_3Br$  и  $CH_3Cl_3$ .

*Образование озона* ускоряется  $CH_4$ ,  $NO$  и  $NO_2$ , выделяющимися в тропосферу при сжигании топлива.

Следовательно, образование озона происходит, главным образом, в тропосфере, а разрушение – в стратосфере.

*Кислотные дожди* являются другим видом загрязнения атмосферы, не признающим государственных границ. Во многих странах (вначале в Скандинавии, а затем в США, Канаде, Северной Европе, Японии и др.) ученые обнаружили, что дождевая вода, казалось бы, самая чистая в

природе, содержит большое количество кислот. Причина этого – выбросы в атмосферу оксидов серы и азота.

Оксиды серы и азота поступают в воздух при сжигании ископаемых видов топлива, первое место среди которых занимает каменный уголь (до 90 %), на втором месте – нефть, значительно уступает им газ. Оксиды азота  $\text{NO}_x$  образуются в основном при сжигании топлива автомобильным транспортом.

При сжигании угля и нефти образуются диоксид и триоксид серы ( $\text{SO}_2$  и  $\text{SO}_3$ ). Последний реагирует с водяным паром, образуя серную кислоту. Серная кислота присутствует в воздухе в виде легкого тумана, состоящего из крошечных капель. Оксиды азота окисляются в воздухе и тоже растворяются в капельках воды, образуя азотную кислоту. Эти две кислоты ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{HNO}_3$ ), а также их соли и обуславливают выпадение кислотных дождей.

Естественная дождевая вода имеет слабокислую реакцию ( $\text{pH} \approx 6$ ), так как находится в контакте  $\text{CO}_2$  (естественный компонент атмосферы) и растворяет ее, образуя слабую угольную кислоту. Однако дожди, выпадающие в Новой Англии, например, имеют иногда  $\text{pH}=4$ , – весьма необычное явление для дождевой воды. В других регионах мира часто наблюдаются дожди с  $\text{pH}$  ниже 4. Европа также страдает от кислотных дождей.

*Спектр влияния кислотных дождей* очень широк. Прежде всего, они сказываются на популяциях рыб в озерах, особенно высокогорных, где вода стала кислой. Кроме того, подкисленные воды лучше растворяют различные минералы. Ртуть, содержащаяся в природных водоемах, в кислой среде может превратиться в ядовитую монометилловую ртуть. Подкисление в источниках водоснабжения приводит к растворению в трубах токсичных металлов, которые попадают в питьевую воду. Кислотные дожди разрушают строительные материалы (растворы, гипс, камень и др.), реагируя с кальцием и магнием, входящими в их состав; усиливают коррозию строительных конструкций из железа и других металлов. Твердые частицы и оксиды серы, действуя совместно, вредно влияют и на здоровье людей. Серная кислота, растворяясь в каплях воды, образует едкий туман, вызывающий аллергию и другие заболевания.

### Загрязнение воды

Несмотря на то, что вода является возобновляемым ресурсом, она может быть загрязнена до такой степени, что становится непригодной для многих видов водопользования и вредной для живых организмов. Кроме того, антропогенная деятельность приводит к деградации и разрушению водных экосистем.

Загрязнение воды связано с использованием наземных экосистем и загрязнением атмосферы.

*Загрязнение пресноводных экосистем* происходит из точечных и неточечных источников. Точечные источники сбрасывают загрязнения по трубам, канавам и канализационным системам со сточными водами. Примерами служат промышленные предприятия, очистные станции, угольные шахты, нефтяные скважины. Неточечные источники – это поверхностный сток и грунтовые воды, собирающие загрязняющие вещества с обширных водосборных бассейнов: пашен, откормочных хозяйств, районов лесозаготовок, строительных площадок, автостоянок, дорог и городов. Другим неточечным источником является воздушный бассейн, откуда загрязняющие вещества попадают в реки, озера, водохранилища, в основном с осадками: кислотными и радиоактивными дождями и др.

*В реках*, особенно с быстрым течением, концентрация относительно небольшого количества загрязнений может снижаться, а запасы растворенного в воде кислорода восстанавливаться благодаря способности водоемов к самоочищению. Самоочищение – это комплекс естественных механических, физико-химических и биохимических процессов, приводящих к восстановлению первоначальных свойств воды: разбавление, смешение, осаждение, коагуляция, биохимическое окисление и др.

*В озерах и водохранилищах* процессы самоочищения протекают менее эффективно, чем в реках, так как в них часто наблюдается вертикальная термическая стратификация, мешающая перемешиванию верхних и нижних слоев воды. Кроме того, озера и водохранилища накапливают большие объемы донных отложений, содержащих биогенные и токсичные вещества. Таким образом, озера представляют собой природные западни, подверженные большой опасности загрязнения.

*Загрязнение морских экосистем* наиболее велико. Океан служит основным местом захоронения отходов человеческой деятельности. Помимо природного стока, в него поступают сельскохозяйственные, промышленные и городские сточные воды, атмосферные загрязненные осадки, мусор, стоки с судов. Происходит нефтяное загрязнение морских вод в результате утечек с танкеров и буровых платформ, а также преднамеренного слива нефти при очистке трюмов танкеров. Баржи и суда сбрасывают в океан осадки сточных вод, осадочные породы при проведении землечерпательных работ в гаванях, донные отложения рек и каналов при очистке судоходных фарватеров и т.д.

Антропогенное эвтрофирование – одно из проявлений воздействий человека на водные экосистемы. В конце XX столетия эта проблема приобрела особую актуальность во всем мире.

Эвтрофирование может приводить к деградации как пресноводных, так и морских экосистем, вызывает вторичное загрязнение воды и нарушает все виды водопользования.

*Трофность водоемов* – термин, введенный в 1921 г. немецкими гидробиологами А. Тинеманом и Э. Науманом для обозначения способности водоемов фотосинтезировать органическое вещество как пищу для рыб.

Впоследствии этим термином стали пользоваться для обобщенной характеристики и классификации водных экосистем. Выделяют три степени трофности водоемов. *Дистрофные* водоемы характеризуются превышением скорости деструкции органических веществ над скоростью фотосинтеза и, следовательно, очень низким содержанием органических веществ. *Олиготрофные* водоемы имеют сбалансированные скорости продукционно-деструкционных процессов и невысокую концентрацию органических веществ. *Эвтрофные* водоемы характеризуются цветением водорослей и накоплением органических веществ, так как скорости продукции превышают скорости деструкции.

Между этими градациями выделяют промежуточные: *ультраолиготрофные* – между дистрофными и олиготрофными и *мезотрофные* – между олиготрофными и эвтрофными.

Постепенный переход водоема из дистрофного или олиготрофного состояния в эвтрофное называется *эвтрофированием*. Эвтрофирование может происходить естественным путем и в результате деятельности человека. Естественный процесс длится сотни и тысячи лет. Антропогенное эвтрофирование происходит в течение десятков лет.

*Причины антропогенного эвтрофирования* – избыточное поступление в водоемы биогенных веществ. Основными питательными для водорослей (биогенными) веществами являются минеральные формы углерода, азота и фосфора

*Основные источники* антропогенного поступления биогенных веществ в воду – бытовые и промышленные сточные воды, поверхностный сток с городских территорий, рекреационные зоны и смыв с полей минеральных удобрений.

## Загрязнение почвы

Загрязнением почвы называют процесс деградации почвенного покрова, при котором значительно увеличивается содержание в нем химических веществ. Индикаторами этого процесса становятся живые организмы, в частности растения, которые первыми страдают от нарушения природного состава почвы. При этом реакция растений зависит от уровня их чувствительности к подобным изменениям.

*Типология загрязнителей почвы.* Основные загрязнения почвы начались в XX веке с бурным развитием промышленного комплекса. Под загрязнением почв понимают внесение в грунт нетипичных для него компонентов – так называемых "загрязнителей". Они могут пребывать в любом агрегатном состоянии – жидком, твердом, газообразном или комплексном. Все почвенные загрязнители можно поделить на 4 группы: органические (пестициды, инсектициды, гербициды, ароматические углеводороды, хлорсодержащие вещества, фенолы, органические кислоты, нефтепродукты, бензин, лаки и краски); неорганические (тяжелые металлы, асбест, цианиды, щелочи,

неорганические кислоты и прочие); радиоактивные; биологические (бактерии, патогенные микроорганизмы, водоросли и т.п.). Таким образом, основные загрязнения почвы осуществляются именно при помощи этих и некоторых других загрязнителей. Повышенное содержание данных веществ в грунте может привести к негативным и необратимым последствиям.

*Источники загрязнения земель.* На сегодняшний день можно назвать большое количество таких источников. И число их с каждым годом только увеличивается. Перечислим основные источники загрязнения почв:

- Жилые дома и коммунальные службы. Это главный источник загрязнения земель в городах. В этом случае загрязнение человеком почвы происходит через бытовые отходы, остатки пищи, строительный мусор и предметы домашнего обихода (старая мебель, одежда и т.п.).

- Фабрики и заводы. В этой группе основные источники загрязнения почв – это химическая, горнодобывающая и машиностроительная отрасли. Цианиды, мышьяк, стирол, бензол, сгустки полимеров, сажа – все эти страшные вещества попадают в грунт в районе крупных промышленных предприятий. Большой проблемой также является проблема утилизации автомобильных шин, являющихся причиной больших пожаров, которые очень трудно потушить.

- Транспортный комплекс. Источники загрязнения земель в данном случае – свинец, углеводород, сажа, а также оксиды азота. Все эти вещества выделяются в процессе работы двигателей внутреннего сгорания, затем оседают на поверхность земли и впитываются растениями. Таким образом, они попадают и в почвенный покров. При этом степень загрязнения почвы будет максимально высокой вдоль крупных шоссе и возле автомобильных развязок.

- Агропромышленный комплекс. Получая от земли продукты питания, мы в то же время отравляем ее, как бы парадоксально это ни звучало. Загрязнение человеком почвы здесь происходит через внесение в землю удобрений и химикатов. Именно так в грунт попадают страшные для него вещества – ртуть, пестициды, свинец и кадмий. Кроме того, излишки химикатов могут смываться с полей дождями, попадая в постоянные водотоки и подземные воды.

- Радиоактивные отходы. Серьезную опасность несет в себе загрязнение почвы отходами ядерной промышленности. Мало кто знает, что во время ядерных реакций на АЭС около 98-99% топлива уходит в отходы. Это продукты расщепления урана – цезий, плутоний, стронций и другие элементы, которые необычайно опасны. Очень большой проблемой для нашей страны является захоронение этих радиоактивных отходов. Каждый год в мире образуется около 200 тысяч кубометров ядерных отходов.

*Основные виды загрязнений.* Загрязнение грунтов может быть природным (например, при извержении вулканов) или же антропогенным (техногенным), когда загрязнение происходит по вине человека. В последнем

случае в грунт попадают вещества и продукты, не свойственные природной среде и негативно влияющие на экосистемы и природные комплексы. Процесс классификации видов загрязнения грунта очень сложный, в разных источниках предлагаются разные классификации. Но все же основные виды загрязнений почвы можно представить следующим образом.

Бытовое загрязнение почв – это загрязнение почв мусором, отходами и выбросами. В эту группу входят загрязнители разного характера и в разном агрегатном состоянии. Они могут быть как жидкими, так и твердыми. В целом этот вид загрязнения не слишком опасен для почвы, однако чрезмерное накопление бытовых отходов засоряет местность и препятствует нормальному росту растений. Наиболее остро проблема бытового загрязнения почв стоит в мегаполисах и крупных городах, а также в поселках с ненадежной системой вывоза мусора.

Химическое загрязнение почв – это, в первую очередь, загрязнение тяжелыми металлами, а также пестицидами. Этот тип загрязнения уже представляет большую опасность и для человека. Ведь тяжелые металлы обладают свойством накапливаться в живом организме. Грунты загрязняются такими видами тяжелых металлов, как свинец, кадмий, хром, медь, никель, ртуть, мышьяк и марганец. Серьезным загрязнителем почв является бензин, в котором содержится очень ядовитое вещество – тетраэтилсвинец. Пестициды – также очень опасные вещества для почвы. Главным источником пестицидов является современное сельское хозяйство, в котором активно применяются эти химические вещества в борьбе с вредителями. Поэтому пестициды аккумулируются в грунтах в огромном количестве. Для животных и человека они не менее опасны, чем тяжелые металлы. Так, был запрещен высокотоксичный и очень устойчивый препарат ДДТ. Он способен не разлагаться в почве на протяжении десятков лет, ученые находили его следы даже в Антарктике! Пестициды очень губительны для грунтовой микрофлоры: бактерий и грибов.

Радиоактивное загрязнение почв – это загрязнение грунтов отходами атомных электростанций. Радиоактивные вещества крайне опасны, так как они легко проникают в пищевые цепочки живых организмов. Самым опасным радиоактивным изотопом считается стронций-90, который характеризуется высоким выходом во время ядерного деления (до 8%), а также большим (28 лет) периодом полураспада. К тому же он весьма подвижен в грунте и способен откладываться в костной ткани человека и различных живых организмов. Среди других опасных радионуклидов также можно назвать цезий-137, церий-144, хлор-36.

Вулканическое загрязнение почв – относится к группе природных загрязнений. Оно заключается в попадании в почву токсических веществ, сажи и продуктов горения, которые образуются в результате извержения вулканов. Это очень редкий вид почвенного загрязнения, который характерен лишь для отдельных небольших территорий.

Микотоксическое загрязнение почв также не является техногенным и имеет природное происхождение. Источником загрязнения здесь выступают некоторые виды грибов, которые выделяют опасные вещества – микотоксины. Стоит отметить, что эти вещества представляют такую же большую опасность для живых организмов, как и все вышеперечисленные.

### Контрольные вопросы

1. Перечислите основные глобальные проблемы земного шара.
2. В чем суть демографической проблемы? Основные понятия.
3. Продовольственная проблема. Суть. Возможные пути решения.
4. Виды полезных ископаемых. Преимущества и недостатки при использовании.
5. Альтернативные источники получения энергии. Примеры. Краткая характеристика.
6. Дайте характеристику процесса загрязнения атмосферы.
7. Охарактеризуйте процесс загрязнения гидросферы.
8. Загрязнение почвы. Источники, виды.

## Лекция 6

# ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ

1. Классификация природных ресурсов
2. Основные понятия
3. Понятие безотходного производства
4. Основные принципы создания безотходных производств
5. Основы экономики природопользования

### Классификация природных ресурсов

*Природные ресурсы* – важнейшие компоненты окружающей человека среды, используемые для удовлетворения всевозможных материальных и культурных потребностей общества.

*Под классификацией природных ресурсов понимается* разделение совокупности предметов, объектов и явлений природной среды на группы по функционально значимым признакам.

Учитывая природное происхождение ресурсов, а также их огромное экономическое значение, разработаны следующие классификации природных ресурсов.

*Природная (генетическая) классификация* – классификация природных ресурсов по природным группам: минеральные (полезные ископаемые), водные, земельные (в т.ч. почвенные), растительные (в т.ч. лесные), животного мира, климатические, ресурсы энергии природных процессов (солнечное излучение, внутреннее тепло Земли, энергия ветра и т.п.). Часто ресурсы растительного и животного мира объединяют в понятие «биологические ресурсы».

Подробная классификация естественных ресурсов по источникам и местоположению была разработана Н.Ф. Реймерсом в 1992 г. и составила 231 страницу. Она включает в себя 11 категорий с 74 формами ресурсов, вплоть до ресурсов пространства и времени.

*Экологическая классификация природных ресурсов* основана на признаках исчерпаемости и возобновимости запасов ресурсов. Понятием исчерпаемости пользуются при учете запасов природных ресурсов и объемов их возможного хозяйственного изъятия. Выделяют по данному признаку ресурсы:

1) неисчерпаемые, использование которых человеком не приводит к видимому истощению их запасов ныне или в обозримом будущем (солнечная энергия, внутриземное тепло, энергия воды, воздуха);

2) почерпаемые невозобновимые, непрерывное использование которых может уменьшить их до уровня, при котором дальнейшая эксплуатация становится экономически нецелесообразной, при этом они неспособны к самовосстановлению за сроки, соизмеримые со сроками потребления (например, минеральные ресурсы);

3) почерпаемые возобновимые – ресурсы, которым свойственна способность к восстановлению (через размножение или другие природные циклы), например флора, фауна, водные ресурсы. В этой подгруппе выделяют ресурсы с крайне медленными темпами возобновления (плодородные земли, лесные ресурсы с высоким качеством древесины).

*Хозяйственная* классификация природных ресурсов разделяет их на различные группы с точки зрения возможностей хозяйственного использования:

1) по техническим возможностям эксплуатации выделяют природные ресурсы: реальные – используемые при данном уровне развития производительных сил; потенциальные – установленные на основе теоретических расчетов и предварительных работ и включающие помимо точно установленных технически доступных запасов еще и ту часть, которую в настоящее время нельзя освоить по техническим возможностям;

2) по экономической целесообразности замены различают ресурсы заменимые и незаменимые. Например, к заменимым относят топливно-энергетические ресурсы (они могут быть заменены другими источниками энергии). К незаменимым принадлежат ресурсы атмосферного воздуха, пресные воды и пр.

Большую роль в развитии экономики играет степень изученности природных ресурсов: строение почвы, количество и структура полезных ископаемых, запасы древесины и ее ежегодный прирост и др. Среди природных ресурсов особую роль в жизни общества играет минеральное сырье, а степень обеспеченности природными ресурсами отражает экономический уровень государства. В зависимости от геологической изученности минерально-сырьевые ресурсы подразделяются на следующие категории:

- *A* – запасы, разведанные и изученные с предельной детальностью, точными границами залегания, и которые могут быть переданы в эксплуатацию;

- *B* – запасы, разведанные и изученные с детальностью, обеспечивающей выявление основных условий залегания, без точного отображения пространственного положения месторождения;

- $C_1$  – запасы, разведанные и изученные с детальностью, обеспечивающей выяснение в общих чертах условий залегания;

- $C_2$  – запасы, разведанные, изученные и оцененные предварительно по единичным пробам и образцам.

*По экономическому значению полезные ископаемые* делятся на балансовые, эксплуатация которых целесообразна в данный момент, и

забалансовые, эксплуатация которых нецелесообразна из-за низкого содержания полезного вещества, большой глубины залегания, особенностей условий работы и др., но которые в перспективе могут разрабатываться.

Среди классификаций природных ресурсов, отражающих их экономическую значимость и хозяйственную роль, особенно часто используется классификация по направлению и видам хозяйственного использования.

Основной критерий подразделения ресурсов в ней – отнесение их к различным секторам материального производства или непромышленной сферы. По этому признаку природные ресурсы делятся на ресурсы промышленного и сельскохозяйственного производства.

Группа ресурсов промышленного производства включает все виды природного сырья, используемого промышленностью. В связи с многоотраслевым характером промышленного производства виды природных ресурсов дифференцируются следующим образом:

1. Энергетические, к которым относят разнообразные виды ресурсов, используемых на современном этапе для производства энергии:

- горючие полезные ископаемые (нефть, газ, уголь, битуминозные сланцы и др.);
- гидроэнергоресурсы (энергия речных вод, приливная энергия и т.п.);
- источники биоэнергии (топливная древесина, биогаз из отходов сельского хозяйства.);
- источники ядерной энергии (уран и радиоактивные элементы).

2. Неэнергетические ресурсы, представляющие сырье для различных отраслей промышленности или участвующие в производстве согласно его техническим особенностям:

- полезные ископаемые, не относящиеся к группе каустобиолитов (рудные и нерудные);
- воды, используемые для промышленного производства;
- земли, занятые промышленными объектами и объектами инфраструктуры;
- лесные ресурсы промышленного значения;
- биологические ресурсы промышленного значения.

3. Ресурсы сельскохозяйственного производства, объединяющие те виды ресурсов, которые участвуют в создании сельскохозяйственной продукции:

- агроклиматические ресурсы тепла и влаги, необходимые для продуцирования культурных растений и выпаса скота;
- почвенно-земельные – земля и ее верхний слой – почва, обладающая уникальным свойством продуцировать биомассу;
- растительные биологические ресурсы – кормовые ресурсы;
- водные ресурсы – воды, используемые для орошения и пр.

4. К ресурсам непродуцственной сферы (непродуцственного потребления – прямого или косвенного) относятся ресурсы, изымаемые из природной среды (дикие животные, представляющие объекты промысловой охоты, лекарственное сырье естественного происхождения), а также ресурсы рекреационного хозяйства, заповедных территорий и др.

Соединение природной и экономической классификаций позволяет выявить возможность разнонаправленного использования различных природных групп ресурсов, а также их заменяемость, сделать выводы о задачах рационального использования и охраны отдельных видов.

*По взаимоотношениям видов использования* существует следующая классификация:

- 1) ресурсы однозначного использования;
- 2) ресурсы многоцелевого использования, в т.ч. взаимоувязанного (комплексного) использования (водные ресурсы), взаимоисключающего (конкурирующего) использования (земельные ресурсы).

Можно выделить и другие группы природных ресурсов.

Например, источники однородных ресурсов (месторождения полезных ископаемых, земельные угодья, лесосырьевые базы и др.) подразделяются по величине запасов и хозяйственной значимости. Условно выделяют:

- 1) крупнейшие (общегосударственного значения);
- 2) крупные (межрайонного и регионального значения);
- 3) небольшие (местного значения).

Разрабатываются также частные классификации природных ресурсов, отражающие специфику их природных свойств и направлений хозяйственного использования. Примером такого рода служат различные мелиоративные классификации, группы рек по степени зарегулированности стока и др.

Широко используется *геолого-экономическая классификация* полезных ископаемых по основным направлениям их использования в промышленности:

- 1) топливно-энергетическое сырье (нефть, газ, уголь, уран и др. черные, легирующие и тугоплавкие металлы (руды железа, марганца, хрома, никеля, кобальта, вольфрама и др.);
- 2) благородные металлы (золото, серебро, платиноиды), химическое и агрономическое сырье (калийные соли, фосфориты, апатиты и др.);
- 3) техническое сырье (алмазы, асбест, графит и др.).

В рыночных условиях хозяйства практический интерес приобретает классификация природных ресурсов, учитывающая, в частности, *характер торговли природным сырьем*. Например, можно выделить:

- 1) ресурсы, имеющие стратегическое значение, торговля которыми должна быть ограничена, поскольку ведет к подрыву оборонной мощи государства (урановая руда и др. радиоактивные вещества);
- 2) ресурсы, имеющие широкое экспортное значение и обеспечивающие основной приток валютных поступлений (нефть, алмазы, золото и др.

ресурсы внутреннего рынка, имеющие, как правило, повсеместное распространение, например, минеральное сырье и др.).

Чтобы избежать тяжелых экологических последствий рационального природопользования, необходимо разумно сочетать экологические интересы общества с экономическими. Направления рационального использования и охраны природных ресурсов построены на следующих правилах:

1) темпы потребления возобновимых ресурсов не должны превышать темпов их самовосстановления;

2) темпы потребления невозобновимых ресурсов не должны превышать темпов их замены возобновимыми ресурсами;

3) предельная интенсивность поступления в природную среду загрязняющих веществ с выбросами, сточными водами и отходами не должна превышать темпов их переработки и обезвреживания в природных, водных и наземных экосистемах. Охрана и восстановление природных ресурсов невозможны без локального и глобального экологического мониторинга – измерения и контроля их состояния, расширения и увеличения числа заповедных зон, уникальных природных комплексов, восстановления лесов, эффективной, максимально глубокой переработки уже добытых полезных ископаемых, развития безотходного производства.

### Основные понятия

*Природопользование* – непосредственное или косвенное воздействие человека на окружающую среду в результате всей его деятельности.

*Рациональное природопользование* – планомерное, научно обоснованное преобразование окружающей среды по мере совершенствования материального производства на основе комплексного использования невозобновляемых ресурсов в цикле «производство – потребление – вторичные ресурсы» при условии сохранения и воспроизводства возобновляемых природных ресурсов.

В XX веке человечество в результате научно-технической революции пришло к техническому круговороту веществ, изображенному на рис. 2.

Изучение процессов, протекающих в биосфере, и влияние на них хозяйственной деятельности человека показывает, что только создание экологически безотходных и малоотходных производств может предотвратить оскудение ресурсов и деградацию окружающей среды. Хозяйственная деятельность людей должна строиться по принципу природных экосистем, которые экономно расходуют вещество и энергию и в которых отходы одних организмов служат средой обитания для других, т.е. осуществляется круговорот веществ.

В ноябре 1979 года в Женеве было созвано совещание по сотрудничеству в области охраны окружающей среды и была принята декларация, которая гласит: «Важнейшими условиями малоотходной и безотходной

технологии и использования отходов являются охрана окружающей среды и рациональное использование ресурсов».

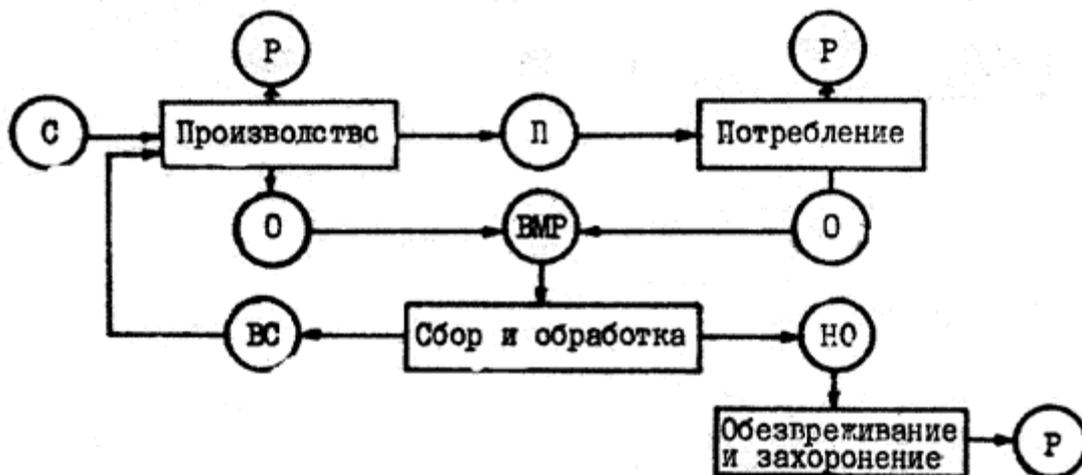


Рис. 2. Техногенный круговорот вещества:  
 С – первичное сырье; П – продукция; Р – рассеивание в окружающей среде;  
 О – отходы; ВМР – вторичные материальные ресурсы;  
 ВС – вторичное сырье; НО – не утилизируемые отходы

### Понятие безотходного производства

Термин «безотходная технология» был впервые предложен академиками Н.Н. Семеновым и И.В. Петряновым-Соколовым. В ряде стран Европы вместо терминов «безотходная технология» и «малоотходная технология» применяются термины «чистая технология» или «более чистая технология», что по существу одно и то же.

В настоящее время в соответствии с решением ЕЭК ООН и Декларацией о малоотходной и безотходной технологии и использовании отходов сформулировано понятие безотходной технологии (БОТ).

*Безотходная технология* – это практическое применение знаний, методов и средств с тем, чтобы в рамках потребностей человека обеспечить наиболее рациональное использование природных ресурсов и энергии и защитить окружающую среду.

Часто встречается и другое название – безотходная технологическая система (БТС).

Безотходная технологическая система – это такое отдельное производство или совокупность производств, в результате практической деятельности которых не происходит отрицательного воздействия на окружающую среду.

Понятие безотходной технологии затрагивает не только производственный процесс, но и конечную продукцию, которая должна характеризоваться: долгим сроком службы изделий; возможностью многократного использования; простотой ремонта; легкостью возвращения в

производственный цикл или переведения в экологически безвредную форму после выхода из строя.

Схема безотходного производства имеет вид: «спрос – готовый продукт – сырье». Каждый этап этой схемы требует затрат энергии, а ее производство связано с потреблением природных ресурсов вне замкнутой системы. Другим препятствием для организации безотходного производства является износ материалов, их рассеивание в окружающей среде.

Понятие безотходной технологии носит условный характер. Под ним понимается теоретический предел, совершенная модель производства, которая в большинстве случаев может быть реализована не в полной мере, а лишь частично. Отсюда и появилось понятие малоотходной технологии. Но по мере развития научно-технического прогресса технология будет совершенствоваться и все более приближаться к идеальной модели.

Имеется немало критиков самой концепции безотходного производства. Некоторые из них утверждают, ссылаясь на второй закон термодинамики, что как энергию нельзя полностью преобразовать в работу, так и сырье невозможно полностью переработать в продукты производства и потребления. С этим никак нельзя согласиться, поскольку речь идет прежде всего о материи и об открытой системе. А материю (продукцию) в соответствии с законом сохранения вещества всегда можно преобразовать снова в соответствующую продукцию. Наглядными примерами служат безотходно функционирующие природные экосистемы. Имеется и другая крайность, когда все работы, связанные с охраной окружающей среды от промышленных загрязнений, относят к безотходному и малоотходному производству.

Оценка степени безотходности производства является очень сложной задачей. Единых критериев безотходности для всех отраслей промышленности не существует.

Возможны следующие подходы для оценки степени безотходности производства:

- 1) степень использования природных ресурсов;
- 2) отношение выхода конечной продукции к массе поступившего сырья и полуфабрикатов;
- 3) количество отходов, образующихся на единицу продукции.

### Основные принципы создания безотходных производств

#### 1. Комплексное использование сырья

Отходы производства – это часть сырья, неиспользованная или недоиспользованная по тем или иным причинам. Проблема комплексного использования сырья имеет большое значение как с точки зрения экологии, так и с точки зрения экономики. Необходимость более рационального комплексного использования природных ресурсов диктуется, с одной стороны, все увеличивающимся темпом роста объема промышленного производства, загрязняющего окружающую среду, а с другой – необходимостью

экономного расходования природных ресурсов, так как запасы основного минерального сырья ограничены, а цены на него непрерывно растут.

Источниками отходов являются:

а) примеси в сырье, т.е. компоненты, которые не используются в данном процессе для получения готового продукта;

б) неполнота протекания процесса, т.е. остаток полезного продукта в сырье;

в) протекание побочных химических реакций, приводящих к образованию неиспользуемых веществ.

Рациональное комплексное использование сырья позволяет уменьшить количество недоиспользованного сырья, увеличить ассортимент готовых продуктов, выпускать новые продукты из той части сырья, которая раньше являлась отходом производства.

Характерен пример цветной металлургии, где постоянно растет количество элементов, извлекаемых из минерального сырья. Из 90 элементов, обнаруженных в литосфере, гидросфере и атмосфере, предприятиями цветной металлургии извлекались:

в 1913 году – 15 элементов;

в 1930 году – 20 элементов;

в 1940 году – 24 элемента;

в 1960 году – 63 элемента;

в 1970 году – 74 элемента;

в 1990 году – 85 элементов.

Из медьсодержащих руд, в состав которых входят 25 элементов, извлекают 21 элемент. Из полиметаллического сырья извлекают 18 элементов и выпускают более 40 видов товарной продукции. Доля полезных элементов, извлекаемых из природного сырья, составляет 80%.

Повышение процентного выхода продукции на каждой стадии процесса приводит к уменьшению количества отходов. Радикальным средством уменьшения количества отходов производства является изменение технологии.

## 2. Создание принципиально новых и совершенствование действующих технологий и схем

Примеры:

а) в соответствии с разработками новых наукоемких технологий в электронной промышленности производят продукцию, потребляющую значительно меньше электроэнергии (телевизоры, компьютеры и т.д.);

б) в черной металлургии разработана новая технологическая схема прямого восстановления железа, позволяющая уменьшить загрязнение окружающей среды.

### 3. Создание замкнутых водо- и газооборотных циклов

Примеры:

а) на промышленном объединении «Тулачермет» организован и постоянно совершенствуется замкнутый газооборотный цикл, разработанный для производства суперфосфатных и других фосфорных удобрений, что позволяет избежать загрязнения окружающей среды фторидами;

б) на Липецком металлургическом комбинате уже несколько лет действуют замкнутые водооборотные системы.

### 4. Кооперирование предприятий, создание территориально-производственных комплексов

В большинстве случаев отходы одного производства являются сырьем для другого производства. В связи с этим сам термин «отходы» можно заменить на термин «продукты незавершенного производства». Следовательно, основной проблемой является изыскание возможностей применения продуктов незавершенного производства в других производствах или отраслях, которые могли бы их использовать в качестве вторичных материальных ресурсов. Например, в Бразилии из отходов переработки сахарного тростника получают этиловый спирт, который затем используют в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания.

В России была проведена большая работа по систематизации отходов различных отраслей промышленности и по созданию так называемых «банков отходов». Например, в химической промышленности, металлургии, нефтехимии такие системы уже имеются.

Наиболее благоприятные возможности для межотраслевого кооперирования складываются в условиях территориально-производственных комплексов (ТПК). Самым эффективным типом организации производства является сочетание межрайонной специализации с внутренней кооперацией.

Основные принципы создания ТКК:

а) единая производственная и социальная микроструктура, общая строительная и энергетическая база;

б) четкая специализация в масштабе страны и своего экономического района.

Главной задачей настоящего времени является создание ТКК среднего масштаба помимо ТКК крупных экономических районов страны (Московского, Краснодарского, Кузбасского и т.д.).

## Основы экономики природопользования

*Экономика природопользования* – сравнительно молодая наука. Причиной ее зарождения на рубеже 60–70-х гг. прошлого века послужило осознание учеными и практиками факта ограниченности природных ресурсов, опасности сохранения «техногенного», природоемкого типа развития производительных сил, необходимости проведения природовосстановительных работ в больших масштабах.

Таким образом, экономика природопользования призвана более детально изучать воздействие экономики на природу и показывать пути рационального природопользования.

Экономика природопользования – это наука, изучающая экономическими методами процессы и результаты взаимодействия общества и природной среды, рассматривающая комплекс проблем рационального природопользования.

Предметом экономики природопользования являются социально-экономические отношения, возникающие по поводу добычи, переработки, потребления и использования природных ресурсов в производственной и непроизводственной деятельности человека.

В теоретическом плане экономика природопользования направлена на создание научных основ концепции устойчивого эколого-экономического развития, а ее практическое значение заключается в выработке научно обоснованных рекомендаций по рациональному использованию природных ресурсов и сохранению среды жизнедеятельности человеческого общества.

Глобальная цель экономики природопользования – разработка методов, приемов и способов рационального использования природных ресурсов в хозяйственной деятельности человека для обеспечения экологической безопасности.

#### *Задачи экономического механизма охраны окружающей природной среды*

Задачи экономического механизма охраны окружающей природной среды заключаются в том, что должно производиться:

- 1) планирование и финансирование природоохранительных мероприятий;
- 2) установление лимитов использования природных ресурсов, выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду и размещение отходов;
- 3) установление нормативов платы и размеров платежей за использование природных ресурсов, выбросы и сбросы загрязняющих веществ в окружающую природную среду, размещение отходов и другие виды вредного воздействия;
- 4) предоставление предприятиям, учреждениям и организациям, а также гражданам налоговых, кредитных и иных льгот при внедрении ими малоотходных и ресурсосберегающих технологий и нетрадиционных видов энергии, осуществлении других эффективных мер по охране окружающей природной среды;
- 5) возмещение в установленном порядке вреда, причиненного окружающей природной среде и здоровью человека.

Методы реализации экономического механизма обеспечения охраны природы: – взимание платы за пользование природными ресурсами, за загрязнение окружающей среды (включая размещение отходов) и другие

виды вредного воздействия на нее; – налоговые, кредитные и другие льготы, предоставляемые юридическим лицам, а также гражданам при внедрении безотходных, малоотходных и ресурсосберегающих технологий и производств, осуществлении другой деятельности, дающей природоохранный и природовосстановительный эффект; – ведение специального налогообложения предприятий, учреждений, организаций за применение экологически опасных технологий и осуществление другой опасной для природной среды деятельности; – купля-продажа лицензий (разрешений) на право выброса (сброса) загрязняющих окружающую природную среду веществ или на осуществление иной экологически отрицательной деятельности с учетом экологической емкости территории и требований охраны природы; – возложение на юридических лиц и граждан обязанностей по восстановлению нарушенной ими природной среды или ее отдельных частей; – взыскание в установленном порядке денежных компенсаций за ущерб, причиненный в результате порчи или уничтожения природных объектов; – полное или частичное лишение должностных лиц и иных работников премий, выдаваемых им по результатам основной производственной деятельности, в случаях невыполнения планов и мероприятий по охране природы, нарушения нормативно-технических и других требований законодательства в области охраны природы; – материальное поощрение коллективов и работников юридических лиц, а также граждан, добившихся наиболее высоких результатов в области охраны природы.

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение природных ресурсов.
2. Рассмотрите возможные классификации природных ресурсов, приведите примеры.
3. Дайте определение понятию «природопользование».
4. Рассмотрите понятие «безотходная технология».
5. Какие существуют принципы безотходной технологии?
6. Что представляет собой экономика природопользования?
7. Перечислите основные задачи экономики природопользования.

## Лекция № 7

# АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

1. Антропогенное воздействие. Основные понятия
2. Мониторинг. Основные понятия
3. Классификация мониторинга
4. Единая государственная система экологического мониторинга

Научно-технический прогресс оказал огромное влияние на взаимоотношения человека и человеческого общества в целом с окружающей его природной средой. С конца 19 века интенсивно строились города, унифицировались сельские районы, уничтожались леса, болота, дикорастущая растительность, дикие животные. Все это привело к уменьшению разнообразия экосистем, накоплению отходов, которые не разрушались в естественной среде. В круговороты включались искусственные вещества, что существенно нарушало сложившиеся миллионами лет круговороты веществ в природе.

К середине XX века непрерывно нарастает потребление энергии за счет энергоресурсов Земли (уголь, нефть, газ), появляются в значительных количествах транспортные системы, непрерывно растет промышленный потенциал ведущих стран мира и использование природных ресурсов. Идет массовое накопление отходов, нарушены многие круговороты веществ, редкие токсичные металлы (ртуть, свинец, кадмий и др.) в значительных количествах рассеиваются в компонентах биосферы, активно загрязняя ее. Наступил кризис биосферы. Во многих регионах биосфера заменена техносферой.

Итак, вторая половина XX века создала огромные возможности для покорения сил природы, а вместе с тем для ее загрязнения и разрушения. Промышленный прогресс сопровождается поступлением в биосферу огромного количества загрязнений, которые могут нарушить природное равновесие и угрожать здоровью людей.

### Антропогенное воздействие. Основные понятия

*Загрязнитель* – любой физический агент, химическое вещество или биологический вид (главным образом микроорганизмы), поступающий в окружающую среду или возникающий в ней в количестве, выходящем за рамки обычного и вызывающий загрязнение окружающей среды.

Все вещества, являющиеся загрязнителями окружающей среды, делятся на две большие группы: ксенобиотики и природные загрязнители.

*Ксенобиотики* (от греческого «ксенос» – чужой) и «биос» – жизнь) – чужеродные для организма соединения, искусственно созданные человеком

и никогда ранее в природе не встречавшиеся. В живых организмах процессы образования (ассимиляции) и распада (диссимиляции) регулируются ферментами. Ксенобиотики – вещества, чуждые живой природе, поэтому в живых организмах нет ферментов для их разложения. Вследствие этого такие вещества накапливаются в организме, происходит его зашлаковывание, отравление.

Кроме деления загрязнителей на антропогенные (ксенобиотики) и естественные (природные), выделяют также стойкие (неразрушаемые) и разрушаемые под действием природных химико-биологических процессов. Стойкие загрязнители аккумулируются в трофических (пищевых цепях). Многие из них (пестициды, полихлордифенилы, пластмассы) крайне медленно разлагаются в естественных условиях, а токсичные соединения ртути и свинца вообще не обезвреживаются.

Если в 40-х гг. двадцатого века еще доминировали натуральные продукты (хлопок, лен, шерсть, мыло, натуральный каучук, свободная от добавок пища), то в настоящее время в промышленно развитых странах они заменены синтетическими, которые трудно разлагаются и загрязняют окружающую среду. Прежде всего, это синтетическое волокно, моющие средства (отбеливатели, детергенты), пища с добавками, минеральные удобрения, синтетический каучук, пестициды и гербициды.

*Природные загрязнители* – это вещества, всегда существовавшие в природе; из-за хозяйственной деятельности человека их концентрация в биосфере резко повысилась.

Загрязнение окружающей среды происходит невидимо и не ощущается органами чувств людей, состояние которых ухудшается постепенно, от поколения к поколению.

Развитие техногенных изменений биосферы сейчас значительно опережает адаптационные возможности человеческого организма. Наиболее существенные изменения происходят в атмосферном воздухе – основной среде жизни человека.

### Мониторинг. Основные понятия

Состояние окружающей среды и, соответственно, среды обитания непрерывно изменяется. Эти изменения различны по характеру, направленности, величине, неравномерно распределены в пространстве и во времени. Естественные, природные, изменения состояния среды имеют весьма важную особенность – они, как правило, происходят около некоторого среднего относительно постоянного уровня. Их средние значения могут существенно изменяться лишь в течение длительных интервалов времени.

Совсем другой особенностью обладают техногенные изменения состояния среды обитания, которые стали особенно значительными в последние десятилетия. Техногенные изменения в отдельных случаях

приводят к резкому, быстрому изменению среднего состояния природной среды в регионе.

Для изучения и оценки негативных последствий техногенного воздействия возникла необходимость организации специальной системы контроля (наблюдения) и анализа состояния окружающей среды, в первую очередь из-за загрязнений и эффектов, вызванных ими. Такую систему называют системой мониторинга состояния окружающей среды; она является частью универсальной системы контроля состояния окружающей среды.

Мониторинг представляет собой комплекс мероприятий по определению состояния окружающей среды и отслеживанию изменений в ее состоянии.

Основными задачами мониторинга являются:

- систематические наблюдения за состоянием среды и источниками, воздействующими на окружающую среду;
- оценка фактического состояния природной среды;
- прогноз состояния окружающей среды и оценка прогнозируемого состояния последней.

С учетом обозначенных задач мониторинг – это система наблюдений, оценки и прогноза состояния среды обитания.

Мониторинг является многоцелевой информационной системой.

Контроль состояния среды включает наблюдение за источниками и факторами техногенного воздействия (в том числе источниками загрязнений, излучений и т.п.) – химическими, физическими, биологическими – и за последствиями, вызываемыми этими воздействиями на окружающую среду.

Наблюдение осуществляют по физическим, химическим и биологическим показателям. Особенно эффективными представляются интегральные показатели, характеризующие состояние окружающей среды. При этом подразумевается получение данных о первоначальном (или фоновом) состоянии среды.

Наряду с наблюдением одной из основных задач мониторинга является оценка тенденций изменений состояния окружающей среды. Подобная оценка должна дать ответ на вопрос о неблагополучии положения, указать, чем именно обусловлено такое состояние, помочь определить действия, направленные на восстановление или нормализацию положения, или, наоборот, указать на особо благоприятные ситуации, позволяющие эффективно использовать имеющиеся экологические резервы природы в интересах человека.

## Классификации мониторинга

В настоящее время различают следующие системы мониторинга.

Экологический мониторинг – универсальная система, целью которой являются оценка и прогноз основных составляющих биосферы. Он включает геофизический и биологический мониторинги. К геофизическому мониторингу относится определение состояния крупных систем – погоды, климата. Основной задачей биологического мониторинга является определение реакции биосферы на техногенное воздействие.

Мониторинг в различных средах (различных сред) включает мониторинг приземного слоя атмосферы и верхней атмосферы; мониторинг гидросферы, т.е. поверхностных вод суши (рек, озер, водохранилищ), вод океанов и морей, подземных вод; мониторинг литосферы (в первую очередь почвы).

Мониторинг факторов воздействия – это мониторинг различных загрязнителей (ингредиентный мониторинг) и других факторов воздействия, к которым можно отнести электромагнитное излучение, тепло, шумы.

Мониторинг сред обитания человека включает мониторинг природной среды, городской, промышленной и бытовой сред обитания человека.

Мониторинг по масштабам воздействия – пространственным, временным, на различных биологических уровнях.

Фоновый мониторинг – базовый вид мониторинга, имеющий целью знание фонового состояния биосферы (как в настоящее время, так и в период до заметного влияния человека). Данные фонового мониторинга необходимы для анализа результатов всех видов мониторинга.

Территориальный мониторинг – включает системы мониторинга техногенных загрязнений, в основу классификации которых положен территориальный принцип, так как данные системы являются важнейшей составной частью мониторинга окружающей среды.

Различают следующие системы (подсистемы) территориального мониторинга:

- глобальный – проводимый на всем земном шаре или в пределах одного-двух материков;
- государственный – проводимый на территории одного государства;
- региональный – проводимый на большом участке территории одного государства или сопредельных участках нескольких государств, например внутреннем море и его побережье;
- локальный – проводимый на сравнительно небольшой территории города, водного объекта, района крупного предприятия и т.п.;
- "точечный" – мониторинг источников загрязнения, являющийся по сути импактным, максимально приближенным к источнику поступления загрязняющих веществ в окружающую среду;
- фоновый – данные которого необходимы для анализа результатов всех видов мониторинга.

Классификация систем мониторинга по территориальному принципу представлена на рис. 3.



Рис. 3. Классификация систем мониторинга по территориальному принципу

Глобальный мониторинг. В 1971 г. Международный совет научных союзов впервые сформулировал принципы построения глобальной системы мониторинга состояния биосферы и определил показатели, за которыми следует установить постоянные наблюдения и контроль. В 1972 г. Стокгольмская конференция ООН по окружающей среде одобрила эти основные принципы, а в рамках Программы ЮНЕП (Программа ООН по проблемам окружающей среды) в 1973–1974 гг. были разработаны основные положения создания Глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС).

На совещании в Найроби (1974 г.) определены следующие задачи ГСМОС:

- организация расширенной системы предупреждения об угрозе здоровью человека;
- оценка глобального загрязнения атмосферы и его влияния на климат;
- оценка количества и распределения загрязнителей биосферы, особенно пищевых цепей;
- оценка реакции наземных экосистем на загрязнение окружающей среды;

- оценка загрязнения океана и его влияния на морские экосистемы;
- создание и усовершенствование системы предупреждения о стихийных бедствиях в международном масштабе.

*Государственный мониторинг.* С 1994 г. в Российской Федерации государственный мониторинг проводится в рамках Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ).

Задачи ЕГСЭМ:

- разработка программ наблюдения состояния окружающей среды;
- организация наблюдений и проведение измерений показателей объектов экологического мониторинга;
- обеспечение достоверности и сопоставимости данных наблюдений;
- организация хранения данных, создание специализированных банков данных;
- гармонизация банков и баз данных экологической информации с международными эколого-информационными системами;
- оценка и прогноз состояния окружающей среды, антропогенного воздействия на нее, откликов экосистем и здоровья населения на изменения состояния окружающей среды;
- организация и проведение оперативного контроля и прецизионных измерений радиоактивных и химических загрязнений при авариях и катастрофах, прогноз последствий и оценка ущерба;
- обеспечение доступности интегрированной экологической информации широкому кругу потребителей (центральному и местному руководству, ведомствам и организациям, населению);
- информационное обеспечение органов управления состоянием окружающей среды, природных ресурсов и экологической безопасностью;
- разработка и реализация единой научно-технической политики в области экологического мониторинга.

*Региональный мониторинг.* На территории крупных регионов больших государств, например таких, как Российская Федерация, США, Канада и т.п., организуется региональный мониторинг. Он не только является частью государственного мониторинга, но и решает задачи, специфические для данной территории. Основная задача регионального мониторинга – получение более полной и детальной информации о состоянии окружающей среды региона и воздействии на нее техногенного фактора, что не представляется возможным сделать в рамках глобального и государственного мониторинга, так как в их программах нельзя учесть особенности каждого региона.

*Локальный мониторинг.* Этот мониторинг является составной частью регионального и организуется для решения задач исключительно местного масштаба.

При организации и проведении локального мониторинга необходимо определить приоритетные загрязнители, за которыми уже ведутся

наблюдения в рамках глобального, государственного и регионального мониторинга (или хотя бы большинство из них), а также загрязнители от имеющихся источников загрязнения или на основе изучения технологических регламентов (проектов) создаваемых производств.

По результатам локального мониторинга соответствующие компетентные органы могут приостановить деятельность предприятий, приводящую к сверхнормативному загрязнению окружающей среды, до ликвидации аварийной ситуации и ее последствий или улучшения технологического процесса, устраняющего возможность загрязнения. В особых случаях может ставиться вопрос о полном закрытии предприятия, его перепрофилировании или переносе в другую местность.

"Точечный" мониторинг. Он представляет собой постоянное или эпизодическое наблюдение за конкретным объектом – источником загрязнения – и фиксирование количественных параметров окружающей среды (ОС) в точке (зоне) первичного контакта среды с источником. Фактически мониторинг источника загрязнения вплотную смыкается с производственным (техническим) контролем технологических или других техногенных процессов, "открытых" во внешнюю среду, а также соответствующих объектов наблюдения (объектовый "точечный" контроль).

Мониторинг источника загрязнения (МИЗ) может являться составной частью подсистемы локального мониторинга окружающей среды, а может включать в себя только элементы объектового производственного контроля, практически полностью замкнутого на технологию, ее процессы и аппараты.

Организация мониторинга источников загрязнения на объектах осуществляется с целью получения оперативной и систематической информации о состоянии окружающей среды, прежде всего для обеспечения технологической и экологической безопасности самих контролируемых объектов, с приоритетом вопросов безопасности и комфортности условий труда работающего на них персонала.

#### Единая государственная система экологического мониторинга

В государственной системе управления природоохранной деятельностью в Российской Федерации важную роль играет формирование единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ).

ЕГСЭМ включает в себя следующие основные компоненты:

- мониторинг источников антропогенного воздействия на окружающую среду;
- мониторинг загрязнения абиотического компонента окружающей природной среды;
- мониторинг биотической компоненты окружающей природной среды;
- социально-гигиенический мониторинг;

- обеспечение создания и функционирования экологических информационных систем.

При этом распределение функций между центральными органами федеральной исполнительной власти осуществляется следующим образом.

*Госкомэкологии* (бывш. Минприроды России): координация деятельности министерств и ведомств, предприятий и организаций в области мониторинга окружающей природной среды; организация мониторинга источников антропогенного воздействия на окружающую среду и зон их прямого воздействия; организация мониторинга животного и растительного мира, мониторинг наземной фауны и флоры (кроме лесов); обеспечение создания и функционирования экологических информационных систем; ведение с заинтересованными министерствами и ведомствами банков данных об окружающей природной среде, природных ресурсах и их использовании.

*Росгидромет*: организация мониторинга состояния атмосферы, поверхностных вод суши, морской среды, почв, околоземного космического пространства, в том числе комплексного фонового и космического мониторинга состояния окружающей природной среды; координация развития и функционирования ведомственных подсистем фонового мониторинга загрязнения окружающей природной среды; ведение государственного фонда данных о загрязнении окружающей природной среды.

*Роскомзем*: мониторинг земель.

*Министерство природных ресурсов* (включая бывш. Роскомнедра и Роскомвоз): мониторинг недр (геологической среды), включая мониторинг подземных вод и опасных экзогенных и эндогенных геологических процессов; мониторинг водной среды водохозяйственных систем и сооружений в местах водосбора и сброса сточных вод.

*Роскомрыболовство*: мониторинг рыб, других животных и растений.

*Рослесхоз*: мониторинг лесов.

*Роскартография*: осуществление топографо-геодезического и картографического обеспечения ЕГСЭМ, включая создание цифровых, электронных карт и геоинформационных систем.

*Госгортехнадзор России*: координация развития и функционирования подсистем мониторинга геологической среды, связанных с использованием ресурсов недр на предприятиях добывающих отраслей промышленности; мониторинг обеспечения промышленной безопасности (за исключением объектов Минобороны России и Минатома России).

*Госкомэпиднадзор России*: мониторинг воздействия факторов среды обитания на состояние здоровья населения.

*Минобороны России*: мониторинг окружающей природной среды и источников воздействия на нее на военных объектах; обеспечение ЕГСЭМ средствами и системами военной техники двойного применения.

*Госкомсевер России:* участие в развитии и функционировании ЕГСЭМ в районах Арктики и Крайнего Севера.

Система единого экологического мониторинга предусматривает не только контроль состояния окружающей среды и здоровья населения, но и возможность активного воздействия на ситуацию. Используя верхний иерархический уровень ЕЭМ (сфера принятия решения), а также подсистему экологической экспертизы и оценки воздействия на окружающую среду, появляется возможность управления источниками загрязнения на основании результатов математического моделирования промышленных объектов или регионов. (Под математическим моделированием промышленных объектов понимается моделирование технологического процесса, включая модель воздействия на окружающую среду.)

Система единого экологического мониторинга предусматривает разработку двухуровневых математических моделей промышленных предприятий с различной глубиной проработки.

*Первый уровень* обеспечивает детальное моделирование технологических процессов с учетом влияния отдельных параметров на окружающую среду.

*Второй уровень* математического моделирования обеспечивает эквивалентное моделирование на основе общих показателей работы промышленных объектов и степени их воздействия на окружающую среду. Эквивалентные модели необходимо иметь прежде всего на уровне администрации региона с целью оперативного прогнозирования экологической обстановки, а также определения размера затрат на уменьшение количества вредных выбросов в окружающей среде.

Таким образом, единая государственная система экологического мониторинга, несмотря на известные трудности, обеспечивает формирование массива данных для составления экологических карт, разработки ГИС, моделирования и прогноза экологических ситуаций в различных регионах России.

### Контрольные вопросы

1. Какие типы загрязняющих веществ вы знаете?
2. Что представляет собой мониторинг? Назовите этапы мониторинга.
3. Перечислите возможные классификации мониторинга и кратко дайте их характеристику.
4. Назовите задачи единой государственной системы экологического мониторинга.
5. Перечислите компоненты, которые включает в себя государственная система мониторинга.
6. Какие организации выполняют основные функции государственной системы экологического мониторинга?

## Лекция № 8

# ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА

1. Контроль в области охраны окружающей среды
2. Цели, принципы, виды, объекты и субъекты экологического контроля
3. Виды и принципы экологической экспертизы, сроки проведения и особенности

### Понятие и объекты экологического контроля

Экологический контроль представляет собой одну из основных функций государственного экологического управления. Его конечной **целью** является поддержание благоприятного качества окружающей природной среды посредством обеспечения выполнения экологических правил и норм всеми субъектами, деятельность которых связана с использованием природных ресурсов или влияет на состояние окружающей природной среды.

Исходя из задач **экологического контроля**, предусмотренных Законом РСФСР «Об охране окружающей природной среды» (ст. 68), можно определить его как совокупность государственных и общественных мероприятий по наблюдению за состоянием природной среды и ее изменением под влиянием хозяйственной и иной деятельности, проверке соблюдения экологических требований предприятиями, организациями, учреждениями, должностными лицами и гражданами.

**Объектами** экологического контроля являются:

- природная среда, ее состояние и изменения;
- деятельность по выполнению обязательных планов и мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей природной среды;
- соблюдение законодательства, правил и нормативов в области природопользования и охраны окружающей природной среды.

В процессе осуществления экологического контроля применяются разнообразные **методы**: наблюдение за состоянием окружающей природной среды; сбор, анализ и обобщение информации; проверка выполнения экологических правил и норм; проведение экологической экспертизы; предупреждение и пресечение экологических правонарушений; принятие мер для возмещения экологического вреда, привлечения виновных лиц административной и уголовной ответственности и др.

### Система экологического контроля

В систему экологического контроля входят: государственная служба наблюдения за состоянием окружающей природной среды (об этом мы с вами

говорили в предыдущей лекции) и государственный, производственный и общественный контроль (ст. 68 Закона РСФСР «Об охране окружающей природной среды»).

**Государственный экологический контроль** представляет собой один из видов административно-управленческой деятельности и предполагает в отличие от мониторинга не только сбор и анализ необходимой информации, но и проверку соблюдения экологических требований и нормативов субъектами природопользования, выявление нарушений экологического законодательства. Он носит надведомственный характер и включает в свою систему органы общей и специальной компетенции, осуществляющие управление в сфере использования природных ресурсов и охраны окружающей среда. Особое место среди них занимают специальные природоохранные инспекции – государственная лесная охрана, охотничья инспекция, рыбоохрана, государственная санитарно-эпидемиологическая служба и др.

Организация и проведение государственного экологического контроля и обеспечение межотраслевой координации деятельности государственных органов в этой сфере возложены на Государственный комитет РФ по охране окружающей природной среды.

Должностные лица органов государственного экологического контроля в соответствии с их полномочиями имеют право в установленном порядке:

- посещать предприятия, организации и учреждения независимо от их форм собственности и подчинения, знакомиться с документами и иными материалами, необходимыми для выполнения их служебных обязанностей;
- проверять работу очистных сооружений, средств их контроля, соблюдение нормативов качества окружающей природной среды, природоохранительного законодательства, выполнение планов и мероприятий по охране окружающей природной среды;
- выдавать разрешения на право выброса, сброса, размещения вредных веществ;
- устанавливать по согласованию с органами санитарно-эпидемиологического надзора нормативы выбросов и сбросов вредных веществ стационарными источниками загрязнения окружающей природной среды;
- назначать государственную экологическую экспертизу, обеспечивать контроль за выполнением ее заключения;
- требовать устранения выявленных недостатков, давать в пределах предоставленных прав указания или заключения по размещению, проектированию, строительству, вводу в эксплуатацию и эксплуатации объектов;
- привлекать в установленном порядке виновных лиц к административной ответственности, направлять материалы о привлечении их к дисциплинарной и уголовной ответственности, предъявлять иски в суд (арбитражный суд) о возмещении вреда, причиненного окружающей природной среде или здоровью человека экологическими правонарушениями;

– принимать решения об ограничении, приостановлении, прекращении работы предприятий и любой деятельности, причиняющей вред окружающей природной среде и здоровью человека.

Решения государственных органов экологического контроля могут быть обжалованы в суде.

**Производственный контроль** осуществляется экологической службой предприятий, организаций и учреждений (должностными лицами, лабораториями, отделами и т.д. по охране окружающей среды), деятельность которых связана с использованием природных ресурсов или оказывает влияние на окружающую природную среду. Задача производственного экологического контроля – проверка выполнения планов и мероприятий по охране природы и оздоровлению окружающей среды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов, соблюдения нормативов качества окружающей природной среды, выполнения требований экологического законодательства на конкретном предприятии, в организации, учреждении. Он может выражаться в контроле за выбросами загрязняющих веществ, за выделением и освоением средств на природоохранные мероприятия, за работой очистных сооружений и т.д.

В рамках **общественного контроля** граждане и их организации, общественные объединения и экологические движения могут самостоятельно или совместно с государственными органами участвовать в реализации экологических мероприятий, проверке выполнения требований экологического законодательства предприятиями, организациями, учреждениями, должностными лицами и гражданами, выявлении и пресечении экологических правонарушений.

В охране окружающей природной среды принимают участие различные массовые общественные организации (профсоюзные, молодежные и др.), а также специализированные экологические формирования (общества охраны природы, экологические партии и др.). Расширяется деятельность экологических движений, объединяющих граждан в защиту отдельных природных объектов и комплексов, в связи с решением зональных экологических проблем (охраной озера Байкал, реки Волги и др.).

Важное звено экологического контроля – экологическая экспертиза, а также предшествующая ей оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС), которые образуют взаимосвязанный комплекс средств, обеспечивающих предупреждение экологически вредной деятельности и учет экологических требований на стадии принятия хозяйственных и иных решений.

### Оценка воздействия на окружающую среду

В целях реализации ст. 41 Закона РСФСР «Об охране окружающей природной среды» и выполнения обязательств РФ в связи с подписанием международной Конвенции «Об оценке воздействия на окружающую среду

в трансграничном контексте» было принято Положение об оценке воздействия на окружающую среду в РФ, утвержденное приказом Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов от 18 июля 1994 г. № 222.

**Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)** – процедура учета экологических требований законодательства РФ при подготовке и принятии решений о социально-экономическом развитии общества. Она организуется и осуществляется с целью выявления и принятия необходимых и достаточных мер по предупреждению возможных неприемлемых для общества экологических и связанных с ними социальных, экономических и иных последствий реализации хозяйственной и другой деятельности.

Оценка воздействия на окружающую среду проводится при подготовке следующих видов обосновывающей документации:

- концепций, программ (в том числе инвестиционных) и планов отраслевого и территориального социально-экономического развития;
- схем комплексного использования и охраны природных ресурсов;
- градостроительной документации (генеральных планов городов, проектов и схем детальной планировки и т.д.);
- документации по созданию новой техники, технологии, материалов и веществ;
- предпроектных обоснований инвестиций в строительство, технико-экономических обоснований и проектов строительства новых, реконструкции и расширения действующих хозяйственных и иных объектов и комплексов (п. 2.1 Положения).

При подготовке документации, обосновывающей развитие ряда объектов и видов хозяйственной и иной деятельности, проведение ОВОС является обязательным. Перечень таких видов и объектов приводится в приложении к Положению об оценке воздействия на окружающую среду в РФ. Целесообразность проведения ОВОС по остальным видам и объектам деятельности определяется органами исполнительной власти субъектов РФ по представлению органов по охране окружающей природной среды.

Результатом проведения ОВОС является вывод о допустимости воздействия намечаемой им хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду.

Обосновывающая документация по реализации видов и объектов хозяйственной деятельности, содержащая результаты проведения ОВОС, представляется на государственную экологическую экспертизу.

### Экологическая экспертиза

**Экологическая экспертиза** – это установление соответствия намечаемой хозяйственной и иной деятельности экологическим требованиям и определение допустимости реализации объекта экологической экспертизы в целях предупреждения возможных неблагоприятных воздействий этой деятельности на окружающую природную среду и связанных с ними

социальных, экономических и иных последствий реализации объекта экологической экспертизы (ст. 1 Федерального Закона «Об экологической экспертизе»).

Таким образом, сущность экологической экспертизы заключается в предварительной (на стадии принятия решения и разработки проекта) проверке соответствия хозяйственной деятельности экологическим требованиям, а ее цель – в предупреждении вредных экологических и иных последствий такой деятельности.

Правовой основой экологической экспертизы являются Закон РСФСР «Об охране окружающей природной среды», Федеральный Закон «Об экологической экспертизе», Положение о порядке проведения государственной экологической экспертизы, утвержденное Постановлением Правительства РФ от 11 июня 1996 г. № 698.

В зависимости от порядка организации и проведения экологическая экспертиза делится на два вида: государственная и общественная.

**Государственная экологическая экспертиза** организуется и проводится специально уполномоченными государственными органами. Исключительное право на ее проведение и соответствующие функции принадлежат Государственному комитету РФ по охране окружающей среды и его территориальным органам (ст. 13 Федерального Закона «Об экологической экспертизе», п. 6 Положения о Государственном комитете РФ по охране окружающей среды). Они наделены правом назначать экологическую экспертизу и контролировать выполнение ее требований. Государственная экологическая экспертиза может проводиться на двух уровнях – федеральном и субъектов РФ.

**Общественная экологическая экспертиза** организуется и проводится по инициативе граждан и общественных организаций (объединений), а также по инициативе органов местного самоуправления общественными организациями (объединениями), основным направлением деятельности которых в соответствии с их уставами является охрана окружающей среды, в том числе проведение экологической экспертизы.

Проведение государственной экологической экспертизы является обязательным в установленных законом случаях, а общественная экологическая экспертиза осуществляется в инициативном порядке. При этом общественная экологическая экспертиза может проводиться до государственной или одновременно с ней.

**Участниками (субъектами)** государственной экологической экспертизы выступают:

- специально уполномоченный государственный орган, организующий проведение экспертизы (орган системы Госкомэкологии России);
- экспертная комиссия (эксперты), формируемая специально уполномоченным органом по проведению экспертизы;

– заказчик документации, подлежащей экспертизе, – предприятие, организация, учреждение, в отношении объектов которого должна проводиться экологическая экспертиза.

**Объектами** экологической экспертизы могут быть принимаемые хозяйственные и иные решения; деятельность, оказывающая воздействие на окружающую природную среду, а также ее результаты.

Так, обязательной государственной экологической экспертизе, проводимой на федеральном уровне, подлежат:

- проекты правовых актов РФ, реализация которых может привести к негативным воздействиям на окружающую природную среду;
- проекты комплексных и целевых федеральных программ;
- проекты генеральных планов развития территорий свободных экономических зон и территорий с особым режимом природопользования;
- проекты схем развития отраслей народного хозяйства;
- проекты генеральных схем расселения, природопользования и территориальной организации производительных сил РФ;
- проекты инвестиционных программ;
- проекты комплексных схем охраны природы;
- технико-экономические обоснования и проекты строительства, реконструкции, расширения, технического перевооружения, консервации и ликвидации объектов хозяйственной деятельности;
- проекты международных договоров;
- договоры, предусматривающие использование природных ресурсов;
- материалы обоснования лицензий на осуществление деятельности, способной оказывать воздействие на окружающую природную среду;
- проекты технической документации на новую технику, технологию, материалы, вещества, сертифицируемые товары и услуги;
- проекты схем охраны и использования водных, лесных, земельных и других природных ресурсов, создания особо охраняемых природных территорий;
- иные виды документации.

Экологическая экспертиза основывается на **принципах**:

- презумпции потенциальной экологической опасности любой намечаемой хозяйственной и иной деятельности;
- обязательности проведения государственной экологической экспертизы до принятия решений о реализации объекта экологической экспертизы;
- комплексности оценки воздействия на окружающую природную среду хозяйственной и иной деятельности и его последствий;
- обязательности учета требований экологической безопасности при проведении экологической экспертизы;
- достоверности и полноты информации, представляемой на экологическую экспертизу;
- независимости экспертов при осуществлении ими своих полномочий;

- научной обоснованности, объективности и законности заключений экологической экспертизы;
- гласности, участия общественных организаций, учета общественного мнения;
- ответственности участников экологической экспертизы и заинтересованных лиц за организацию, проведение, качество экологической экспертизы.

Стадии экспертного процесса подробно урегулированы законодательством. Его результатом становится **заключение экологической экспертизы** – документ, подготовленный экспертной комиссией, который содержит обоснованные выводы о допустимости воздействия на окружающую природную среду хозяйственной и иной деятельности и о возможности реализации объекта экологической экспертизы.

Заключение экспертной комиссии подлежит утверждению специально уполномоченным государственным органом в области экологической экспертизы, после чего оно приобретает статус заключения государственной экологической экспертизы. Аналогичный порядок утверждения предусмотрен законом и для заключения общественной экологической экспертизы.

Заключение экологической экспертизы может быть положительным или отрицательным. Положительное заключение является одним из обязательных условий финансирования и реализации объекта экологической экспертизы. Правовым последствием отрицательного заключения будет запрет реализации объекта экологической экспертизы.

Заключение экологической экспертизы может быть оспорено в судебном порядке.

### Контрольные вопросы

1. Какие цели преследует экологический контроль? Перечислите объекты экологического контроля.
2. Какие методы возможно использовать при проведении экологического контроля?
3. Перечислите основные виды экологического контроля и дайте их краткую характеристику.
4. Что представляет собой оценка воздействия на окружающую среду?
5. Сущность государственной экологической экспертизы.
6. Перечислите объекты государственной экологической экспертизы и дайте их краткую характеристику.
7. Назовите возможные сроки и особенности проведения государственной экологической экспертизы.

Лекция № 9  
ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРАВА,  
ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.  
МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО  
В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

1. Понятие и определение экологического права
2. Источники экологического права
3. Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды

Понятие и определение экологического права

**Экологическое право** представляет собой совокупность правовых принципов и норм, регулирующих общественные отношения:

- по охране окружающей среды от вредных воздействий в процессе хозяйственной и иной деятельности;
- по рациональному использованию природных ресурсов;
- по охране экологических прав и законных интересов физических и юридических лиц;
- по обеспечению экологической безопасности.

При этом под *охраной окружающей среды* принято понимать деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц, направленную на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий.

*Рациональное использование природных ресурсов* – это комплексное, экономически эффективное использование природных ресурсов в сочетании с требованиями охраны окружающей природной среды.

Под *экологической безопасностью* понимается состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества, государства, а также окружающей природной среды от угроз, возникающих в результате антропогенных и природных воздействий на нее; положение, при котором отсутствует угроза нанесения ущерба природной среде и здоровью населения.

Принято считать, что формально-юридически под окружающей средой в российском законодательстве понимается совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов.

*Природный объект* – это естественная экологическая система, природный ландшафт и составляющие их элементы, сохранившие свои природные свойства.

*Природно-антропогенный объект* – это природный объект, измененный в результате хозяйственной и иной деятельности, и (или) объект, созданный человеком, обладающий свойствами природного объекта и имеющий рекреационное и защитное значение.

*Антропогенный объект* – объект, созданный человеком для обеспечения его социальных потребностей и не обладающий свойствами природных объектов.

Последние годы все большее распространение и обоснование получает точка зрения, в соответствии с которой экологическое право охватывает своим регулированием все аспекты человеческого взаимодействия с материальным миром природы, окружающим людей, т.е. экологические отношения. В их содержание включаются природопользование, охрана окружающей среды, сохранение уникальных произведений природы, культуры, здравоохранения, все виды воздействий на природу, искусственное восстановление благоприятного состояния природной среды, защита от неблагоприятных воздействий стихии и т.д. В таком понимании экологическое право включает правовые нормы об использовании и охране земель, их недр, вод (включая океаны, моря, подземные воды, ледники), лесов и иных составляющих растительного царства, диких животных, обитающих в состоянии естественной свободы в сухопутной и водной среде, атмосферы Земли и космического пространства со всеми ее природными компонентами.

### Источники экологического права

Под **источниками экологического права** понимаются нормативно-правовые акты, содержащие нормы, регулирующие отношения в сфере взаимодействия общества и природы.

Источники экологического права могут быть классифицированы по следующим основаниям:

- *По юридической силе* – на законы и подзаконные акты.

**Законы** – нормативно-правовые акты, принимаемые представительными органами государственной власти.

**Подзаконные акты** – все иные нормативные правовые акты, принимаемые Президентом РФ, Правительством РФ и органами исполнительной власти субъектов Федерации, министерствами и ведомствами, органами местного самоуправления.

- *По предмету регулирования* – на общие и специальные.

**Общие** – регулируют как экологические, так и иные общественные отношения (например Конституция РФ).

**Специальные** – это акты, целиком посвященные вопросам охраны окружающей среды или ее элементов (например, Закон "Об охране окружающей природной среды", Водный кодекс РФ, Федеральный закон "О животном мире" и др.).

- *По характеру правового регулирования* – на материальные и процессуальные.

**Материальные** эколого-правовые нормы устанавливают права и обязанности, а также ответственность участников соответствующих отношений (Федеральные законы "Об экологической экспертизе", "Об особо охраняемых природных территориях" и др.).

Источники экологического права **процессуального** характера регулируют процессуальные отношения в сфере природопользования, охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности. Они касаются, к примеру, предоставления земель в пользование, процедуры разработки нормативов предельно допустимых воздействий на окружающую среду, проведения государственной экологической экспертизы, экологического лицензирования, защиты экологических права и интересов и т.д. (Гражданский процессуальный кодекс РСФСР; Уголовно-процессуальный кодекс РФ; Положение о порядке проведения государственной экологической экспертизы, утвержденное Постановлением Правительства РФ от 11 июня 1996 г. и др.).

- *По своему характеру* – на кодифицирующие и не являющиеся таковыми. К **кодифицирующим актам** можно отнести Закон "Об окружающей природной среде", Лесной кодекс РФ, Водный кодекс РФ, Федеральный закон "О недрах" и др.

Их отличительной особенностью является систематизация эколого-правовых норм на базе основополагающих правовых принципов путем их уточнения, ликвидации внутренних противоречий и совершенствования, развития в процессе нормотворчества.

Систему источников экологического права образуют:

- Конституция Российской Федерации;
- федеративные договоры;
- международные договоры РФ, общепризнанные принципы международного права;
- законы (конституционные и федеральные);
- указы и распоряжения Президента РФ;
- постановления и распоряжения Правительства РФ;
- конституции, уставы, законы, иные нормативные правовые акты субъектов РФ;
- нормативные правовые акты министерств и ведомств;
- нормативные правовые акты органов местного самоуправления;
- локальные нормативные правовые акты;
- правовой обычай.

## Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды

Биосфера Земли едина и неделима. В глобальных масштабах протекают естественные процессы в атмосфере, Мировом океане, осуществляется миграция через государственные границы птиц, животных. Международное сотрудничество в решении глобальных проблем, затрагивающих жизненные интересы народов, человечества в целом, является объективной необходимостью в современный период истории цивилизации на Земле. Это сотрудничество обуславливается вместе с единой природой Земли также необходимостью предотвратить вредные для природы результаты деятельности людей, несущие угрозу расширения экологического кризиса, заинтересованностью человечества в проведении природоохранных мероприятий, требующих фундаментальных научных разработок, на которые идут большие средства.

Проблема международного сотрудничества в области использования природы и ее охраны имеет сложный социально-политический характер, является ареной столкновения между государствами, преследующими свои экономические, геополитические интересы.

Мировые природные ресурсы по своему правовому положению делятся на две категории: международные природные ресурсы и внутригосударственные (национальные) природные ресурсы. Международные природные ресурсы принадлежат всем без исключения государствам. К их числу относятся ресурсы Мирового океана (с учетом прав прибрежных стран), природные ресурсы Антарктики, атмосферный воздух, космические природные объекты. Среди объектов охраны природы следует указать на многонациональные ресурсы, принадлежащие ряду государств (вода, рыба международных рек, каналов, озер; мигрирующие через границу животные).

Понятие "международный природный ресурс" означает также природные объекты, которые в процессе своего естественного цикла, без воздействия человека, постоянно или хотя бы какую-то часть года находятся в пределах международных пространств (открытое море, район действия Договора об Антарктике, космос) или в разное время года оказываются на территории различных государств. Ни одна страна не вправе претендовать на единоличное распоряжение в отношении международных природных ресурсов. Государства в силу принципов международного права призваны в отношении международного природного ресурса соблюдать и не ущемлять интересы других государств. В отношении своих национальных природных ресурсов каждое государство обладает правом свободного распоряжения этими богатствами в пределах занимаемой им территории. Однако суверенное распоряжение своими природными ресурсами государство не может использовать для нарушения суверенных прав других государств. Экологическая безопасность одного государства не может обеспечиваться за счет других государств или без учета их интересов. В соответствии с Уставом ООН и принципами международного права государства имеют суверенное право разрабатывать свои собственные ресурсы согласно своей

политике в области окружающей среды и несут ответственность за обеспечение того, чтобы деятельность в рамках их юрисдикции или контроля не наносила ущерба окружающей среде других государств или региона за пределами действия национальной юрисдикции.

Предпосылками сотрудничества государств в области рационального природопользования и охраны природы являются международное разделение труда, существующее в силу международного распределения ресурсов, а также заинтересованность стран в международной торговле, в использовании мировых ресурсов.

Международное сотрудничество в области охраны природы и рационального природопользования осуществляется на основе принципов и общепризнанных норм международного права. Важнейшим условием плодотворного международного сотрудничества в охране природы являются поддержание прочного мира, ограничение вооружений, разоружение.

Российская Федерация в своих отношениях с другими государствами исходит из принципов сотрудничества, равенства, взаимной выгоды, невмешательства во внутренние дела друг друга. Принципы международного сотрудничества Российской Федерации в области охраны окружающей среды отвечают принципам и общепризнанным нормам международного права. Это сотрудничество осуществляется в интересах настоящего и будущих поколений. Россия в качестве важного принципа международного сотрудничества признает, что должен быть установлен контроль на глобальном, региональном и национальном уровнях за состоянием и изменениями окружающей природной среды и природных ресурсов на основе международно признанных критериев и параметров. Должен быть обеспечен также свободный и беспрепятственный международный обмен научно-технической информацией по проблемам окружающей природной среды и передовых природосберегающих технологий. Государства должны оказывать взаимопомощь в чрезвычайных экологических ситуациях. Все споры, связанные с проблемами окружающей природной среды, должны разрешаться только мирными средствами.

Заинтересованность человечества в сохранении природы Земли, важность соблюдения принципов охраны природы всем человечеством, суверенное равенство государств в справедливом решении проблем – все это нашло отражение в том, что ежегодно 5 июня отмечается Всемирный день охраны окружающей среды.

Организационные формы международного сотрудничества подразделяются на международные правительственные союзы и неправительственные объединения, а также организации, имеющие смешанное членство. Большая роль в международном сотрудничестве принадлежит Организации Объединенных Наций (ООН), ряду ее специализированных учреждений: Организации Объединенных Наций по вопросам просвещения, науки и культуры (ЮНЕСКО), Продовольственной и сельскохозяйственной организации

(ФАО), Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), Всемирной метеорологической организации (ВМО) и др. В 1957 г. было организовано Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), в 1960 г. была создана Межправительственная океанографическая комиссия (МОК). Комиссия МАГАТЭ предпринимает контрольные инспекции на атомные электростанции, находящиеся на территории России, Украины, других государств. Международное сотрудничество в сфере охраны природы осуществляется также в форме двустороннего или регионального сотрудничества. Российская Федерация является правопреемницей бывшего СССР на международной арене, выполняет взятые на себя обязательства в сфере природоохранительных отношений, закрепленных договорами. Российская Федерация сотрудничает с другими участниками международного сообщества в решении энергетических проблем, в ликвидации голода и опасных болезней, осуществляет международное сотрудничество в освоении Мирового океана, проводит политику снижения ядерного потенциала, разоружения.

В охране природы Земли среди неправительственных организаций существенное значение имеет движение многочисленных партий "зеленых". Некоторые из них выдвинули и провели своих представителей в парламенты государств. Проблема "общество – природа" имеет глобальный характер, и ее невозможно решить в рамках одного государства. Вопросы взаимоотношений общества и природы отражают противоречия современного мира, сложные процессы, порожденные научно-техническим прогрессом, глобальным демографическим взрывом. Проблема приобретает еще большее значение, учитывая, что развивающиеся страны рассматривают индустриализацию как первейшую необходимость, что существуют реальные расхождения между высокоразвитыми странами и развивающимися государствами в оценке перспектив развития, конкретных мер на пути к новому мировому порядку.

Проблема разумного самоограничения человеческого общества по отношению к природе приобретает все большую актуальность. Конечно, ход развития человечества, его вторжение в природу нельзя остановить. Антропогенные изменения природной среды неизбежны, но они с научной точки зрения необязательно неблагоприятны. Для создания гармоничной жизни людей на Земле необходимо утверждение новых гуманистических ценностей, построение справедливого общества, оберегающего природу.

### Контрольные вопросы

1. Что представляет собой экологическое право?
2. Какие объекты изучает экологическое право?
3. Что является источниками экологического права?
4. Как осуществляется международное сотрудничество в области охраны окружающей среды. Его основные принципы.
5. Какие международные организации участвуют в защите и охране окружающей среды и природы?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коробкин, В.И. Экология [Текст]: учебник для вузов / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. – Ростов н/Д: Феникс, 2011.
2. Бродский, А.К. Общая экология [Текст]: учебник / А.К. Бродский. – М.: Академия, 2008.
3. Щепетова, В.А. Практическое решение экологических проблем [Текст]: учеб. пособие / В.А. Щепетова. – Пенза: ПГУАС, 2012.
4. Щепетова, В.А. Экология [Текст]: практикум / В.А. Щепетова, И.Н. Симонова. – Пенза: ПГУАС, 2014.
5. Шимова, О.С. Экономика природопользования [Текст]: учеб. пособие / О.С. Шимова, Н.К. Соколовский. – 2-е изд. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 362 с.
6. ФЗ «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ.
7. <http://lawtoday.ru/razdel/biblo/tgp/046.php>
8. <http://rudiplom.ru/lectures/ekologicheskoe-pravo/1240.html>

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
Лекция № 1. ЭКОЛОГИЯ КАК ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ. ЭКОСИСТЕМА: СОСТАВ, СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА .....	6
Лекция № 2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ .....	19
Лекция №3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОЕНИИ ЗЕМЛИ. УЧЕНИЕ ВЕРНАДСКОГО О БИОСФЕРЕ.....	35
Лекция № 4. ЭКОЛОГИЯ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА.....	41
Лекция № 5. ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....	52
Лекция 6. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ.....	70
Лекция № 7. АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ .....	81
Лекция № 8. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА .....	90
Лекция № 9. ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРАВА, ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	97
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	103

Учебное издание

Щепетова Вера Анатольевна

ЭКОЛОГИЯ

Курс лекций

по направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность»

Редактор Н.Ю. Шалимова

Верстка Н.В. Кучина

Подписано в печать 12.02.16. Формат 60×84/16.

Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.

Усл.печ.л. 6,045. Уч.-изд.л. 6,5. Тираж 80 экз.

Заказ № 107.



Издательство ШУАС.  
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.