

**Крепша Н.В.**

# **ЭКОЛОГИЯ**

**Общая, социальная и прикладная**



**Издательство  
Томского политехнического университета  
Томск 2006**

УДК 574  
ББК 57.026  
С 79

**Крепша Н.В.**

СК 79 Экология. Общая, социальная, прикладная: учебное пособие  
/Н.В. Крепша. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 149 с.

В доступной форме изложены основы классической и современной экологии. Дано целостное представление об экологических проблемах по общей, социальной и прикладной экологии. Особое внимание уделено рассмотрению системных законов экологии и вопросам охраны природной среды.

Пособие подготовлено на кафедре экологии и безопасности жизнедеятельности ТПУ и соответствует программе Государственного образовательного стандарта Российской Федерации. Предназначено для студентов гуманитарных факультетов и студентов Института геологии и нефтегазодобычи.

УДК 574  
ББК 20.1

Рекомендовано к печати Редакционно-издательским советом  
Томского политехнического университета

*Рецензенты*

Доктор геолого-минералогических наук,  
профессор кафедры инженерной геологии и геоэкологии  
Томского государственного архитектурно-строительного университета  
*Г. Г. Щербак*

Кандидат геолого-минералогических наук,  
доцент кафедры инженерной геологии и геоэкологии  
Томского государственного архитектурно-строительного  
университета  
*А. А. Краевский*

© Томский политехнический университет, 2006  
© Оформление. Издательство ТПУ, 2006  
© Крепша Н.В., 2006

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	5
<b>Часть I. ОСНОВЫ СИСТЕМНОЙ ЭКОЛОГИИ.....</b>	<b>6</b>
<b>Глава 1. Основные понятия современной экологии.....</b>	<b>8</b>
1.1. Предмет исследований экологии.....	8
1.2. Структура экологии.....	11
1.3. Цель и основные задачи экологии.....	14
<i>Контрольные вопросы</i>	15
<i>Список литературы</i>	16
<b>Глава 2. Закономерности развития биосферы.....</b>	<b>16</b>
2.1. Биосфера Земли.....	16
2.2. Свойства биосферы.....	18
2.3. Живое вещество в биосфере.....	20
2.4. Функции живого вещества.....	23
2.5. Свойства живого вещества.....	27
2.6. Закон сохранения (бережливости).....	29
<i>Контрольные вопросы</i>	37
<i>Список литературы</i>	37
<b>Глава 3. Экологические факторы среды .....</b>	<b>37</b>
3.1. Экология важнейших факторов природной среды.....	38
3.1.1. Абиотические факторы среды.....	38
3.1.2. Биотические факторы среды.....	44
3.2. Общие закономерности действия абиотических факторов на организм и популяции.....	50
3.3. Биотические взаимоотношения ( <i>закон Р. Линдемана</i> )	58
<i>Контрольные вопросы</i>	62
<i>Список литературы</i>	62
<b>Глава 4. Системные законы экологии .....</b>	<b>63</b>
4.1. О всеобщей связи вещей и явлений в природе и обществе (« <i>Все связано со всем</i> »).....	64
4.2. О законах сохранения материи (« <i>Всё должно куда-то деваться</i> »).....	66
4.3. О цене развития (« <i>Ничего не дается даром</i> »).....	68
4.4. О главном критерии эволюционного отбора (« <i>Природа знает лучше</i> »).....	69
4.5. Закон ограниченности ресурсов (« <i>На всех не хватит</i> »).....	72
<i>Контрольные вопросы</i>	72
<i>Список литературы</i>	72

<b>Часть II. СИСТЕМА «ЧЕЛОВЕК – ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»</b>	74
<b>Глава 1. Человечество в экосистеме Земли .....</b>	75
1.1. Антропогенез и эволюция человека .....	75
1.2. Основные факторы антропогенеза .....	77
1.3. Численность человечества .....	80
1.4. Современный антропогенез и качество человеческой природы .....	86
<i>Контрольные вопросы</i>	92
<i>Список литературы</i>	92
<b>Часть III. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....</b>	94
<b>Глава 1. Современное состояние и охрана атмосферы .....</b>	95
1.1. Общие сведения.....	95
1.2. Масштабы загрязнения атмосферы.....	96
1.3. Последствия загрязнения атмосферы.....	99
1.3.1. «Кислотные дожди» .....	99
1.3.2. «Парниковый эффект» и изменение климата ...	101
1.3.3. Нарушение озонового слоя .....	103
<i>Контрольные вопросы</i>	107
<i>Список литературы</i>	107
<b>Глава 2. Современное состояние и охрана гидросферы...</b>	107
2.1. Общие сведения .....	107
2.2. Фундаментальные свойства воды .....	108
2.3. Назначение воды .....	110
2.4. Источники и потребление воды .....	111
2.5. Загрязнение природных вод .....	114
2.6. Парадигма выхода из водного кризиса .....	117
<i>Контрольные вопросы</i>	120
<i>Список литературы</i>	121
<b>Глава 3. Проблемы защиты недр .....</b>	121
3.1. Основные понятия .....	121
3.2. Этапы развития горнорудного дела в России и их экологическая значимость .....	128
3.3. Современные черты и особенности горнодобывающей промышленности России .....	130
3.4. Охрана недр как часть единой проблемы охраны окружающей среды .....	135
<i>Контрольные вопросы</i>	136
<i>Список литературы</i>	136

<b>Глава 4. Глобальный экологический кризис человечества</b>	137
4.1. Признаки глобального экологического кризиса .....	137
4.2. Научно-технические факторы глобального экологического кризиса .....	142
<i>Контрольные вопросы</i>	144
<i>Список литературы</i>	144
<b>ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ</b> .....	145

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие подготовлено в соответствии с требованиями, предъявляемыми Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования и учебными планами геологических и гуманитарных факультетов к качеству знаний и умений по дисциплине «Экология». Предлагаемое вниманию читателя учебное пособие по экологии отражает опыт чтения лекций по этой учебной дисциплине студентам Томского политехнического университета – геологам, экономистам, маркетологам и т. д.

Из огромного объема экологической информации по данной дисциплине выбран материал, который, по мнению автора, позволит сформировать у студентов, обучающихся в ТПУ и других технических вузах, экологическое мировоззрение. Современный человек должен видеть мир в целом.

В пособии систематизирован материал трех направлений экологии:

- **общая** (основы популяционной экологии);
- **социальная** (человечество в экосистеме Земли);
- **прикладная** (охрана атмосферы, гидросферы и литосферы).

В пособии изложены фундаментальные законы развития природы в интерпретации ведущих ученых-экологов Б. Коммонера, Тейяр де Шардена, В.И. Вернадского, Ю. Одума, Л.Н. Гумилева, Н.Ф. Реймерса и других. Теоретическое содержание дисциплины излагается по возможности просто и доступно. Составлено оно так, чтобы студент смог усвоить основные термины науки, закономерности развития биосферы, роль человечества в экосистеме Земли.

Основное назначение пособия – ознакомить студентов с основными направлениями экологии и путями грамотного решения современных экологических задач. Его можно использовать при подготовке к практическим, индивидуальным занятиям, контрольным работам и зачету.

Экология, как наука и как учебная дисциплина, находится в настоящее время на этапе бурного развития и содержательного многообразия. Поэтому автор заранее будет благодарен и признателен за объективные замечания и рекомендации.

# Часть I

## ОСНОВЫ СИСТЕМНОЙ ЭКОЛОГИИ



- **Основные понятия современной экологии**
  - **Закономерности развития биосферы**
    - **Экологические факторы среды**
    - **Системные законы экологии**

# Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ СОВРЕМЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

## 1.1. Предмет исследований экологии

Взаимодействие человека с окружающей природной средой – проблема не новая. Она уходит своими корнями в глубокую древность, когда человек овладел огнем, обустроил пещеры и с помощью каменных орудий стал осваивать равнинные и лесные пространства. С веками, по мере технической вооруженности человека, его воздействие на окружающую среду стало соизмеряться с геологическими процессами, протекающими на поверхности Земли и верхней части литосферы. Человек, вооруженный техникой и злоупотребляющий ее возможностями, не только уничтожает животных и растения, но и активно приближает самоуничтожение, изобретая всё новые виды оружия массового поражения (ядерное, бактериологическое, химическое и др.).

Как жить человечеству дальше? Сейчас ясно, что неограниченная свобода технико-экономической инициативы опасна, ведет к экологическому краху (Реймерс, 1994). Экологи призывают к воспитанию мировоззрения единства человека с природой. Изменить путь развития человечества ради предотвращения глобальной катастрофы и призвана экология – одна из самых молодых и бурно развивающихся отраслей научного знания. Экология – это наука, которая выявляет и решает проблему гармонизации жизни на Земле.

Слово «экология» в последние годы стало модным и общеупотребительным, наиболее часто встречающимся в программах международного сотрудничества, статьях в прессе, на этикетках воды, пива, продуктов питания и т. д. «Экологами стали все, следовательно никто» (Реймерс, 1994). Жители микрорайона, убирающие двор, подкармливающие птиц, собак, или дачники, сажающие овощи без химических удобрений, демонстранты с лозунгами: «Запретить строительство атомной электростанции» и т. д. Экологию в последние годы часто используют не как науку, а как лозунг, позволяющий делать деньги. Утерян смысл структуры экологического цикла наук, выхолощено их научное содержание.

Почти 70 лет (с 1869-го по 1940-е гг.) экология оставалась узкой отраслевой биологической наукой. Термин «экология» (от греч. *oikos* – жилище, дом и *logos* – слово, учение) более 100 лет назад ввел в научный обиход немецкий биолог Эрнст Геккель. В его трактовке экология – «это познание *экономики* природы, одновременное исследование всех взаимоотношений живого с окружающей средой». Таким образом,



*экология* – наука о законах равновесного устойчивого взаимодействия *живой (биоценоз) и неживой (биотоп)* материи.

Исследование биоценоза и биотопа предполагает учет воздействий всех систем во времени, в т. ч. долговременные последствия всех применяемых технологий в производстве и строительстве, добыче полезных ископаемых. Оказывается, «экономика» («умение вести дом») и «экология» («наука о доме») – однокоренные слова, «две стороны одной медали». Каков результат нашего хозяйничанья в Природе? Экологический анализ и долговременный прогноз изменения природной среды при освоении территорий должен лежать в основе государственной политики России.

За последние десятилетия объем экологических знаний неизмеримо возрос. Попытки осмыслить причины глобального кризиса и осознать, что природная среда – единственный дом человечества – должна быть чистой и бережно охраняемой, привели к выходу экологии за границы биологии. В качестве ее современного определения можно взять расширенное толкование науки экологии, данное в фундаментальном труде Ю. Одума (Одум, 1975). Известный американский эколог Ю. Одум еще в 1963 г. назвал экологию наукой о *строении и функциях природы* в целом как сложной системы. Это понятие объединяет все стороны жизни человека. Такое определение дает образ экологии как комплексной науки, разнопланово исследующей *строение* (структуру) и *жизнь* (функции) биосферы. Оно же положено в основу современного определения экологии, которое формулируется следующим образом.

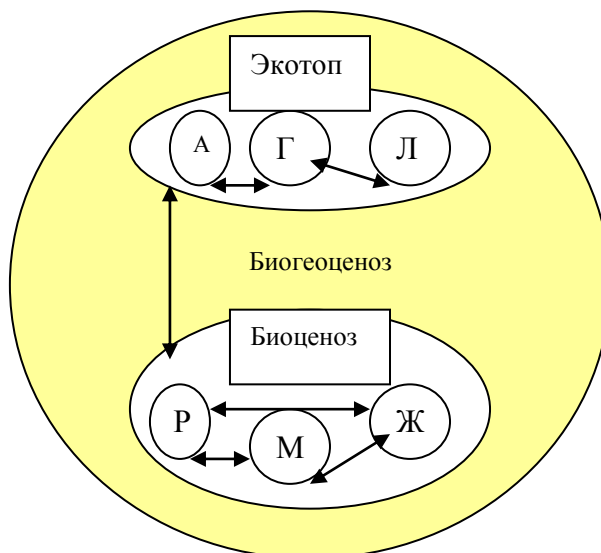
*Экология – междисциплинарная область знания об устройстве и функционировании многоуровневых систем в природе и обществе в их взаимосвязи.* Это очень широкое определение. Но оно больше других соответствует сегодняшнему пониманию содержания этой науки. Экологи стремятся представить общую картину строения и функционирования природы и определить место и роль человеческого общества в природных процессах на Земле.

Образно говоря, экология – это наука о том, как жить нам в собственном Доме, несущемся в космическом пространстве. Дом современного человечества – вся планета Земля, а Земля – это чудо Вселенной. Это уникальная сфера, движущаяся вокруг Солнца, окутанная собственной голубой атмосферой (где кислорода содержится 21 %, азот (78 %) служит для разряжения атмосферы). Жизнь на Земле поддерживается светом, теплом, воздухом, водой и пищей. Земля находится на нужном для поддержания жизни расстоянии от Солнца, вращается с нужной скоростью. Вот насколько мудра природа.

Экология – это наука, которая позволяет выявить и проанализировать основные природные взаимосвязи и законы, учитывающиеся в природоохранной деятельности предприятий и государства. Она учит, как человеку вписаться в окружающую его среду и сочетать свои потребности с ее возможностями.

Окружающая среда представляет собой систему взаимосвязанных природных и созданных человеком факторов, в которых протекает жизнь. Таким образом, специфика современной экологии состоит в превращении ее из биологической науки в науку обобщающую философскую – *макроэкологию* (Акимова, Хаскин, 1998). Макроэкология пока не признана мировым сообществом. Первым учебником по макроэкологии можно считать монографию Н.Ф. Реймерса «Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы».

Предметом исследования экологии являются *экологические системы*. Любой объект в экологии представляет собой систему, поэтому для понимания его функционирования недопустимо игнорировать все имеющиеся связи в ней. Отдельные живые организмы существуют в природе не сами по себе, они объединяются в сложные сообщества – экологические системы, или экосистемы (биогеоценозы). Экосистема – первичная ячейка биогенного механизма круговорота веществ, осуществляемого растениями (*продуцентами*), микроорганизмами (*редуцентами*), животными (*консументами*).



**Рис. 1. Схема экосистемы: экотоп (неживая часть) – А – атмосфера, Г – гидросфера, Л – литосфера; биогеоценоз (живая часть) – Р – растения (продуценты), М – микроорганизмы (редуценты), Ж – животные (консументы)**

**Экосистема** (биогеоценоз) – сложная природная система, объединяющая на основе обмена веществ и энергии совокупность живых организмов (биоценоза) с неживыми компонентами (биотопом). Экосистема – это сочетание биоценоза и биотопа (рис. 1).

Самая большая экосистема – Земля, или биосфера Земли, за глобальной системой – макросистемы (континенты, океаны), мезосистемы (лес, пруд, озеро), микросистемы (ствол дерева и т.д.), т.е. крупные системы включают более мелкие системы. Общее – процесс передачи энергии от одного звена экосистемы к другому, что поддерживает биотический круговорот веществ.

## 1.2. Структура экологии

Современная экология, бурно развиваясь в течение последней четверти прошлого века, разделилась на множество ветвей – отдельных наук и включает свыше 60 направлений и разделов (Реймерс, 1994), которые можно объединить в следующие группы.

- *Общая экология* (теоретическая, математическая), включая биоэкологию (популяции, биоценозы), геоэкологию (природные зоны, регионы и т. д.).
- *Социальная экология* (социальные группы, человечество).
- *Прикладная экология* (промышленная, строительная, сельскохозяйственная, химическая, медицинская и т. д.).

Основные разделы современной экологии в данном учебном пособии объединены в три группы: ***общая экология, экология социальная, экология прикладная.***

***Экология общая*** – это наука об общих закономерностях взаимоотношений организмов с окружающей средой. Ее ядром является биологическая (классическая) экология. Главная ее часть – *теоретическая* экология, экология естественных биологических систем: особей, видов (*аутэкология*), популяций (*демэкология*), биоценозов (*синэкология*).

*Аутэкология* – отрасль биоэкологии, изучающая взаимоотношения представителей одного и того же вида живых организмов с окружающей средой. Изучаются пределы устойчивости и предпочтения живыми организмами отдельных экологических условий, воздействие окружающей среды на морфологию, физиологию и поведение организма. Главный закон аутэкологии называется законом минимума. Он был установлен Либихом в 1840 г. (см. с. 54).

*Демэкология* и *синэкология* – отрасли биоэкологии, которые изучают отношения между особями, относящимися к различным видам биоценоза, а также между ними и окружающей средой.

*Демэкология* изучает динамику популяций, т.е. колебания численности различных видов во времени и пространстве. В случае отсутствия ограничений на пищевые ресурсы и пространство рост популяции выражается экспоненциальной кривой (геометрическая прогрессия). Для человеческой популяции годовой прирост теоретически может составить 1 молодую особь на одного взрослого, а для некоторых видов насекомых – от сотен миллионов до триллионов. Конкуренция между видами и внутри видов, ограничения пространства и пищевых ресурсов сдерживают рост популяций.

*Синэкология* изучает отношения между особями, относящимися к различным видам биоценоза, а также между ними и окружающей средой. Основными задачами синэкологии является изучение экосистем, а также роли конкуренции и эволюции живых организмов, заселение экологических ниш, охрана и воспроизводство естественных экосистем. Одним из основных принципов синэкологии является принцип Гаузе, согласно которому при одинаковых потребностях один из двух видов обязательно вытесняется другим из экологической ниши (обезьяну вытеснили кроманьонцы и т.д.).

Другие важные принципы синэкологии – это:

- принцип разнообразия: чем выше разнообразие биотопа (экотопа), тем выше разнообразие и биоценоза;
- принцип отклонения условий: чем больше отклонение условий биотопа от средних, т. е. чем экстремальнее условия экотопа, тем меньше разнообразие видов биоценоза, но тем выше численность имеющихся видов.

***Экология социальная*** – научная дисциплина, которая рассматривает взаимоотношения в системе «общество – природа». *Экология человека* – комплекс дисциплин, исследующих взаимодействие человека как индивидуума (биологической особи, социального субъекта) с окружающей его природой и социальной средой. Сюда же относится экологическая демография, которая изучает динамику человеческой популяции. *Экология человеческого общества* – наука молодая. Пока не изучены многие взаимосвязи глобальной деятельности человека и планеты Земля. Но результатом взаимодействия человечества с окружающей средой должно быть оформление ноосферы (области действия человека разумного) и антропоэкосистем как ее компонентов.

***Экология прикладная*** включает большой комплекс дисциплин. В зависимости от специфики решаемых экологических задач существуют

ее разнообразные прикладные направления: инженерная, медицинская, химическая, космическая, экология городов и т. д.

Н.Ф. Реймерс отмечает, что экология представлена в 70 лицах (научных дисциплинах). Это междисциплинарная наука, где в основе изучаемых явлений – все живое. Из приведенного выше перечня видно, что *экологизации* подверглись многие науки и сферы практической деятельности. Все науки начали решать задачи учета экологических последствий при реализации тех или иных инновационных технологических проектов. Не приведет ли эта излишняя «экологизация» к профанации науки экологии как таковой?

*Экологизация* – проникновение идей и проблем экологии в другие области знания. В их пограничных зонах возникают новые дисциплины. Через такое проникновение, как подчеркивает Н.Ф. Реймерс, не происходит «размывания» предмета «экология», но взаимное обогащение наук; по его выражению, экология «выросла из коротких штанишек, надетых на нее Э. Геккелем, но еще не удостоилась «нового костюма» – научного и практического признания».

За истекший период развития экологии как науки сформировалось четыре основных представления о том, что такое экология.

С точки зрения биологов, *экология – это наука о взаимоотношениях живых организмов между собой и с окружающей средой.*

Для географов *экология – это наука об изменениях экосистем Земли в ходе естественной эволюции и в результате деятельности человечества.*

Для экономистов, социологов, маркетологов, архитекторов *экология – это наука об естественной и искусственной среде обитания человека.*

Для химиков, физиков и специалистов технических дисциплин *экология – это наука, изучающая воздействие человека на природу.*

Для объединения всех вышеперечисленных представлений предлагается сформулированное выше расширенное понятие экологии как науки о взаимодействии любой сложной системы (биосфера, биоценоз) с экотопом (биотопом). Поэтому к основным разделам экологии могут быть отнесены экология живой природы (*общая*), экология человека (*социальная*), специальная (*прикладная*). Таким же образом построена структура книги.



***Николай Федорович Реймер  
(1931–1993)***

*Доктор биологических наук, профессор, – выдающийся российский биолог-эколог. Он внес большой вклад в разработку теоретических основ современной экологии. Он обобщил законы и принципы экологии. В его трудах экология представлена как вершина естествознания – мегаэкология, вокруг которой концентрируются другие научные дисциплины*

Таким образом, в формировании современной концепции экологии можно выделить четыре этапа:

1. Биологические исследования связей организмов между собой и окружающей средой – начало XX столетия.

2. Исследование сообществ организмов (трофические связи, «пирамида чисел») – 20-е годы XX столетия.

3. Разработка понятия «экосистема» и «биогеоценоз» как основных единиц научных исследований, включающих все взаимодействия между окружающей средой и обитающими в ней организмами, – 50-е годы XX столетия.

4. Активизация процесса становления ответственности человека за судьбу биосферы. Биосфера – совокупность всего живого на Земле. Биосфера, человеческие сообщества – это сложно организованные системы, взаимодействующие с другими системами (космическими). Познание взаимосвязей в живых организмах может стать основой для понимания социально-природных причинно-следственных связей. Экология относится к быстроразвивающимся отраслям естествознания, оказывающим огромное влияние как на технические, так и на гуманитарные науки. С различием в представлениях об экологии связаны и различные определения задач экологии.

### **1.3. Цель и основные задачи экологии**

Рассмотренная выше структура экологии позволяет понять цель и многообразие ее задач.

Цель экологии – сформулировать концепцию выживания и дальнейшего развития человечества в условиях неблагоприятных изменений окружающей среды. Учитывая закономерности развития

природы, наука определяет научно обоснованные способы воздействия на неё, разумного природопользования, экологизации общественного сознания. Достижение этой цели предполагает шесть этапов по созданию условий непрерывного устойчивого ее развития.

1. Проведение наблюдений за состоянием и изменениями окружающей среды (экологический мониторинг).

2. Экологический анализ и синтез полученных данных, необходимый для определения порога чувствительности (выносливости) живой природы по отношению к техногенной нагрузке (сколько можно изымать биологических ресурсов, загрязнять среду, чтобы в ней не начались необратимые процессы).

3. Экологический прогноз на основе выявленных тенденций еще не наступивших изменений в биосфере при воздействии на нее человека.

4. Разработка рекомендаций по предотвращению негативных изменений окружающей среды, а также предложений по защите от уже существующих негативных воздействий.

5. Передача экологической информации обществу через средства массовой информации и образовательные программы для управления и реализации эффективных экологических решений в общих интересах общего блага.

6. Формирование новой стратегии поведения каждого члена общества, т.е. формирование гуманной, фундаментально и профессионально образованной личности; становление экологической этики – как обязательное условие устойчивого развития биосферы.

Каковы возможные экологические стратегии человечества? На переломном этапе осознания экологической ситуации были сформулированы научно обоснованные рекомендации в экологическом манифесте, разработанном Н.Ф. Реймерсом, который подчеркнул: «Не природе нужна наша защита. Это нам необходимо ее покровительство. Природа была и всегда будет сильнее человека, ибо она его породила. Он лишь миг в ее жизни. Она же вечна и бесконечна. А потому – не навреди». Воплощение в жизнь принципа «не навреди» и осознание необходимости жить в согласии с природой – единственный путь развития человечества.



## Контрольные вопросы

1. Чем отличаются первоначальное и современное определения экологии как науки? Чем обусловлены эти отличия?
2. С какими небологическими научными дисциплинами связана современная экология? Приведите пример практической связи.
3. Почему в современной экологии особенно важен системный подход? (Схема экосистемы).
4. Назовите цель и основные задачи экологии.

## Список литературы

1. Реймерс Н.Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. – М.: Изд-во «Россия молодая», 1994. – 366 с.
2. Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
3. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология: учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 455 с.

## Глава 2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ БИОСФЕРЫ

### 2.1. Биосфера Земли

Понятие о биосфере было введено еще в XIX веке австрийским геологом Эдуардом Зюссом. Современное учение о биосфере создал великий ученый В.И. Вернадский. Учение о биосфере объединяет общий мировоззренческий стержень – представление об организованности биосферы, материально-энергетической целостности составляющих ее живых, косных и биокосных тел. Учение о «сфере жизни» было разработано В.И. Вернадским в лекциях в Карловском университете (г. Прага) и в Сорбоне (г. Париж) в 1923–1924 гг., а затем обобщено в его монографии (Вернадский, 1967). По его определению, биосфера – наружная оболочка (сфера) Земли, область распространения жизни (bios).

**Биосфера** – это совокупность частей земных оболочек (лито-, гидро- и атмосферы), которые заселены живыми организмами и находятся под их воздействием и влиянием продуктов их жизнедеятельности. С одной стороны, биосфера – это *среда жизни*, с другой – *результат жизнедеятельности* живых организмов.

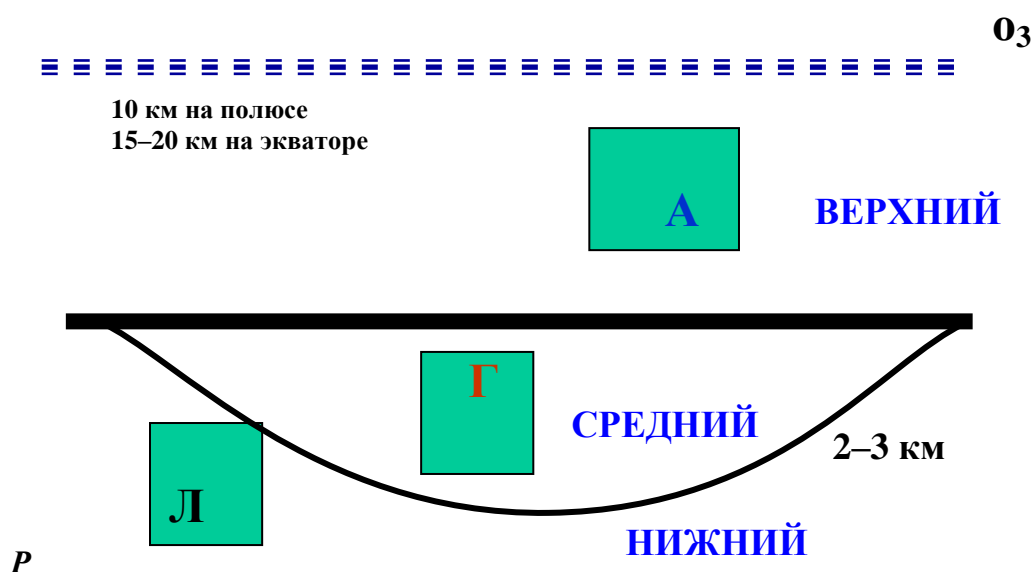
По Вернадскому, биосфера – сфера единства живого и неживого. Каждый организм может существовать в тесной связи с другими организмами и неживой природой. Поэтому биосферу следует



рассматривать не как случайное сочетание жизни, а как единый живой организм.

Биосфера не образует сплошного слоя с четкими границами. Она как бы «пропитывает» различные геосферы Земли, проникая в нижнюю часть атмосферы (25 км), во всю гидросферу, верхнюю часть литосферы (2–3 км).

Неживая природа включает атмосферу (верхний этаж), гидросферу (средний этаж) и литосферу (нижний этаж) – оболочки планеты, состоящие из веществ в газообразном, жидком и твердом состояниях, соответственно (рис. 2). По последним данным, толщина биосферы 40–50 км. Важнейшими компонентами биосферы являются: *живое вещество* (растения, животные и микроорганизмы); *биогенное вещество* (органические и органоминеральные продукты, созданные живыми организмами на протяжении геологической истории, – каменный уголь, нефть, торф и др.); *косное вещество* (горные породы неорганического происхождения и вода); *биокосное вещество* (продукт синтеза живого и неживого, т.е. осадочные породы, почвы, илы) (Вернадский, 1967).



ис. 2. Схема границ и «этажей» биосферы:  
Л – литосфера, Г – гидросфера, А – атмосфера

Вернадский доказал, что все три оболочки Земли – атмосфера, гидросфера, литосфера – связаны с живым веществом, которое оказывает непрерывное воздействие на неживую природу.

Определяющая особенность биосферы состоит в ее целостности, проявленной единством взаимосвязи живого вещества и косной материи. Живое вещество Земли представляет собой самую мощную силу в

биосфере, материально и энергетически определяющую ее функции. В результате непрерывного взаимодействия (обмена) между компонентами биосферы под влиянием живого вещества изменяются как населяющие биосферу организмы, так и среда, в которой они живут. Благодаря живому веществу поддерживается взаимосвязь и взаимообусловленность всех компонентов в биосфере. Эта многосторонняя и разнообразная связь определяет биосферу как гигантскую экологическую систему, в которой человек является, с одной стороны, биологической частицей этой системы, а с другой – активным ее преобразователем. С тех пор как окружающая нас природная среда – этот важнейший элемент биосферы – стала испытывать на себе влияние бурно развивающейся производственной деятельности, человечество не покидает тревога за судьбу биосферы.

Конечная цель человека – управление всеми процессами в биосфере, реальный путь ее достижения – ноосфера (сфера разума). В этой ситуации первостепенное значение приобретают наши знания о функционировании биосферы как глобальной экологической системы, о пределах ее устойчивости.

Присутствие живого вещества в биосфере обусловлено следующими особенностями:

- 1) на нее падает мощный поток солнечной энергии;
- 2) только в земной биосфере содержится вода в жидком состоянии;
- 3) в биосфере проходят поверхности раздела между веществами, находящимися в трех фазовых состояниях – твердом, жидком и газообразном.

В современной литературе применяется термин *экофера*. Это часть биосферы, где сосредоточены живые организмы. Ее верхняя граница расположена на высоте нескольких метров (менее 30 м) над поверхностью суши или океана, нижняя – на уровне залегания грунтовых вод (максимальное проникновение корней растений и животных). В океане граница экоферы ограничена слоем проникновения солнечных лучей (не более 100 м). За этими пределами остается ничтожная часть живых организмов, но находятся огромные массы продуктов их жизнедеятельности: в атмосфере – газы, пары воды, в гидросфере – растворенная и взвешенная органика.

Таким образом, биосфера является ареной жизни живых существ, а значит, жизни и хозяйственной деятельности человека.

## **2.2. Свойства биосферы**

Главный объект изучения в экологии – биосфера, как совокупность экологических систем.

Перечислим основные свойства биосферы как сложной глобальной системы: 1) *организованность*; 2) *устойчивость*; 3) *эмергентность*; 4) *разнообразие видов*.

1. **Организованность.** Биосфера – саморегулирующаяся система. Что это означает? В биосферу постоянно проникает солнечная радиация, т.е. биосфера аккумулирует и трансформирует энергию солнца. В результате, как было сказано выше, происходит постоянный обмен веществом и энергией. Здесь важную роль играет живое вещество. Такой постоянный вещественно-энергетический обмен между Землей и Космосом и между внешними оболочками Земли (рельеф, вода, почва, растительный и животный мир) представляет подвижное динамическое равновесие.

Системы, элементы которых взаимосвязаны переносами (потоками) вещества, энергии и информации, носят название динамических. Любая живая система представляет собой *динамическую* и, следовательно, открытую систему, но не всегда равновесную. Жизнь и движение (динамика) неразрывно связаны. Живое только потому и остается живым, что в нем ни на мгновение не останавливаются всевозможные процессы. Эти процессы незаметны и быстротечны. Так, в течение секунд и минут происходит деление клеток микроорганизмов, за несколько минут или часов может произойти гибель растений, животных и т.д. Несколько дней или недель достаточно, чтобы мелкие грызуны или насекомые после зимовки расплодились, увеличив свою численность в 10 или 100 раз.

Существование биосферы немислимо без поступления энергии извне, прежде всего – энергии Солнца. Это говорит о том, что биосфера – *открытая* система.

Впервые представления о влиянии солнечной активности на живые организмы разработаны А.Л. Чижевским (1897–1964 гг.). Он доказал, что многие явления на Земле тесно связаны с активностью Солнца. Все больше накапливается данных, свидетельствующих о том, что резкое увеличение численности отдельных видов или популяций («волны жизни») – результат изменения солнечной активности. Высказывается мнение, что солнечная активность оказывает влияние на многие геологические процессы, как следствие – катаклизмы, а также на социальную активность человеческого общества. На многие процессы в живой природе влияют: вращение Земли вокруг своей оси, обращение Земли вокруг Солнца, циклы солнечной активности. Например, в XX в. максимумы солнечной активности наблюдались в 1905, 1917, 1928, 1937, 1989 гг., очень «знаковых» для России.

2. **Устойчивость.** Преобладание в динамической системе внутренних взаимодействий над внешними определяет ее устойчивость и

способность к самосохранению. В настоящее время устойчивость системы называют *гомеостазом*.

*Гомеостаз* – это совокупность механизмов, устраняющих факторы, нарушающие внутреннее динамическое равновесие системы. Они способствуют возвращению системы в устойчивое положение. Поэтому возможен самостоятельный возврат природной системы к состоянию динамического равновесия, из которого она была выведена воздействием природных или техногенных сил. Гомеостатические механизмы поддерживают стабильность экосистем.

Биосфера за свою историю пережила ряд катастроф, многие из которых были значительными по масштабам (извержение вулканов, встречи с астероидами, глобальные оледенения, землетрясения и т. д.), но справлялась с ними. Отдельные региональные (крупные) экологические катастрофы она, как видим, гасить уже не всегда в силах, как следствие – распад экосистем (опустынивание земель), появление неустойчивых урбанизированных мегаполисов, исчезновение многих видов растительного и животного мира и т. д.

**3. Эмерджентность** (от англ. emergent – внезапно возникающий) – наличие у системного целого особых свойств, не присущих его подсистемам. Это особое свойство системы, которое отсутствует у ее частей. Невозможно постичь свойства системы лишь на основании свойств составляющих ее частей, решающее значение при этом имеет взаимодействие между элементами. Например, водород и кислород, находящиеся на атомарном уровне, при соединении образуют молекулу воды. Она обладает совершенно новыми свойствами. Принцип эмерджентности имеет весьма важное значение для экологического мышления: одно дерево не может составить леса; лес возникает лишь при определенных условиях – достаточной густоте древостоя, соответствующей флоре и фауне, сформированных биоценозах и других условиях. Экосистема определенного вида сохраняется лишь при определенном сочетании экологических компонентов. Эмерджентные свойства необходимо учитывать при экологической экспертизе и прогнозировании; она лишает смысла однокомпонентного подхода к природным явлениям.

**4. Разнообразие.** Биосфера – система, характеризующаяся большим разнообразием. Разнообразие обуславливается многими факторами. Это и разные условия среды жизни, разнообразие географических зон, геохимических провинций и т. д., где существует около 2 млн видов (1.5 млн животных, 0.5 млн растений). Многообразие видов возникло как результат присущей организмам изменчивости, микро- и макроэволюционных процессов. Дарвин заключает свою теорию

происхождения видов словами: «Творец первоначально вдохнул в одну или ограниченное число форм; и между тем наша планета продолжает вращаться согласно неизменным законам тяготения, из такого простого начала развилось и продолжает развиваться бесконечное число самых прекрасных и самых изумительных форм». Это многообразие форм способствует дальнейшему усложнению компонентов биосферы и повышению целостности ее как системы.

Практически вся без исключения деятельность человека приводит к оскудению экосистем любого ранга (резко уменьшились площади лесов, их было до человека 70 % суши, а сейчас – не более 20–23 %), количество животных, растений и т. д. Видовая насыщенность культурных земель сведена человеком до минимума (как правило, один вид). Это делает растения крайне уязвимыми для вредителей. Не случайно, что биологическое разнообразие отнесено Конференцией ООН по ОС и развитию (1992 г.) к числу трех важнейших экологических проблем, по которым приняты специальные заявления и Конвенции о сохранении разнообразия видов, лесов, предотвращении изменения климата.

### **2.3. Живое вещество в биосфере**

Не будь на Земле живых существ, нашей планете была бы уготована участь «ядовитой парилки» – как на планете Венере или «остывшего пустынного тела» – как на Марсе. «Жизнь со всеми ее проявлениями произвела глубокие изменения на нашей планете»... Жизнь правит бал и в воздухе, и в воде, и на поверхности планеты, и в самой тверди земной (Вернадский, 1967)... Жизнь всюдна». Всё новые и новые поколения организмов сменяют друг друга, используя то, что создали предшественники, и, в свою очередь, преобразовывают Землю для потомков.

*Живое вещество* (по В.И. Вернадскому) – совокупность всех живых существ, населяющих планету (от простейших вирусов до человека); характеризуется массой, химическим составом, энерго-информационным потенциалом, трансформирует солнечную энергию и вовлекает неорганическую материю в непрерывный круговорот.

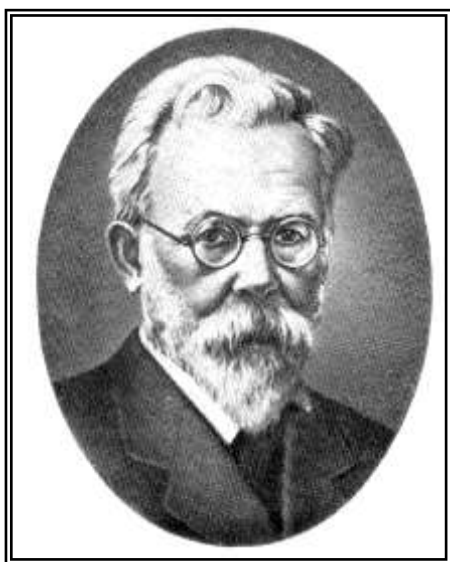
С естественно-научных позиций учения В.И. Вернадского можно говорить о единстве живой и неживой природы, о связи микромира и макромира. Живые организмы создали на Земле атмосферу, и судьба атмосферы полностью зависит от живых организмов: если они прекратят свое существование, то углекислый газ в атмосфере исчезнет всего через 21 год, а кислород – через 100 лет.

К живому веществу относятся: животные (консументы), растения (продуценты) и микроорганизмы (редуценты). Органическое вещество продуцентов служит источником вещества и энергии для многочисленных животных – консументов. Они могут быть первичными, или фитофагами (консументами первого порядка), и вторичными (консументами второго порядка) – плотоядными (рис. 3).



*Рис. 3. Примеры продуцентов и консументов первого и второго порядка*

Живые и растительные организмы своей деятельностью при жизни и биомассой после смерти в течение миллиардов лет создавали условия, благоприятные для жизни, преобразуя биосферу.



***Вернадский Владимир Иванович  
(1863 – 1945)***

*Великий русский ученый. Минералог, геохимик, биогеохимик. Создатель учения о биосфере и ноосфере*

Тайна возникновения жизни на планете до сих пор остается неразгаданной. В.И. Вернадский определял жизнь как космическое явление. Если предположить, что вся масса и энергия Вселенной, а также время и пространство возникли в результате большого взрыва, то, вероятнее всего, именно в этот момент произошло образование двух субстанций – живой и косной. Согласно концепции *панспермии*, в космическом пространстве присутствует

огромное количество зародышей живого вещества. Очевидно, простейшие формы организмов появились с начала геологической истории в готовом виде. Теперь известны факты, подтверждающие предположение, что в течение всего геологического времени не было «мертвых» эпох. Сущность живого заключена в присущей ему жизненной силе, направляющей эволюцию по восходящей линии.

Эволюционная теория происхождения жизни на Земле представлена уровнями биологической организации на планете. Их семь: **молекулярный, клеточный, организменный, популяционный, биогеоценозный, экосистемный, биосферный.**

Примерно 3.5 млрд лет назад под влиянием ультрафиолетового излучения Солнца началось образование первых органических соединений – **молекул**, способных к самовоспроизведению (образованию **клеток**). Это предки всех живых существ (*древнейшие следы жизни встречены в докембрийских горных породах с возрастом 3.5 млрд лет*). Молекулярный уровень предполагает разнообразные и сложные процессы, лежащие в основе жизнедеятельности организма: обмен веществ, превращение энергии, передача наследственной информации и другие. А клеточный уровень – не только структурная и функциональная единица любого живого организма, но и показатель её развития.

Затем появились **микрорганизмы** (*1 млрд лет назад*), которые, используя солнечный свет, стали сами создавать органическое вещество из углекислого газа, минеральных солей и воды. Отходом стал кислород. В ходе естественного отбора у организмов архейской биосферы, по-видимому, довольно скоро проявилась способность к фотосинтезу, что обеспечило возможность нового скачка в развитии живой материи.

Элементарной единицей организменного уровня является отдельная особь. В организме возникают системы органов, которые специализируются на выполнении различных функций (пищеварения, дыхания и т.д.).

Сначала живые существа появились в море, а затем на суше. Когда живые существа вышли на сушу? Тогда, когда образовался озоновый слой, – защита белковых соединений от ультрафиолета. Этап замены восстановительной среды на окислительную можно считать периодом перехода пробиосферы в биосферу с наличием присущих ей частей. В мезозойскую эпоху (*185 млн лет назад*) на Земле появились птицы и млекопитающие, а 70 млн лет назад, в кайнозойский период, и современные группы животных – это **организменный** уровень. Однако полнота всех естественных проявлений жизни представлена только на последних уровнях – **популяционном, экосистемном и биосферном.**

Действительно, для всех системных образований наиболее устойчивым является наличие семи системных уровней. Мир семеричен, – например, не случайно выделено 7 нот в музыке, 7 цветов радуги, семь-«я» и т. д.

**Популяция**, как совокупность организмов одного и того же вида, объединенная общим местом обитания, является уже надорганизменной структурой. Именно в этой системе осуществляются элементарные эволюционные преобразования.

**Экосистемный, или биогеоценотический**, уровень включает биоценозы. Это совокупность организмов разных видов и различной сложности организации во всем многообразии связей с факторами среды их обитания. **Биогеоценоз** – сообщество живой и неживой природы, участок биосферы, характеризующийся однородными топографическими, микроклиматическими, гидрологическими и биотическими уровнями (есть замкнутость потоков энергии и вещества – лес, луг, болото, тундра и т.д.). Поскольку **биосфера** есть совокупность всех биогеоценозов, охватывающая все явления жизни, она является высшим уровнем организации живой материи. На биосферном уровне происходит круговорот веществ и превращение энергии. В заключение можно привести цитату из книги «Происхождение жизни» известного геолога М. Руттена: «Жизнь есть макромолекулярная система, для которой характерна определенная *иерархическая организация*, а также *обмен веществ* и тщательно регулируемый *поток энергии*».

#### 2.4. Функции живого вещества

Для того чтобы понять сущность процессов, протекающих в биосфере, рассмотрим основные функции живого вещества в биосфере: **энергетическую, метаболическую, деструктивную, концентрационную и средообразующую.**

**Энергетическая функция живого вещества как носителя свободной энергии** – его основная функция в биосфере. Она выполняется прежде всего растениями. Чтобы биосфера могла существовать и развиваться, ей необходима энергия. Первоначальным и главным источником всех процессов, протекающих на Земле, является Солнце. Оно дарит Земле колоссальное количество энергии –  $2,5 \cdot 10^{24}$  Дж в год.

Живое вещество находится в непрерывном химическом обмене с космической средой и поддерживается на нашей планете космической энергией Солнца. «Лучи Солнца обусловили главные черты механизма биосферы. Вещество биосферы (масса) благодаря солнечным лучам



проникнуто энергией. Оно становится активным и способным производить работу» (Вернадский, 1967).

Солнечный свет для биосферы является рассеянной лучистой энергией электромагнитной природы. Почти 99 % энергии, поступающей в биосферу, поглощается атмосферой, гидросферой и литосферой. И только около 1 % ее непосредственно передается потребителям – растениям. Если бы поток солнечного излучения, направленного к Земле, только рассеивался, то жизнь была бы невозможной.

Энергетическая функция выполняется растениями, которые в процессе фотосинтеза аккумулируют солнечную энергию в виде разнообразных органических соединений. По словам Вернадского, зеленые хлорофилльные организмы, которые улавливают солнечный луч и создают фотосинтезом химические тела, – своеобразные солнечные консервы, энергия которых в дальнейшем является источником действенной химической энергии биосферы. Таким образом, главную роль в становлении и развитии биосферы сыграл *фотосинтез*.

**Фотосинтез** – процесс превращения углекислого газа и воды в сахар и крахмал, а также свободный кислород. Фотосинтез играет главную роль в создании кислорода атмосферы и органических веществ. Он протекает по такой схеме:

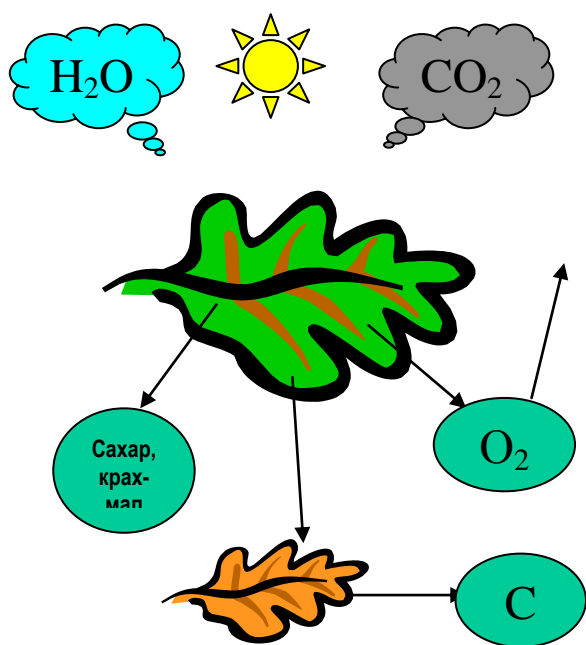


Рис 4. Схема фотосинтеза

Зеленые растения поглощают неорганические вещества, углекислоту, воду, минеральные соли и, используя солнечный свет, образуют органические вещества, глюкозу (углеводы), необходимые для их роста и развития.

Этот процесс преобразования части солнечной энергии в органическое вещество путем фотосинтеза называют «работой» зеленых растений, или восстановлением (рис. 4).

Таким образом, производятся не только такие органические вещества, как углеводы (глюкоза), но и аминокислоты (класс органических соединений – карбо-

кисильные (COOH) и аминогруппы (NH), обладающие свойствами как кислот, так и оснований), белки и другие жизненно важные соединения.

Органические вещества необходимы для жизнедеятельности всех живых организмов.

Вместе с тем фотосинтетический процесс освобождает большое количество свободного кислорода. Это единственный процесс, который уже два миллиарда лет поддерживает содержание кислорода в атмосфере Земли. Свободный кислород образуется из кислорода воды. За эту продуктивность растения называют *продуцентами* или автотрофами (самопитающимися).

*Дыхание* – обратный фотосинтезу процесс, при котором органические вещества окисляются с помощью атмосферного кислорода, выделяя двуокись углерода.

*Редуценты* (деструкторы), разлагая отмершие остатки организмов, освобождают неорганические (биогенные) элементы: углерод, кислород, азот, фосфор, серу и др. Редуценты являются санитарами Земли. К ним относятся грибы и бактерии, а также черви, личинки мух, личинки жуков-могильщиков и трупоедов и т. д.

Важным этапом в развитии биосферы явилось возникновение такой ее части, как *почвенный покров*. Биогенные элементы хранятся некоторое время в почве. Почвенный покров (гумусовая оболочка) служит как бы общепланетарным аккумулятором в распределении энергии. Почвенный покров является своеобразным складом (депо) важнейших биогенных элементов (углерода, азота, фосфора и т. д.), хранящим их от быстрого смыва в Мировой океан. Они поступают в круговорот, необходимый для существования биосферы. С возникновением почвы достаточно развитого профиля биосфера становится целостно завершенной системой. В ней все части взаимосвязаны и зависят друг от друга.

Каждый год продуцентами на Земле создается около 100 млрд т органического вещества. Это продукция биосферы. Примерно такое же количество живого вещества за год, окисляясь, превращается в  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  в результате дыхания организмов. Этот процесс называется глобальным *распадом*. Он начался около 60 млн лет назад.

Но этот баланс существовал не всегда. Примерно 1 млрд лет назад часть образуемого продуцентами вещества не расходовалась на дыхание и не разлагалась. В биосфере не было достаточного числа редуцентов. В результате этого органическое вещество сохранялось и задерживалось в осадках. Преобладание синтеза органического вещества над его разложением привело к уменьшению в атмосфере Земли количества углекислого газа и накоплению кислорода. Около *300 млн лет* назад избыток органической продукции привел к образованию горючих

ископаемых (угля, нефти и т. д.). Образуются ли полезные ископаемые осадочного происхождения в настоящее время?

За последние полвека в результате хозяйственной деятельности человека, связанной со сжиганием горючих ископаемых, концентрация углекислого газа в атмосфере повысилась, а кислорода – уменьшилась. Это создает критическую ситуацию для устойчивости атмосферы.

Таким образом, живое вещество, как носитель энергии участвует в круговороте вещества, определяемого глобальной продукцией и распадом.

**Метаболическая функция** – вторая нами рассматриваемая функция живого вещества. *Метаболизм* (греч. *метаболе* – перемена) – обмен веществ и энергии в организме или биологической системе.

Живое вещество (биота) обуславливает преобладающую часть химических превращений в биосфере. Оно выполняет глобальную метаболическую функцию. Отсюда – суждение В. И. Вернадского об огромной преобразующей геологической роли живого вещества. На протяжении эволюции живые организмы тысячекратно пропустили через себя – свои органы, ткани, клетки, кровь – всю атмосферу, весь объем Мирового океана, часть массы почв, огромную массу минеральных веществ. И не только пропустили, но и изменили всю земную среду. Обмен веществ и энергии – основа жизнедеятельности живой и саморазвития неживой материи, т.е. самоорганизации всей природы.

В нормальном состоянии любой экосистеме присуще устойчивое состояние – *гомеостаз*. Оно характеризуется динамическим (подвижным) равновесием. Например: мы наблюдаем подвижное динамическое равновесие между рождаемостью и смертностью, потреблением и освобождением вещества и энергии. Или: если в системе «олень – волк» численность оленей растет, то за счет этого и число волков может увеличиться. Волки не дадут оленям быстро размножаться и истребить слишком большое количество растений – продуцентов. Описанный процесс отражает действие закона *внутреннего динамического равновесия*. Согласно этому закону, *вещество и энергия* настолько взаимосвязаны, что изменение одного из них вызывает изменение другого. Изменение происходит в направлении, обеспечивающем сохранение общей суммы веществ, т. е. устойчивости. Например: количество оленей уменьшается, тогда волки будут питаться зайцами; если их нет, то место волка займет другое животное, более всеядное – медведь. Основа устойчивости биоценозов – это сложный и разнообразный видовой состав, который необходим: а) для быстрой и качественной замены выбывших членов общества; б) для дальнейшего совершенствования организмов с помощью конкуренции.

## 2.5. Свойства живого вещества

Живое вещество обладает следующими *свойствами*:

1. Способность быстро заселять все пространство (всюдность жизни).
2. Движение не только пассивное (по течению), но и активное (против течения).
3. Устойчивость при жизни и быстрое разложение после смерти (конечное время существования каждой отдельной особи).
4. Высокая адаптация к условиям окружающей среды.
5. Все живое имеет общее происхождение.

*В чём отличие растений от животных?* Как считают большинство биологов, различия между растениями и животными можно разделить на три группы :

- 1) по структуре клеток и их способности к росту;
- 2) по способу питания;
- 3) по способности к движению.

Отнесение к одной из групп проводится не по каждому признаку, а по совокупности различий. Так, кораллы всю жизнь остаются неподвижными, но по другим свойствам их относят к животным. Кристаллы растут, но не воспроизводятся; растения воспроизводятся, но не двигаются; животные двигаются и воспроизводятся.

Рассмотрим первые два различия.

1. *По структуре клеток и их способности к росту.* Растения (клетки) сохраняют способность к активному и быстрому росту. Растительные клетки отличаются от животных плотной оболочкой из целлюлозы и наличием пластид. Целлюлоза представляет собой клетчатку – углевод из группы полисахаридов, состоящий из остатков молекул глюкозы. Она является главной составной частью клеточных стенок растений, придавая им прочность и эластичность. Из примерно 30 млрд т углерода, превращаемого растениями в органические вещества, около третьей части приходится на целлюлозу.

Основным материалом всех живых организмов являются белки. Они, в свою очередь, состоят из простейших «кирпичиков» – аминокислот. Белков – величайшее множество, а вот число аминокислот, из которых они состоят, всего два десятка. У всех живых организмов, от амебы до кита, набор аминокислот не превышает 20. Природа по каким-то причинам отобрала для своего использования всего 20, и все они, за редким исключением, имеют левую ось симметрии. Почему только левую, до сих пор не выяснено.

Живую материю от неживой отличает наличие двойной спирали ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота) – полимера, состоящего всего из 4-х видов структурных основных блоков – нуклеотидов (Фрэнсис Крик и Джеймс Уотсон, 1953). За прошедшие со времени открытия ДНК 50 лет человек так и не сумел создать в лаборатории живую материю из неживой.

Морфологически можно различать громадное число отдельных форм жизни – видов, родов и т. д. Биохимически жизнь во всех ее проявлениях очень однообразна: два десятка аминокислот, входящих в нуклеиновые кислоты, белки, углеводы и жиры. Этот набор в любом организме главных органических соединений подтверждает, что все живое имеет общее происхождение.

Продолжительность существования отдельной особи каждого вида меняется в процессе эволюции незначительно (если не происходит изменений в условиях существования), но у различных видов разная. Так, микроорганизмы живут всего несколько десятков минут, мелкие млекопитающие (крысы, мыши) – 2–3 года, собаки – 10–15 лет, лошади – 30–35 лет, слоны – около 100 лет, черепахи 150–200 лет. Долго живут деревья: сосна – около 300 лет, дуб – 1500 лет, американская секвойя – 4000 лет. Человеку отпущено около 100 лет.

*2. По способу питания.* Питание растений имеет свою специфику. В пластидах – белковых телах клеток растений – заключен хлорофилл. Его наличие связано с космической функцией растений – улавливанием и превращением солнечной энергии. Эта функция определяет строение растения. Свет способствует созданию форм растений – существует великое множество разновидностей цветков и листьев. Большинство растений получают питание в результате поглощения минеральных соединений из почвы. Животные питаются готовыми органическими соединениями, которые создают растения в процессе фотосинтеза.

## **2.6. Закон сохранения (бережливости)**

Устойчивое функционирование экосистем, в т.ч. и самой глобальной – биосферы, и выполнение ими вышеперечисленных функций возможно только при условии соблюдения закона постоянства вещества и энергии. Оно реализуется в потоках энергии и круговоротах питательных (биогенных) веществ (см. рис. 8).

Движущей силой биотического круговорота является энергия Солнца. Проникая из космоса в биосферу, лучистая энергия улавливается, трансформируется и накапливается не только в растениях, но и животных, почвах, горных породах.

Энергия может существовать в виде различных взаимно превращаемых форм: механическая, химическая, тепловая или электрическая. Переход одной формы в другую, называемый преобразованием энергии, подчиняется законам термодинамики.

Жизнь предполагает *потребление, преобразование энергии и передачу* ее от одних видов организмов к другим. Растения в процессе фотосинтеза преобразуют солнечную энергию в энергию химических связей органических веществ (энергию пищи). Например, заяц ест траву, рысь – зайца. Цель – обеспечить себя энергией для жизни. Часть энергии теряется, часть расходуется для поддержания жизненных процессов, часть передается организмам последующих пищевых уровней – без этого невозможно было бы развитие жизни на Земле.

Все превращения энергии в биосфере происходят в строгом соответствии с *двумя основными законами термодинамики*:

1. Закон сохранения энергии: энергия не исчезает и не создается вновь, а только переходит из одной формы в другую (рис. 5).

2. При любых превращениях энергии часть ее теряется в виде тепла, т. к. при совершении работы энергия не может быть использована на 100 %. Это второе начало термодинамики определяется особенностями превращения энергии. Часть энергии в процессе ее превращения всегда переходит в малодоступную для использования рассеянную тепловую энергию. Обратного превращения быть не может. Это закон энтропии (от греч. *entropia* – поворот, превращение) (рис. 6).



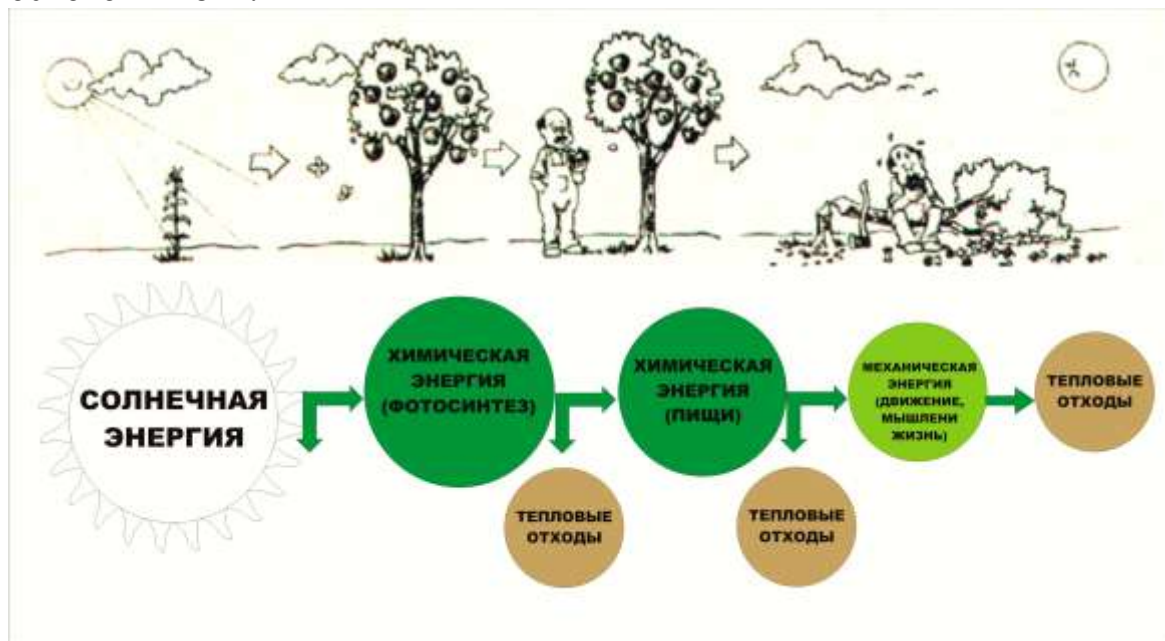
*Рис. 5. Первое начало термодинамики (пример)*



*Рис. 6. Пример энтропии (второй закон термодинамики)*

Тепло есть результат случайного движения молекул, тогда как работа есть упорядоченное использование энергии. Энергия любой системы стремится к состоянию термодинамического равновесия, или максимальной энтропии. Приведем пример применения законов термодинамики в живой и неживой природе.

Живые организмы подчиняются закону сохранения энергии (массы). В любых живых системах не исчезает и не возникает ни один атом. Живые организмы могут увеличить свою упорядоченность, образуя очень сложные структуры. Это возможно лишь за счет непрерывной работы, в процессе которой происходит обязательное рассеивание энергии. Для уменьшения энтропии живые системы должны совершать работу (рис. 7). Неотъемлемый элемент жизни – движение, оно является основой жизни.



*Рис. 7. Действие второго закона термодинамики в живых системах*

Упорядоченность живого не возникает сама по себе, за неё организму постоянно приходится расплачиваться энергией. Чтобы не наступила максимальная энтропия, организм или система должны постоянно извлекать энергию извне. Живой организм (животное) получает энергию от растительной или животной пищи.

Возможен случай, когда вся накопленная энергия организма или системы полностью превратится в тепловую форму и рассеется – и произойдет гибель организма или необратимая деградация системы. Живой организм погибает, если лишит его возможности извлекать энергию из окружающей среды. Смерть приводит к постепенному «растворению» организма в окружающей среде, что всегда выражено увеличением энтропии.

подавляющее большинство процессов в *неживой* природе приводит к возрастанию энтропии. Возрастание энтропии – это уменьшение упорядоченности. В неживых системах энергия любых видов со временем превращается в рассеянную тепловую. Если температура какого-либо тела (камень-валун) или поверхности (участок суши) выше температуры воздуха, то данная система стремится к равновесию. Валун будет отдавать тепло до тех пор, пока его температура не сравняется с температурой воздушной среды. В данном случае «работает» второй закон термодинамики, и наступает термодинамическое равновесие.

Энергия Солнца запускает в действие механизм биотического круговорота питательных веществ в экосистеме. Биотический круговорот обеспечивается взаимодействием трех основных групп организмов: *продуцентов, консументов, редуцентов* (рис. 8). Кроме этого, в ходе эволюции выработалось *два вида* питания:

- 1) *автотрофное* (самостоятельное питание);
- 2) *гетеротрофное* (питание другими организмами).

*Автотрофное* питание основывается на непосредственном преобразовании неорганических веществ (вода, азот, фосфор, углекислый газ) в органические с помощью солнечной энергии в процессе фотосинтеза. Оно свойственно растениям.

*Гетеротрофное* – это питание уже готовыми органическими веществами, что присуще животным и микроорганизмам. Они преобразуют энергию, получаемую от солнца, а потом сами становятся пищей животных-хищников.

У каждой группы организмов своя специализация:

*продуценты (производители)* – организмы, создающие органическое вещество из неорганического;



консументы (потребители) питаются растениями 1-го порядка, животными – 2-го порядка (злаки – олени – тигр);

редуценты (разлагатели) – бактерии, черви, грибы и т. д. Они окончательно разлагают органическое вещество, содержащееся в отходах. Редуценты восстанавливают неорганические вещества (азот, вода, фосфор, калий) до их первоначального вида, пригодного для питания растений.

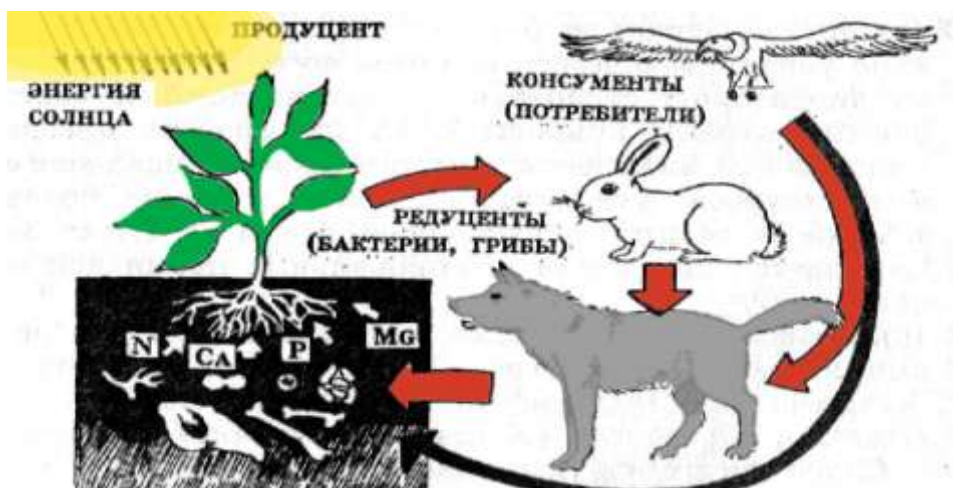
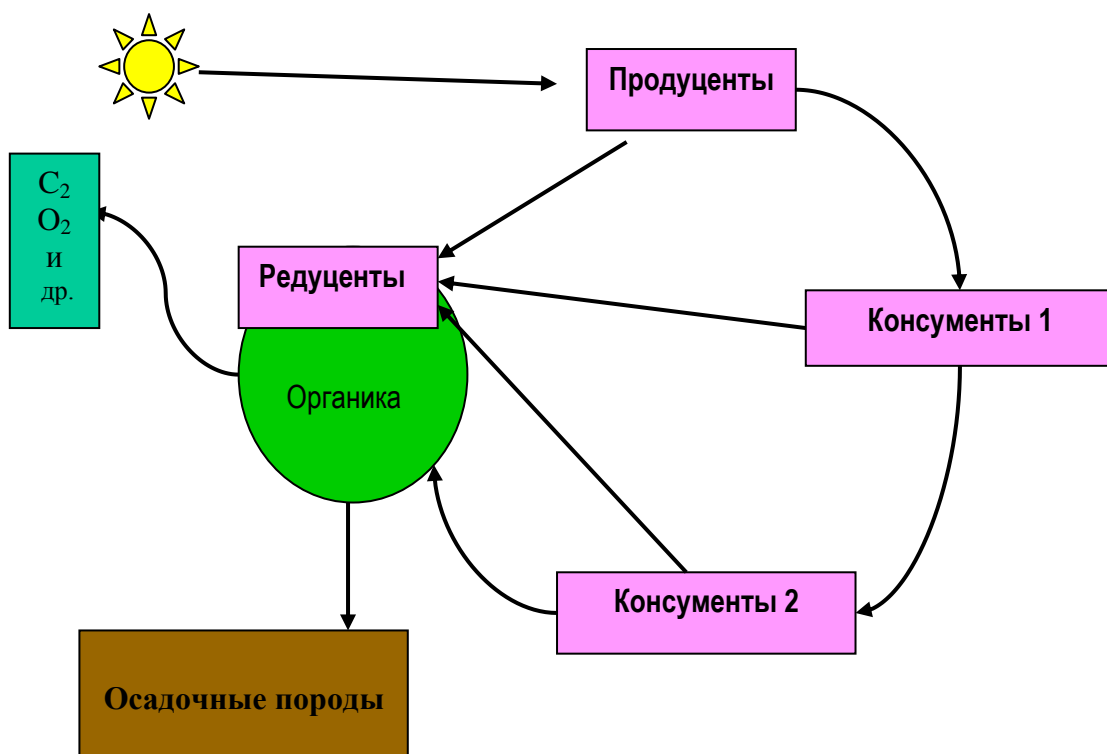


Рис. 8. Биотический круговорот вещества

Эти три основные «профессии» – *производители, потребители, разлагатели* – в животном мире можно встретить в самых различных экосистемах на суше и в воде.

На восходящей ветви биотического круговорота, основанного на выполнении энергетической функции продуцентов, происходит аккумуляция солнечной энергии в виде органических веществ. Они синтезируются растениями из неорганических соединений – углекислого газа, воды, азота и других элементов питания. Нисходящая ветвь биотического круговорота связана с потерями органического вещества и накопленной в нем энергии. Важнейший процесс – дыхание растений, при котором часть органического вещества окисляется до углекислого газа и возвращается в атмосферу. Другой процесс расходования органического вещества и энергии – это потребление растений консументами первого порядка – травоядными животными. Они являются пищей для плотоядных животных – консументов более высокого трофического уровня. Каждое звено экосистемы поставляет в окружающую среду органические остатки, которые служат источником пищи и энергии для микроорганизмов. Завершающим этапом превращения органического вещества являются процессы гумификации и, далее, окисления гумуса до двуокиси углерода и минерализации биогенов, которые вновь возвращаются в почву и атмосферу, обеспечивая растение пищей.

В биотическом круговороте принимают участие большое число биологически важных элементов – азот, кальций, калий, натрий, кремний, фосфор, сера, а также микроэлементы – йод, бром, цинк, серебро, медь, магний, свинец, никель, кобальт. Живым веществом поглощаются также ядовитые (селен, ртуть, мышьяк) и радиоактивные вещества.

Несмотря на глобальные масштабы миграции атомов через экосистемы, ученые, в частности К. Бэр, еще в XVIII в. обратили внимание на чрезвычайно экономный ход этого процесса. В.И. Вернадский сформулировал *закон бережливости: атомы, вошедшие в какую-нибудь форму живого вещества, с трудом возвращаются, а может быть, и не возвращаются назад, в косную материю биосферы.*

Какая группа в первую очередь подвержена экологическому кризису? *Редуценты.* За последние десятилетия человек создал тысячи новых соединений, природе не известных. Нет редуцентов в природе, способных утилизировать эти соединения, поэтому отравляющие природу вещества быстро накапливаются. Круг, созданный природой, размыкается человеком – равновесие в природе становится неустойчивым. Для поддержания жизни на Земле нельзя искусственно разрывать биотический круговорот.

Биотический круговорот – это непрерывный процесс создания и деструкции органического вещества, который действует по принципу безотходного производства. Продукты жизнедеятельности одних организмов жизненно необходимы для других – все утилизируется в великом круговороте. Сама биосфера, как качественно особое образование, возникла тогда, когда сложился достаточно развитый биотический круговорот вещества и энергии. Только благодаря этому круговороту обеспечивается непрерывность процессов в биосфере. Как отмечал академик-почвовед В.Р. Вильямс, «единственный способ сделать какой-то процесс бесконечным – пустить его по пути круговоротов».

Таким образом, развитие и существование биосферы поддерживается круговоротами отдельных химических веществ, которые при всем их многообразии сводятся к двум, основным:

- *геологическому* (круговорот воды в природе);
- *биологическому* (биотический круговорот вещества).

Какой механизм обеспечивает круговорот веществ? Почему биосфера является саморазвивающейся и целостной системой?

По мнению В.И. Вернадского, таким механизмом (источником) саморазвития является *противоречие*, существующее между живой и неживой природой. По своей структуре биосфера представляет собой качественно неоднородное образование (дисимметрию). Выделяются следующие виды неоднородности биосферы: *агрегатная, пространственная, энергетическая, геохимическая, зональная*.

**Агрегатная неоднородность** биосферы состоит в том, что биосфера представляет собой единый природный комплекс, в котором тесно взаимодействуют, оставаясь качественно обособленными, три агрегатных состояния – твердое, жидкое и газообразное. При постоянном потоке космического излучения, энергии Солнца, в условиях электромагнитного поля Земли и земной сферической поверхности взаимодействие приобретает крайне противоречивый характер. Огромные массы воды, около  $519\,000\text{ км}^3$  в год, испаряясь с поверхности водоемов, переходят в газообразное состояние в состав атмосферы. Далее газ переносится движением воздуха и низвергается на сушу в виде ливней или оседает туманом и росой. Потоки воды вновь стекают к понижениям рельефа, оттуда попадают в многочисленные водоемы, чтобы затем опять подняться в составе испарений в атмосферу. Работа поверхностных вод постепенно приводит к выравниванию рельефа, и следовательно к уменьшению рельефа водного стока. Этому процессу противостоит поднятие отдельных участков суши в результате тектонических движений земной коры.

**Пространственная неоднородность** состоит, во-первых, в неравномерности распределения вещества в биосфере и, во-вторых, в структурном соотношении моментов симметрии и дисимметрии.

Наибольшее количество массы веществ сосредоточено в наружном слое литосферы и в гидросфере, гораздо меньшее – в составе атмосферы и организмов биосферы. А неравномерность распределения масс вещества и разнородность его агрегатных состояний обуславливают возможность движения и усложнения материи в биосфере.

Характерной чертой неживых тел является симметричное соотношение элементов структуры на молекулярном уровне. А для веществ живой природы – белков, жиров, углеводов – характерно преобладание стереоспецифических изомеров, преимущественно левых. Это имеет большое значение для развития живой природы и биосферы в целом, т.к. стереоспецифические вещества более активны.

**Энергетическая неоднородность** выражается в неравномерном распределении по земной поверхности солнечной энергии (тепла и света), а также в разной энергетике живого и неживого вещества. Наиболее симметричное тело неживой природы – кристалл – обладает наименьшим количеством энергии, чем асимметричная живая материя на молекулярном уровне. Энергетическая активность живых тел регулирует практически весь химизм биосферы. Неравномерное распределение энергии приводит к разности потенциалов у элементов живой и неживой природы.

**Геохимическая неоднородность** – это неравномерность распределения атомов различных химических элементов в земной коре. С момента возникновения жизни организмы, концентрируя в своем теле определенные химические элементы, перераспределялись по периферии нашей планеты. Кремний и еще семь химических элементов (алюминий, железо, кальций и др.) составляют 99 % массы континентальной земной коры, остальные 79 элементов распылены в небольшом количестве.

**Зональная неоднородность** поверхности Земли впервые четко была определена В.В. Докучаевым. Неравное по широтным зонам расселение органических форм и отложение продуктов их жизнедеятельности отражает дисимметрию неорганических условий существования жизни. Неоднородность является важнейшей чертой и источником развития биосферы.

Какова скорость круговорота различных веществ в биосфере? Все живое вещество биосферы обновляется в среднем за 8 лет, а смена кислорода в атмосфере происходит за 2 000 лет.

Таким образом, наука рассматривает биосферу как глобальную многокомпонентную организованную систему, состоящую из биотопа и

биоценоза. Даже краткое знакомство с биосферой свидетельствует о том, что свойства и функции её обуславливаются живым веществом. Живое вещество, по выражению В.И. Вернадского, является основной преобразующей силой в биосферных процессах. Это значит, что среда, в которой мы живем, – результат функционирования живых организмов, а последние, в свою очередь, – продукт той среды, которая ими создана. В связи с этим стабильность и устойчивость биосферы возможна при выполнении условий, необходимых для сохранения всего многообразия организмов и их деятельности.



### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение биосферы и экосферы. Назовите их границы.
2. В чем сущность эволюционной теории происхождения жизни на Земле и ее связь с уровнями биологической организации на планете?
3. Какова роль и функции живого вещества в биосфере?
4. Нарисуйте схему фотосинтеза.
5. Перечислите основные свойства экологической системы. Их сущность.
6. Первый и второй законы термодинамики.
7. Охарактеризуйте виды неоднородности биосферы.
8. Каковы скорости круговорота различных веществ в биосфере.
9. Нарисуйте схему биотического круговорота вещества.

### **Список литературы**

1. Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
2. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология: учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 455 с.
3. Вернадский В.И. Биосфера. Избранные труды по биохимии. – М.: Мысль, 1967. – 374 с.

## **Глава 3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ**

*Экологический фактор* – это любое условие среды, способное оказывать прямое или косвенное воздействие на живые организмы.

Экологические факторы среды делятся на три категории:

- 1) *абиотические* – факторы неживой природы;
- 2) *биотические* – факторы живой природы;
- 3) *антропогенные* – факторы человеческой деятельности.

### 3.1. Экология важнейших факторов природной среды

#### 3.1.1. Абиотические факторы среды

Приведем сведения о наиболее важных *абиотических* факторах, которые рассматриваются с точки зрения приспособления к ним живых организмов:

- *солнечная радиация,*
- *климат,*
- *почвенно-грунтовые условия.*

Главными источниками энергии для живых существ на Земле является солнечный свет и пища, в органических веществах которой аккумулирована солнечная энергия. Ресурс солнечной энергии практически неисчерпаем.

**Солнечная радиация.** Поступающая от солнца лучистая энергия распространяется в пространстве в виде электромагнитных волн со скоростью 300 тыс. км в секунду. Солнечная энергия, дошедшая до поверхности Земли в виде прямых лучей, называется *прямой солнечной радиацией (Q)*.

Величина, характеризующая отражательную поверхность какого-либо тела, носит название *альбедо (А)* (белизна). *Альбедо* равно отношению *отраженного* потока солнечной радиации (*q*) к потоку *падающей* на поверхность Земли радиации (*Q*), выраженному в процентах:

$$A = q/Q, \%$$

Средние значения альбедо земных поверхностей следующие:

- Чистый снег (отражает энергию) – 80–90 %;
- Загрязненный снег – 40–50 %;
- Почва – 5–10 %.

Альбедо является важным экологическим фактором, так как сильно влияет на межгодовые, сезонные колебания количества поглощаемой поверхностями земли и воды солнечной радиации. От этой величины будет зависеть их температурный режим.

Биологическое действие солнечного излучения обусловлено:

- *спектральным составом,*
- *его интенсивностью,*
- *количеством,*
- *суточной и сезонной периодичностью.*

*Спектральный состав солнечного излучения.*

Ультрафиолетовые волны (длина волны *менее 0.38 мкм*) губительны для всего живого. Они задерживаются озоновым экраном на

высоте 15–20 км. На ультрафиолетовую часть спектра приходится 7 % солнечной энергии.

Световые (видимые) волны (длина волны 0.38–0.76 мкм) доходят до Земли и приводят к возникновению у растений и животных важных жизненных приспособлений – образованию хлорофилла и превращению органических веществ из неорганических и наоборот (*освещают*). На видимую часть спектра приходится 48 % солнечной радиации. Наиболее важную роль для фотосинтеза играют оранжево-красные лучи.

Инфракрасные волны (длина волны более 0.76 мкм) не воспринимаются глазом человека, но являются важным источником тепловой энергии (*согревают*). На эту часть спектра приходится 45 % солнечной энергии.

*Интенсивность (сила) света* измеряется количеством джоулей, приходящихся на 1 см<sup>2</sup> горизонтальной поверхности в 1 мин. Количество энергии солнечного излучения, падающего на 1 см<sup>2</sup> верхней границы атмосферы Земли в течение 1 мин, равно 8,29 Дж/ см<sup>2</sup>. Эту величину называют *солнечной постоянной*. Но распределение этой энергии по поверхности Земли зависит от широты местности, состояния атмосферы, высоты Солнца над горизонтом и т. д. Самым интенсивным является прямой свет, однако более полно растения используют рассеянный свет.

*Количество света* определяется суммарной (прямой и отраженной) солнечной радиацией. Известно, что от полюса к экватору количество света, падающего на поверхность Земли, увеличивается.

Вращение Земли вокруг оси обусловило выработку у организмов режима *суточной активности*. Соотношение светового дня (длина дня) и темного (длина ночи) называется *фотопериодизмом*. Изменения фотопериода в средних широтах влияют на время цветения, размножения, впадения в спячку, миграции у насекомых, животных.

Вращение Земли вокруг Солнца вызывает закономерное изменение длины дня и ночи *по сезонам года*. Например: в ноябре и декабре в средней полосе России самые короткие дни и темные ночи (день сокращается до 7.5 часов). Изменение длины дня и ночи по сезонам года является причиной сезонной ритмичности в жизнедеятельности организмов. Например: птицы и млекопитающие поселяются летом в тундре, где длинный полярный день, а зимой улетают на юг. Главный цикл жизни человека также определяется восходом и заходом солнца. Между 5 и 6 часами утра организм человека также работает в полную силу. Это объясняется генетической привычкой нашего далекого предка. Пик творческой активности человека приходится между 10–12 часами.

Земля защищена от воздействия корпускулярной радиации (потоков заряженных частиц) своим электромагнитным полем (если у

планеты нет электромагнитного поля, то существование атмосферы и жизни там невозможно). Оно довольно стабильно и неизменно, что обеспечивает существование биосферы.

Вызываемые потоком солнечной энергии теплофизические процессы в атмосфере реализуются в виде различных проявлений *климата*.

В эколого-климатическую характеристику местности входят:

- *температура,*
- *влажность атмосферного воздуха,*
- *движение воздушных масс (ветер),*
- *атмосферное давление* и другие показатели.

*Температура воздуха* и температура на поверхности Земли тесно связаны с солнечным излучением.

*Количество тепла,* падающего на горизонтальную поверхность, прямо пропорционально синусу угла стояния Солнца над горизонтом. Поэтому в одних и тех же районах наблюдаются суточные и сезонные колебания температуры. Чем выше широта местности (к северу и югу от экватора), тем больше угол наклона солнечных лучей к поверхности Земли и тем холоднее климат.

Температура воздуха – важный экологический фактор, определяющий предпочтительность места обитания, степень активности и жизнедеятельности организмов, длительность их развития, число поколений в году. Температурный диапазон активной жизни для большинства многоклеточных организмов – от 0 до + 50 °С (оптимум +15 – +30 °С). Некоторые моллюски живут в горячих источниках при температуре до + 53° С.

Температура воздуха на Земле занимает диапазон от – 88,3 °С (станция «Восток», Антарктида) до +58,7 °С (Ливия). Среднегодовая температура приземного слоя воздуха над континентами и океаном (исключая Антарктику) +15,7 °С.

Глубокое охлаждение вызывает у насекомых, некоторых рыб и пресмыкающихся полную остановку жизни – *анабиоз*. Так, зимой карась вмерзает в ил, а весной оттаивает и продолжает обычную жизнедеятельность. У животных с постоянной температурой тела, у птиц и млекопитающих, состояние анабиоза не наступает. У птиц в холодное время года отрастает пух, у млекопитающих – густой подшерсток. Теплокровные птицы и млекопитающие могут поддерживать постоянную температуру тела (+ 37 °С) при значительных изменениях температуры окружающей среды. Их называют *эндотермами*. Например: песец, белый гусь и т. д. Животные, у которых зимой корма недостаточно, впадают в спячку (летучие мыши, суслики, барсуки, медведи).



Температурная стратификация (изменение температуры по высоте водоема) оказывает влияние на размещение организмов в воде, а также на перенос и рассеивание примесей. Она зависит от времени года, географического расположения водоема и прозрачности воды. В летнее время наиболее теплые воды располагаются у поверхности водоема, а холодные – у дна. Зимой наблюдается обратная картина: поверхностные холодные воды с температурой ниже 4 °С располагаются над сравнительно более теплыми, имеющими, как правило, температуру около 4 °С. Это приводит к временному прекращению вертикальной циркуляции воды и позволяет водным организмам выжить в зимнее время.

*Влажность атмосферного воздуха* связана с насыщением его водяными парами. Наиболее богаты влагой нижние слои атмосферы (1.5–2.0 км), где концентрируется 50 % всей влаги. Чем выше температура воздуха, тем больше влаги он содержит. Однако есть предел. При определенной температуре воздуха существует предел насыщения его парами воды, который называется *максимальным*. Обычно насыщение воздуха парами воды не достигает максимума.

*Абсолютная влажность* – это масса водяного пара в 1 м<sup>3</sup> воздуха.

Отношение абсолютной влажности воздуха к максимально возможной влажности при данной температуре называется *относительной влажностью*; она выражается в процентах. Разность между максимальным и данным насыщением (*абсолютная влажность*) называется *дефицитом влажности*. Это важный экологический параметр, так как он характеризует сразу две величины: температуру и влажность. *Чем выше дефицит влажности, тем суше и теплее, и наоборот*. Известно, что повышение дефицита влажности в определенные отрезки вегетационного периода способствует усиленному плодоношению растений, а у некоторых насекомых приводит к «вспышкам» размножения.

Влага – основной фактор, определяющий разделение экосистем на пустынные, степные и лесные. В местах с количеством осадков выше 750 мм/год обычно развиваются леса, от 250 до 750 мм/год – злаковые степи, а там, где выпадает меньше 250 мм/год, преобладает растительность пустынь. Растения пустынь приспособляются к экономному расходованию влаги. Они имеют длинные корни и уменьшают поверхность листьев. Пустынные животные способны к быстрому и продолжительному бегу на длинные маршруты при устремлении к водопою. Внутренним источником воды у них служит жир, при окислении 100 г которого образуется 100 г воды.

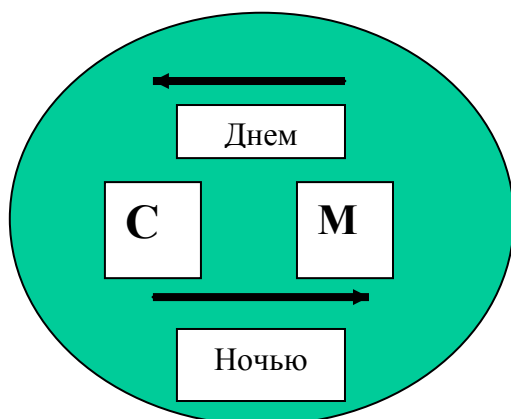
На анализе динамики дефицита влажности основаны способы прогнозирования различных явлений в мире живых организмов.

Например, замечено, что если в середине июня влажная погода и дефицит влажности меньше средней многолетней, то на следующий год деревья ели имеют слабый урожай шишек.

С влажностью воздуха тесно связаны *осадки*. В результате конденсации паров в приземном слое – *росы и туманы*, в высоких слоях атмосферы – *облака и атмосферные осадки*. Осадки могут быть в виде дождя, снега, града, мороси и т. д. Суточное и годовое распределение осадков, а также их форма зависят от типа климата в данном регионе. Максимальное количество осадков выпадает в тропиках (до 2000 мм/год), минимальное – в пустыне (до 0,18 мм/год). Режим осадков – важнейший фактор, определяющий миграцию загрязняющих веществ в биосфере.

*Атмосферное давление* – также весьма важный фактор абиотического воздействия окружающей среды на живые организмы. Нормальным считается давление 760 мм рт. ст., т.е. 101,3 кПа. По мере увеличения высоты над земной поверхностью давление уменьшается. На границе вечных снегов в горах оно составляет всего 300 мм рт. ст. На поверхности Земли существуют области нормального, повышенного и пониженного давления. Кроме того, имеются суточные флуктуации давления, максимумы давления наблюдаются в 3–4 и 15–16 часов.

Что является причиной возникновения ветра? Неодинаковый нагрев поверхности, связанный с перепадом давления. Куда направлен ветровой поток (рис. 9)? В сторону меньшего давления, т. е. туда, где воздух более прогрет и, следовательно, имеет меньшую плотность. Ветер также является важнейшим фактором переноса и перераспределения примесей в атмосферном воздухе.



*Рис. 9. Схема направления ветрового потока*

Куда дует ветер на море ночью и днем? *Ночью с суши (С) на море (М), днем с моря на сушу*. Почему? Вода, имея большую удельную теплоемкость, медленно нагревается и медленно отдает тепло.

Основными элементами общей циркуляции движения воздушных масс являются *циклоны и антициклоны* – вихри размером в несколько тысяч километров, которые постоянно возникают в атмосфере Земли. В

пределах земного шара существуют постоянные области высокого и низкого давления.

*Циклон* – вихрь с низким давлением в центре и вращением воздуха (в северном полушарии) против часовой стрелки. Теплый воздух резко поднимается вверх и охлаждается, а влага, содержащаяся в нем, высвобождается и образует облака, как следствие – неустойчивая погода, а значит, большое количество осадков.

*Антициклон* – вихрь с высоким давлением в центре и вращением по часовой стрелке. Тёплый воздух опускается вниз.

К абиотическим факторам относятся *почвенно-грунтовые условия (почва) и рельеф местности*. Согласно классификации В.И. Вернадского, почва представляет биокосное вещество. Биотические и биогенные компоненты составляют небольшую, хотя и очень важную часть почвы.

*Почва* – верхний слой земной коры, образовавшийся под влиянием жизнедеятельности растений, животных, микроорганизмов и климата. Жизненно необходимый обмен минеральными веществами между биосферой и неорганическим миром происходит именно в почве.

Основные характеристики почвы как экологической среды: физическая структура, механический и химический состав, pH, содержание органических веществ, увлажненность и т. д. Различное сочетание этих свойств образует множество разновидностей почв. Например, pH – *отрицательный логарифм концентрации (г/моль) ионов водорода*. Если pH = 7, то почвы нейтральные (наиболее благоприятные для растений); pH = 8–9 – щелочные (известковые и засоленные почвы); pH = 4 – кислые (торфяные почвы). Типы почв: *таежные, подзолистые, болотные, чернозем и т.д.* Каждый тип почв обладает особым химическим составом. Свыше 50 % минерального состава почвы представлено кремнеземом (SiO<sub>2</sub>), 1–25 % приходится на глинозем (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 1–10 % – на оксиды железа, 0,1–5,0 % – оксиды магния, калия, фосфора и кальция.

Органические вещества, находящиеся в почве и поступающие в нее, включают углеводы, белки, жиры, а также различные смолы, воск и дубильные вещества. Органические вещества в почве минерализуются с образованием гумуса (плодородного слоя, перегноя) и более простых веществ – воды, CO<sub>2</sub> и др. Большое значение для роста и развития растений имеет содержание микроэлементов в почве (железа, цинка, никеля и других).

Каждому типу почв соответствуют определенные типы растительных сообществ: легкие песчаные почвы – сосна, береза; тяжелые суглинистые – ель, пихта, осина. Почва теряет те минеральные элементы, которые растения взяли из нее. В лесах часть питательных

веществ вновь возвращается в почву через листопад. Для культурных растений потери минеральных веществ должны восполняться внесением минеральных удобрений (азота, калия, фосфора). Они должны быть трансформированы микроорганизмами в биологически доступную форму. Поскольку почва – очень рыхлое природное образование, она постоянно находится под угрозой нарушения – *эрозии* – под влиянием потоков воздуха и воды. Там, где почва лишена естественной защиты в результате распашки, культивации, эрозия возрастает, вплоть до случаев полного сноса почвенного слоя и явлений *опустынивания*.

*Рельеф местности* оказывает влияние на процессы почвообразования, температуру поверхности, степень увлажнения почвы и воздуха, развитие корневых систем растений. Большое значение имеет ориентировка склонов по отношению к сторонам света, от чего зависит освещенность склонов и видовое разнообразие биоценозов. Рельеф существенно влияет на процессы переноса и рассеяния вредных примесей в атмосферном воздухе.

*Абиотические факторы водной среды.* На долю Мирового океана приходится 71 % земной поверхности. Водная среда отличается от земной плотностью и вязкостью. Плотность воды в 88 раз, а вязкость в 55 раз больше плотности воздуха. Наряду с этим, важнейшими особенностями водной среды являются подвижность, температурная стратификация (распределение слоев воды различной плотности, обуславливающее теплообмен), прозрачность и соленость, от которых зависит фотосинтез бактерий и фитопланктона и своеобразие среды обитания гидробионтов.

### 3.1.2. Биотические факторы среды

Биотические факторы окружающей среды включают совокупность различных влияний жизнедеятельности одних организмов на другие.

*Нейтрализм* – это вид биотического фактора, при котором совместно обитающие на одной территории популяции практически не влияют друг на друга. При нейтрализме особи разных видов не связаны друг с другом непосредственно. Такая ситуация относительно редкая. Например, белки и бизоны в одном лесу не контактируют друг с другом (см. рис. 10).

*Симбиоз* – вид взаимоотношений, при котором оба вида (или один из них) извлекают пользу от другого.

Положительные симбиотические взаимоотношения представлены в природе самыми разнообразными формами: *комменсализмом*, *мутуализмом* и т. д. Тип взаимоотношений, при котором один из двух

обитающих совместно видов извлекает пользу из совместного существования, не причиняя вреда другому виду, называется *комменсализмом*. Например, в открытом океане крупных морских животных – акул, дельфинов, черепах – часто сопровождают небольшие рыбы-лоцманы. Лоцманы кормятся остатками пищи животных, которых сопровождают, а также их паразитами. Близость к крупным хищникам защищает лоцманов от нападения. Такие отношения между видами принято называть *нахлебничеством*. Нахлебничество принимает разные формы. Например, гиены подбирают остатки недоеденной львами добычи (рис. 11). Овцы, собаки и другие животные разносят семена колючих растений, не получая от того каких-либо преимуществ.



*Рис. 10. Вид биотического фактора – нейтрализм*



**Рис. 11. Положительные симбиотические взаимоотношения – комменсализм**

Наиболее сильная взаимосвязь между организмами возникает при *мутуализме*. *Мутуализм* – форма взаимосвязи, при которой оба вида не только извлекают пользу из совместного существования, но и не могут жить самостоятельно. Примером мутуализма являются отношения микроорганизмов, обитающих в желудке жвачных копытных животных. Жвачные питаются растительной пищей, однако у них нет ферментов, расщепляющих целлюлозу. Микроорганизмы вырабатывают такие ферменты, переводя целлюлозу в простые сахара, при этом получают в желудке пищу и условия для размножения. Без микроорганизмов-симбионтов крупные животные могут погибнуть от голода. Аналогичный механизм и у человека. В желудке и кишечнике человека живет 400–500 видов микроорганизмов, без многих из которых человек обойтись не может.

Отрицательные, антагонистические взаимоотношения могут принимать следующие формы: *хищничество* (рис. 12), *паразитизм*.



**Рис. 12. Отрицательные симбиотические взаимоотношения – хищничество**

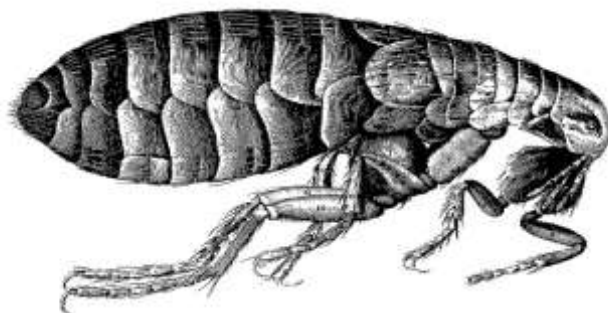
*Хищничество* – это форма взаимоотношений, при которой представители одного вида ловят и поедают представителей другого вида. Хищничество присуще всем крупным группам организмов. Уже у одноклеточных поедание особей одного вида другим видом – обычное явление. У многоклеточных животных во всех систематических группах всегда встречаются хищники. Нередко объектами охоты бывают не только взрослые особи, но и молодняк, личинки, яйца (у птиц) и икра (у водных и земноводных животных). Частным случаем хищничества служит каннибализм — поедание особей своего вида, чаще всего молоди. Хищничество связано с овладением сопротивляющейся и убегающей добычей. В эволюционной связи «хищник – жертва» происходит постоянное совершенствование и хищников, и их жертв. Естественный отбор, действующий в популяции хищников, направлен на увеличение эффективности поиска, ловли и поедания добычи.

Жертвы в процессе отбора также совершенствуют средства защиты от хищников. Сюда относятся покровительственная окраска, различные шипы и панцири (защитные покровы), приспособительное поведение. Хищничество встречается и у растений, особенно произрастающих на бедных питательными веществами почвах. У хищных (насекомоядных) растений сформировались различные приспособления для привлечения и ловли насекомых. Так, обитает на наших болотах росянка. Насекомые, привлеченные её запахом, садятся и прилипают к листу, волоски которого выделяют липкое вещество, а затем лист складывается. У тропического непентеса верхняя часть листового черешка имеет вид кувшина, с гладких краев которого насекомые соскальзывают внутрь. Венериной мухоловке свойственно активное захлопывание листьев-ловушек. После поимки насекомые перевариваются с помощью ферментов и органических кислот.

Другим видом антибиоза является *паразитизм*. *Паразитизм* – форма взаимоотношений, при которой один из видов использует другой (хозяина) в качестве источника пищи, места обитания, защиты от врагов и т. д. Переход к паразитизму резко увеличивает возможность вида выжить в борьбе за существование. Тело хозяина создает для живущих в нем организмов благоприятный и относительно ровный микроклимат, не подверженный значительным колебаниям, которые всегда имеют место в природе.

При тесном контакте паразита с хозяином преимущество получают организмы, способные длительное время использовать хозяина, не приводя его к слишком ранней гибели и обеспечивая себе тем самым наилучшее существование. К числу постоянных паразитов относятся простейшие (малярийный плазмодий, дизентерийная амеба), плоские черви (сосальщики, цепни), круглые черви (аскарида, трихина и многие

другие), членистоногие (вши (рис. 13), блохи, чесоточный клещ).



*Рис. 13. Отрицательные симбиотические взаимоотношения – паразитизм*

Паразиты могут поселяться в крови, в тканях и полостях тела. Поскольку при постоянном паразитизме организм хозяина – единственное местообитание для паразита, с гибелью хозяина погибает и паразит. Паразитические отношения часто встречаются у растений, грибов и бактерий. Как приспособление к новым условиям существования, у многих паразитов происходят глубокие изменения в строении и жизнедеятельности: утрачиваются отдельные органы и целые системы органов (корни и листья – у растений паразитов, у ленточных червей-паразитов – пищеварительная система). Взамен утраченных органов сильно развивается половая система. Высокая плодовитость паразитов увеличивает вероятность встречи с хозяином. В человеке могут паразитировать около 500 видов, практически во всех частях тела.

Когда у двух близких видов наблюдаются сходные потребности (в пище, местах обитания и т. п.), возникает конкуренция. Формы конкурентного взаимодействия могут быть самыми разными – от прямой физической борьбы до мирного совместного существования. Ч. Дарвин считал конкуренцию одной из важнейших составных частей борьбы за существование, играющей большую роль в эволюции. Часто конкуренты активно действуют друг на друга. В смешанных посадках деревьев быстрорастущие экземпляры будут затенять и угнетать медленно растущие деревья. Растения и животные могут подавлять конкурентов и с помощью химических веществ. В ходе эволюционного развития биоценоза существует тенденция к уменьшению роли отрицательных взаимодействий за счет положительных, при этом увеличивается выживание взаимодействующих видов.

В современную эпоху человек все больше становится по отношению к другим организмам хищником и ингибитором (губит



другой организм). Хозяйственно осваивая все новые территории, загрязняя воздух, воду и почву, человек оказался главной причиной исчезновения многих видов животных и растений, резко ухудшив среду их обитания (табл. 1).

*Таблица 1*  
*Взаимодействие между видами (по Ф. Дре)*

Тип взаимодействия популяций А и Б	Результат взаимодействия
Нейтрализм	Взаимодействие отсутствует
Конкуренция	Одна популяция истребляет другую
Мутуализм, симбиоз или сотрудничество	Взаимопомощь
Комменсализм (А – комменсал хозяина Б)	Б воздействия не испытывает
Аменсализм (А – аменсал, Б – ингибитор)	А подавляется, Б воздействие не испытывает
Паразитизм (А – паразит хозяина Б) или хищничество (А – хищник, Б – жертва)	Б подавляется

**Антропогенные факторы** окружающей среды обязаны своим происхождением техногенной (антропогенной) деятельности человека, которая является новой силой на Земле, представляющий фактор риска, вероятность непредсказуемых последствий. В результате этой деятельности к середине XIX века на Земле люди создали свою, отличную от естественных экосистем, антропоэкосистему (социоэкосистему), она включает элементы антропогенного происхождения. Практически все виды человеческой деятельности (производственной, рекреационной, научно-изыскательской и т.д.) постоянно или периодически влияют на окружающую среду.

Возникновение социоэкосистемы позволило людям в десятки тысяч раз увеличить свою численность и расселиться по всей планете. Целенаправленное воздействие на один из компонентов окружающей среды нередко сопровождается непреднамеренным негативным воздействием на другие компоненты ее (закон цепных реакций).

В настоящее время влияние человека приобрело глобальный характер и продолжает возрастать. Управление воздействиями – основа стратегии предупреждения отрицательных последствий. Управление осуществляется либо путем ограничения воздействия (предельно допустимые нагрузки, предельно допустимые количества и состав выбросов предприятий в атмосферу, предельные нормы изъятия древесины, нормы выпаса и т. д.), либо путем режима экономного природопользования (регламентация сроков охоты, рыбной ловли и т. д.).

Следует отметить, что включение элементов техногенного происхождения не является определяющим условием функционирования антропоэкосистемы; обязательное условие – наличие и упорядоченное взаимодействие абиотических и биотических факторов. Естественные потоки вещества и энергии в антропоэкосистеме обуславливают её преобразование и приводят к изменению её строения, свойств и характера функционирования.

### 3.2. Общие закономерности действия абиотических факторов на организмы

Организм (лат. *organizo* – устраиваю, придаю стройный вид) – начальная, основная единица обмена веществ с окружающей средой (абиотическими факторами). Это слово в данном случае употребляется для обозначения индивидуума – живого существа, имеющего системное строение. Каждый организм обладает комплексом признаков, представляющих такую форму организации жизни:

- 1) высокоупорядоченное строение;
- 2) получение энергии из окружающей среды (оптимальная тактика добывания пищи);
- 3) размножение (воспроизведение себе подобных, обеспечивающее непрерывность и преемственность жизни).

Связи организма со средой проявляются в действии на него экологических факторов: абиотических, биотических, антропогенных.

При действии вышерассмотренных факторов в *комплексе* (климат, солнечная энергия, почвы и т. д.) можно выделить общие закономерности их воздействия на организм.

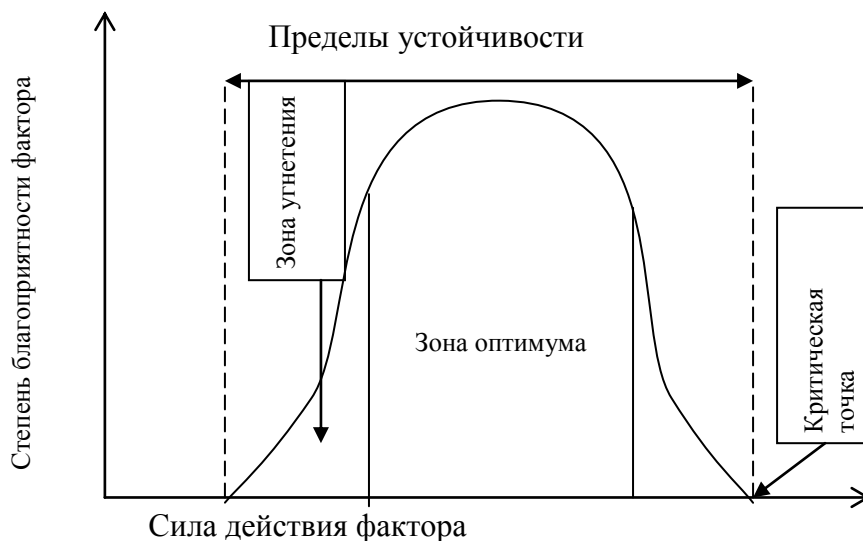
Рассмотрим законы взаимодействия организма с окружающей средой:

1. Закон толерантности (правило Шелфорда).
2. Правило взаимодействия факторов.
3. Закон экологического дублирования.

1. **Закон толерантности (правило Шелфорда).** Закон толерантности был сформулирован в 1910 г. В. Шелфордом. Это один из основных принципов экологии.

*Толерантность* (лат. толеранция – терпение), или пластичность (изменчивость), – способность организмов выдерживать изменения экологических факторов.

Степень благополучия популяции (или вида) в зависимости от интенсивности воздействия на нее экологического фактора представляют в виде так называемой кривой толерантности (рис. 14).



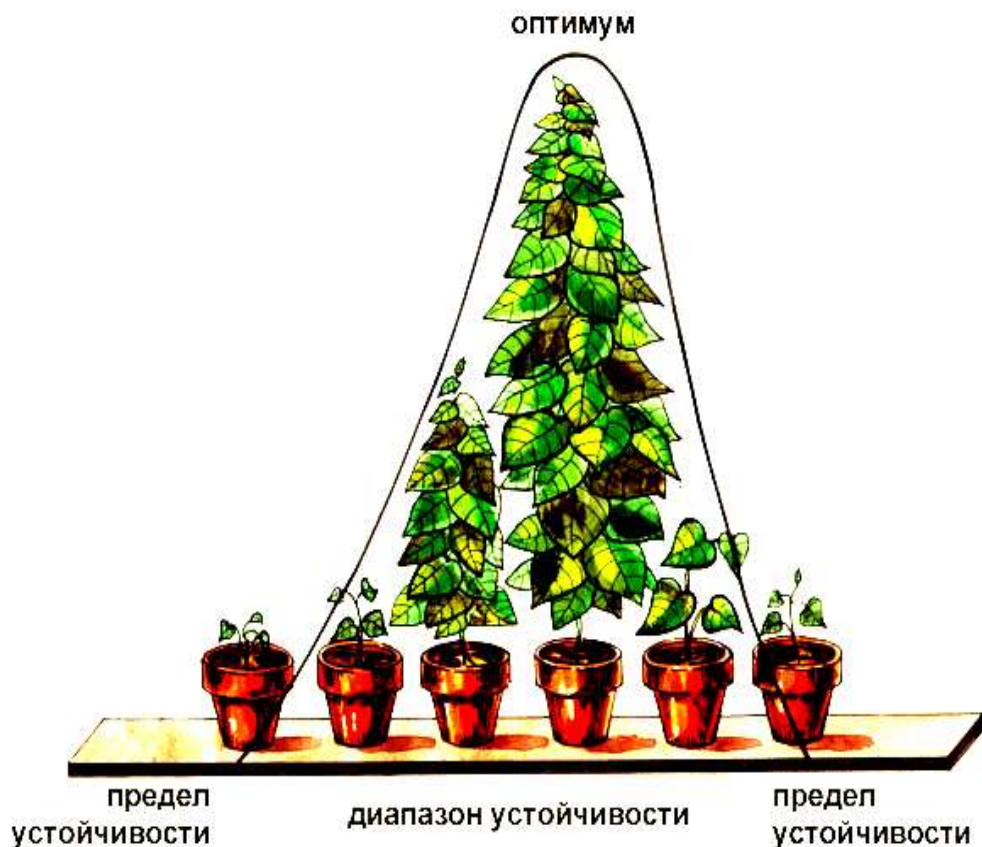
**Рис. 14. Общая схема действия экологических факторов на живой организм**

Кривая толерантности имеет колоколообразную форму с максимумом, соответствующим оптимальному значению данного фактора. Каждый вид живых существ адаптирован к определенным значениям (пределам колебаний) абиотических факторов и имеет определенный диапазон выносливости (толерантности). Так, для растений существуют определенные оптимальные пределы температуры, влажности, содержания минеральных веществ в почве, рН почвы и т. д.

Таким образом, процветание популяции каких-либо организмов в каждой местности зависит от комплекса экологических (абиотических) факторов.

В соответствии с этим правилом для организма имеется диапазон наиболее благоприятного (оптимального) значения какого-либо из абиотических факторов. В этом диапазоне организмы наиболее активны и развиваются наилучшим образом. Это для данного фактора *зона оптимума* (рис. 14, 15). За пределами зоны оптимума лежат *зоны угнетения*, где особи вида жизнеспособны, хотя развиваются и живут значительно хуже, чем в зоне оптимума (рис. 15). Например, когда температура воздуха приближается к предельным значениям зоны угнетения, организм испытывает либо холод, либо жару, его жизненная активность в этих условиях падает.

Условия, в которых организм чувствует себя относительно благополучно, называются *зоной устойчивости (толерантности)*. Зона устойчивости переходит в *критические точки (точки стресса)*, за которыми существование организма невозможно (рис. 15).



*Рис. 15. Схема действия экологических факторов на растения*

Величина толерантности, как было отмечено выше, для различных организмов неодинакова. Для одних организмов абиотические факторы среды не имеют значения. Они могут жить в любых условиях. Такие организмы относятся к группе *эврибионтов* (греч. *эури* – широкий; *биос* – жизнь). Например, волк, бурый медведь, тростник и т.д. (рис. 16). Высокой толерантностью обладают тараканы, голуби, черепахи и т. д.



*Рис. 16. Пример из группы эврибионтов – волк*

Другие организмы более привередливы, с более узким диапазоном адаптации к факторам среды – *стенобионты* (греч. *стенос* – узкий). Это, например, глубоководные рыбы, живущие только в соленой чистой воде, орхидные растения и т. д.

Низкая толерантность характерна для форели, т. к. она не в состоянии выносить больших колебаний температур. Если вырубить все деревья по берегам горного потока, то температура воды может подняться на несколько градусов, в результате форель погибнет (рис.17), а окунь выживет.



**Рис. 17. Пример из группы стенобионтов – глубоководная рыба**

Урожай может погибнуть при засушливом или дождливом лете. При засушливом лете, т. е. недостатке влаги, ассимиляция растениями элементов минерального питания затруднена, а избыток влаги ведет к затруднению дыхания корней растений и возникновению анаэробных процессов, закислению почвы и т. д.

В совокупности условий существования всегда можно выделить фактор, который сильнее других влияет на состояние организма или популяции. Дефицит какого-нибудь важного ресурса (воды, света, тепла, пищи) ограничивает жизнедеятельность организмов даже тогда, когда все остальные условия оптимальны.

Факторы, сдерживающие развитие организмов или растений как из-за их избытка, так и из-за недостатка (по отношению к оптимальным требованиям), называются *лимитирующими*, а соответствующее правило получило название *закон толерантности*. Недостаток или избыток какого-либо фактора негативно влияют на развитие организма. Лимитирующим фактором для организма (вида) может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия, диапазон между которыми определяет величину выносливости (толерантности) организма к данному фактору. Смысл закона толерантности очевиден: *все хорошо в меру*.

В 1840 г. Юстус Либих установил, что урожаи культур часто лимитируются (ограничиваются) не теми элементами питания, которые требуются в больших количествах, а теми, которых требуется мало. Либих доказал, что выносливость организма определяется *самым слабым*

*звеном* в цепи его экологических потребностей. Закон минимума Либиха гласит: рост растения зависит от того элемента, который присутствует в минимальных количествах.

В окружающей организм среде в изобилии присутствуют двуокись углерода и вода, – они не являются факторами, ограничивающими рост растений. А вот цинка, например, в почве на территории Сибири мало, селена совсем нет. Мы знаем, что потребность растения в цинке очень мала, но рост будет успешен до тех пор, пока не будет израсходован весь его запас, поэтому его наличие является ограничивающим, или лимитирующим, фактором. Лимитирующим может быть любой экологический фактор (например количество мест, пригодных для гнездования).

Особенности проявления закона толерантности следующие:

1. Организмы могут иметь широкий диапазон толерантности в отношении одного фактора и узкий в отношении другого.

2. Организмы с широким диапазоном толерантности обычно широко распространены.

3. Период размножения является критическим; в этот период многие факторы среды часто оказываются лимитирующими. Например: взрослый кипарис может расти и в воде, и на сухом нагорье. Но размножается он только там, где есть влажная, но не заливаемая почва.

Наиболее важными факторами на суше являются свет, температура, вода. Они чаще действуют согласованно. Человек своей деятельностью может нарушить эту согласованность – изменить режим водного и минерального питания, внести загрязненность в среду. Загрязняющие вещества – это ресурсы не на своем месте. Цена загрязнения – здоровье (затраты на восстановление здоровья).

Закон толерантности учитывают в мероприятиях по охране окружающей среды от загрязнения. Превышение нормы вредных примесей в воздухе, воде – серьезная угроза здоровью людей. Пренебрежение законом толерантности ведет к двойным потерям – экономическим и экологическим. Например, если для роста растений не будет хватать только фосфора, а человек, не разобравшись, будет вносить комплексные удобрения (азот и калий), то это не даст прибавки урожая, а только увеличит количество нитратов в плодах.

Ю. Либих, наблюдая за влиянием на растения химических удобрений, обнаружил, что ограничение дозы любого из них ведет к замедлению роста. Работы Либиха послужили основой для поддержания плодородия на прежнем уровне, для воспроизводства плодородия почвы. Необходимо вернуть в почву взятые растениями элементы питания. Этот закон применим и к растениям, и к животным, и к человеку.

Учение о лимитирующих факторах облегчает изучение сложных ситуаций во взаимоотношениях организмов и среды обитания. При этом следует понимать, что не все факторы среды имеют одинаковое экологическое значение. Так, молекулярный кислород, являясь фактором физиологической необходимости для всех животных, с экологической точки зрения становится лимитирующим лишь в определенных местах обитания. Если в водоеме гибнет рыба (особенно в жаркое время), то в первую очередь должна быть измерена концентрация кислорода в воде: она резко падает с возрастанием температуры. В случае же гибели птиц следует искать другую причину, так как содержание кислорода в воздухе относительно постоянно и достаточное с точки зрения требований наземных организмов.

Закон толерантности позволяет понять способы выживания новых видов организмов в тех условиях, которые для предковых форм были неблагоприятными. Характер воздействия экологических факторов проще проследить у растений. Экспериментально доказано, что растения реагируют на изменение магнитного поля, на музыкальные звуки. Растения «любят» классические произведения, тянутся к источнику мелодичных звуков и под их влиянием быстрее растут, богаче плодоносят. Например, ростки пшеницы, выращенной под звуки классической музыки, содержали в 20 раз больше витамина А, чем в обычных условиях.

**2. Правило взаимодействия факторов.** Наиболее важными (ведущими) экологическими факторами на суше являются свет, температура и вода (осадки), а в море – свет, температура, соленость. В природных условиях на организм, группу организмов, экосистему действует большое число факторов. Все факторы среды зависят друг от друга и действуют одновременно. Причем не в виде простой суммы, а как сложное взаимодействующее соотношение. Пределы выносливости организмов по отношению к какому-либо фактору могут смещаться в зависимости от того, с какой силой и в каком сочетании действуют одновременно и другие факторы. Так, температура, влажность и скорость движения воздуха совместно в процессе воздействия на организм образуют интегральный фактор. Человек или животное оценивает интегральную меру теплового комфорта или дискомфорта («холодно» или «жарко»). Поэтому величины зоны оптимума и границ выносливости организма по отношению к какому-то одному фактору зависят от других внешних воздействий. Например, обилие пищи увеличивает устойчивость организма при воздействии нескольких климатических факторов; увядание растений можно приостановить либо путем увеличения влаги в почве (полив), либо снижением температуры

воздуха, которая уменьшает скорость испарения влаги. Таким образом создается эффект частичного взаимозамещения факторов и эффект «компенсации». Именно благодаря последнему в Заполярье удается получать урожаи капусты, которые не уступают урожаям средней полосы России: недостаток тепла восполняется здесь избытком световой энергии при долгом летнем полярном дне.

Однако эта так называемая «компенсация» факторов ограничена. Ни один из важных факторов не может быть полностью заменен другим. Например, исключение воды из рациона питания растения делает его жизнь невозможной, несмотря на самые благоприятные сочетания других условий. Лимитирующим фактором распространения дуба в Сибири является низкая температура января. Рифообразующие кораллы обитают только в тропиках при температуре воды не ниже + 20 °С.

В сельскохозяйственной практике при учете закономерностей взаимодействия экологических факторов можно поддерживать оптимальные условия для выращивания культурных растений и домашних животных.

Сущность правила взаимодействия факторов заключается в том, что организм в определенной мере способен заменить дефицитное вещество или другой действующий фактор близким веществом или фактором. Например, одно вещество заменяется другим, которое является *функционально и химически близким* к первому.

Из этого не следует, что факторы могут взаимозаменяться, но это происходит не всегда и не полностью. Правило взаимодействия факторов позволяет рационально производить замену дефицитных веществ на менее дефицитные, что важно в природопользовании – процессе эксплуатации природных ресурсов.

**3. Закон экологического дублирования.** Вся совокупность жизненных условий (факторов среды), необходимых для существования того или иного вида, представляет собой *экологическую нишу*. Другими словами, *экологическая ниша* – это некоторое пространство экологических факторов среды, в которых популяция может существовать. Экологическая ниша – это комплексная характеристика различных сторон и условий жизни популяции в реальной среде. Она определяет место, время и поведение вида в экономике природы. С одной стороны, это отношение вида к экологическим факторам, а с другой – место его обитания. Согласно Ю. Одуму, термин «экологическая ниша» отражает роль, которую играет организм в экосистеме, и его образ жизни.

Так, в пределах севера таежной зоны морошка и клюква произрастают на сфагновых болотах, а черника и брусника – в более



сухих местах. Каждому цветку на нашем подоконнике или рыбке в аквариуме нужны специфические условия среды: температура, питание и другое. Существуют водные организмы, адаптированные к обитанию в соленой или пресной воде. Трудно представить себе жирафа среди полярных льдов, а белого медведя – где-нибудь в Кара-Кумах. Иначе говоря, любой вид животного, растения, микроба способен нормально обитать, питаться, размножаться только в том месте, где его «прописала» эволюция за многие тысячелетия, начиная с его предков.

Каждое местообитание предоставляет возможности жизнедеятельности множеству организмов. Это позволяет организмам более полно использовать все пригодное для жизни пространство и источники пищи, а также «обслуживать» друг друга (жертвы и хищники).

Каждый вид адаптирован к строго определенным факторам окружающей среды и имеет свою экологическую нишу. Два разных (даже очень близких вида) не могут занимать одну экологическую нишу в пространстве (принцип Г.Ф. Гаузе) – это закон конкурентного исключения.

Лес, поле, пруд и т. д. – это множество экологических ниш (местообитаний) позвоночных и беспозвоночных животных, растений, микроорганизмов. Например, в лесу режимы всех абиотических факторов в приземном пространстве ниже полога крон или в верхней части полога различны. Освещенность и давление у поверхности воды в озере совершенно иные, нежели на глубине. Это обеспечивает разные требования организмов к эволюции факторов среды обитания. Если один вид исчезает по каким-то причинам, то эту нишу занимает другой вид. Происходит *экологическое дублирование*. Это правило обязательности заполнения экологических ниш – *пустующая ниша всегда бывает естественно заполнена*.

Зная закон экологического дублирования, параметры ниши, оказавшейся свободной, можно заранее описать вид, который её займет. Например, важнейшие характеристики вируса СПИДа были предсказаны за 10 лет до его распространения в связи с освобождением для него экологической ниши. Раньше она была занята инфекционными болезнями (корь, скарлатина и т. д.), побежденными человеком.

К сожалению, знаний, накопленных человечеством, оказывается недостаточно для подобных предсказаний, или на них в нужное время не обращают должного внимания.

Менее организованные, но более способные к мутации виды часто вытесняют более организованные виды, занимая их экологические ниши. Так, исчезающих в степях копытных животных могут заменить более мелкие по размеру особи – грызуны и растительноядные насекомые.

Однако мелким организмам труднее противостоять нарастающей энтропии.

Человек – один из представителей царства животных – также имеет свою экологическую нишу, т.е. совокупность требований к множеству экологических факторов, выработанную в процессе эволюции. Пространство его обитания весьма ограничено. Человек может обитать только в пределах суши, по вертикали ниша простирается примерно на 3,0 – 3,5 км над уровнем моря.

Производственно-хозяйственная деятельность человека (использование природных ресурсов) приводит к образованию побочных продуктов (отходов), рассеиваемых в окружающей среде.

Поступающие в воду, почву, атмосферу, попадающие в пищу человека химические соединения также являются экологическими факторами среды его обитания. По отношению к ним устойчивость человеческого организма мала. Химически вредные вещества оказываются лимитирующими факторами, разрушающими нишу всего живого. Поэтому охрана природы и окружающей среды состоит в системе мероприятий по сохранению экологических ниш живых организмов, включая и человека.

### 3.3. Биотические взаимоотношения (закон Р. Линдемана)

Биотические отношения, поддерживающие целостность сообщества, представляют трофические связи. При анализе трофических цепей (последовательность групп организмов, низшие звенья которых служат питанием для высших) очевидно, что при переходе по цепочке «продуценты – консументы – редуценты» нельзя потреблять больше, чем произведено на предыдущем уровне, и что при потреблении продукта всегда часть его уходит в отходы. При переходе с одного трофического уровня на другой из доступной энергии нижнего уровня пищевой цепи  $E_{в-1}$  некоторая часть не воспринимается или не усваивается организмом  $E_{(неусвояемая)}$  (*ветки для консументов первого порядка, шкура и кости для консументов второго порядка*), часть выделяется в виде экскрементов –  $E_{(выделений)}$ , часть отдается в виде тепла, расходуется на дыхание и движение  $E_{(жизни)}$ , а остальная часть идет на производство биопродукции – рост биомассы высшего уровня пищевой цепи  $E_{в-2}$ :

$$E_{в-2} = E_{в-1} - E_{(неусвояемая)} - E_{(выделений)} - E_{(жизни)}.$$

В среднем при переходе с одного трофического уровня на другой общая энергия уменьшается примерно в 10 раз:

$$E_{в-2} \approx 0.1 E_{в-1}.$$

Чем длиннее пищевая цепь, тем меньше остается к ее концу доступной энергии и тем более широкое основание должно быть у «пирамиды энергий». «Трофические пирамиды» энергии, биомассы, численности – это схематические рисунки, в которых нижняя ступень по своей площади соответствует количеству пищевых ресурсов на первом уровне пищевой цепи, вторая – на следующем и т. д. Простейшая гипотетическая пирамида с десятикратным сокращением площадей трёх ступеней от нижней к верхней: трава – скот – человек. Более сложная пирамида – последовательность животных арктического моря: *микроводоросли (фитопланктон) => мелкие ракообразные (зоопланктон) => планктонофаги (черви, моллюски) => рыбы => хищные рыбы => более крупные хищные рыбы => тюлени => белый медведь*. Исчезновение какого-то вида живого или уменьшение численности популяции на одном из уровней пирамиды энергий или биомассы обязательно ведёт к сокращению численности популяций на более высоком уровне (уменьшение популяции селёдки ведёт к сокращению уловов трески).

Количественно переход энергии между трофическими уровнями ограничивается возможностями компенсации потерь для поддержания стабильности систем. Закон «пирамиды энергий», сформулированный Р. Линдеманом (1942 г.), является одним из основных в экологии. Он формулируется следующим образом.

*С одного трофического уровня экологической пирамиды на другой, более высокий её уровень по иерархической лестнице: «продуцент – консумент – редуцент» переходит в среднем около 10 % поступившей на предыдущий уровень экологической пирамиды энергии.*

Закон Р. Линдемана, называемый иногда «закон 10 %», примерно описывает замкнутый цикл перехода энергии между трофическими уровнями. Именно примерно, а не математически точно, так как для разных систем переход энергии составляет от 7 до 18 % (Реймерс, 1994). Несмотря на приближенный характер, этот закон чрезвычайно важен. Он является следствием законов сохранения энергии и массы на уровне биологических систем. Нельзя изымать с предыдущего уровня экологической пирамиды для своего питания более «примерно 10 %» массы или энергии, так как система разрушится.

Из закона Р. Линдемана, как его развитие, следуют правила «**1 и 10 %**», которые примерно очерчивают границы выхода биологических систем из стационарного состояния и последующего разрушения:

1. Для природных систем с организменным типом управления превышение потребления примерно **1 %** от потока энергии ведет к выходу системы из стационарного состояния.

2. Порог саморазрушения систем с организменным типом управления составляет примерно **10 %** от «нормы» потребления (для популяционных систем превышение в среднем 10 % объема изъятия приводит к выходу из стационарного состояния).

Подчёркивая примерность границ (их научное обоснование отсутствует, и для разных систем возможны отклонения от приведённых значений), следует на основе законов сохранения массы и энергии согласиться, что для сохранения системы можно изымать из неё только определённую, относительно небольшую долю. Значение 5–10 % логически соответствует понятию небольшой доли. Научных доказательств точности выполнения этих правил нет, но «эмпирически порог потребления 5–10 % от суммы вещества, приводящий с переходом через него к заметным изменениям в системах природы, достаточно признан. Принят он, главным образом, на эмпирико-интуитивном уровне» (Реймерс, 1994).

Упрощённо понять «правило 10 %» можно на простейшей модели пирамиды численности из двух видов организмов, когда в определённом биоценозе проживает 10 коршунов, для пропитания которых необходимо 100 птичек. «Забыв» про закон Р. Линдемана, коршуны увеличили свою норму потребления на 10 %, и в результате осталось только 90 птичек. Но 90 птичек обеспечат нормальное существование только девяти коршунам, а десятый должен умереть. Вид, увеличивший потребление, вынужден снижать свою численность, т.е. равновесная система живых организмов в таком случае разрушается.

Несмотря на приближённый характер, правила «1 % и 10 %» можно рассматривать как «самые общие показатели – критерии для выяснения, что опасно в ходе ускоренной эволюции жизни на планете. Такими критическими маркерами, видимо, могут быть «точки Пастера» (Реймерс, 1994). Первая «точка Пастера» в истории Земли была достигнута, когда в результате деятельности прокариотов (*организмы без оформленного клеточного ядра: вирусы, бактерии, сине-зелёные водоросли*) содержание кислорода в атмосфере Земли возросло до уровня примерно 1 % от современного и стала возможной более энергетически выгодная аэробная жизнь, когда энергия получается с помощью окислительных процессов. Достижение второй «точки Пастера» – при содержании кислорода в атмосфере планеты около 10 % от современного – происходило при многократном увеличении скорости развития жизненных форм, и эукариоты (*организмы с клеточным строением и ядром, отделённым оболочкой от цитоплазмы*) быстро «захватили» всю планету.

Правила «1 и 10 %» следует воспринимать как примерный качественный экологический ориентир для принятия решений о

возможной степени разрушения систем с участием живых организмов. Изучение разных систем и уточнение пороговых значений для них – важная задача современной экологии. При этом для человечества жизненно важно уточнить пороги его допустимого вмешательства в биосферные процессы. Особенно должно настораживать то, что значения этих порогов могут оказаться значительно ниже тех, которые уже давно превышены. Н.Ф. Реймерс отмечал: «Особо следует обратить внимание на формулировку «выход из стационарного состояния». Видимо, для глобальной энергетической системы такой выход происходит в рамках 0,1 – 0,2 % от возмущения общепланетарных процессов, т. е. значительно раньше, чем наступает момент сбоя в действии принципа Ле Шателье – Брауна и заметны природные аномалии». Если сопоставить предполагаемое Н. Реймерсом значение порога допустимых изменений энергетических потоков в биосфере с реальным изменением, производимым человечеством, то оно превышает в сотни раз (Поляков, 2004).

Популяции в биоценозах всегда живут в соответствии с законом Р. Линдемана и рассмотренными правилами. Любой живой организм приспособляется к условиям окружающей среды в своём биоценозе и своей экосистеме, и, как результат взаимодействия, выполняется правило «сохранения видовой среды обитания», т. е. популяции, биоценозы поддерживают собственную среду жизни. Для выживания и поддержания системных взаимосвязей популяции в случае изменения каких-то параметров своей экологической ниши (ресурсы питания, температура, влажность и т.д.) должны приспособляться к изменяющимся условиям, соответственно увеличивая или уменьшая свою численность.

Человек, как часть природы, тоже имеет свою экологическую нишу. Но, в отличие от животных, он сам изменяет и разрушает свою нишу, нарушая природное правило. Человек, как биологический вид, остается под контролем главных экологических законов и во взаимоотношениях с природой должен принимать ее условия. Но психологически люди привыкли думать, что взаимоотношения человека и Природы строятся по правилам, которые устанавливает сам человек. Это противоречие и привело к обособлению человека от природной среды. Всё более обособляясь от окружающей среды комфортными условиями жизни, человек перестал поддерживать жизнеспособность среды обитания, изымая из неё избыточные потоки ресурсов и отравляя её перерабатываемыми отходами своей жизнедеятельности.



## **Контрольные вопросы**

1. *Какая существует классификация экологических факторов среды по природе источников и характеру действия на биоту?*
2. *Что такое альbedo? Какова эта величина для разных поверхностей Земли?*
3. *Каково биологическое действие спектрального состава солнечного излучения?*
4. *Какое значение имеет температура воздуха для развития жизни на Земле? Что такое дефицит влажности?*
5. *Почва и ее свойства. Покажите различие обмена минеральными веществами между органическим и неорганическим миром в естественных и искусственных условиях.*
6. *Какие вы знаете биотические факторы?*
7. *Перечислите общие закономерности действия экологических факторов среды? В чем сущность правила оптимума?*
8. *Закон толерантности и его следствия. Как учитывается этот закон в мероприятиях по ООС?*
9. *В чем сущность правила взаимодействия факторов.*
10. *Охарактеризуйте биотические взаимоотношения. В чем сущность закона Р. Линдемана?*
11. *Почему жизнь, возникнув на Земле, вот уже на протяжении млрд лет находится в постоянном развитии?*

## **Список литературы**

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология: учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 455 с.
2. Вернадский В.И. Биосфера. Избранные труды по биогеохимии. – М.: Мысль, 1967. – 374 с.
3. Реймерс Н.Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. – М.: Изд-во «Россия молодая», 1994. – 366 с.
4. Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
5. Коммонер Б. Замыкающий круг: пер. с англ. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 305 с.
6. Поляков В.И. Законы и правила экологии: учебное пособие. – Ульяновск, 1998. – 336 с.
7. Поляков В.И. Экзамен на «Homo sapiens» (от экологии и макроэкологии к миру). – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2004. – 496 с.

## Глава 4. СИСТЕМНЫЕ ЗАКОНЫ ЭКОЛОГИИ

Современная экология располагает совокупностью правил и законов. Часть из них была рассмотрена нами в предыдущих главах. Далее будут изложены обобщения, связанные с фундаментальными законами природы. Одним из результатов экологической революции стало расширение границ экологии с обязательным включением человека. Человек, как часть природы, должен подчиняться законам природы. Сила *homo sapiens* не в том, чтобы перестраивать природу, а в том, чтобы правильно поняв законы ее развития, следовать им. Законы развития природы – законы более высокого порядка для человека, чем законы развития общества. Это – объективные законы. В силу их действия и благодаря им человек появился и может существовать в этом мире. «Не будем, однако, слишком обольщаться нашими победами над природой. За каждую такую победу она нам мстит» (Энгельс, 1965).

Законы общества написаны человеком для себя. Они субъективны. «Природа не признает ошибок; она всегда правдива, всегда серьезна, всегда права; ошибки и заблуждения исходят от людей» (Гете, 1810).

Система «природа – общество» развивается по диалектическим законам. Эти законы распространяются как на экономические, так и на экологические отношения.

Система «природа – общество» состоит из двух подсистем – *экономической и экологической*.

*Экономическая* подсистема направлена на использование, потребление, преобразование природы человеком. Ее задача – обеспечить удовлетворение экономических интересов общества.

*Экологическая* подсистема выражает экологическую заинтересованность общества в чистой, здоровой, продуктивной природной среде.

Эти подсистемы едины по своей социальной направленности – обеспечение *качества жизни* человека. Такое единство противоречиво. Противоречия возникают из-за незнания или невыполнения обществом законов развития природы.

Знание и соблюдение законов развития природы в деятельности человека имеет большое значение. Их знание и учет особенно важны для обоснования нормирования предельно допустимых воздействий на природу, оценки воздействия планируемой деятельности на окружающую среду, грамотного планирования мер по охране природы.

Американский ученый-эколог Б. Коммонер, обобщив положения биоэкологии и изучив опыт человечества в области природопользования, сформулировал ряд социально-экологических законов, выделив из них

четыре основных. Далее рассмотрим их в интерпретации одного из ведущих ученых-экологов России профессора Н.Ф. Реймерса, при этом воспользуемся широко известными аксиомами-поговорками американского ученого-эколога Б. Коммонера (Коммонер, 1974):

- *все связано со всем;*
- *все должно куда-то деваться;*
- *ничто не дается даром;*
- *природа знает лучше.*

Эти законы экологии не охватывают все стороны взаимодействия общества и природы, но, простые по форме и глубокие по содержанию, они закладывают основу нравственного отношения человека к природе. Задача специалиста – придать этим афоризмам реальное качественное и количественное выражение и этическое звучание применительно к своей профессиональной деятельности.

#### **4.1. О всеобщей связи вещей и явлений в природе и в человеческом обществе** *(«Все связано со всем»)*

Этот закон единства отражает наличие сложнейших связей между явлениями в экологических системах. Всеохватность связей входит в само понятие системы. Система – это совокупность взаимосвязанных составляющих, объединенных прямыми или обратными связями в некоторое единство. Вред, наносимый одному компоненту системы, может принести сбой в функционировании всей экосистемы.

Особенно ярко эта всеобщность связей проявляется в мире живых существ. Примером этого выступает закон биогенной миграции атомов (Вернадский, 1989). «Живое вещество находится в непрерывном химическом обмене с космической средой, его окружающей, и создается и поддерживается на нашей планете космической энергией Солнца». Как видим, системы характеризуются своеобразными взаимопереходами вещества, энергии и информации. Все живое состоит из клеток, представляющих собой химические «заводы» жизни. Все живое существует за счет громадного количества связей внутри организмов, внешних связей с другими особями, сообществами и подчинено внешним воздействиям природы и космоса. Например, на геосферные процессы планеты, несомненно, влияет положение Солнечной системы в Галактике, ритмы солнечной активности, положение планет и Луны. Эти же процессы и одновременно планетарные процессы (климат, погода) влияют на жизнь и развитие народов. К этим воздействиям добавляется влияние социальных процессов. Глобальные круговороты веществ,



ветры, океанические течения, трансконтинентальные миграции птиц и рыб, переносы семян, техногенная деятельность человека – все это в той или иной степени связывает пространственно удаленные природные комплексы, все это делает биосферу единой коммуникативной системой. Таким образом, в природе все взаимосвязано, каждая часть ее уникальна.

Можно отметить несколько важных для экологии следствий всеобщей связи.

*Закон больших чисел:* совокупное действие большого числа случайных факторов приводит к результату, не зависящему от случая. Результат имеет системный характер. Например: случайное, стохастическое, поведение большого числа молекул в некотором объеме газа обуславливает постоянные значения температуры и давления. Мириады бактерий в почве, воде, телах растений и животных создают стабильную микробиологическую среду. Она пригодна для существования всего живого.

*Любое частное изменение в системе приводит к развитию цепных реакций.* Цепные реакции идут или в сторону нейтрализации изменения, или к появлению новых взаимосвязей. При значительных изменениях среды цепные реакции могут принять необратимый характер.

Производимые в крупных экосистемах перемены относительно необратимы. Они меняют глобальные процессы и тем самым переводят их на новый эволюционный уровень. Например, развитие Земли на рубеже пермского и триасового периодов ознаменовалось вымиранием значительной части органического мира, экологическим кризисом. Причиной явилось сближение континентальных литосферных плит. Экологические ниши были заполнены представителями новых групп органического мира.

Любое местное преобразование природы вызывает в биосфере ответные реакции, но приводит к относительной неизменности экологического потенциала (*правило «Тришкина кафтана»*). Любые системные изменения в природе оказывают прямое или опосредованное воздействие на человека.

*Закон о всеобщей связи вещей и явлений в природе и в человеческом обществе («все связано со всем»)* – это важное положение в природопользовании. Пока изменения геологической среды слабы и произведены на небольшой площади, они «гаснут» в цепи иерархии экосистем. Но как только перемены достигают существенных значений для крупных экосистем (масштабы речных бассейнов), они приводят к глобальным изменениям во всей биосфере Земли. Слабые воздействия могут не вызывать у природных систем ответных реакций до тех пор,

пока, накопившись, не приведут к развитию бурного динамического процесса.

Этот закон полезен при экологическом прогнозировании, т.к. предостерегает человека от необдуманных воздействий на отдельные части экосистем. Частичное решение одной проблемы может привести к обострению других проблем. Необходимо учитывать в комплексе различные среды, способные оказать воздействие на экосистему в целом.

#### **4.2. О законе сохранения материи** («Все должно куда-то деваться»)

Закон сохранения массы вещества является и одним из важнейших требований рационального природопользования. Он позволяет по-новому рассматривать проблему отходов производства в обществе. Это положение о хозяйственной деятельности человека, отходы от которой неизбежны. Нужно думать и об уменьшении их количества, и о последующем захоронении этих отходов. Человечество из колоссального объема материалов, извлекаемых из недр, может включить в природный круговорот веществ лишь малую часть. С точки зрения живой природы человечество производит в основном мусор и отраву. Бытовые и производственные отходы, попадая в окружающую среду, не исчезают бесследно. У природных систем все меньше сил, чтобы справиться с переработкой веществ, загрязняющих окружающую среду. Вокруг городов растут свалки мусора, загрязняющие вещества разносятся от мест выброса воздушными и водными потоками. Нарушается замкнутость круговорота веществ. Куда же должно деваться то, что мы привычно считаем отходами? Однозначный экологический ответ – должно перерабатываться.

Сила любого закона в том, что никто не может безнаказанно его нарушать. Нельзя нарушать законы экологии. Теперь производителей (например, автомобилей) обязывают нести ответственность за свою продукцию, после того как вышел срок ее использования. Автомобильные компании вынуждены налаживать сбор и захоронение отработавших свой срок автомашин. Сейчас в производстве любой продукции разрабатывается *концепция жизненного цикла вещей*. Давая согласие на выпуск какого-либо продукта, общество должно ясно представлять, где и когда закончится его существование. Ответ всегда один. Надо наладить производство таким образом, чтобы отходы и конечные продукты одного производства стали сырьем для другого.

В отличие от человеческого производства и быта живая природа в целом безотходна. В природе нет мусора. Например: все опавшие листья,

экскременты, трупы животных становятся пищей для других организмов – насекомых, червей, грибов, бактерий, разлагаются ими до простых соединений и в таком виде рано или поздно вновь потребляются растениями. При этом в целом для биосферы всегда соблюдается количественный баланс и равенство скоростей синтеза и распада. Это означает наличие замкнутости круговорота вещества в биосфере.

Деятельность человека привела к появлению в биосфере стойких синтетических соединений, чуждых химизму живых организмов *ксенобиотиков* (греч. *ксенос* – чужой). Некоторые из этих веществ являются сильными ядами. При этом существенно нарушается замкнутость круговорота веществ, т. е. они не включаются в природный биотический круговорот. Хотя часть отходов природа разбавляет – рассеивание в атмосфере, на большой площади суши, растворение в воде.

Существуют различные технологии очистки и нейтрализации производственных и бытовых отходов. Но так или иначе немалая масса антропогенных загрязнителей остается в пределах биосферы. Но все, что накапливается в очистных сооружениях, в осадках, все, что остается в золе и шлаках, в элементах ядерных реакторов, тоже должно куда-то деваться. Надо сказать, что существующие способы изоляции конечных продуктов не гарантируют от дальнейшего загрязнения, т.к. они не совершенны.

Огромные количества веществ извлечены из Земли, рассеяны в окружающей среде без учета того факта, что «все куда-то должно деваться». Но большое количество вещества зачастую накапливается там, где его не должно быть. Этот закон имеет важное теоретическое и практическое значение благодаря своим следствиям:

*а) абсолютно безотходное производство невозможно.* Согласно этому следствию мы можем рассчитывать только на малоотходное производство. В любом хозяйственном цикле отходы неустранимы, они могут быть переведены из одной формы в другую, перемещены в пространстве; их действие растянуто во времени;

*б) любая более высокоорганизованная биотическая система, используя и видоизменяя среду жизни, представляет угрозу для менее организованных систем.* Согласно этому следствию воздействие человека на природу требует мероприятий по нейтрализации загрязнений природы. В связи с этим охрана природы – одна из обязательных составляющих высокоорганизованного общества. Чем более развита страна, тем больше финансовых средств должна тратить на мероприятия по охране окружающей среды.

### 4.3. О цене развития («Ничто не дается даром»)

В экологическом смысле за этим афоризмом скрывается мысль о качественной направленности развития экосистем. В этом заключается применение закона обязательного перехода количественных изменений в коренные качественные.

*Любое новое приобретение в эволюции системы обязательно сопровождается утратой какой-то части прежнего достояния и возникновением новых, все более сложных форм системы.* Например, постепенное загрязнение среды на определенном этапе может привести к коренным качественным ее изменениям. При этом природная среда превратится в зону, опасную для здоровья человека.

Этот закон предполагает действие двух эволюционных механизмов:

1. *Фактора необратимости (однонаправленности) эволюции:* большие системы эволюционируют только в одном направлении – от простого к сложному; регресс характерен только для отдельных ее частей. Например, в ходе геологического времени развитие биосферы носило необратимый характер. По словам бельгийского палеонтолога Л. Долло, «организм не может вернуться, хотя бы частично, к предшествующему состоянию, которое было уже осуществлено в ряде его предков».

2. *Фактора ускорения эволюции:* с ростом сложности организации систем темпы эволюции возрастают. Это правило относится и к сменяемости видов в эволюции органического мира, и к человеческой истории, и к развитию техники. Например. Для характеристики эволюционирования природы примем временную шкалу Кэлдера, где единица измерения 1 год равна 100 млн лет. Тогда:

- возраст планеты Земля – 46 лет;
- безжизненная планета – 20 лет;
- поверхность планеты покрылась растительностью – 45 лет назад;
- вымерли динозавры – 8 месяцев назад;
- обезьяна превратилась в человека (по Дарвину) – 1 неделю назад;
- люди начали охотиться – 4 часа назад;
- люди начали заниматься земледелием – 1 час назад;
- человечество стало индустриально мощным – 30 секунд назад (середина XIX века);
- человек стал оказывать серьезное влияние на облик Земли – 3 секунды назад (середина XX века).

«Ничто не дается даром» – это всеобщий закон рационального природопользования. Он объединяет два предшествующих закона. Все, что было извлечено из биосферы человеческим трудом, должно быть возмещено. Платежа по этому векселю избежать нельзя, он может быть только отсрочен.

Есть еще одна сторона закона «Ничто не дается даром». Человек не может безвозмездно расходовать природные ресурсы, загрязнять окружающую среду и т.д. Все виды взаимодействия человека с природой должны оцениваться экономически. В экономике общества платить надо энергией за дополнительную очистку отходов, удобрением – за повышение урожая, деньгами – за загрязнение окружающей среды, лекарством – за ухудшение здоровья человека.

В экономике природы, как и в экономике общества, так же не существует бесплатных ресурсов. Энергия, солнечный свет, вода, кислород – неисчерпаемые ресурсы. Они должны оплачиваться любой расходуемой их системой. Оплачиваются полнотой и скоростью возврата, замкнутостью круговоротов.

Чтобы обеспечить защиту окружающей природной среды, необходимо вкладывать большие средства в разработку и внедрение малоотходных технологий и строительство надежных очистных сооружений.

#### **4.4. О главном критерии эволюционного отбора** («Природа знает лучше»)

Это утверждение имеет два аспекта: *бионический и эволюционный*.

*Бионика* – наука о применении принципов действия живых систем и биологических процессов для решения инженерных задач. Эта наука переводит идеи природы на язык техники и решает их другими средствами. Например: лошадь – автомобиль, дельфин – подводная лодка, зеленый лист растения – солнечная батарея, человеческий мозг – компьютер. У мудрой природы есть чему поучиться человеку. Принципы и механизмы жизнедеятельности растений и животных могут пригодиться в строительстве, архитектуре, создании высокочувствительных приборов и даже производстве одежды. Например, недавно два британских университета объявили о том, что занимаются разработкой «умной одежды». Она сама приспосабливается к изменению температуры и может либо охлаждать своего владельца, либо, наоборот, не давать ему замёрзнуть. Технологию нового материала ученые подсмотрели у сосновых шишек, когда те разбрасывают семена. Реагируя на присутствие влаги внутри, шишки приоткрывают свои чешуйки.

Крошечные иголки, которыми будет снабжена «умная одежда», также откроются, пропуская воздух внутрь, как только человек начнет потеть. «Отцом» застежки-липучки стал репейник. Ворсинки застежки-липучки представляют собой маленькие крючки, как у репейника. Самый грандиозный строительный проект XXI века Испании – бионическая башня высотой 1 км 228 м. Башня будет построена по принципу кипариса. Его крона состоит из мелких чешуйчатых листьев, сквозь которые легко проходит воздух. Корневая система разветвлена и по строению похожа на губку. Такой фундамент планируется у бионической башни, а само здание будет состоять из множества стальных и алюминиевых элементов под разными углами крепления. Интересно, как к этому отнесется матушка-природа?

*Бионический* аспект заключается в следующем. Люди создали множество вещей, которых нет в природе. Технический прогресс достиг небывалых высот. В связи с этим у человека появилась самонадеянность, уверенность в превосходстве над природой. Многого из того, что создал человек, природа действительно не имеет. Это не потому, что природа не могла создать, а потому, что не посчитала нужным. А может, испробовала и не стала развивать, отказалась. Несомненно, человеческая техника превзошла многие возможности живых организмов (прочность, мощность, скорость движения). По оригинальности решений, экономичности, эффективности и эстетичности биологические системы намного превышают придуманные человеком технические: фермент живого во много раз эффективнее придуманных катализаторов, сердце – долговечнее и энергетически эффективнее компрессоров и насосов, мозг по компактности, многофункциональности и своим логическим возможностям ещё очень долго будет превосходить компьютер, преобразование солнечной энергии зеленым листом многократно эффективнее, чем солнечными батареями. Дельфин экологичнее подводной лодки, а лошадь – автомобиля.

Но человек не может создать вечный двигатель, в то время как биосфера и есть вечный двигатель. Биосферу нельзя заменить искусственной средой, также как нельзя создать новые виды жизни. Поэтому насильственное антропогенное уничтожение видов живого ведет к разрушению основ существования биосферы, человечества.

*Эволюционный* аспект заключается в следующем. Принцип «природа знает лучше» определяет прежде всего то, что может и что не должно иметь место в биосфере. Правила такого «знания» выработаны на протяжении миллиардов лет при бесчисленном отборе, методом проб и ошибок, в подгонке каждого вещества к комплексу условий существования, к огромному множеству других веществ и форм. Все в

природе – от простых молекул до человека – проходит жесткий конкурс на право существования в биосфере. Сегодня планету населяет лишь тысячная часть испытанных эволюцией видов растений и животных. Принцип «Природа знает лучше» выражен в том, что структура организма нынешних живых существ биосферы наилучшая в том смысле, что они были тщательно отобраны из неудачных вариантов.

*Главный критерий этого отбора* – вписанность в глобальный биотический круговорот, увеличение его эффективности, заполненность всех экологических ниш. У любого вещества, выработанного организмами, должен существовать разлагающий его фермент. И все продукты распада должны вновь вовлекаться в круговорот. Такова жизнь. С каждым биологическим видом, который нарушал этот закон, уменьшая замкнутость биотического круговорота, эволюция рано или поздно расставалась. Просто находились организмы-«заменители», способные восстановить замкнутость биотических круговоротов.

Индустриальная цивилизация грубо нарушает замкнутость биотического круговорота в глобальном масштабе. Это не должно быть безнаказанным. Человек, самонадеянно желая «улучшить» природу, нарушает ход естественных процессов. Последствия разного рода мелиораций часто делают среду обитания людей все менее благоприятной. В этой критической ситуации должен быть найден компромисс самими людьми.

Это важное положение природопользования «Природа знает лучше» означает, что нельзя пытаться покорять природу, а нужно сотрудничать с ней – использовать биологические механизмы для очистки стоков, повышения урожайности культурных растений, лечения человека биологическими препаратами и т. д. При этом надо помнить, что человек сам является биологическим видом, частью природы, а не ее властелином.

Действие экологических «законов» Б. Коммонера можно проследить на примере любой отрасли народного хозяйства, влияющей на загрязнение окружающей среды.

Пока мы не имеем полностью достоверной информации о механизмах и функциях природы. Мы, подобно человеку, не знакомому с устройством часов, но желающему их починить, легко вредим природным системам, пытаясь их улучшить (Акимова, Хаскин, 1998).

#### **4.5. Закон ограниченности ресурсов** («На всех не хватает»)

Этой формулировки нет среди поговорок – «законов экологии»

Б. Коммонера (Коммонер, 1974). Этот афоризм редко встречается в учебниках, но его глубокое экологическое содержание не должно вызывать сомнений. Он отражает общую системную закономерность в природе. Взаимодействие между всеми видами живых организмов в биосфере организовано так, что для поддержания стабильности их существования и численности должно сохраняться соответствующее количество доступных ресурсов питания. Размножение любого вида свыше равновесной численности приводит к увеличению потребления ими ресурсов, которых станет не хватать другим видам. В природе действует *правило максимального «давления жизни»*. Организмы размножаются с интенсивностью, которая обеспечивает максимальное их число. Если было бы остановлено умирание, то масса живого вещества превысила бы массу земного шара. Этого не происходит. Почему? Из-за ограничений по веществу масса питательных веществ для всех форм жизни на Земле конечна и ограничена. Это означает, что общее количество живого вещества всех организмов планеты мало изменяется. Эта закономерность была сформулирована В. И. Вернадским в виде закона: *количество живого вещества биосферы (для данного геологического периода) есть константа* (Вернадский, 1967). Поэтому значительное увеличение численности и массы каких-либо организмов в глобальном масштабе может происходить только за счет уменьшения численности и массы других организмов. В борьбе за ресурсы более слабый вид будет вытесняться и его численность неминуемо будет сокращаться.

Принцип «На всех не хватит» – источник всех форм конкуренции в природе и обществе. Внутри популяций это борьба за пищу, пространство («место под солнцем»), жилище или половое партнерство. Человеческий вид – не исключение. И страны и народы обязаны строить долговременную политику с учётом этого закона. Классовая борьба, расизм, межрелигиозные и межнациональные конфликты – все это есть не что иное, как уродливые формы внутривидовой конкуренции. (Акимова, Хаскин, 1998).

Будущее человечества зависит от того, какой станет окружающая среда и как будут приспосабливаться к ней люди. Человек, как вид, может сохраниться в том случае, если сумеет предотвратить отрицательные последствия изменений окружающей среды и приспособиться к уже измененным неблагоприятным условиям.





### **Контрольные вопросы**

1. *Какие следствия всеобщей связи явлений в природе имеют наибольшее значение для экологии?*
2. *В чем сущность закона сохранения массы веществ («Все должно куда-то деваться»)?*
3. *Почему большинство продуктов хозяйственной деятельности человека не включаются в природный биотический круговорот?*
4. *Какое практическое значение имеют следствия закона сохранения массы веществ?*
5. *В чем сущность закона о цене развития («Ничто не дается даром»)?*
6. *Раскройте бионический и эволюционный аспект главного критерия эволюционного отбора в экологии («Природа знает лучше»).*

### **Список литературы**

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология: учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 455 с.
2. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. – М.: Наука, 1989. – 520 с.
3. Коммонер Б. Замыкающий круг: пер. с англ. Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 305 с.
4. Реймерс Н.Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. – М.: Изд-во «Россия молодая», 1994. – 366 с.
5. Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
6. Тейяр де Шарден П. Феномен человека: пер. с фр. Н.А. Садовского. – М.: Устойчивый мир, 2001. – 232 с.
7. Петров К.М. Геоэкология: учебное пособие. – С Пб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004. – 274 с.
8. Поляков В.И. Законы и правила экологии: учебное пособие. Ульяновск, 1998. – 336 с.
9. Энгельс Ф. Диалектика природы. – М.: Госполитиздат, 1952. – 328 с.

## Часть II

# СИСТЕМА «ЧЕЛОВЕК – ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»



- **Человечество в экосистеме Земли**

## Глава 1. ЧЕЛОВЕЧЕСТВО В ЭКОСИСТЕМЕ ЗЕМЛИ

«Что есть человек? Откуда он пришел? Куда пойдет?» (Гейне). Нам, при рассмотрении взаимоотношений человека с окружающей средой, необходимо понять, почему человечество оказалось в такой экологической ситуации, к чему она ведет. Может ли быть из нее выход? Ведь человек благодаря большой численности и огромному потреблению природных ресурсов стал главной причиной нарушения равновесия в природе.

### 1.1. Антропогенез и эволюция человека

Человек – один из трех миллионов известных сейчас биологических видов на Земле. Определено его место в системе животного царства: *класс* – млекопитающие; *отряд* – приматы; *семейство* – гоминид; *род* – человек. До нашего времени дожил только один вид – «человек разумный» (*Homo sapiens*).

С экологических позиций человечество можно рассматривать как *общемировую популяцию биологического вида*. Это составная часть экосистемы Земли. Подчиняется ли человечество законам фундаментальной экологии? Да, человечество подчиняется законам и биологическим, и социальным. Поэтому человек – единственный на Земле *биосоциальный вид*.

*Биологическая природа* человека: а) стремление сохранить свою жизнь; б) стремление продлить свою жизнь во времени и пространстве через размножение; в) обеспечить максимум безопасности и комфорта; г) потребление пищи и выделение продуктов физиологического обмена и т. д. Иными словами, человечеству присущ весь спектр экологических связей в природных популяциях.

*Социальная природа* человека: а) разум, мышление, трудовая деятельность; б) субъект общественно-исторической деятельности и культуры; г) наличие сложных информационных связей; в) сила и масштаб влияния человечества на окружающую среду; д) энерговооруженность и т. д.

Рассмотрим некоторые черты социальной природы человека.

*Культура* становится доминирующим фактором эволюции человека. Именно культурное наследие является главным источником возникновения общества и цивилизации. Усвоение культурной информации в обществе происходит быстрее, чем передача по наследству генетической информации. Поэтому темпы общественного прогресса опережают биологическую эволюцию человека. Эволюция человека

беспрецедентна по скорости для крупных млекопитающих, особенно на последних этапах антропогенеза. Ученые считают, что человек – один из самых молодых видов крупных животных на Земле. Эволюционная молодость человека сочетается с чертами *инфантильности* (инфанти – исп. *дитя, ребенок*), «детскости», незавершенности селективной подгонки биологии вида к условиям существования. «Человек – единственное в мире недоделанное существо» (Битов, 1998). О незрелости человеческой цивилизации говорят:

а) несогласованность моральных норм человека с достигнутым техническим прогрессом. Выход этой несогласованности из-под контроля грозит человечеству экологическим коллапсом;

б) недостаточный уровень развития гуманитарных и биологических наук. Нет ответа на вопросы: почему человек злоупотребляет спиртным, наркотиками, курением? почему агрессивен? и т. д.

Основой согласованных действий человеческого сообщества являются *информационные связи*. Информационные связи присущи и природным популяциям (конкретный сигнал на ограниченную дистанцию в течение ограниченного времени). Информационные связи человечества насыщены сложными сигналами: речь с ее фиксацией на магнитных носителях, передача информации и обучение на основе памяти. Такой уровень информации обеспечивает согласованные действия большого числа людей. Не является ли это серьезной угрозой разрушения животного и растительного мира?

Экологическим отличием человечества от животного царства является *энерговооруженность*. Сначала человек освоил запасы органического топлива: древесины, угля, нефти, газа, затем атомной энергии. Это позволило создать мощный производственный потенциал, почти полностью заменивший мускульную силу человека. Еще около 20 тыс. лет назад потребление энергии составляло в среднем около 10 тыс. кДж на человека в сутки, а ныне в экономически развитых странах – свыше 1 млн кДж. Рост суммарного потребления энергии человечеством – в 10 млн раз.

И если все виды на Земле приспосабливаются (адаптируются) к среде обитания, то человек нет. Он с помощью освоенной им дополнительной энергии целиком приспосабливает всю среду своего обитания к собственным потребностям. *Давление человечества на природную среду* ныне по своим масштабам превышает сопротивление среды. Именно в этом безмерном давлении таится угроза полного уничтожения природных экосистем, в том числе и глобальной – биосферы Земли.

Человечество создало техносферу. *Техносфера* – часть биосферы, преобразованная людьми с помощью воздействия технических средств в соответствии со своими потребностями. В конечном итоге все это приводит к экологическим кризисам.

## 1.2. Основные этапы антропогенеза

Откуда он взялся на Земле, этот Человек? Человек возник на Земле в ходе длительного и неравномерного эволюционного процесса – антропогенеза. Многие этапы антропогенеза на сегодняшний день до конца не ясны.

Основные этапы антропогенеза, оказавшие влияние на экологию Человека, можно представить следующим образом (рис. 18).

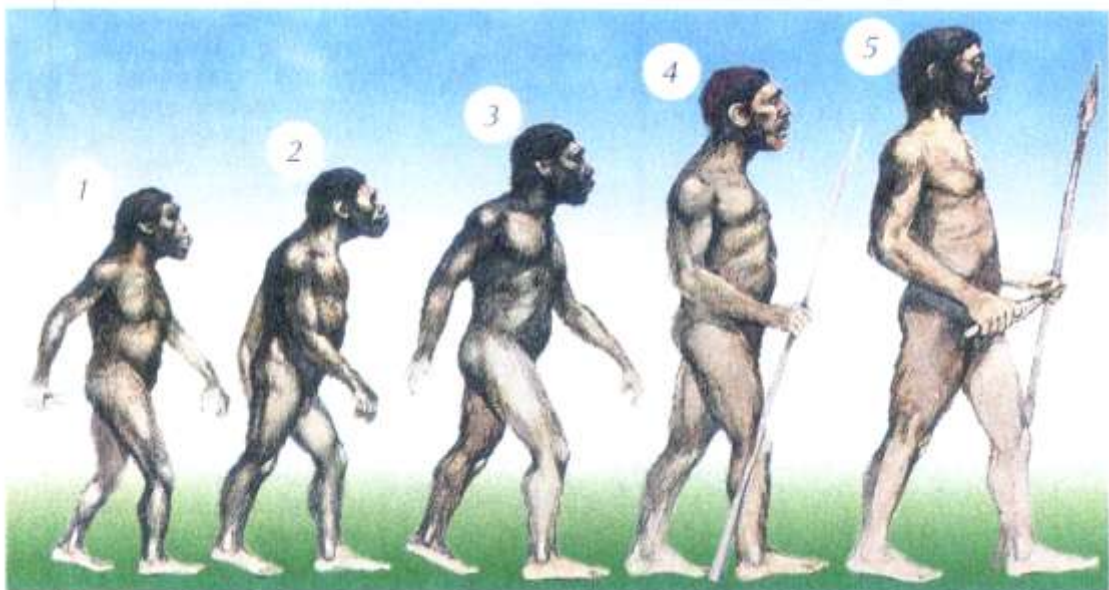
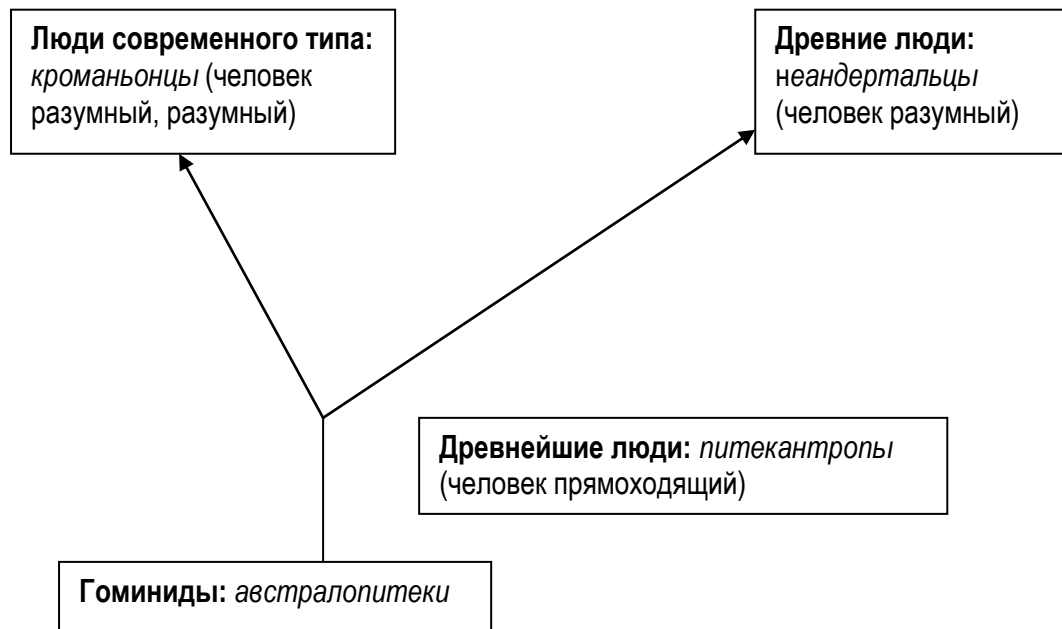
Самые древние предки человека – гоминиды, или пралюди, возникли 5–8 млн лет назад в четвертичном периоде кайнозойской эры. Это произошло на юге (Восточная Африка). Они получили название *австралопитеки* (от лат. *австралус* – южный). Характерно прямохождение, что принесло массу неудобств: замедлилась скорость передвижения, роды стали мучительными. Но преимущества этого способа перевесили: высвободились две передние конечности – руки. В них можно было держать орудие. Второй особенностью австралопитеков стала постепенная утрата «шубы из густой шерсти». Исчезает острота обоняния, увеличивается острота цветного зрения, хватательная функция.

Следующим этапом в эволюционной лестнице стал первый человек, первый представитель рода Номо – «человек умелый» (2–3 млн лет назад) и «человек прямоходящий» (*питекантропы* – обезьяночеловек). Останки его обнаружены на о. Ява в 1891 г. Рост питекантропа не превышал 150 см, а объем мозга равен 900 см<sup>3</sup>. «Человек прямоходящий» уже не бежал в панике от огня, а сам разводил его, в качестве посуды использовал обработанные черепа антилоп. Одежда – шкура убитых зверей. Вероятно, владел примитивной членораздельной речью. И наконец, вид, к которому и принадлежат живущие сейчас люди, – «человек разумный».

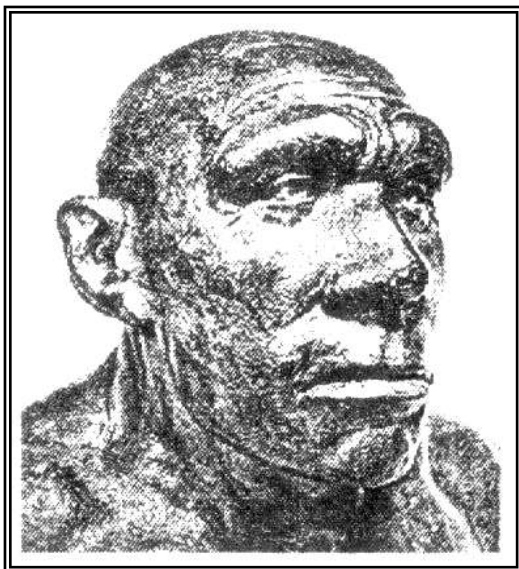
Ученые выделяют два подвида: менее развитый, ныне вымерший, «человек разумный» (40–50 тыс. лет назад) – *неандерталец* (см. рис. 19).

Последние жили около 28 тыс. лет назад среди людей современного типа и, судя по всему, были истреблены ими. Время существования неандертальцев пришлось на эпоху палеолита (оледенения). Они были первыми гоминидами, способными выносить тяготы холодной зимы. У неандертальцев впервые было обнаружено захоронение трупов. Объем головного мозга «человека разумного» равен объему мозга современного

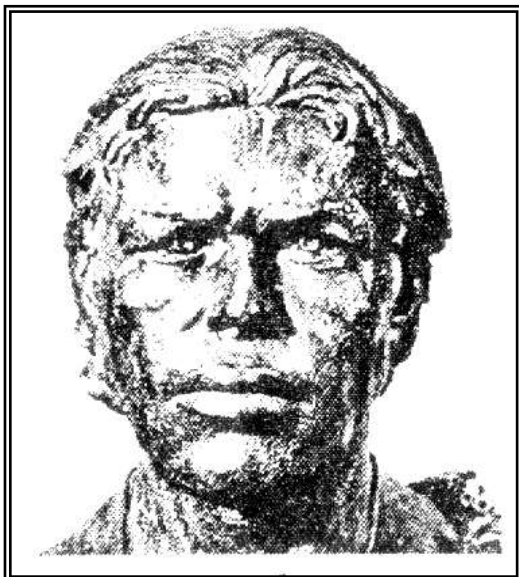
человека (1600 см<sup>3</sup>), рост 180 см. Ученые не считают живущих ныне людей потомками неандертальцев.



**Рис. 18. Родословное древо гоминид: 1. Австралопитек. 2. Человек умелый. 3. Человек прямоходящий. 4. Неандерталец. 5. Современный человек**



*Рис. 19. Неандерталец  
«человек разумный»*



*Рис. 20. Кроманьонец «человек  
разумный, разумный»*

Второй подвид – *кроманьонцы* («человек разумный, разумный»), 40–50 тыс. лет назад (рис. 20). По поводу времени, места возникновения и непосредственных предков человека современного типа – «человека разумного, разумного» – в науке нет единого мнения.

Согласно одной гипотезе он возник в Африке около 100 тыс. лет назад и затем вытеснил более древних людей.

Истоки рода человеческого находятся в Африке, где не было серьезных климатических изменений в течение нескольких миллионов лет. Около ста тысяч лет наши предки, которые еще не разделились на белых, черных и желтых, начали мигрировать из Африки в Европу и через Ближний Восток в Азию и Америку.

Сейчас по радиоуглеродному анализу прибрежных донных отложений океанологами доказано, что в то время уровень океана был на 100 метров ниже современного, Берингова пролива между Америкой и Азией еще не существовало.

Расселение человека (70–80 тыс. лет назад) сопровождалось зарождением трех основных человеческих

рас (европеоид, монголоид, негроид).

Согласно другой гипотезе формирование «человека разумного, разумного» происходило постепенно в разных частях планеты. Около 40–50 тыс. лет назад, на рубеже верхнего палеолита, «человек разумный, разумный», вытеснив неандертальцев, становится единственным представителем семейства гоминидов и заселяет практически всю Землю. С эпохи верхнего палеолита внешний облик человека разумного остается неизменным.

Заключительные этапы антропогенеза и процесс расселения человека совпали с колебаниями климата – сменой в Северном полушарии ледниковых и межледниковых периодов. 10–15 тыс. лет назад кроманьонцы заселили весь современный ареал своего обитания. Это небывалое по скорости в истории Земли расселение биологического вида. Зачатки техногенеза (огонь, одежда, жилище, орудия труда) способствовали освоению различных природных зон Земли.

История человеческого общества длительное время изучалась вне рамок собственно естествознания. До сих пор распространено представление, что зависимость человека от природы тем меньше, чем выше его культурный и технический уровень. Это одно из самых опасных заблуждений. Низкий культурный и высокий технический уровень общества не уменьшает жизненную потребность в продуктах природы – воздухе, воде, пище и т. д. Эта потребность человека врожденная, первичная, она имеет строгое количественное выражение. Например: человеку необходим тепловой комфорт, 27 мл воды и 7,2 л кислорода на 1 кг массы тела, 2500–3000 ккал в сутки. Кроме того, как пишет Н. Н. Моисеев, «в современных условиях зависимость человека от природных факторов многократно *возросла*, ибо экспоненциально растущее воздействие на природу меняет (тоже экспоненциально) саму природу, а значит и условия жизни людей».

Итак, линия эволюции человека выстраивается следующим образом: «человек умелый» (австралопитек), «человек прямоходящий» (питекантроп), «человек разумный» (неандерталец и кроманьонец). После появления кроманьонца человек, как утверждают ученые, уже генетически не изменился, тогда как его социальная эволюция продолжалась.

### 1.3. Численность человечества

Человек. Сколько лет он живет на Земле? Сколько еще будет жить? Численность человечества на планете Земля на 12 октября 1999 года составляла 6 млрд человек (генеральный секретарь ООН Кофи Анан отпраздновал рождение символического шестимиллиардного жителя Земли). В природе для относительно крупных млекопитающих (к которым может быть отнесен человек) такая численность беспрецедентна. Даже самые многочисленные копытные, разводимые человеком (крупный рогатый скот, овцы, свиньи), не приближаются к такому порядку величин численности. Численность видов животных в природе ограничивается емкостью среды. Оказавшись на вершине экологической пирамиды биосферы, человечество, как биологический вид, реализовало



возможность экспоненциального (в геометрической прогрессии) роста своей численности в соответствии с законом Мальтуса.

Сколько людей жило на Земле? Согласно подсчетам ученых за все время существования человека на Земле жило около 100 млрд людей.

На протяжении сотен тысячелетий народонаселение мира росло чрезвычайно медленно. 4 тыс. лет назад (времена строительства египетских пирамид) на Земле проживало 50 млн человек; 2 тыс. лет назад – 200 млн человек. В эту эпоху человечество оставалось частью природной экосистемы. Начиная с эпохи Великих открытий (XVII век) темпы роста народонаселения заметно возросли и приблизились к экспоненциальной закономерности. В первой половине XIX века – 1 млрд человек, середина XX века – 3 млрд, конец XX века – 6 млрд человек, т. е. в период с 1600 по 1980 гг. рост населения Земли описывается эмпирическим уравнением гиперболы (рис. 21).

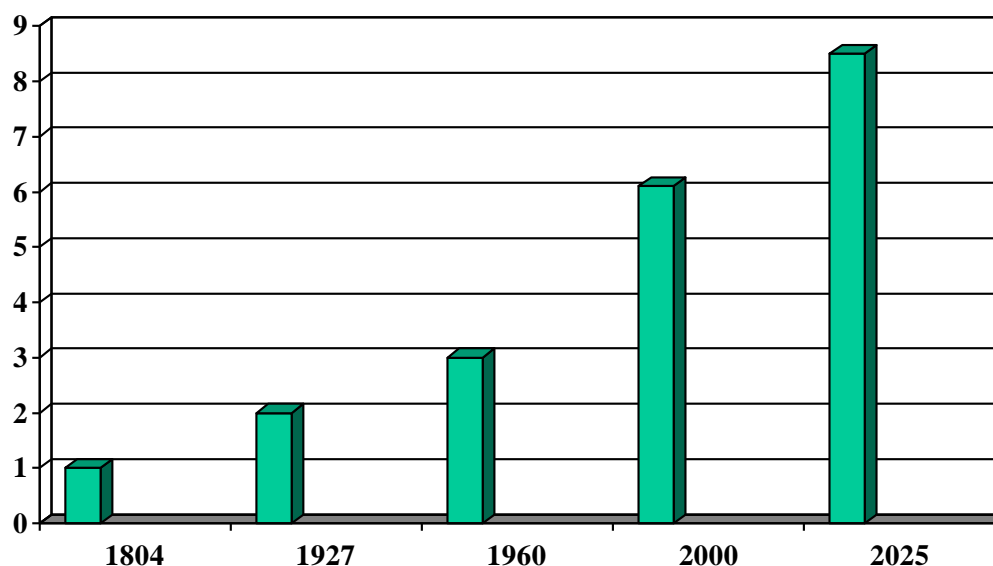


Рис. 21. Диаграмма роста населения, млрд чел.

Может ли человечество заполнить весь земной шар? Когда?

Очень быстрое увеличение численности человечества в XX веке называется *демографическим взрывом*. На прирост за последние 100 лет приходится три четверти современного числа людей на Земле.

В настоящее время в среднем каждую минуту на Земле появляются 270 младенцев, умирают 110 человек разного возраста. Население мира увеличивается на 160 человек каждую минуту. Таким образом, численность человечества определяется соотношением рождаемости и смерти. В этом человек подобен любому биологическому виду. Чарльз Дарвин подметил, что способность к размножению идет в

геометрической прогрессии, в принципе, до бесконечности. В природе, благодаря сопротивлению среды (ограничение пищи, неблагоприятный климат, хищники), эту возможность не реализует ни один биологический вид.

Вклад разных стран и континентов в общую картину роста народонаселения не одинаков. Самый большой прирост населения дали азиатские страны – Китай, Индия, Индонезия; наибольшая скорость роста наблюдалась в Африке и Латинской Америке. Например, численность населения Африки в 1900 году равна 110 млн человек, а к концу 1995 года – 695 млн человек. Наименьший вклад в прирост населения дает Европа. Если дело пойдет так и дальше, то через 30 лет нас будет уже 10 млрд.

В соответствии с данными Юнеско население Земли каждый год увеличивается на 80 млн человек, т.е. возникает новое государство, по численности равное населению Германии, но уровень жизни в нем существенно ниже. Уже сейчас половина населения Земли голодает.

В большинстве более развитых стран (Западная Европа, Северная Америка) ситуация демографического взрыва наблюдалась намного раньше – в XIX веке. Для многих из них в настоящее время характерно развитие демографического перехода к стабилизации населения. В развитых странах бурный прирост населения закончился.

*Демографическая стабилизация* – это ситуация, когда смертность равна рождаемости, когда на каждую 1000 человек ежегодно будет рождаться и умирать, например, 12 человек.

А пока, используя дополнительную энергию, разные орудия производства и способность к согласованным общественным действиям, человечество полностью обезопасило себя от хищников, нейтрализует неблагоприятное влияние климата, противостоит болезням и наращивает производство пищи. В результате увеличивается емкость среды обитания (*потенциал способности среды обеспечить нормальную жизнедеятельность определенному числу организмов*) человечества, смертность снижается и население мира непрерывно растет. Если бы человек не выделился из животного мира, то его численность была бы примерно такой же, как численность волков и медведей. Такова была численность питекантропов или австралопитеков полтора миллиона лет назад. Численность современных людей превосходит эти оценки на пять порядков. Это означает, что эволюция человека происходит по другим законам.

Западные демографы и экономисты убеждают друг друга, что Земля выдержит и 20 млрд, и 30 млрд человек, если ужесточить требования к экологии, экономить природные ресурсы и т. д. А дальше

все само образуется. Крупнейшие олигархи поймут, что деньги нельзя «есть», и начнут делиться с голодными африканцами и размножающимися азиатами.

Известно, что в истории любого этноса есть детство – когда нация формируется, юность – когда народонаселение стремительно увеличивается, и затем неизбежно происходит демографический переход: наступает пора зрелости.

*Демографический переход* – это путь от традиционного режима воспроизводства населения (при высокой рождаемости и высокой смертности) к современному (низкая рождаемость и низкая смертность). По законам развития, в этносе, завершившем демографический переход, устанавливается равновесие: низкая рождаемость «компенсируется» увеличением продолжительности жизни. В России этого не произошло.

Резкие всплески рождаемости усиливают агрессивность внешней и внутренней политики любой страны. Именно в такие периоды происходили и захваты чужих земель и освоение своих, миграция населения из сел в города, гражданские войны и т. д.

Во времена Петра Первого и Екатерины рождаемость в России была около 10 человек на одну женщину. Это обеспечивало уникальные по размаху территориальные завоевания. Идеология фашизма воспринималась как великая и могучая в 30-е годы, так как ее резервом была высокая рождаемость: 4,5 детей на 1 женщину. Сегодня – при коэффициенте 1,5 – эта идеология не имеет реальных шансов.

Россия (148 млн человек в 1996 г., 145,5 млн человек в 2000 г., 144,2 млн человек в 2004 г.) занимает по числу жителей 6-е место в мире. Статистика говорит о том, что годовое превышение смертности над рождаемостью увеличилось в России с 220 тыс. человек в 1992 г. до 1,1 млн человек в 1999 г.

В России прирост населения отмечался до конца 60-х годов. Тогда мы могли поднять «стройки века». Затем рост населения стал быстро снижаться. Причин много. В 9 случаях из 10 виноваты экономические катаклизмы. Низкие зарплаты вынуждают нас экономить на питании, покупать некачественные продукты. Государственные медицинские учреждения плохо обеспечены высококвалифицированным персоналом и техникой. На обслуживание в коммерческих клиниках не хватает денег. В мире считается бедным тот, кто имеет доход менее 2 долларов в день, – таких 3 млрд человек. Но среди этих бедных есть самые бедные, которые живут на 1 доллар в день. Таких в России 37,6 %. Русские умирают раньше других еще и потому, что слишком много пьют и курят. Каждый (включая немощных стариков и грудных детей) выпивает в год по 16,5 л спиртного, в то время как рекомендуемая Всемирной организацией

здравоохранения норма вдвое меньше. В России в 5 раз выше, по сравнению с экономически развитыми странами, детская смертность. За 15 лет из России уехало 2 млн человек. Ежегодно в Германию, Израиль, США, Грецию (1990–95 гг.) уезжало из России до 100 тысяч человек. Что толкает людей в дорогу? Обеспокоенность будущим своих детей, неудовлетворенность условиями жизни и труда, недоброжелательное отношение к людям их национальности.

Обречены ли русские на вымирание? Существуют две точки зрения на эту проблему.

*Первая* точка зрения заключается в следующем. Демографическая ситуация в России катастрофическая. Страна переступила грань, за которой перспектива одна – постепенное угасание нации. Сегодня даже при правильной демографической политике и максимальной материальной поддержке прирост населения в России невозможен. По данным исследований ВОЗ, население в России в 1997 году насчитывало 146,9 млн. человек. Убыль идет ежегодно на 1 млн человек, а если так, то к 2025 году останется 134,6 млн россиян. Ежегодно на 100 тысяч уходят из жизни 1150 человек. Такое сокращение наблюдается на протяжении последних 7 лет. Смертность в России превышает рождаемость в 1,6 раза. Страна превратилась в кладбище молодых мужчин. Угроза демографической экспансии, по мнению специалистов, в начале третьего тысячелетия станет ведущей среди факторов риска национальной безопасности в России. А.И. Солженицын говорил, что у нас не может быть другой национальной идеи, кроме народосбережения – но он не был услышан.

*Вторая* точка зрения А. Вишневого, руководителя Центра демографии и экологии человека Института народно-хозяйственного прогнозирования. Он тоже отмечает факт убыли населения России. «Рассчитывать на значительный рост рождаемости едва ли следует». Но паники нет. В начале 90-х годов в России ситуация по уровням рождаемости была такая же, как в Германии, Италии, Испании, которые сейчас не находятся в состоянии кризиса. Россия, вступив на путь рыночных реформ, в демографическом плане сблизилась с развитыми странами.

Сокращение населения Россия переживает 4-й раз: а) 20-е годы – экстремальная ситуация гражданской войны; б) 20–30 годы – голод, организованный Сталиным в результате навязанной стране коллективизации (Поволжье, Украина), и репрессии; в) 40-е годы – страшное эхо ВОВ; г) 90-е годы – перестройка и война на Кавказе. Если бы этого не было, то в России насчитывалось бы на 100 млн человек больше. С 1995 года в этой проблеме наметился поворот в лучшую

сторону. В России отмечается «отложенный демографический спрос». В ближайшей перспективе (2003–2005 гг.) Россию ожидает рост рождаемости. Теоретически через 30 лет возможно будет обеспечить простое воспроизводство в России. Надежды возлагаются на молодежь. А пока рождаемость в студенческой среде по сравнению с 1983 годом сократилась в 2,5 раза. Причины этому, как показал социологический опрос томского студенчества, следующие: 1) затянувшийся переход к рынку, 2) отсутствие социальных перспектив, 3) плохие жилищные условия. Количество жителей в Сибири сократилось до 20 млн человек. Особенно возросла смертность от травматизма, дорожно-транспортных происшествий, пожаров, бытовых и криминальных разборок. Остается надеяться, что кризисная ситуация в стране изменится в желательном для населения направлении, – «Бог даст, не выйдем». Тяга к нравственной жизни у русских «не загасла» (Солженицын, 1997). Основной причиной снижения роста населения в России, по мнению специалистов, является стадия демографического развития. Российский этнос вступил в фазу зрелости. Этот этап диктует иное поведение и ценности, нацеленные не на приумножение, а на сохранение. Сейчас мы способны максимум на «евроремонт».

На вопрос «Есть ли у России будущее?» академик Н.Н. Моисеев в своей последней монографии отвечает так (Моисеев, 2000): «Одно из важнейших условий, необходимых для построения новой России, – сохранение научных школ. Общество, государство должны следовать старому крестьянскому принципу: хочешь собрать урожай, сохрани любой ценой посевной материал. Любой! Всем можно пожертвовать, кроме знаний и мастерства». Выжить в постиндустриальном обществе высоких технологий и информации можно, только сохранив интеллектуальный потенциал страны. Пока он у нас не утерян полностью.

По данным ООН индекс человеческого развития складывается из продолжительности жизни, уровня образования, ВВП на душу населения. По этим показателям на первое место в 2000 г. вышли Норвегия, Австралия, Швеция, Бельгия. Россия по индексу человеческого развития занимает 33 место. Далее Институт проблем глобализации приводит сравнительную характеристику трех стран-гигантов в цифрах (2005 г.) (табл. 2).

Таблица 2

	Китай	Россия	США
Площадь, км <sup>2</sup>	9596	17075	9393
Население, млн человек	1261	146	248
Уровень рождаемости (на 1 тыс. чел.)	16,12	9,02	14,5
Уровень смертности (на 1 тыс. чел.)	6,73	13,8	8,8
Средняя продолжительность жизни	71,3	67,2	75,0
Военные расходы, млрд долл.	36,6	7,4	273
ВВП на душу населения	854,6	1673,0	36182,0
Годовая инфляция в %	0,4	20,8	3,37

### Современный антропогенез и качество человеческой природы

Тысячекратное превышение нормальной численности человечества на земном шаре не может не сказаться на биотическом равновесии природы. Современным обществом в производство и потребление вовлекается такое количество веществ и энергии, которое в десятки и сотни раз превышает чисто биологические потребности человека. Для каждого из нас сегодня требуется во много раз больше, чем для наших далеких предков. Если первобытный человек потреблял 1–2 л воды, то современный – 200 л воды в сутки, т. е. чем цивилизованнее нация, тем больше ее потребность. Человек берет у природной среды необходимые ему вещества, энергию и информацию, преобразовывает их в полезный для себя продукт (материальный или духовный) и возвращает в природу отходы своей деятельности. Деятельность человека выражается в незамкнутой цепочке: *вещество, энергия, информация* → *конечный продукт* → *отходы*. Каждый из этих элементов несет негативные последствия: а) ощутимые сейчас (загрязнение природной среды), б) опасные в будущем (исчерпание природных ресурсов, техногенные катастрофы). Отсюда можно сделать вывод, что одной из причин современного экологического кризиса является *количественная экспансия человеческого общества* (лат. *экспансио* – расширение, распространение). Это создает непомерный уровень и быстрое нарастание антропогенной нагрузки на природу.

С позиции экологии человека важно учитывать не только количественные, но и качественные аспекты рассматриваемой проблемы.

Рассмотрим три главных критерия качества человеческой природы – физической, душевной, духовной: *здоровье, воспитанность, одаренность*.

*Здоровье*. В ходе эволюции и развития цивилизации человечество сумело многократно увеличить свою численность и удлинить

индивидуальную жизнь. Но видовой генофонд *homo sapiens* нездоров. Что не способствует сохранению здорового генофонда? Спасение большинства больных и перевод острых заболеваний в хронические формы, подмена защитных сил организма лекарствами и процедурами, сохранение жизни людей с отягощенной наследственностью, гиподинамия при избыточной информации, загрязнение окружающей среды, стрессы, курение, алкоголь, наркотики – все это не способствует сохранению здорового видового генофонда. По данным медицинской генетики, наследственная отягощенность современной популяции людей в среднем составляет 5 %. Хронические заболевания в сочетании с экологическими источниками патологии создают высокий уровень нездоровья современного человечества.

Экологические аспекты патологии многообразны. Они разделяются на *аутогенные* (последствия неправильного поведения) и *природные*.

К патологиям «образа жизни» (*аутогенным*) относятся заболевания, вызванные нарушениями двигательной активности, питания, режима работы и отдыха, физической и психоэмоциональной нагрузкой, вредными привычками и т. д. В сфере распространения этих заболеваний оказывается не менее трети человечества. Только разными формами сердечно-сосудистой патологии страдает более миллиарда жителей Земли.

Существует мнение, что здоровье населения зависит от медицины – на 10 %; от наследственности – на 40 %, от экологии – на 40 %, от других факторов – на 10 %.

Загрязнение окружающей человека среды всегда было опасным источником различных заболеваний. Вовлекая в свое потребление и обиход намного больше разных веществ, предметов, чем нужно для еды, люди с давних пор окружили себя скоплениями отходов и нечистот. В этой среде, более грязной, чем у дикого животного, сформировалось и биотическое окружение человека: микробы, грибки, клещи, клопы, тараканы, крысы, вороны, множество различных эндопаразитов.

Развитие гигиены и санитарии, применение сильных дезинфицирующих средств, пестицидов привело к качественному изменению окружающей среды. Одна грязь сменилась другой. Синтетические ксенобиотики являются сильными мутагенами и могут вызывать опасные модификации микробов и вирусов (например, «коровье бешенство», 1999 г.; «птичий грипп», 2005 г.).

Природные экологические аспекты патологий человека связаны с географическими факторами размещения человеческих популяций и распространения болезней. В зависимости от конкретных причин они распадаются на три категории.

1. Причиной нарушения нормальной жизнедеятельности организма являются *абиотические факторы среды*. Ясна связь географического распределения обморожений, полярной одышки, тепловых ударов, горной болезни, рака кожи. Эти болезни связаны с зональным климатом, высотой местности, интенсивностью ультрафиолетового излучения.

2. Роль географических факторов выражается в различных нарушениях, связанных с питанием. Это когда в пище или в питьевой воде не хватает незаменимых нутриентов (лат. *нутрицио* – питание). Например, эндемический зоб, обусловленный дефицитом йода.

3. Происхождение и распространение некоторых заболеваний связано с биотическими компонентами окружающей среды. Это вирусы, бактерии, простейшие, паразиты. Во многих случаях экология патогенных организмов и переносчиков, циклы их размножения определяют экологию заболевания. Вспомним важнейшую научную истину, что все процессы на Земле происходят циклами. Так, цикличность эпидемий гриппа, по данным исследований, связана с экологией миграции азиатских уток. Однако и здесь решающим становится не столько присутствие природного агента, сколько антропогенные факторы. Это скученность групп людей, частота физических контактов, завоз возбудителей с товарами с других территорий, гигиенические условия, наличие иммунитета к данной инфекции.

Медицина по праву может гордиться победами над многими страшными инфекциями. Но ни одну из этих побед нельзя считать абсолютной, т.к. ни один вид патогенных организмов не уничтожен до конца.

Генетический аппарат современного человека перегружен иммунологической информацией – генами, ответственными за синтез тысяч различных антител. Наш иммунитет все чаще не справляется с новыми вызовами окружающей среды. СПИД можно считать изощренным ударом по здоровью человека, реакцией на демографический взрыв и сексуальную революцию, ударом, поражающим главную защиту человеческого организма, – иммунитет. Эта болезнь приносит и глубокую психологическую травму. В Томске в мае 2000 г. насчитывалось более 50 человек носителей ВИЧ. Многие ученые опасаются видоизменений ВИЧ. Может быть, это намек на то, что природа не исчерпала весь арсенал, который она может противопоставить «венцу творения», т. к. он позволил себе нарушить ее законы.

Главным критерием социального благополучия является продолжительность жизни человека. Продолжительность жизни людей за последние 100 лет увеличилась почти вдвое. В большинстве стран она



уже достигла 75 лет. Средняя продолжительность жизни в мире – 61 год, в Японии – 79–82 года, в Америке – 77 лет. В России этот показатель начиная с 1992 г. снизился на 6 лет и теперь равен 69 годам (в Томске для мужчин – 58 лет).

В отличие от большинства животных, люди живут еще многие годы после окончания репродуктивного периода. Возрастная категория людей старше 50 лет составляет сейчас 17,5 % населения мира. Это более 1 млрд человек. Некоторые страны гордятся долголетием своих граждан. Но большинство пожилых людей страдают теми или иными хроническими недугами (79, 3 %). Многие из заболеваний, характерных для этого возраста, все чаще начали встречаться у людей среднего и молодого возраста. Наверное, следует помнить, что для любой популяции, в том числе и для человека, смерть от естественных причин после репродуктивного периода вполне закономерна.

Таким образом, с точки зрения эволюционной экологии качество людей по критериям здоровья очень низкое. Кроме того, оно продолжает снижаться. Человечество оказывается все в большей зависимости от медицинской помощи. В медицине часто применяются противоестественные средства поддержания и продления жизни. Они не в состоянии уменьшить общую заболеваемость людей. Можно сказать, что мы, *Homo sapiens*, – *больной вид, и нуждаемся в тотальной диспансеризации.*

В целом за здоровье нации должна отвечать власть. Критерием компетентности нашего правительства должно служить следующее: 1) продолжительность жизни; 2) рождаемость; 3) удовлетворенность условиями жизни (питание, медицинская служба, экология среды); 4) духовное состояние общества.

В США на здравоохранение используется в 300 раз больше средств, чем в России. На здоровье россиянина тратится 9 долл. в год, на здоровье американца – 2700 долл. в год. Встает вопрос, не заняться ли своим здоровьем нам самим?

*Одаренность (талантливость, даровитость).* С позиции социальной экологии интересно, что происходит с *потенциалом задатков людей* при колоссальном росте численности.

На ранних стадиях антропогенеза значительная часть членов первобытного общества были прямыми потомками вождя. Глава рода должен был выделяться сочетанием интеллекта с силой, агрессивностью и сексуальностью. Наследование таких черт характера обеспечивало выживание и размножение рода.

Вслед за распадом первобытного рода прогрессивное развитие интеллектуальных задатков человека замедлилось, а затем прекратилось.

Перестал действовать естественный «отбор на ум». Мы помним основной постулат самоорганизации природы: все формы жизни появились в результате естественного отбора и основаны на одном генетическом коде. Самые одаренные люди перестали быть самыми приспособленными и жизнестойкими. Врожденный интеллектуальный потенциал человека остался на уровне доисторического кроманьонца.

Что можно сказать о *физической одаренности* человечества? Физическое развитие большинства людей нарушает закон отрицательной корреляции между численностью и размерами тела. Современный человек гораздо крупнее своего предка. Биологически это мало оправданно. Увеличение размеров тела человека пришлось на тот период, когда объем мозга уже перестал нарастать. Эта связь отсутствует и при современной акселерации. Относительно силы и выносливости антропологи отдают предпочтение предкам современного человека. Исключения составляют достижения современного спорта. А может быть, по некоторым видам атлетики выдающиеся рекордсмены и проиграли бы животным.

*Воспитанность.* Недостатки в сфере врожденных качеств могут быть отчасти компенсированы воспитанием – обучением, образованием, объемом и качеством знаний и навыков.

Для современного общества характерно ослабление воспитательной роли родителей, роли нравственных и этических традиций. Гораздо большее влияние на воспитание оказывает создаваемая обществом информационная среда. Например, телефон нанес ущерб эмоциональной стороне человеческого общения. Телевидение еще больше исказило восприятие информации. Оно усилило зрительное давление централизованной пропаганды, рекламы, низменной поп-культуры. Телевидение в современный период отнимает у школы, книг и настоящего искусства значительную часть принадлежавшего им информационного влияния на молодое поколение. Очевидную опасность представляет персональный компьютер. На качество человеческой природы действуют и другие социальные факторы. Какие? Чем обусловлена недоступность высокого качества жизни? Низким уровнем социально-экономического развития многих стран, в том числе и России, а также сокращением и качественным искажением рынка труда.

В настоящее время численность экономически активного населения (те, кто непосредственно участвует в производстве и распределении материальных благ) не превышает одного миллиарда – 55 % трудоспособного населения планеты. Каждый работающий обеспечивает себя и еще 5 человек. Это при относительно низкой производительности труда. Проблема «лишних людей», безработицы тянет целую цепочку

экономических деформаций. Кроме этого, негативно сказывается на развитии социальных явлений нищета, иждивенчество (привычка жить на пособие или на средства родителей).

Миллионы людей вынуждены заниматься *ненужной* с точки зрения социальной экологии деятельностью (производить оружие, отравляющие вещества, взрывчатку, наркотики, служить в армии, заниматься политикой, создавать альтернативные партии и идеологии, участвовать в локальных войнах). Это все выглядит как «игры мужчин», не удвоенных мудрости, и как подтверждение склонности наших предков к геноциду и каннибализму.

Почему мы такие? А.А. Нейфах писал: *«складывается впечатление, что между высоким интеллектуальным и техническим потенциалом человечества, с одной стороны, и природой человека, его наследственными биологическими свойствами, с другой, существует глубокое, а может быть, и неразрешимое противоречие».*

Таким образом, наука экология, появившаяся полтора века назад как наука биологическая, за последние 20–30 лет развития значительно продвинулась в понимании совокупности социальных и природных взаимосвязей человеческого общества. Она выявила основные противоречия в системе «человечество – биосфера». Они следующие:

1) в XX веке объем антропогенного воздействия на природу превзошел (по некоторым параметрам) пределы устойчивости биосферы;

2) природа отвечает на антропогенное воздействие человечества существенными изменениями факторов окружающей среды;

3) усиливается противоречие между биологической сущностью человека и его социальным назначением, создающее отчуждение его от природы;

4) понижается биологическое качество человека (развитие пагубного пристрастия к алкоголизму, наркомании, снижение иммунитета, появление новых инфекционных болезней и т. д.);

5) превышена биологическая видовая численность человечества и продолжают увеличиваться растущие потребности общества.

Человечество, как биологический вид, сможет жить на планете Земля при сохранении не только своей экологической ниши – условий для собственного существования, но и при бережном отношении ко всему живому на Земле.



## **Контрольные вопросы**

1. Человек является единственным на земле биосоциальным видом. Обоснуйте биологическую и социальную природу человека.
2. Экологические отличия человека от популяций других видов.
3. Какие научные данные и биологические признаки свидетельствуют о молодости «человека разумного» как биологического вида?
4. Родословное древо гоминид.
5. Обоснуйте зависимость человека от природы с повышением его культурного и технического уровня.
6. Почему высокую численность человечества считают одной из причин экологического кризиса.
7. Характерные признаки демографического взрыва и демографического перехода к стабилизации населения.
8. Какие главные факторы способствовали росту численности населения? Понятие емкости среды обитания.
9. Правильно ли считать естественную убыль народонаселения признаком вырождения (депопуляции) нации в России? Обоснуйте свою точку зрения.
10. Влияние современного антропогенеза на здоровье человечества.
11. Охарактеризуйте социальные следствия процесса ускоренного роста населения.

## **Список литературы**

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология: учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 455 с.
2. Горелов А.А. Социальная экология: учебное пособие /А.А. Горелов. – М.: МПСИ: Флинта, 2004. – 608 с.
3. Коммонер Б. Замыкающий круг: пер. с англ. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 305 с.
4. Лосев А.В., Провадкин Г.Г. Социальная экология: учеб. пособие для вузов / под ред. В.И. Жукова. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1998. – 312 с.
5. Моисеев Н.Н. Обращение к участникам «круглого стола» на тему «Быть или не быть человечеству?» //Сб. Мыслитель планетарного масштаба. – М.: МНЭПУ, 2000. – С. 15–19.
6. Реймерс Н.Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. – М.: Изд-во «Россия молодая», 1994. – 366 с.
7. Тейяр де Шарден П. Феномен человека: пер. с фр. Н.А. Садовского. – М.: Изд-во «Устойчивый мир», 2001. – 232 с.
8. Поляков В.И. Законы и правила экологии: учебное пособие. – Ульяновск, 1998. – 336 с.

## Часть III

# СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ



- **Современное состояние и охрана атмосферы**
- **Современное состояние и охрана гидросферы**
- **Проблемы защиты недр**
- **Глобальный экологический кризис человечества**

# Глава 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ОХРАНА АТМОСФЕРЫ

## 1.1. Общие сведения

Жизнь на Земле возможна до тех пор, пока существует земная атмосфера – газовая оболочка, состоящая в естественном состоянии из азота (объемная доля 78 %), кислорода (21 %) и других газов (1 %). Соотношение количества кислорода и углекислого газа в атмосфере является чрезвычайно важным фактором условий существования жизни на Земле.

Современная атмосфера и ее состав – продукт живого вещества биосферы. Живое вещество способствовало превращению ее из углекисло-метановой в азотно-кислородную. Это произошло в начале каменноугольного периода примерно 300–350 млн лет назад. Как видим, значительная часть углекислого газа была выведена из атмосферы Земли в результате эволюции органической жизни. Кроме того, часть углекислоты растворена в водах океана.

До высоты 100 км современный химический состав атмосферы не меняется. Относительно постоянный состав воздуха поддерживается непрерывно идущим процессом использования газов живыми организмами и выделения их в атмосферу. Естественные процессы потребления газов и их поступления в атмосферу сбалансированы.

Заметную, но сильно переменную долю атмосферного воздуха составляет влага в виде водяного пара (1–3 %). Роль водяного пара атмосферы заключается не только в образовании облаков и осадков, водяной пар вносит большой вклад в так называемый парниковый эффект, т. е. в способность атмосферы поглощать инфракрасное тепловое излучение.

Атмосфера всегда находится в движении, образуя ветер и перепады давления воздуха.

Каковы функции атмосферы в экосистеме Земли?

1. Атмосфера защищает живые организмы от вредного воздействия космических ультрафиолетовых лучей, от метеоритного воздействия и резких колебаний температур.

2. Атмосфера обеспечивает человека, животных и растительный мир Земли жизненно необходимыми газовыми элементами, в частности кислородом. Когда хотят подчеркнуть значение чего-нибудь, то говорят: «необходим как воздух». Да, если человек может жить без пищи несколько недель, без воды – несколько суток, то от удушья смерть наступает через 5–8 минут. Ресурс атмосферного кислорода очень велик и возобновим. Но чувствительность живых организмов даже к

небольшим изменениям состава воздуха в результате его загрязнения заставляет рассматривать загрязнение атмосферы как существенное изъятие важнейшего природного ресурса. В настоящее время загрязнение атмосферы – самый острый вопрос современной экологической ситуации планеты Земля.

## 1.2. Масштабы загрязнения атмосферы

Проблема загрязнения воздушной среды «древняя». Она возникла со времени первых поселений людей и до середины XIX века не наносила ущерба окружающей среде. Природа сама обладала способностью к самоочищению.

Загрязнение и очищение атмосферы – это два взаимоположенных процесса. Всякое загрязнение вызывает у природы защитную реакцию, направленную на нейтрализацию. Этой способностью природы человек бездумно злоупотребляет. Например, отходы производства долгое время выбрасывались в воздух в расчете на то, что будут переработаны самой природой. Способность атмосферы к самоочищению имеет определенный предел, и если он будет превышен, то самоочищение в атмосфере не приведет к полному рассеиванию и разложению примесей.

Огромное число вредных веществ находится в воздухе, которым мы дышим. Из всего количества глобальных антропогенных выбросов в атмосферу не менее 98 % приходится на углекислый газ и пары воды. Обычно их не относят к загрязнителям. Уровень выброса углекислого газа в атмосферу 5–7 млрд тонн в год.

Наиболее распространенные, «многотоннажные» (около 10 млн тонн) загрязнители сравнительно немногочисленны. Это: *твердые частицы (пыль, дым, сажа); окись углерода (CO); диоксид серы (SO<sub>2</sub>); окислы азота (NO и NO<sub>2</sub>); различные летучие углеводороды (CH<sub>x</sub>); сероводород (H<sub>2</sub>S); аммиак (NH<sub>3</sub>); хлор (Cl) и другие.*

Выбросы в атмосферу пяти групп веществ из этого перечня, измеряемые десятками млн тонн и выбрасываемые в воздушную среду России и всего мира, представлены в литературе и ежегодных отчетах региональных комитетов по экологии и охране окружающей среды.

Общая масса выбросов в год от всех организованных источников на планете составляет 800 млн тонн, в том числе в России – 48 млн тонн (2004 г.). Наибольшая загрязненность атмосферы – в индустриальных регионах. Около 90 % выбросов происходит в Северной Америке, Европе и Восточной Азии.

Особенно сильно загрязняется воздушный бассейн крупных промышленных городов, расположенных в неблагоприятных климатических условиях. Для них характерно явление *смога*.

*Смог* (от англ. *smoke* – дым) – газообразные и твердые примеси в сочетании с туманом или аэрозольной дымкой, образующиеся в результате их преобразования и вызывающие интенсивное загрязнение атмосферы. Смог представляет собой образованную из дыма и газообразных отходов (особенно диоксида серы) туманную завесу над промышленными районами и большими городами (рис. 22).

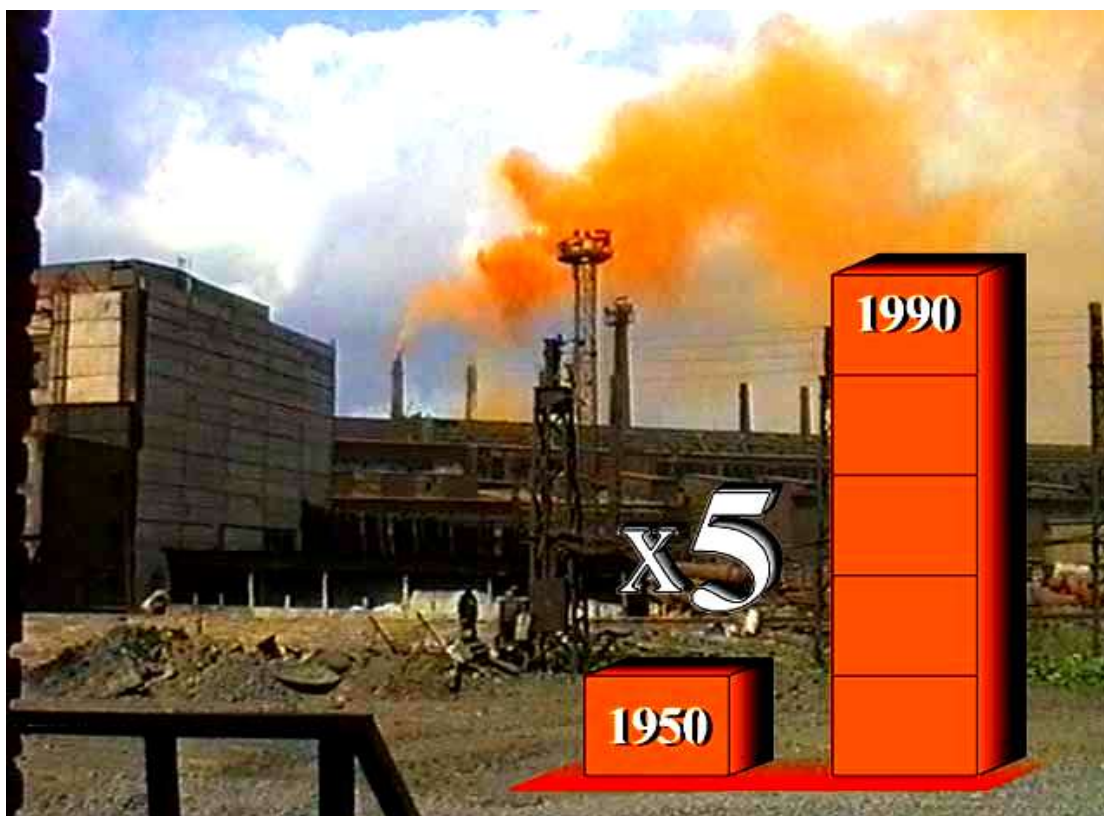
Метеорологическими предпосылками образования смога являются:

а) инверсия температуры воздуха – образование слоя теплого воздуха над населенным пунктом, который препятствует рассеиванию загрязняющих веществ;

б) тихая безветренная погода;

в) относительно ровный рельеф, когда горизонтальный и вертикальный обмен воздуха затруднен.

Смог может быть сухим и влажным.



*Рис. 22. Смог – образованная из диоксида серы туманная завеса над промышленным городом*



*Влажный* (лондонский) смог – ядовитый густой грязно-желтый туман. Он представляет собой смесь тумана, газов, в частности диоксида серы и дыма, когда на частицах воды адсорбируются продукты отходов химического производства. Влажный смог опасен для здоровья людей. В 1952 году за две недели в Лондоне умерло 4 000 человек от сильного воздействия смога на дыхательные пути. А сейчас этот город относится к наиболее чистым городам Европы. Единственное средство борьбы со смогом – сокращение выбросов загрязнителей в атмосферу.

*Сухой* (фотохимический) смог – синеватая или буроватая дымка, а не туман. Он характерен для городов внутри континентов. Образуется в солнечные дни в городах с интенсивным автомобильным движением и развитой химической промышленностью. Это результат в основном фотохимических реакций между оксидами азота и углеводородами под действием солнечного света.

Более 200 городов России с населением 20 млн человек испытывают постоянные превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воздухе. К городам с максимальными концентрациями загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (выше 10 ПДК) относятся такие крупные города, как Норильск, Архангельск, Благовещенск, Екатеринбург, Казань, Кемерово, Магнитогорск, Нижний Новгород, Омск, Санкт-Петербург, Челябинск и др. Основными источниками загрязнения в России являются транспортный комплекс, промышленность, работающая на старом оборудовании, и жилищно-коммунальное хозяйство. В настоящее время функционируют около 28 тысяч предприятий, в том числе 428 металлургических, 625 химических и нефтехимических, 5429 машиностроительных и т. д., выбрасывающих свыше 4000 видов не утилизируемых химических соединений, а также около 100 опасных производств и объектов (Воробьев и др., 2006).

Следует сказать, что Россия в целом не является основным поставщиком вредных выбросов в атмосферу. Поток загрязнителей в расчете на 1 жителя и на 1 единицу площади страны ниже, чем в США и в странах Западной Европы. Но токсичных загрязнителей – углеводородов и тяжелых металлов – выше, т.к. из 28 тысяч российских предприятий, загрязняющих атмосферу, лишь 38 % оборудованы пылегазоочистными установками, из которых 20 % не работают или работают неэффективно.

Россия имеет невыгодное географическое положение по отношению к трансграничному атмосферному переносу загрязнителей. В связи с преобладанием западных ветров около 50 % трансграничных соединений серы и окислов азота на Европейскую территорию России

поставляют Украина, Польша, ФРГ и Великобритания. Перенос загрязняющих веществ в атмосфере – эта одна из проблем северного полушария. В июле 1985 года 20 государств Европы подписали протокол о 30 %-м снижении выбросов оксидов серы. Проблема охраны атмосферного воздуха от загрязнения отражена и в законе России «Об охране окружающей среды» (2002 г.). В 2004 г. Россия ратифицировала Киотский договор об ограничении выбросов углекислого газа в атмосферу планеты.

По степени загрязнения атмосферы Томская область относится к благополучной. Томск является типичным городом России по количеству загрязняющих веществ (200 кг на 1 жителя в год – 2003 г.).

Виды загрязнения зависят от вида предприятия. Для предприятий нефтедобывающего и нефтеперерабатывающего комплексов Томской области характерны следующие загрязняющие вещества: углеводороды, окись углерода, сероводород. Для предприятий энергетики (Томская ГРЭС-2) типичны угольная зола (9 тыс. тонн в год), окислы азота (2,8 тыс. тонн в год), сернистый ангидрид (2,2 тыс. тонн в год) и другие.

### **1.3. Последствия загрязнения атмосферы**

В настоящее время исследуются и контролируются три глобальные экологические проблемы, связанные с антропогенным загрязнением атмосферы: *кислотные дожди, парниковый эффект, озоновые дыры.*

#### *1.3.1. «Кислотные дожди»*

Одной из первостепенных экологических проблем является повышение кислотности окружающей среды («отрава с неба»). Термин «кислые дожди» был введен английским химиком А. Смитом в начале 70-х годов XX века.

*Кислотный (кислый) дождь* – дождь (и снег), подкисленный (рН ниже 5,6) из-за растворения в атмосферной влаге промышленных выбросов ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{HCl}$  и др.).

Причина кислотных дождей? Атмосферными загрязнителями считают диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ) и диоксид азота ( $\text{NO}_2$ ). Поступление в атмосферу больших количеств диоксида серы и окислов азота приводит к снижению рН – повышению концентрации ионов водорода в атмосферных осадках. Это происходит из-за вторичных реакций в атмосфере, приводящих к образованию сильных кислот – серной и азотной. Растворение кислот в атмосферной влаге приводит к выпадению кислотных дождей. Концентрация ионов водорода (рН) в дождевой воде

в ряде случаев снижается на 2–2,5 единицы (сок лимона), т.е. вместо нормальных 5,6–5,7. Максимальная зарегистрированная в Западной Европе (Шотландия) 20.04.1974 г. кислотность осадков составила по величине рН – 2,3.

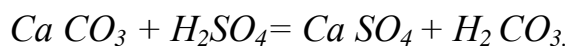
Чем опасны кислотные осадки? Они наносят значительный *экологический, экономический и эстетический* ущерб.

С *экологической* точки зрения немаловажное значение имеет рН атмосферных осадков. От его значения зависит жизнедеятельность всех организмов, особенно в водной среде. В пресноводных бассейнах (озерах, ручьях) рН воды равно 6–7. Все «нормальные» формы жизни прекращаются при рН в воде меньше 5. Кроме того, многие пищевые цепи, охватывающие диких животных, начинаются в водоемах. Далее сокращаются популяции птиц, т.к. личинки для их питания погибают в кислой воде. В воде озер вымирают микроорганизмы, развиваются анаэробные (бескислородные) процессы с выделением метана и сероводорода.

В Швеции в 2 000 озер исчез лосось. Наиболее опасно подкисление океанических мелководий, ведущее к невозможности размножения многих беспозвоночных животных, что может вызвать разрыв пищевых цепей и глубокое нарушение экологического равновесия в Мировом океане.

На больших пространствах наблюдается деградация хвойных лесов. Опадает хвоя, загнивает древесина. Попадая на листья и хвою деревьев, кислоты нарушают защитный восковой покров, делая деревья уязвимыми для насекомых-вредителей и болезней. Выпадению кислотных дождей подвергнуты северо-запад России, Урал, район Норильска, где громадные площади тайги и лесотундры стали почти безжизненными из-за сернистых выбросов Норильского комбината.

Кислотные осадки, просачиваясь через почву, способны выщелачивать алюминий и тяжелые металлы. Соединения алюминия являются токсичными соединениями, которые разрушают корневую систему растений и резко снижают деятельность редуцентов. Кислотные осадки особенно опасны при взаимодействии с кислыми почвами. Меньше страдают от кислотных дождей почвы, сформированные на известняках. Почему?



Углекислота неустойчива, диссоциирует в воде и в присутствии Са образует вторичные карбонаты.

*Экономический и эстетический* ущерб от кислотных дождей проявляется в следующем: кислотные осадки медленно, но верно растворяют сооружения из мрамора и известняка. Это памятники Греции, Рима, Санкт-Петербурга (Мраморный дворец). Существует опасность утраты этих произведений искусств в ближайшие 15–20 лет.

### 1.3.2. Парниковый эффект и изменение климата

*Парниковый эффект* – это эффект разогрева нижних слоев атмосферы у земной поверхности, вызванный поглощением длинноволнового (инфракрасного) излучения земной поверхности.

Главной причиной этого естественного природного процесса служит содержание в атмосфере паров воды, углекислого газа и некоторых других газов (диоксида азота, метана и т. д.), молекулы которых поглощают тепловое излучение. Их называют парниковыми газами.

С конца XIX века по настоящее время наблюдается стремительное изменения климата планеты – отчетливая тенденция повышения средней глобальной температуры атмосферы, т.е. согревание атмосферы. Из 15 последних лет (1981–95 гг.) девять оказались самыми теплыми за всю историю метеорологических наблюдений, начиная с середины XVII века. А 1999 г. – самый теплый за 100 лет наблюдений.

За последние 100 лет температура воздуха повысилась приблизительно на + 0,6 ... + 1 °С при средней температуре атмосферы, равной +15 °С. Это немало, если учесть, что увеличение внутренней энергии (теплосодержания) атмосферы очень велико (3 000 ЭДж).

Происходит ли климатическая аномалия под действием естественных причин или является следствием антропогенной деятельности? Эта проблема – одна из крупнейших научных загадок.

Климат – это сложная динамическая система. Для его описания необходимо учитывать следующие главные климатообразующие факторы:

- 1) концентрация парниковых газов;
- 2) солнечная и вулканическая активность.

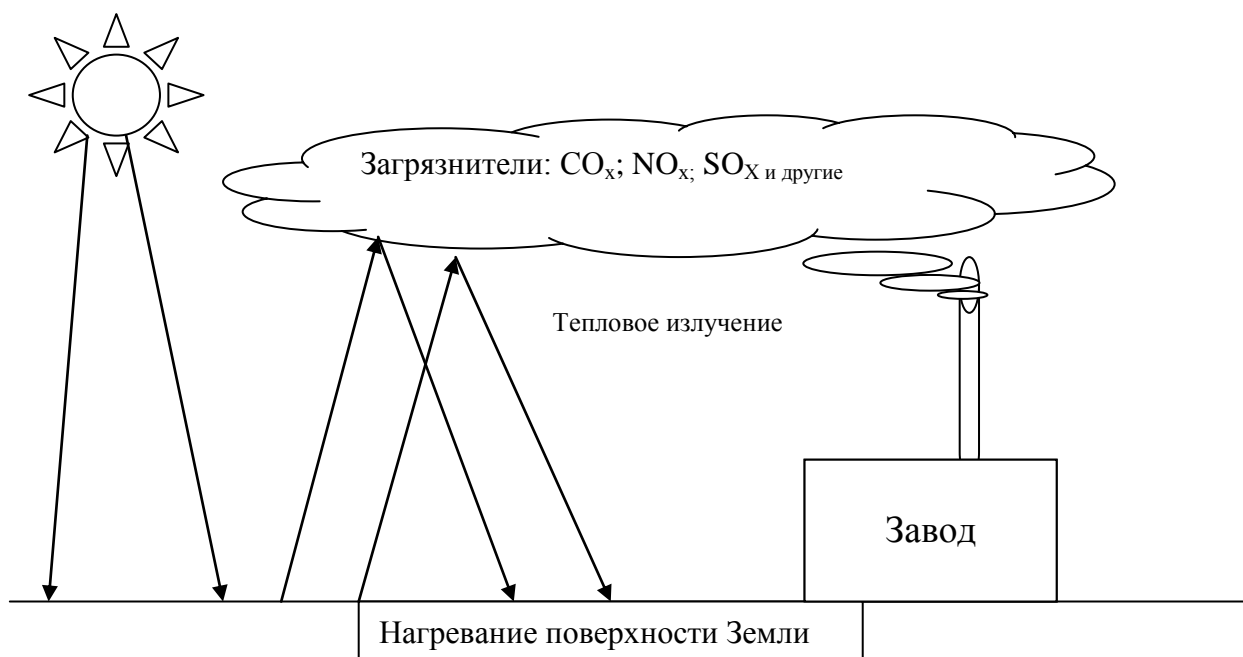
Если сложить оба этих фактора – техногенный и естественный, то в ближайшие 60–70 лет средняя температура планеты по прогнозам ученых повысится еще на 1 °С.

Рассмотрим механизм парникового эффекта – «жизни в парнике» (рис. 23).

Солнечная радиация, падающая на Землю, трансформируется: 30 % отражается в космическое пространство, 70 % поглощается поверхностью

суши и океана. Поглощенная энергия солнечной радиации преобразуется в теплоту и излучается обратно в космос в виде инфракрасных лучей. Чистая атмосфера прозрачна для инфракрасных лучей, загрязненная – поглощает инфракрасные лучи. Благодаря этому воздух нагревается.

Парниковые газы выполняют функцию стеклянного покрытия в парнике. Аналогичное явление возникает в автомобиле, оставленном на солнце.



*Рис. 23. Механизм парникового эффекта*

Тенденции глобального потепления придает в мире очень большое значение. В последние годы вопрос о парниковых газах и потеплении стал предметом рассмотрения на многих международных форумах. В Рио-де-Жанейро в 1992 г. на конференции по окружающей среде и развитию была принята международная конвенция, которая предполагает введение квот на выброс парниковых газов и налог на превышение квот.

Снизить выброс парниковых газов можно путем использования альтернативной энергетики, снижения общей мощности хозяйства человека. Необходимо также поддерживать страны, которые сохраняют нетронутыми девственные леса, служащие стоком (наряду с океаном) для углекислого газа.

Среди ученых существуют две точки зрения по прогнозу потепления климата на Земле.

*Первая точка зрения.* При существующем уровне выбросов парниковых газов, CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, NO и др. (за последние 100 лет углекислого газа в атмосфере стало на 10–15 % больше), средняя глобальная температура к концу XXI века может увеличиться на 1.5–3 °С. Максимальный же предел, после которого могут начаться необратимые изменения климата на планете, – 1 °С. Накопление парниковых газов в атмосфере свидетельствует о том, что нарушен естественный механизм регуляции окружающей среды, а следовательно, начался глобальный экологический кризис.

Уровень Мирового океана за счет таяния льдов может повыситься к 2050 г. на 30–40 см. Это создаст угрозу затопления значительных прибрежных территорий Австралии и Канады. «Горе от тепла» ждет пляжи морского побережья Испании: при глобальном потеплении климата через 50 лет они будут затоплены. Высохнет также река Нил, пострадают леса в России, Канаде, бассейне реки Амазонки. Штормы и ураганы станут еще разрушительнее, пожары приведут к сокращению лесов и т.д. Низменности превратятся в болота, а площади пустынь увеличатся. Повышение температуры в зоне вечной мерзлоты на 2–3 °С приведет к изменению физико-механических свойств грунтов, что поставит под угрозу различные здания и сооружения.

Существует и *противоположная точка зрения* на тепличный эффект атмосферы Земли – точка зрения заведующего лабораторией Института океанологии РАН Олега Сорохтина (Красное знамя, ноябрь 1998 г.), Клименко В.В. (1999 г.) и экс-президента Национальной академии наук США Фредерика Зейтца. Они утверждают, глобального потепления не будет и обосновывают это на основе построенной регрессивно-аналитической модели.

Классический сценарий «парникового» потепления, считает О. Сорохтин, слишком прост, чтобы соответствовать действительности. Тепло в космос не столько излучается, сколько переносится потоками воздушных масс. Очень меняет ситуацию и наличие в атмосфере облаков. Тенденция к потеплению, обнаружившаяся в конце XIX века, развившаяся в XX веке продлится и в XXI столетии. Однако эти результаты не дают основания для катастрофических климатических прогнозов. Среднегодовая температура Земли будет возрастать в результате накопления парниковых газов в атмосфере. Но естественные факторы, действуя в течение ближайшего столетия в сторону похолодания, будут значительно уменьшать антропогенно обусловленное потепление. Реально ожидаемое повышение температуры к 2100 г. в пределах 0,3 °С. Это соответствует пределу межгодовой естественной изменчивости климата.

### 1.3.3. Нарушение озонового слоя

Третьей глобальной экологической проблемой считается *нарушение озонового слоя*. В 70-х гг. этого столетия появилось сообщение о снижении содержания озона ( $O_3$ ) в стратосфере.

Озон (от греч. *ozon* – «пахнущий») – это газ, молекулы которого состоят из трех атомов кислорода ( $O_3$ ). Он имеет синий цвет и резкий запах свежести, или «запах электричества».

Озоновый слой – слой атмосферы между примерно 10 км и 50 км, отличающийся повышенной концентрацией озона. Он практически совпадает со стратосферой атмосферы. Нижняя граница озонового слоя на полюсах опускается до 7–8 км.

Каково значение озонового слоя в тропосфере? Озоновым слоем сильно поглощается ультрафиолетовое излучение.

Озоновый слой – это защита всего живого на Земле от жесткого ультрафиолетового излучения солнца. Ослабление озонового экрана опасно для всей наземной биоты и для здоровья людей. Истощение толщины озонового слоя вызывает резкий рост заболеваемости раком кожи и болезни глаз, сокращает количество планктона и ракообразных в океане, неблагоприятно сказывается на сельскохозяйственных культурах.

Озоновые дыры площадью более 10 млн км<sup>2</sup> были обнаружены спутниковыми наблюдениями осенью 1985 года над Антарктидой, где содержание озона за 80-е гг. уменьшилось на 50 %. Наблюдения показали, что размеры дыры меняются. Озоновая дыра возникает в середине октября, а к середине ноября исчезает. Позднее «блуждающие» озоновые дыры стали наблюдаться в зонах стойких антициклонов – над Гренландией, Северной Канадой, Якутией и даже Западной Сибирью.

Причины нарушения озонового слоя? Существует несколько гипотез о причинах формирования озоновых дыр. Большинство специалистов склоняются к мнению о *техногенном происхождении* озоновых дыр.

Главной причиной нарушения озонового слоя является попадание в верхние слои атмосферы техногенного *хлора и фтора и других активных галогенов*. Занос активных галогенов в верхние слои атмосферы происходит в виде летучих *хлорфторуглеводородов (ХФУ)* типа фреонов.

В обычных условиях это инертные и нетоксичные газы. Их источниками являются ядерные взрывы в атмосфере, выбросы высотных сверхзвуковых самолетов, выбросы, происходящие при запусках ракет и космических кораблей (рис. 24). Они используются как наполнители в

кондиционерах, холодильниках, а также в полиуретановых подошвах обуви, матрацах из вспененной пластмассы и т. д.

Атмосфера содержит очень мало хлорных продуктов естественного происхождения. Основная часть их поступает за счет хозяйственной деятельности человека. Под действием ультрафиолетовых лучей в стратосфере они распадаются. Вырвавшись «на свободу», каждый атом хлора способен разрушить множество молекул озона. Хлор выступает как катализатор (т.е. ускоряет реакцию, а сам не расходуется) и живет 70–100 лет. Каждый атом хлора способен уничтожить до 100 тыс. молекул озона.



*Рис. 24. Занос активных галогенов в верхние слои атмосферы происходит в виде летучих хлорфторуглеродов (ХФУ), выбрасываемых при запуске ракет*

Разрушительное действие хлорфторуглеродных соединений (ХФУ) на стратосферный озон было открыто в 1974 г. американскими учеными – специалистами в области химии атмосферы Ш. Роулендом и М. Молина. В 1996 г. за открытия в этой области им была присуждена Нобелевская премия. С тех пор не раз предпринимались попытки ограничить выброс ХФУ в атмосферу. Но по-прежнему ежегодно во всем мире производится



около миллиона тонн газообразных веществ, способных разрушать озоновый слой Земли.

Исследования озонового слоя проводятся в России, в Главной геофизической обсерватории (Санкт-Петербург). В 1996 г. в Копенгагене принято решение прекратить производство фреонов. Будем надеяться, что содержание хлора в стратосфере начнет сокращаться и к середине XXI века придет к норме.

Несмотря на важность трех изложенных глобальных экологических проблем, главным антропогенным изменением на планете является угнетение биосферы и нарушение биотических круговоротов.

*Основным критерием оценки и контроля качества атмосферного воздуха является ПДК токсичных веществ.* При санитарной оценке качества атмосферного воздуха концентрацию токсичного вещества принято выражать в мг на м<sup>3</sup> воздуха. Критерием оценки влияния выбросов предприятий на окружающую среду является уровень практических концентраций примесей в атмосфере, полученных в результате рассеивания выбросов, по сравнению с предельно допустимыми. Государственным стандартом (1990 г.) установлены величины предельно допустимых выбросов (ПДВ) вредных веществ в атмосферу: ПДВ – количество вредных веществ, выбрасываемых в единицу времени (г/с), которое в сумме с выбросами из других источников загрязнения не создает приземной концентрации примеси, превышающей значение ПДК. Это научно-технический норматив для конкретного источника загрязнения, обязательный для данного предприятия. Если в воздухе населенных мест концентрация превышает ПДК, а величина ПДВ по объективным причинам не может быть достигнута, то фактический выброс называется *временно согласованным выбросом* (ВСВ).

Основное направление защиты воздушного бассейна от загрязнений вредными веществами – создание новых малоотходных технологий с замкнутыми циклами производства и комплексным использованием сырья.

Многие действующие предприятия используют технологические процессы с открытыми циклами производства. В этом случае отходящие газы перед выбросом в атмосферу подвергаются очистке с помощью скрубберов, фильтров и т. д. Наиболее распространены при очистке газов адсорбционные, абсорбционные и каталитические методы.



## **Контрольные вопросы**

1. Охарактеризуйте состав и назначение атмосферы в экосистеме Земли.
2. Каковы масштабы и факторы загрязнения атмосферы?
3. Объясните причину кислотных осадков. Чем они опасны?
4. Что можно сказать о последствиях парникового эффекта?
5. Причины нарушения озонового слоя?

## **Список литературы**

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология: учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 455 с.
2. Воробьев А.И., Пучков Л.А. Человек и биосфера: глобальное изменение климата: учебник. Ч. I. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 442.
3. Новейший справочник необходимых знаний. М.: РИПОЛ КЛАССИК, 2000. – 768 с.
4. Стадницкий Г.В., Родионов А.И. Экология: учебн. пособие для вузов. – 6-е изд., исправл. – СПб: Химия, 2003. – 240 с.
5. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России: учебное и справочное пособие. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 672 с.
6. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию: пер. с нем. – М.: Мир, 1997. – 232 с.

## **Глава 2. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ОХРАНА ГИДРОСФЕРЫ**

### **2.1. Общие сведения**

Гидросфера – это водная оболочка или все природные воды Земли, объединенные глобальным круговоротом вещества и энергии. Гидросфера включает следующие виды вод (в скобках доля от общего объема вод в гидросфере, %, по М.И. Львовичу, 1974):

- Мировой океан (94,0);
- подземные воды (4,3);
- ледники (1,7);
- воды суши (озера, речные воды, почвенная влага) (0,03);
- пары атмосферы (0,001).

Как видим, что подавляющая часть гидросферы приходится на Мировой океан, затем идут подземные воды и ледники. На долю поверхностных вод приходится малый объем, но исключительная их активность служит началом формирования всех источников пресных вод на суше.

Гидросфера – самая тонкая оболочка планеты Земля, она составляет лишь  $10^{-3}$  % общей массы планеты. Но Земля является единственной планетой Солнечной системы, обладающей водной оболочкой.

Гидросфера уже 4 млрд лет назад была представлена следующими тремя составляющими: *наземной (Мировой океан, речные, почвенные, озерные воды, ледники), подземной (воды литосферы), воздушной (парообразная вода атмосферы).*

С общеэкологических позиций важно понять, что именно эволюцией гидросферы планеты определились в прошлом условия развития органического мира на Земле, состоянием гидросферы они определяются в настоящем и будут определяться в будущем. Поэтому на Земле зародилась и сохранилась жизнь – живая материя. Развитие всего органического мира связано с эволюцией водной оболочки Земли.

Вода входит в состав живого вещества как обязательный компонент (70–99 %). По сути, живое вещество – это водный раствор «живых» молекул. Именно вода обеспечивает их жизнедеятельность. Земная жизнь зародилась в водной среде, и поэтому ее можно считать производной воды.

## 7.2. Фундаментальные свойства гидросферы

Если посмотреть на глобус, то наша Земля представляет своеобразную каплю воды, из которой выступают небольшие участки «тверди земной». Это потому, что 2/3 поверхности Земли занимают океаны. Но и в твердой оболочке Земли – литосфере – имеются целые подземные «морья», пропитывающие горные породы. Это подземные воды.

«Всюдность» (по выражению В. И. Вернадского) является одним из самых удивительных свойств воды. Вода присутствует во всей биосфере. В «Истории природных вод» В.И. Вернадский пишет: *«Вода охватывает, проникает насквозь – как пар, как пленчатая губка – всю земную кору. Где бы мы ни стали бурить, мы встретим воду в капиллярно-жидких массах»* (Вернадский, 1988).

Таким образом, нет на Земле уголка, где бы вода не находилась в той или иной форме; до глубины 30 км – в жидкой, а далее – в плазменной форме (ионизированного газа, в котором количество положительных и отрицательных зарядов равно).

Итак, *первое* свойство гидросферы – *единство и «всюдность»* природных вод. Все воды связаны между собой и представляют единое целое. Такое единство природных вод определяется:

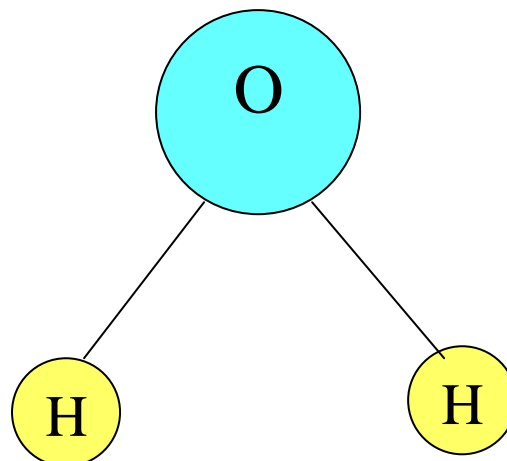
а) легким переходом воды из одного фазового состояния в другое. В пределах земных температур известно три состояния: жидкое, твердое, парообразное. Плазменное состояние воды существует при высоких температурах и давлениях в глубоких частях недр;

б) единым генезисом воды на Земле (мантийным, – результат дегазации магмы);

в) постоянным присутствием в воде газовых компонентов. Природная вода – это водный раствор (газ, взвешенные твердые частицы, минеральные вещества).

*Второе* фундаментальное свойство гидросферы определяется *особым строением молекулы воды*.

Она состоит из одного атома кислорода и двух атомов водорода. Но распределение электронов и протонов в молекуле таково, что она представляет собой электрический диполь с четырьмя водородными связями (рис. 25). Водородные связи определяют бесконечное множество структур молекулярных агрегатов и необычные свойства воды.



*Рис. 25. Схема строения молекулы воды*

На молекулярном уровне изучение воды только началось. Но сегодня очевидно, что *строение и свойства воды обеспечивают наиболее благоприятные условия* для развития жизни на Земле. Из физики мы знаем, что все тела при нагревании расширяются, а при охлаждении сжимаются. Вода ведет себя иначе. Если бы при превращении в лед (охлаждении) она сжималась, лед бы был тяжелее воды и тонул на дно рек и озер. Реки были бы заморожены до дна, и жизнь в этих водоемах была бы невозможна. Лед – изолятор, который предохраняет от замерзания воду подо льдом, что защищает всю подводную жизнь. Если бы не было этого свойства, то Земля превратилась бы в закованную льдом планету.

Особое строение молекулы воды обеспечивает *многообразие структуры* ее при изменении внешних факторов (температура, давление, химического состава). Нам зимой приходилось наблюдать многообразие и красоту ледяных узоров на окнах, снежинку, иней на деревьях. Как нет абсолютно одинаковых двух капель воды, так нет двух типов воды, одинаковых по структуре.

*Третье* фундаментальное свойство гидросферы выражается в *геологически вечной подвижности* ее. Движение воды весьма многообразно и проявляется в многочисленных круговоротах. Главное

движение воды – геологический круговорот вещества. Каждую секунду под влиянием солнечного тепла миллионы кубических метров воды поднимаются вверх и образуют облака. Ветер приводит облака в движение. При подходящих условиях влага выпадает в виде дождя или снега. Дождевые капли имеют благоприятный размер для всего земного и падают тихо, мягко. Случайны ли все благоприятные для жизни совпадения? Так, вода участвует в своеобразных круговоротах вещества и энергии. Эта система установилась на Земле с появлением свободной воды и продолжается по сей день.

Почему происходит движение? Движение может происходить под действием: а) силы тяжести; б) солнечной (тепловой) энергии; в) молекулярного движения при смене фазового состояния.

*Четвертое* фундаментальное свойство гидросферы определяется высокой *химической активностью воды*. В условиях земной коры нет природных тел, которые в той или иной мере не растворялись бы в природных водах. Вода в биосфере выступает в роли универсального растворителя, ибо, взаимодействуя со всеми веществами, как правило, не вступает с ними в химические реакции. Это обеспечивает обмен веществ между сушей и океаном, организмами и окружающей средой.

### 2.3. Назначение воды

Вышеперечисленные свойства гидросферы позволяют выделить три основных «назначения» воды в жизни планеты и человечества.

1. Вода является *основой жизненных процессов* в биосфере. Она способствовала превращению углекисло-метановой атмосферы в кислородно-азотную. Вода, поддерживая фотосинтез, концентрировала углеводород в растениях, а после смерти их – в углях, нефти, карбонатных породах. Вода с появлением человека на Земле открыла две эпохи: «речная эпоха» несколько тысячелетий для человечества являлась основой жизни; «морская эпоха» – привела к общению цивилизаций.

2. Вода участвует в формировании лика Земли – она один из главных скульпторов рельефа. Примером служит Лагерный сад г. Томска.

3. Вода как комплексный природный ресурс, как наиболее драгоценное полезное ископаемое. Природные воды по содержанию растворенных веществ делятся на три группы:

- а) пресные (в 1 л менее 1 г вещества);
- б) минерализованные (в 1 л менее 1–50 г вещества);
- в) рассолы (в 1 л более 50 г вещества).

Существование и хозяйственная деятельность человека также неразрывно связаны с водой. Она служит для поддержания жизненной потребности человека (питьевые, хозяйственные, промышленные, лечебные цели). Человек использует водную среду для сброса отходов, в т. ч. и радиоактивных.

Водоемкость всего человеческого хозяйства в XX столетии увеличилась в 12 раз и достигла величины 5 тыс. км<sup>3</sup> в год.

## 2.4. Источники и потребление воды

Преобладающим источником водоснабжения в мире остаются реки. Возросшее водопотребление нуждается в емких резервуарах воды, поэтому тысячи рек к концу XX века зарегулированы. В мире насчитывается 30 000 водохранилищ. Итоговый эколого-экономический эффект в результате создания и эксплуатации некоторых крупных водохранилищ отрицателен. Почему?

Вода используется многими отраслями хозяйства. Их условно можно разделить на *водопотребителей* и *водопользователей*.

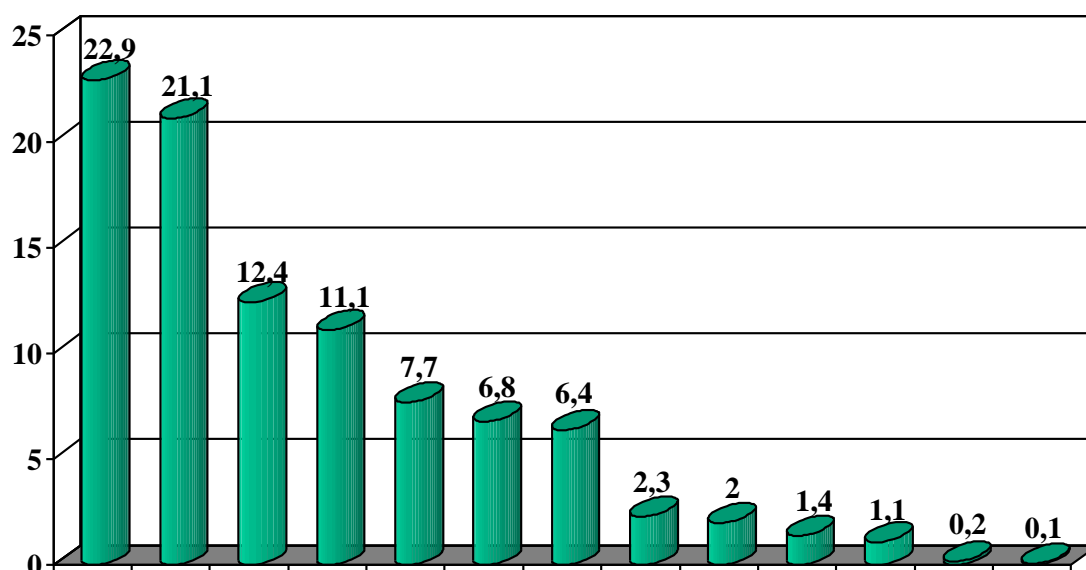
*Водопотребители* изымают воду из водных объектов, потребляют ее для выработки промышленной и сельскохозяйственной продукции и энергии, а также для бытовых нужд населения. Они возвращают воду в водные объекты в другом месте и обычно в меньшем количестве и худшего качества. К отраслям-водопотребителям относится промышленность, тепловая и атомная энергетика, сельское хозяйство, коммунальное хозяйство.

Какая отрасль народного хозяйства в мире больше всего потребляет воды? Около 70 % мирового потребления приходится на сельское хозяйство, 13 % – на промышленность, 10 % – на коммунально-бытовые нужды, 7 % – на собственные нужды водного хозяйства (гидроэнергетика, судоходство, рыбное хозяйство и т. д.). Водоемкость различных промышленных производств зависит от вида продукции, технологических схем водоснабжения. Так, на производство 1 т разных видов готовой продукции расходуются в среднем такие объемы воды (м<sup>3</sup>): угля – 0,6, бумаги – 900, резины – 2300.

Доля отраслей промышленности в суммарных сбросах загрязненных сточных вод в водные объекты в 2002 г., в процентах, представлена на рис. 26. Больше всего загрязняют водные объекты деревообрабатывающая (22,9 %), химическая и электроэнергетическая промышленность, менее – легкая, газовая, нефтедобывающая.

*Водопользователи* – это те отрасли, которые не изымают воду из

водных объектов и используют не саму воду, а ее энергию, или используют воду как среду или элемент ландшафта.



*Рис. 26. Доля отраслей промышленности в суммарных сбросах загрязнённых сточных вод в водные объекты в 2002 г., %*

К отраслям-водопользователям относится гидроэнергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство, а также такие виды человеческой деятельности, как отдых, водный туризм, водные виды спорта, любительское рыболовство и др. Большие объемы воды требуются для охлаждения энергоблоков: для работы ТЭС мощностью 1 ГВт – 1,2–1,6 км<sup>3</sup> воды в год, а для работы АЭС той же мощности – до 3 км<sup>3</sup>.

Следует отметить, что расширение использования воды в хозяйстве (особенно в промышленном и сельскохозяйственном производстве и быту) сопровождается истощением как водных ресурсов, так и загрязнением вод. Поэтому требуется разработка и реализация мер по охране вод.

В питьевом водоснабжении населения в настоящее время все большее значение приобретают подземные источники. Практически вся вода, поступающая в магистрали питьевого водоснабжения, нуждается в специальной водоподготовке из-за низкого потребительского качества. Поэтому быстро растет индустрия глубокой очистки и бутилирования воды.

Проблема качества воды связана с техногенным загрязнением поверхностных и отчасти подземных вод. Это самый опасный источник

возникновения «водного голода» на планете. Проблема чистой воды связана с проблемой здоровья и жизни на Земле.

В настоящее время более 1 млрд человек лишено здорового водоснабжения (Азиатско-Тихоокеанский регион – Таиланд, Южная Корея, Япония, юг Средней Азии).

В Москве в 1994 году состоялся конгресс «Вода: экология и технология». Основной вопрос, обсуждаемый на конгрессе, – проблема сохранения чистой воды в мире. Ущерб здоровью населения от потребления недоброкачественной питьевой воды соизмерим с потерями от стихийных бедствий, голода и других глобальных катастроф. Сокращение средней продолжительности жизни, повышение уровня смертности связано с потреблением загрязненной воды. Проблема чистой воды по своей значимости выходит на одно из первых мест среди других глобальных проблем. Чем это обусловлено? Это обусловлено той особой ролью, которую вода играет в становлении биосферы и развитии жизни на Земле. Вода не просто источник жизни, а сама жизнь (Сент-Экзюпери). Но загрязненная вода опасна для жизни. Сегодня вода не является безвредным естественным продуктом для жизни человека.

Запас пресных поверхностных вод России равен 28 тыс. км<sup>3</sup>, или 22 % объема пресных вод мира. В целом пресных вод достаточно, но распределение их крайне неравномерное. Более 90 % материкового стока выносится в Северный Ледовитый и Тихий океаны. На бассейны Каспийского и Азовского морей, где проживает 80 % населения России, приходится менее 9 % речного стока.

На каждого жителя РФ удельное водопотребление составляет 320 л в сутки, в Москве – 400 л. Средняя водообеспеченность населения у нас одна из самых высоких в мире. (Для сравнения: США – 320 л, Англия – 170 л, Индия – 65 л, Ирак – 16 л в сутки.) Однако по сравнению со многими другими странами пресная вода у нас расходуется крайне неэкономно. В то же время в ряде районов на юге России, в Поволжье и в Зауралье существуют трудности с обеспечением населения качественной питьевой водой.

Что такое чистая вода? *Чистая вода* – это вода, в которой среди растворенных химических веществ нет веществ, вредных для здоровья.

Для питьевых целей наилучший вариант, чтобы растворенных химических веществ в водном растворе не было вообще.

В настоящее время разработаны и используются величины предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воде отдельно для питьевых, хозяйственно-бытовых, рыбохозяйственных целей. Например, ПДК железа для питьевых вод 0,03 мг/л, для вод



рыбохозяйственных водоемов – 0,1 мг/л, хозяйственно-бытовых источников – 1,0 мг/л.

## 2.5. Загрязнение природных вод

Основной причиной современной деградации природных вод Земли является антропогенное загрязнение. Загрязнение гидросферы огромно и началось давно, особенно загрязнение поверхностных вод. Загрязнение водных систем представляет большую опасность, чем загрязнение атмосферы. Почему?

*Во-первых*, процессы регенерации (самоочищения) протекают в водной среде медленнее, чем в воздухе. Периодичность полного обмена массы воды, которая близка к периоду естественной очистки, составляет: Мировой океан – 2500 лет, подземные воды – 1400 лет, воды озер – 17 лет, воды рек – 16 дней, в живых организмах – несколько часов. В атмосфере периодичность естественной очистки воздуха составляет 8–10 дней.

*Во-вторых*, источники загрязнения водоемов более разнообразны:

- сточные воды промышленных предприятий;
- сточные воды коммунального хозяйства городов и других населенных пунктов;
- стоки систем орошения, поверхностные стоки с полей и других сельскохозяйственных объектов;
- атмосферные выпадения загрязнителей на поверхность водоемов и водосборных бассейнов.

*В-третьих*, в воде, как растворителе, увеличивается глубина протекания химических реакций. При этом получают новые (вторичные) химические соединения, еще более токсичные, чем первичные. Например, весной 2000 г. одновременное попадание в р. Белую фенолов и хлоридов привело к образованию диоксинов, содержание которых превысило норму в 147 раз. Общая масса загрязнителей гидросферы в мире огромна – около 15 млрд т в год.

Под *загрязнением* водоемов понимается снижение их биосферных функций в результате поступления повышенных концентраций вредных веществ.

Выделяют *три вида* основных загрязнений океана и континентальных вод планеты: *биологическое, химическое, физическое*.

1. *Биологическое* загрязнение – сброс в воды водоемов большого количества органических веществ, способных к брожению. Их происхождение различно: сточные городские и промышленные воды, содержащие пищевые продукты и фекалии, сточные воды сахарных

заводов и целлюлозно-бумажных комбинатов и т. д. Многие биогенные вещества дают животноводческие комплексы. Так, например, один комплекс для откорма 10 тысяч голов скота дает столько же сточных вод, сколько город со 100-тысячным населением. Большое количество почвы, органики и минеральных удобрений смывается в водные объекты с сельскохозяйственных территорий во время половодья и после сильных дождей.

Чрезмерное обогащение водоемов биогенами приводит к их *эвтрофикации*, т.е. резкому повышению биопродуктивности. При этом начинается массовое размножение фитопланктона, в первую очередь неприхотливых сине-зеленых водорослей. «Цветение» воды и постепенное отмирание массы водорослей становится источником вторичного загрязнения. Далее водоем медленно «умирает» из-за расходования всех запасов кислорода. Таким образом, антропогенная эвтрофикация вызывается не ядовитыми загрязнениями, а тем, что всегда считалось безвредным, – частицами почвы и удобрениями. И это может нарушить равновесие экосистемы.

Биологическое загрязнение приводит к сильному *бактериологическому* заражению воды. С этим видом загрязнения связан ряд проблем в области общественной гигиены (гепатит, холера, кишечные инфекции).

2. *Химическое загрязнение.* К наиболее опасным загрязнителям этого вида относят: соли тяжелых металлов (свинца, ртути, железа, меди).

По результатам анализа волоса с головы великого композитора Бетховена доказано, что его болезни (глухота, боли желудочно-кишечного тракта и т. д.) были вызваны водой, которую он пил из реки Дунай, и рыбой (форель), которую подавали к столу. Волос содержал очень большое количество свинца. Отравителем гения был свинец. Известно, что при попадании в организм через желудочный тракт он быстро всасывается в кровь, а в дальнейшем накапливается в мягких тканях и костях. Период полураспада свинца в крови равен 20 дням, в костной ткани – 20 годам (ж. «ЭКОС», № 2, 2001 г.). Иногда концентрация ионов этих металлов в теле рыб в 10 раз превышает исходную их концентрацию в водоеме.

Другим загрязнителем является нефть и нефтепродукты. Общее загрязнение ими Мирового океана превысило 10 млн т в год. Каждая тонна нефти покрывает тонкой пленкой ( $10^{-4}$  см) порядка 12 км<sup>2</sup> водной поверхности. По оценкам специалистов, нефтью уже загрязнена 1/5 часть акватории Мирового океана. Если пятно нефти небольшое (до 10 м<sup>2</sup>), то оно исчезает с поверхности за 24 часа, образуя эмульсию, а тяжелые фракции нефти оседают на дно. Если размер нефтяного пятна более

10 м<sup>2</sup>, то нефтяная пленка приводит к гибели большое количество живых организмов (млекопитающих и птиц), нарушает процессы фотосинтеза и газообмен между гидросферой и атмосферой.

В водоемы Сибири ежегодно сбрасывается 4 000 т нефтепродуктов, топлива, горюче-смазочных материалов.

Следующим видом химического загрязнения являются нитраты,



Рис. 27. Физическое загрязнение – охота

фосфаты. Нитраты поступают в воды водоемов через удобрения, а фосфаты как синтетические моющие средства (СМС). СМС входят в группу СПАВ – *синтетические поверхностно-активные вещества*.

Появление фосфора антропогенного происхождения облегчило жизнь домохозяйкам, но усложнило жизнь природе. Чем? Присутствие СМС в воде придает ей неприятный вкус и запах. Там, где в водоемах течение быстрое, образуется пена. Если концентрация СМС в воде 1 мг/л – гибнет планктон, а если

5 мг/л – происходят заморы рыб. СМС замедляют естественное самоочищение водоемов, действуя угнетающе на многие биохимические процессы в них.

Из других химических загрязнителей можно назвать фенолы, пестициды и другие органические яды.

1. *Физическое загрязнение* – сброс в поверхностные водоемы *нерастворенных материалов* (глин) как отходов производства при разработке карьеров и шахт. Оседая на дно, глинистая тонкодисперсная фракция может погубить выметанную икру рыб.

Другим видом физического загрязнения является *охота*. Использование патронов, заряженных сплавами свинца и сурьмы, вызывает загрязнение биосферы. Подсчитано, что если 2 млн охотников сделают хоть один выстрел, то выпустят 32 т свинца. Свинец способен накапливаться в водоемах. Если он попадает в зоб уток, то они заболевают сатурнизмом (рис. 27).

К этому виду загрязнения относится и *тепловое загрязнение*. Подогретая вода от ТЭЦ и других предприятий, поступая в водоем, приводит к повышению температуры воды в нем. Из химии известно, что растворимость газа в воде уменьшается с ростом температуры. Это приводит к уменьшению кислорода в воде. Дыхание биоценозов ухудшается, нарушается биологическое равновесие. Начинают бурно размножаться болезнетворные микроорганизмы и вирусы.

Таким образом, пути и источники загрязнения поверхностных водоемов многообразны и масштабны. В результате этого загрязнены почти все реки мира, особенно крупные и большая часть озер. Интенсивно загрязняются и подземные воды.

Пути загрязнения подземных и поверхностных вод различны. Если поверхностные воды не имеют никакой защиты от загрязнения, то подземные воды в той или иной степени такую защиту имеют. Правда, защищенность подземных вод относительная. Как показывает практика, подземные воды в настоящее время все больше загрязняются.

Итак, загрязнение природных вод становится сильным фактором отрицательного воздействия человека на окружающую среду и гидросферу в частности. С загрязнением связана угроза истощения водных ресурсов и необратимого экологического изменения водных систем и всей гидросферы.

Загрязнение водной оболочки нельзя понимать как простое накопление вредных веществ. Загрязнение и истощение подземных и поверхностных вод вызывают изменения в биологическом круговороте вещества, сказываются на качестве питьевой воды, на состоянии всей окружающей среды и самое важное – на здоровье людей.

## **2.6. Парадигма выхода из водного кризиса**

Преодоление водного кризиса – сложная задача. Она актуальна для всех стран мира. Решать ее надо в рамках ООН.

В основе решения этих проблем – приоритет *здоровья населения и право каждого человека пить чистую воду*.

Чтобы решить эту грандиозную проблему, необходимо:

1) осознать те причины, которые привели к кризису взаимоотношений человека с водой;

2) осознать взаимосвязи между разными природными явлениями.

В чем проявляется кризис взаимоотношений человека с водой и почему? Этот парадокс отчасти определяется следующим:

а) сформированное у людей в течение тысячелетий мнение о неограниченности водных ресурсов, их изобилии, природной чистоте, уверенность в праве бесплатного их пользования;

б) недостаточное понимание руководством фундаментальных свойств гидросферы;

в) неполное осознание того факта, что человек, став геологической силой, качественно усложнил взаимоотношения и взаимосвязи общества и природы (гидросферы), при этом неосознанно затронул основы становления самой жизни.

Поэтому принятое понимание воды как основы жизни в конце XX века должно быть уточнено: только чистая вода – это жизнь, загрязненная вода – это опасность для жизни. Уже сейчас вода не является бесплатным природным ресурсом; она требует крупных капиталовложений и стоит все дороже для потребителей.

Все сказанное выше требует разработки принципиально новой *парадигмы (модели постановки проблемы и ее решения)* сохранения биосферы, т. е. путей выхода из водно-экологического кризиса. Их намечено четыре:

1. *Формирование у людей гидросферного мышления*, т.е. признание особой фундаментальной роли воды в развитии всего окружающего мира. И дело не только в признании, но и в направлении деятельности людей в этом плане. Например, у руководителей на первом плане должна быть мысль о недопустимости загрязнения водных источников. А на втором плане – идея очистки загрязненных вод. Среди проблем экологической безопасности на первом месте должна стоять водная проблема.

2. *Уменьшение водопотребления*. Этот процесс в мире уже начался. (Водоемкость всего человеческого хозяйства в XX столетии увеличилась в 12 раз и достигла огромной величины: 5 тыс. км<sup>3</sup> в год.) В США новое мышление экономии природных ресурсов способствовало резкому сокращению прироста водоотбора пресной воды с 14,3 км<sup>3</sup> в 60-е годы до 11,6 км<sup>3</sup> в 70-е годы.

В Швеции рост водопотребления достиг максимума в 1965 году. Прогнозы для этой страны предполагали, что к 2000 году водопотребление вырастет в 2 раза. Но этот прогноз оказался неверным, и в 80-е годы водопотребление сократилось за счет применения замкнутых систем водоотбора, маловодных технологических схем на производствах.

3. *Резкое сокращение*, а в перспективе полное прекращение сброса неочищенных сточных вод в водоемы. Это предполагает применение замкнутых циклов водообеспечения, совершенствование методов химической и биологической очистки вод и т.д. В мире эта тенденция активно развивается. Так, во Франции за 20 лет (1970–1990 гг.) число станций очистки сточных вод возросло более чем в 7 раз (Шварцев, 1996). В России, к сожалению, темпы роста очистки вод ниже: в среднем 30 % сточных промышленных вод сбрасывается в водоемы России неочищенными (Яковлев, 1996).

4. *Все большее использование для питьевых целей подземных вод* (при загрязнении сточными водами поверхностных). За последние 30 лет в мире пробурено 300 млн скважин для отбора подземных вод.

Таким образом, изложенные четыре задачи выхода из водно-экологического кризиса требуют принципиально новых путей управления водными ресурсами.

Среди проблем управления окружающей средой особая роль принадлежит управлению водой как наиболее ценным природным ресурсом. В чем состоит трудность решения этой проблемы? Она состоит в том, что вода выполняет в природе и обществе не менее 30 функций. Вода одновременно является: а) средой жизни; б) важным природным ресурсом; в) транспортным средством; г) источником энергии; д) осложняющим фактором разработки полезных ископаемых; е) местом отдыха, лечения, сброса всех отходов и т. д. Многие из них находятся в прямой конкуренции. Например, использование воды как питьевого источника мешает рыбозаводству.

Следующей трудностью в решении этой проблемы является одно из фундаментальных свойств воды – единство всех вод земли. Из сказанного вытекает несколько важнейших принципов, которые должны быть положены в основу управления водными ресурсами.

*Учет принципа единства природных вод.* Управлять надо одновременно всеми типами вод (океаническими, подземными, водами суши и атмосферы).

*Бассейновый принцип.* Управление ведется не водой, как физическим телом, а водообменной системой. Единицей управления принимается водосборный бассейн реки, как сложная, одновременно физическая, химическая, биологическая и геологическая система. Для этой системы с экологической точки зрения не эффективен административно-территориальный принцип. Водохозяйственные объединения области управляют только частью реки. Например, река Томь относится к сильно загрязненной, протекающей в экологически неблагоприятной зоне. Проблема обеспечения населения Кузбасса чистой питьевой водой стоит остро. В 1994 году был создан Агентством воды Бассейновый комитет по изучению экологического состояния поверхностных вод всего бассейна реки Томи.

*Принцип «загрязнитель платит»* оправдал себя во многих цивилизованных странах. Он заключается в том, что кроме платы за водоотбор взимается плата за любое изменение водной среды (уровня, качества, температуры воды, подтопления и т. д.). Летом 2002 года был принят Водный кодекс РФ (кодекс – правовая основа сохранения чистоты водных ресурсов и улучшения здоровья населения). Главный упор в нем сделан на экономические рычаги управления и качество потребляемой воды.

Основным критерием оценки качества воды являются ПДК. Но они установлены не для всех веществ. Спуск в водоемы новых веществ, ПДК которых не определены, в нашей стране запрещен. Кроме того, часто используются значения ПДК не для сточных вод, а для водоема. Появляется возможность достичь установленного ПДК простым разбавлением сточных вод. Этим часто и пользуются. Поэтому около половины отработанных сточных вод на Земле не подвергается специальной очистке перед сбросом в водоемы. Их обезвреживание заключается лишь в разбавлении чистой водой и самоочищении водоемов. Например, сточные воды по производству полиэтилена надо разбавить в 30 раз. Сбросы сточных вод также регламентируются величиной ПДС (предельно допустимого сброса) предприятия.

Очистка промышленных стоков – это комплекс методов: механическая очистка, нейтрализация промышленных стоков, биохимическая очистка. Подробнее эти методы будут рассмотрены в других учебных дисциплинах.



### **Контрольные вопросы**

1. *Фундаментальные свойства воды.*
2. *Почему реки Сибири не промерзают до дна.*
3. *Укажите назначение воды в жизни человечества и биосферы?*
4. *Перечислите основные составляющие экономического ущерба от загрязнения природного водоема?*
5. *Проблемы чистой воды в мире и России.*
6. *Источники загрязнения водоемов.*
7. *Охарактеризуйте экономический ущерб от химического загрязнения гидросферы.*
8. *Сущность физического загрязнения гидросферы.*
9. *Очертите современный подход пути выхода из водного кризиса.*
10. *Какие принципы должны быть положены в основу управления водными ресурсами?*

### **Список литературы**

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология: учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 455 с.
2. Воробьев А.И., Пучков Л.А. Человек и биосфера: глобальное изменение климата: учебник. Ч. I. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 442.
3. Давиденко И.В., Кеслер Я.А. Ресурсы цивилизации. – М.: ЗАО «Всеобщие исследования»; Изд-во Эксмо, 2005. – 544 с.

4. Новейший справочник необходимых знаний. – М.: РИПОЛ КЛАССИК, 2000. – 768 с.
5. Стадницкий Г.В., Родионов А.И. Экология: учебн. пособие для вузов. – 6-е изд., исправл. – СПб: Химия, 2003. – 240 с.
6. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России: учебное и справочное пособие. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 672 с.
7. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию: пер. с нем. – М.: Мир, 1997. – 232 с.
8. Яковлев С.В. и др. Инженерно-экологические проблемы водоснабжения России на пороге XXI века // Инженерная экология. – 1996. – № 2. – С. 119–132.
9. Шварцев С.Л. Общая гидрогеология. – М.: Недра, 1996. – 423 с.
10. Экологический словарь. – М.: Экопром, 1993. – 202 с.
11. Эльпинер Л. И. Питьевая вода: эколого-технологические проблемы // Инженерная экология. – 1995. – № 4. – 122 с.

### **Глава 3. ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ НЕДР**

Недра России – одна из самых богатых в мире кладовых всех важнейших видов минеральных ресурсов (газ, нефть, уголь, железная руда и т. д.). В них сосредоточена почти четверть всех мировых минеральных ресурсов. Это одно из главных экономических достояний России, территория которой составляет 11,4 % суши Земли. Экологические аспекты использования минеральных ресурсов связаны с проблемами загрязнения окружающей среды при разведке, добыче и эксплуатации полезных ископаемых.

Рассмотрим основные понятия данной темы.

#### **3. 1. Основные понятия**

1. *Окружающая среда* – это природная среда и то, что создано человеческой цивилизацией. Она включает совокупность сред (систем): природную (атмосферу, гидросферу, литосферу), искусственно созданную (элементы техносферы) и социально-экономическую (системы образования, здравоохранения и т. д.).

2. *Литосфера (земная кора)* (от греч. *litos* – камень и сфера) включает в себя недра и рассматривается как минеральная часть системы. Это внешняя сфера «твердой» Земли, иерархически включающая следующие подразделения: формации, стратиграфические комплексы, группы, системы, серии, свиты, литологические слои.

По данным геофизических исследований, твердый объем нашей планеты в настоящее время четко разделяется на четыре сферы: земную кору, мантию, внешнее ядро и внутреннее ядро (рис. 28). Земная кора в классическом варианте отождествляется с понятием литосферы, т.е. с



самой верхней каменной оболочкой Земли (рис. 29). Ее верхняя граница проводится по поверхности суши и дну морей и океанов, а нижняя – по поверхности Мохоровичича (названа в честь югославского геофизика-сейсмолога), или Мохо. Земная кора, в свою очередь, делится на два типа: континентальную и океаническую. Первая состоит из трех слоев: «осадочного», «гранитного» и «базальтового». Они отличаются по плотности, по составу и мощности. Их суммарная мощность составляет 30–60 км.

Океаническая кора рассматривается как двухслойная (без «гранитной» части) мощностью 5–10 км. Литосфера состоит на 95 % из изверженных пород (базальтов и гранитов), на 5 % – из осадочных пород. Наиболее важной формой химических элементов в литосфере являются минералы. Накопление какого-либо элемента выше его среднего содержания ведет к образованию месторождения полезного ископаемого.

В верхней части земной коры (литосфере), сосредоточены минеральные ресурсы, или полезные ископаемые.

3. *Природные ресурсы* – это то, что не создано самим человеком, а используется им для поддержания своего существования, для обеспечения развития общества. Они обладают полезными для человека свойствами. С одной стороны, природные ресурсы – это *вещество (вид материи)*, с другой – *силы природы (вид энергии)*. Например: природные ресурсы могут выступать в виде материи – глина, вода, воздух, рыба в воде и т.д. или в виде источников энергии – ветер, вода, солнце и т.д. Какова же особенность природных ресурсов? Они входят в *природную сферу* как неотъемлемый компонент и *социальную сферу* как вещественный элемент производства.

Природные ресурсы классифицируются по многим признакам. Наибольший интерес для науки и практики представляет ранжирование природных ресурсов по признаку *исчерпаемости* (табл. 3).

**Таблица 3**

**Классификация природных ресурсов**

<b>ИСЧЕРПАЕМЫЕ</b>		<b>НЕИСЧЕРПАЕМЫЕ</b>	
<b>возобновимые</b>	<b>невозобновимые</b>	<b>космические</b>	<b>энергетические</b>
<i>почвы, растительность, животный мир и т. д.</i>	<i>большая часть полезных ископаемых</i>	<i>солнечная радиация, атмосферный воздух</i>	<i>энергия приливов, солнца, ветра</i>

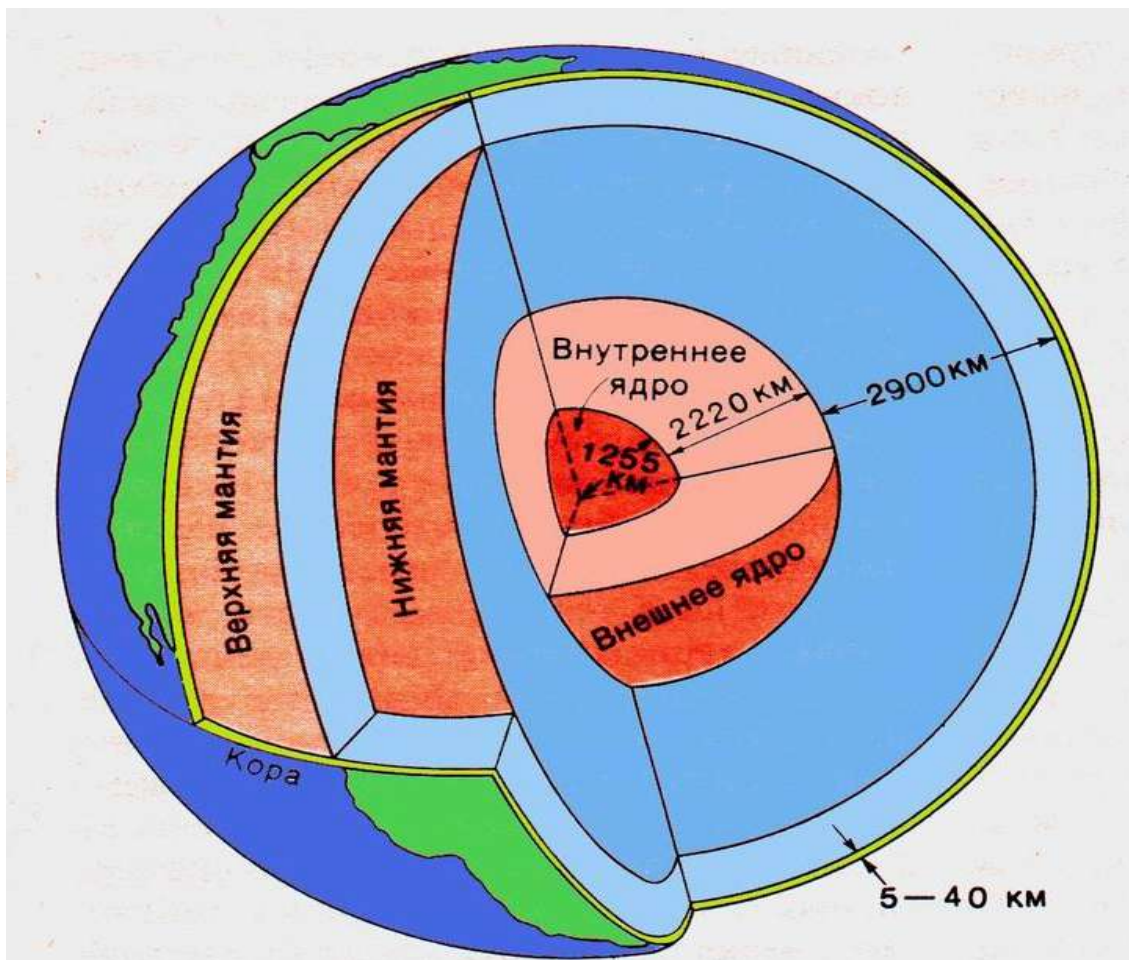


Рис. 28. Внутреннее строение Земли

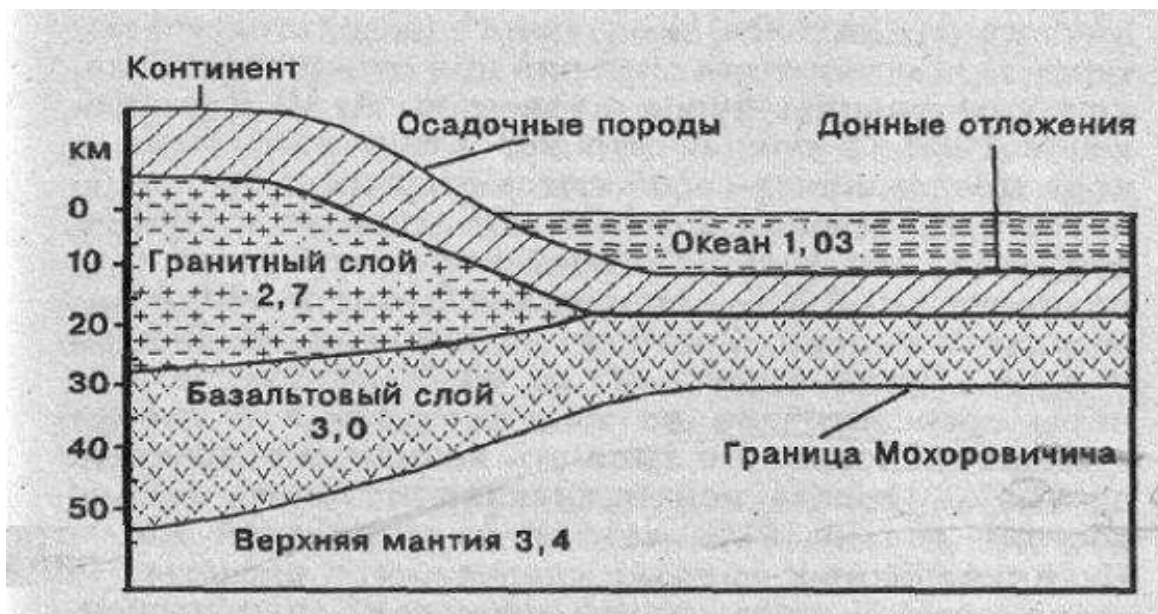


Рис. 29. Схема строения литосферы

*Исчерпаемые* природные ресурсы могут быть возобновимые (почвы, растительность, животный мир и т. д.) и невозобновимые (большая часть полезных ископаемых).

Неисчерпаемые природные ресурсы могут быть космическими (солнечная радиация, атмосферный воздух) и энергетическими (энергия приливов, солнца, ветра). Из группы неисчерпаемых природных ресурсов нас интересует не только их количество, но и их качество: не вода вообще, а вода, пригодная для питья, воздух, пригодный для дыхания, и т. д. Человечество не может существовать, не используя эти природные ресурсы.

4. *Минеральные ресурсы* – это совокупность полезных ископаемых, заключенных в недрах. Они составляют важную часть природных ресурсов. Минеральные ресурсы являются основой для развития важнейших отраслей промышленного производства, таких как энергетика, черная и цветная металлургия, химическая промышленность, строительство и другие.

Полезные ископаемые – это природное скопление в земной коре минералов, которые могут быть эффективно использованы в народном хозяйстве. Понятие «полезное ископаемое» условно. Ископаемое потому, что его извлекают из недр, т. е. отторгают от каменной оболочки Земли. Скопление «полезного ископаемого» в глубинах недр называется промышленным месторождением. Оно может разрабатываться, если отвечает качественным и количественным критериям, а также при наличии в стране экономических условий разработки и эксплуатации его. Если такое «минеральное образование» не отвечает по качественным и количественным критериям, но экономические условия страны позволяют его разрабатывать, то его обогащают. В этом случае это минеральное образование, в котором полезные компоненты (металлы или минералы) составляют лишь часть общей массы, называют рудой. «Руда» – древнерусское название крови. Разработку руды выполняют не всегда. Ее разработка должна быть технологически возможной и экономически выгодной. Обогащение руды – процесс обработки руды с целью выделения из нее полезных компонентов, удаления вредных примесей и т.д.

Все полезные ископаемые находятся в недрах Земли. В настоящее время термин «недра» используется в широком смысле в связи с охраной и рациональным использованием минеральных ресурсов.

Все минеральные ресурсы делят на две группы: металлы и неметаллические полезные ископаемые.

*Металлы.* Только кремний и еще семь химических элементов (алюминий, железо, кальций, магний, натрий, калий, титан и др.)

составляют 99 % массы континентальной земной коры. Средняя концентрация остальных химических элементов очень мала. Некоторые из этих элементов образуют скопления в виде рудных месторождений (алюминий, железо, магний, титан и марганец). Остальные металлы геохимически редки. Здесь существует реальная опасность истощения наиболее рентабельных месторождений.

Производство металлов сопровождается значительным загрязнением окружающей среды.

*Неметаллические полезные ископаемые и нерудное минеральное сырье* составляют еще большую массу веществ, используемых человечеством. Так, 1/3 их – сырье для химической промышленности и производства минеральных удобрений; 2/3 – строительные материалы.

Потребление *минеральных удобрений* (фосфорных, калийных, азотных) растет. За 30 лет (1970–2000 гг.) их мировое производство увеличилось в 5 раз – с 45 до 230 млн т в год. Источниками фосфатов являются месторождения апатитов, фосфоритов и других фосфатных минералов, находящихся в основном в преобразованных морских отложениях. Из обогащенного апатита по простой технологии с применением серной кислоты производится главное фосфорное удобрение – *суперфосфат*. Сумма разведанных мировых запасов фосфора близка к 45 млрд т.

Калий концентрируется в месторождениях калийных солей морского происхождения, в основном в виде КС1 или в смеси с хлоридами натрия и магния. Эксплуатационные запасы калия превышают 60 млрд т.

Важным сырьем для химии является сера. Она идет на производство минеральных удобрений и пестицидов. Сера находится в месторождениях самородной серы вулканического происхождения, в составе природного газа ( $H_2S$ ), в сульфидных рудах, колчеданах и сульфатах морского происхождения. Мировое производство серы из всех источников приближается к 70 млн т в год.

*Строительные материалы* – это самая большая по массе и объему группа веществ, извлекаемая для нужд хозяйства.

*Первая группа* – бутовый и дробленый строительный камень, песок, гравий.

*Вторая группа* представлена материалами, подвергаемыми химической и термической обработке, – глины для производства кирпича и керамики; известняки, доломиты, гипс для производства цемента, бетонов, стекла; а также слюда и асбест. Запасы месторождений этих материалов велики и составляют 4 млрд т.

В зависимости от области промышленного использования выделяют следующие группы минеральных ресурсов:

- *топливно-энергетические* – нефть, газ, уголь, горючие сланцы, торф, урановые руды;
- *рудные ресурсы* – железная и марганцевая руда, бокситы, медные, свинцо-цинковые, никелевые, вольфрамовые, молибденовые, оловянные руды, руды благородных металлов;
- *горно-химическое сырье* – апатиты, фосфориты, поваренная и калийная соль, сера, бром- и йодсодержащие растворы;
- *нерудные полезные ископаемые и драгоценные камни* – известняк, доломит, глина, песок, мрамор, гранит, яшма, агат, алмазы;
- *гидроминеральные ресурсы* – пресные подземные и минерализованные воды.

5. *Природопользование* – теория и практика рационального использования человеком природных ресурсов.

Природопользование – процесс эксплуатации природных ресурсов (извлечение полезных свойств природы) для удовлетворения материальных и культурных потребностей общества. Природопользование предполагает вовлечение природных ресурсов в хозяйственную деятельность человека. Оно может быть *рациональным и нерациональным*.

*Рациональное* (оптимальное, разумное) природопользование подразумевает:

- 1) профессионально грамотное изучение природных ресурсов;
- 2) бережную их эксплуатацию (эффективность освоения и охрана);
- 3) воспроизводство природных ресурсов с учетом будущих интересов развития народного хозяйства.

К сожалению, современное природопользование в нашей стране можно охарактеризовать как *нерациональное* – это такое природопользование, которое вызывает истощение природных ресурсов, нарушение экологического равновесия природных систем через загрязнение окружающей среды. Нерациональное природопользование наносит ущерб природно-ресурсному потенциалу. Причин этому много. Среди них, наряду с общим экономическим состоянием общества в России, недостаточное знание специалистами законов экологии, а значит, недостаточная согласованность с ними своих действий. По мере перехода общества к устойчивому развитию постепенно будет сниматься и противоречие существующей экологической ситуации.

На какой период времени человечеству хватит природных ресурсов? (табл. 4). При нынешних темпах потребления только на вполне обозримое и по историческим меркам очень небольшое время. Основной

причиной может явиться экологическая проблема, связанная с переработкой природных ресурсов. С ростом потребления минеральных ресурсов на душу населения экспоненциально растет количество отходов, которые выбрасывает цивилизация в окружающую среду. В настоящее время мир расколот на бедные и богатые страны. Размножаются в основном бедные, а природные ресурсы потребляют преимущественно богатые. Для того чтобы стабилизировать население планеты, необходимо, чтобы богатые страны помогли восстановить социальную справедливость и устранить конфессиональные (вероисповедные) преграды. Произойдет ли это?

Таблица 4

**Прогнозируемые запасы природных ресурсов**  
(по данным Юнеско, 2000 г.)

Вещество	Запасы, т	Рост потребления, %	Время, годы
Алюминий	$1,2 \cdot 10^9$	6,4	55
Хром	$1,7 \cdot 10^8$	2,6	154
Уголь	$5 \cdot 10^{12}$	4,1	150
Медь	$3 \cdot 10^8$	4,6	48
Цинк	–	–	25
Железо	$10^{11}$	1,8	173
Свинец	$10^8$	2	64
Нефть	$4,5 \cdot 10^{11}$	4	50
Газ	$3 \cdot 10^{13} \text{ м}^3$	4,7	50
Горючие сланцы	$4,5 \cdot 10^{14}$	–	300
Пресная вода	–	2	100–150
Леса	$42 \cdot 10^6 \text{ км}^2$	2	100

### 3.2. Этапы горнорудного дела в России и их экологическая значимость

Исключительно важное значение полезных ископаемых в развитии человеческого общества отражено в названии длительных исторических периодов «каменный», «бронзовый», «железный».

**«Каменный век»** (8–4 тыс. лет до н. э.) – самый продолжительный в истории человечества. На этой стадии своего развития человек использовал твердые горные породы – *обсидиан, кремь, кварцит*. Он изготавливал из них ножи, скребки, живя еще в пещере. К концу каменного века первобытный человек начинает строить жилища из камня, дерева. Женщины используют украшения из золота и камней.

**«Бронзовый век»** (4–1 тыс. лет до н. э.) – человек научился использовать самородную медь. Это мягкий металл. Поворотным моментом в истории человечества стало открытие сплавов: *медь с оловом, медь со свинцом, медь с сурьмой, медь с серебром*. Их можно было ковать, но в отличие от чистой меди они были прочнее. Это была *бронза*. Центры добычи меди становились центрами экономическими и политическими (Афины, Македония, Спарта). Золото находили в песках и галечниках речных долин.

**«Железный век»** (1 тыс. лет до н. э.) – коренной перелом в укладе жизни человечества. Дешевое железо заменило дорогую бронзу. Это резко повысило эффективность хозяйства. Началась эпоха, когда железо стало металлом царей. Побеждал тот, у кого было железное оружие. Кельты (галлы) на территории современной Франции, Бельгии и Северной Италии знали секрет получения железа. Они жили рядом с месторождением лимонита (оксид железа) и держали в трепете даже римлян.

**На заре человечества** (к началу нашей эры, I–XVII вв.) *Хомо сапиенс* научился добывать и обрабатывать золото, серебро, медь, бронзу, свинец, железо. Он знал и использовал цветные драгоценные и полудрагоценные камни (агаты, топаз, горный хрусталь, бирюзу, малахит и т. д.).

**В средние века** (XVII–XVIII вв.) – заложены основы рудной геологии и создана горнорудная промышленность. В России ведущие события происходили во время правления Петра I (1689–1725 гг.). В становлении отечественной науки геологии и минералогии большой вклад внес М. В. Ломоносов. Осваивались богатства Урала.

**Новое время** (XVIII – XX вв.) – темп исторических событий возрос. Характерно становление науки; окончательное создание горнорудного дела, лавинное ускорение научно-технического прогресса. XIX век – век чугуна.

**Первая половина XX века** (1900–1960 гг.) – время великих открытий. Формируются новые отрасли науки и производства: электротехническая, автомобильная, радиоэлектронная. Изготовлены новые виды оружия для Первой и Второй мировых войн. В первой половине XX века философское обоснование экологических проблем в системе «человек – природа» звучало следующим образом: *«человек – царь природы, и взять ее богатства – наша задача»*. В обществе технологический уклад представлен распространением электричества и двигателей внутреннего сгорания.

**Вторая половина XX века** (1960–2000 гг.) – современный этап развития человечества. Современные достижения космической геологии,

физики Земли, механики, математической геологии, компьютерной технологии привели к новому подъему в рудной геологии. Во второй половине XX века социально организованный человек удваивает свою мощь каждые 15 лет. Объективные причины: а) рост населения на земном шаре более 6 млрд человек; б) быстрый рост в мире научно-технического прогресса. Это приводит к усилению взаимодействия природы и общества. Философским обоснованием этого периода явилось сначала *рациональное природопользование*, затем – философия *экологического гуманизма*. Экологический гуманизм (человечность) – система норм поведения, признающая самоценность природной среды. В обществе господствует информационно-технологический уклад. В промышленности на первый план выдвигается микроэлектроника.

Рассмотрим подробнее этапы человечества с экологической точки зрения.

Степень воздействия человечества на биосферу, в том числе и недра, была незначительна до *середины XIX века* нового времени, включая каменный, бронзовый, железный век до нашей эры, начало нашей эры, средние века. Природа могла сама «залечить раны», нанесенные ей хозяйственной деятельностью человечества. Начиная с середины XIX века воздействие на окружающую среду настолько усиливается, что природе не удается собственными силами ликвидировать нарушения в экосистемах. Нужны неотложные меры по охране природы.

Что же ждет человечество в XXI веке? Философским обоснованием развития системы «человек – природа» является *стратегия устойчивого развития*, принятая в декларации на «глобальном саммите» в Рио-Де-Жанейро в 1992 г., Иоганнесбурге в 2002 г. и в резолюции XXI Конференции ООН по окружающей среде и развитию. Достижение

глобальной устойчивости общества означает обеспечение потребностей сегодняшнего дня без риска для способности окружающей среды поддерживать жизнь в будущем. Это значит обеспечить качество жизни, экологическую безопасность и здоровье нации. *Цель такого управляемого развития* – обеспечить необходимый для здорового развития личности уровень жизни, не допуская деградации природной среды. Кроме стремления к вышеизложенной структуре управления, в России управление разработкой недр включает следующие две задачи:

- 1) прогнозирование нарушений ОС при разработке недр (оценка воздействия на ОС);
- 2) разработка надежных и эффективных природозащитных мероприятий по предупреждению и ликвидации этих нарушений.



### 3.3. Современные черты и особенности горнодобывающей промышленности России

Основу экономического развития любой страны составляет величина *природно-ресурсного потенциала*. Природно-ресурсный потенциал – это та часть природных ресурсов, которая может быть реально вовлечена в хозяйственную деятельность страны с сохранением среды жизни. Как будет обеспечена промышленность и сельское хозяйство минеральным сырьем, таковы будут темпы прироста производительных сил каждой страны. Природно-ресурсный потенциал России занимает особое место в мировом природно-ресурсном комплексе в силу его крупномасштабности. Наибольшую значимость в природно-ресурсном потенциале России играет *минерально-сырьевой комплекс*.

В недрах России сосредоточено 13 % разведанных мировых запасов нефти, 35 % газа, 12 % угля, 27 % железной руды, значительная часть золота, алмазов, цветных и редких металлов.

В России разведано 22 000 (1997 г.) месторождений полезных ископаемых. Добыча полезных ископаемых за 7 последних лет упала в 2 раза. Но в последние годы отмечается вовлечение природных ресурсов в хозяйственный оборот страны во все больших масштабах. Это объясняется не только большим спросом на них внутри страны, но и растущим вывозом топлива и сырья за рубеж. Если в 1960 г. экспорт нефти составлял 17,8 млн т, то в 1985 г. он возрос до 117 млн т. По данным Государственного таможенного комитета РФ Россия в 2000 г. вывезла нефти, бензина и мазута в объеме 44,6 % от всего экспорта. Практически каждая вторая тонна добываемой нефти и каждый 8–9 кубометров газа уходят за границу. Газ и нефть не требуют при своей разработке дотации государства. Еще в 1992 г. указом президента РФ были утверждены компании, объединяющие весь цикл циркуляции нефти от скважины до бензоколонки. В совокупности они обеспечивают более 40 % нефтедобычи в стране и более 30 % экспорта сырой нефти. Специалисты утверждают, что разведанных запасов нефти России хватит на 35 лет. Подготовка к освоению новых районов ведется на шельфах северных морей России и восточной ее части. За последние годы 70 % дохода поступает в российский бюджет от торговли сырьем, большей частью минеральным. Поскольку ресурсы не воспроизводимы, значит это прямой вычет их из нашего природного потенциала.

Для развивающихся стран характерно потребление минерального сырья 10–40 % от его производства. Центральные ведомства и министерства действуют по принципу: «валюта любой ценой». Решение проблем охраны природы до сих пор на втором месте.

В Томской области разведанных месторождений с углеводородным сырьем в 1996 г. насчитывалось 89. Добыча нефти в 1998 г. составила 160 – 180 млн т в год по сравнению с 60-ми годами (385 млн т).

До *перестройки* в России при административно-командной системе управления разведка недр и эксплуатация сырья осуществлялась с узковедомственных позиций, не комплексно. В результате этого низкая производительность труда (производительность добычи золота 1 кг на одного работающего в Америке – 12 кг, в России – 1 кг), высокая себестоимость добычи полезного ископаемого, нарушение природной среды (ущерб от загрязнения ОС соизмерим с затратами на их добычу).

В середине 90-х годов, когда планирование перешло во внутрифирменное управление, наметились следующие принципы и тенденции в *перестройке* горнодобывающей промышленности в России.

Принцип *концентрации* горного производства в одном экономическом районе. Этот принцип «островной» геологии предполагает концентрацию всех видов геолого-разведочных работ на ограниченном числе разведываемых и разрабатываемых месторождений. Такой принцип должен будет обеспечить увеличение эффективности разработки месторождений в 1.5–2 раза.

Принцип *оптимизации* природопользования в геологии заключается в одновременном учете экономического и экологического подхода к разработке полезного ископаемого. Повысить экономичность и экологичность месторождения можно, если все этапы жизненного цикла его (разведка – эксплуатация – рекультивация) имеют одного хозяина. С экологической точки зрения предусматривается прогнозирование нежелательных и опасных ситуаций с обязательным комплексом мер по их предотвращению. Своевременное и точное обнаружение опасных ситуаций в природной среде достигается системой организации наблюдений за ее изменениями. Такие системы носят название мониторинга («монитор» – впередсмотрящий).

Принцип *стратегии* «передовой техники» заключается в том, чтобы, используя рабочую «дешевую» силу и современные технологии Запада, создать в России совместные с иностранными партнерами комплексы на базе месторождений. Это совместное предпринимательство было задумано для придания импульса развитию наукоемких отраслей производства. Однако сегодня уже складывается впечатление, что процесс создания современных предприятий идет стихийно, уводя нас в сторону от основного пути развития научно-технического прогресса. Похоже, нашим иностранным партнерам надо получить прибыли за счет использования наших природных богатств, так как цена на топливно-сырьевые товары на нашем внутреннем рынке в 2 раза ниже, чем на

мировом. Организация переработки этих ресурсов на нашей территории тоже понятна: они относятся к разряду «грязных» производств. Например, в 1998 г. Министерством нефтяной промышленности подписан протокол о намерениях по созданию совместного предприятия «Тенгизполимер» с иностранными партнерами (итальянскими, американскими, японскими) крупнейшего в Восточном полушарии газохимического комплекса на базе месторождения углеводородов. Комплекс будет производить ежегодно 1 млн т гранулированной серы, 60 тыс. т полиэтилена и других пластмасс. Значительная часть продукции должна экспортироваться. Загрязнение окружающей среды и другие экологические последствия от совместных предприятий лягут на плечи российского народа (газета «Аргументы и факты», № 24, май 2000 г.).

Переход к устойчивому развитию требует замедления темпов истощения запасов невозобновимых природных ресурсов. В будущем – замена их на другие, нелимитированные виды ресурсов (солнечную и ветровую энергии), замена экстенсивного пути развития на интенсивный (научно-технический прогресс, увеличение производительности труда, комплексное использование минерального сырья).

В дальнейшем экономическом развитии нашей страны предполагается учет двух экологических ограничений: а) ограниченные возможности окружающей среды принимать и поглощать (ассимилировать) отходы и загрязнения; б) конечный характер невозобновимых природных ресурсов. Учитывая рыночные условия, в которых приходится работать геологическим предприятиям, руководителям новой формации необходимо освоить принципиальные основы рынка – менеджмент, маркетинг и мониторинг.

**Особенности горнодобывающей промышленности.** Особенности горнодобывающей промышленности России накладывают свой отпечаток на направленность природоохранной деятельности в этой области. Они заключаются в следующем:

1. Разведка и разработка месторождений полезных ископаемых очень специфична. Нет месторождений, которые по вещественному составу, по физико-механическим свойствам, технологическим схемам добычи и переработки сырья были бы похожи. В минерально-промышленном комплексе выделяются самостоятельные стадии производства: разведка, подготовка к эксплуатации, добыча полезных ископаемых, обогащение, консервация.

2. Особенность природоохранной деятельности горнодобывающего предприятия определяется невозобновимым характером минеральных ресурсов и существенным негативным влиянием деятельности горных

предприятий на окружающую среду. Поэтому горнопромышленный комплекс стал одним из первых в России производств, обратившихся к решению проблем в области охраны окружающей среды и рационального природопользования.

3. Реализуемые на горнодобывающих предприятиях меры ресурсосберегающего характера связаны со следующим.

*Во-первых*, с обеспечением комплексности и полноты освоения недр и использования добытого минерального сырья. Комплексное использование минерального сырья предполагает извлечение из месторождений попутных компонентов. Мы знаем, что большинство месторождений содержат не один, а несколько ценных компонентов. Например, в месторождениях железных руд Донбасса присутствует марганец, хром, титан, медь, цинк и другие. В месторождениях нефти и газа Томской области полезными являются сера, гелий, йод, бром и т.д. Различные данные говорят, что извлечение попутных компонентов из месторождений повышает их ценность в 1,5–2 раза.

*Полное* использование минерального сырья предполагает исключение его потерь. Потери минерального сырья происходят при добыче, обогащении, транспортировке и переработке его из-за несовершенства, чаще всего, технологии и техники при этих операциях. Миллионы тонн угля остаются невыброванными в боковых стенках и целиках (опорах), поддерживающих кровлю угольного пласта. Потеря в недрах при добыче угля составляет 23,5 % , калийной соли – 62,5 %. При транспортировке газа теряется каждый седьмой кубический метр. Решить вопрос отдачи месторождений – значит расширить минеральную и топливную базу в несколько раз.

*Во-вторых*, с заменой первичного сырья вторичным путем разработки техногенных полезных ископаемых, т. е. использованием отходов горных производств. Это приведет также к уменьшению ущерба, наносимого природе отвалами и терриконами. Они занимают огромные площади сельскохозяйственных земель, нарушают гидродинамическое равновесие верхней части литосферы, загрязняют воздух, почву, воду. Например, сульфидные рудные отвалы, выщелачиваясь, высвобождают кадмий и мышьяк. Это значит, что не надо складывать в отвалы то, что является ценным сырьем. Отходы горного производства (вмещающие и вскрышные породы месторождения) можно использовать в качестве стройматериалов, при строительстве дорог и других инженерных сооружений. Ради этой «пустой породы» – щебенка, песок, глина – часто приходится неподалеку копать специальные карьеры и напрасно «ранить» Землю. Больше половины горных пород, которые снимают с поверхности Земли, чтобы добраться до полезного ископаемого, и более

60 % отходов обогащенных руд пригодны для производства строительных материалов: кирпича, керамзита, цемента, извести.

*В-третьих*, с уменьшением землеемкости горнодобывающего производства за счет рекультивационных работ, снятия плодородного слоя почвы перед разработкой месторождения.

*В-четвертых*, со снижением водоемкости горного производства путем сокращения потребления пресной воды в результате разработки схем оборотного водоснабжения при обогащении и переработке полезных ископаемых, а также использования тех вод, которые будут получены при создании противодиффузионных завес вокруг шахтного поля.

*В-пятых*, с внедрением малоотходных технологий в горнопромышленных предприятиях. Они частично могут устранить образование отходов и таким образом уменьшить ущерб окружающей природной среде. Наиболее перспективным направлением ресурсосберегающей политики горнодобывающего предприятия является организация малоотходного производства и внедрение новых технологий. При этом производстве большая часть исходного сырья превращается в ту или иную продукцию. Например, применение метода электролиза позволило извлекать из тонны влажного осадка, полученного при очистке сточных промышленных вод, до 50 кг чистой меди. Использование бактерий для обработки некондиционных углей позволяет за 6–8 часов получить «жидкую почву», содержащую необходимые элементы для повышения сельскохозяйственных культур. Внедрение новых технологий извлечения полезных ископаемых, основанных на переводе их с помощью тепловых, химических, гидродинамических или микробиологических процессов прямо в недрах, и перевод в состояние, пригодное для транспортировки через скважины на поверхность Земли. Издавна подземным растворением добывали каменную соль. В настоящее время развивается подземная выплавка серы.

Таким образом, внедрение новых технологий существенно повысит эффективность получения полезных ископаемых и снизит загрязнение окружающей природной среды.

### **3.4. Охрана недр как часть единой проблемы охраны окружающей среды**

Проблемы рационального освоения и охраны недр рассмотрим на примере организации природоохранной деятельности горнодобывающего предприятия. Общие проблемы охраны недр изложены в основах

законодательства РФ о недрах, рассмотрены выше и сводятся к следующему:

1. Комплексное геологическое изучение месторождений полезных ископаемых.

2. Полное (комплексное) извлечение из недр и рациональное использование основных и сопутствующих полезных компонентов месторождений.

3. Исключение вредных выбросов и отходов в окружающую среду.

4. Устранение самих причин загрязнения, что требует применения малоотходных, а в перспективе безотходных технологий производства.

5. Утилизация и переработка отходов горнопромышленного производства.

6. Охрана месторождений полезных ископаемых от затопления, обводнения и застройки.

Рост недовольства общественности и ужесточение экологического законодательства на горнодобывающих предприятиях требуют преобразований в природоохранной сфере. На предприятиях экологическое преобразование будет возможно лишь при условии осознания руководством особой важности задач охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. Исследования последних лет показывают, что совершенствование природоохранной деятельности на локальном уровне следует начинать с введения системы экологического менеджмента. Он должен быть разработан на основе международных стандартов **ISO 14000**.

Очень важно включение природоохранной деятельности в систему учета и экономического анализа предприятия. «Не можешь измерить и проанализировать – не сможешь управлять». Основной объект учета – затраты на природоохранную деятельность. Следует выяснить, уменьшены ли воздействия на окружающую среду при одновременном повышении прибыльности предприятия.



## **Контрольные вопросы**

- 1. Раскройте современное представление о строении земной коры.*
- 2. Понятие природных ресурсов. Их особенность и классификация по признаку возобновимости.*
- 3. Чем характеризуется рациональное природопользование? Природно-ресурсный потенциал.*
- 4. Какие природные ресурсы России можно считать главным эколого-экономическим богатством страны и почему?*
- 5. Этапы развития человеческого общества («каменный», «бронзовый», «железный» века, начало нашей эры, средние века). Их экологическая значимость.*
- 6. Чем характеризуется развитие человеческого общества в период нового времени и оценка воздействия его на биосферу?*
- 7. Охарактеризуйте принципиальные подходы к системе управления экологически ориентированным развитием общества?*
- 8. Каковы современные черты и особенности горнодобывающей промышленности России?*
- 9. Проблема охраны недр как часть единой проблемы охраны окружающей среды.*

## **Список литературы**

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология: учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 455 с.
2. Воробьев А.И., Пучков Л.А. Человек и биосфера: глобальное изменение климата: учебник. Ч. I. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 442.
3. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. – М.: Наука, 1989. – 250 с.
4. Войткевич Г.В. Основы теории происхождения Земли. – М.: Наука, 1988. – 254 с.
5. Верзилин Н.Н. Живое вещество как определяющий фактор развития палеогеографических обстановок и геологических процессов в истории Земли // Современные геологические проблемы учения В.И. Вернадского о биосфере. Труды Ленинградского общества естествоиспытателей. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1990. – С. 129–155.
6. Давиденко И.В., Кеслер Я.А. Ресурсы цивилизации. – М.: ЗАО «Всеобщие исследования»; Изд-во Эксмо, 2005. – 544 с.
7. Круть Н.В. Введение в общую теорию Земли. – М.: Мысль, 1978. – 124 с.
8. Короновский Н.В. Геология: учебник для экол. специальностей вузов. – Издательский центр «Академия», 2003. – 448 с.
9. Малиновский Ю.М. Недра – летопись биосферы. – М.: Недра, 1990. – 159 с.
10. Мочалова Л.А. Совершенствование системы управления природоохранной деятельностью горнодобывающего предприятия // Авт. дисс. – Екатеринбург. – 20 с.
11. Осипов В.И. Геоэкология – междисциплинарная наука об экологических проблемах геосфер // Геоэкология. – 1993. – № 1. – С.4–12.

12. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России: учебное и справочное пособие. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 672 с.
13. Полканов М.О. Экологические проблемы недропользования России //Геоэкологические исследования и охрана недр. – 1997. – № 1. – С.3–5.
14. Потемкин Л. А. Охрана недр и окружающей природы / Под ред. Л. А. Потемкина. – М.: Недра, 1977. – 205 с.
15. Рингвуд А.Е. Состав и происхождение Земли. – М: Наука, 19881. – 284 с.

## **Глава 4. ГЛОБАЛЬНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС ЧЕЛОВЕЧЕСТВА**

### **4.2.1. Признаки глобального экологического кризиса**

Глобальный экологический кризис – это современное состояние устойчивого нарушения равновесия между человеческим обществом и Природой, проявляющееся в деградации окружающей природной среды.

В настоящее время в книгах и статьях по экологической тематике можно найти десятки аргументов и фактов, характеризующих различные особенности экологического кризиса, и десятки – опровергающих его наличие. Мы не будем рассматривать региональные и местные проблемы: загрязнённый выбросами транспорта и промышленности воздух в городах, вырубленные леса, отравленные сбросами сточных вод предприятий реки (например, в России годовой сброс сточных вод составляет 68 км<sup>3</sup>, из которых «нормативно очищенные» составляют только 3,8 %, а остальные – вообще ненормативные), погибающее Аральское море, площадь которого уменьшилась наполовину; исчезновение рыбных ресурсов Каспийского и Азовского морей, где добыча ценных пород рыб за 50 лет сократилась примерно в 25 раз.

Человеческие связи: ресурсные, промышленные, торговые, политические, экономические, религиозные, культурные превратили Землю в настоящее время в единую социальную коммуникативную систему. Поэтому и кризис экологический характеризуется масштабом всей планеты. Выделим для анализа несколько характерных для глобального кризиса признаков.

1. Наиболее известный глобальный эффект технологической деятельности человеческой цивилизации – **изменение климата, общее потепление на планете** (см. с. 100). Принято считать, что парниковый эффект вызван накоплением в атмосфере Земли парниковых газов: двуокиси углерода (СО<sub>2</sub>), окислов азота и метана (СН<sub>4</sub>), образующихся в основном в процессе сжигания органического топлива, а также паров воды. Парниковый эффект – современный процесс нарушения теплового



баланса планеты с постепенным, ускоряющимся ростом температуры на Земле. Анализу ситуации с глобальным потеплением климата посвящены сотни работ (например, Акимова, Хаскин, 1998; Воробьев, Пучков, 2006; Марфенин, 2001, и др.), в которых приводятся конкретные экспериментальные данные по изменению содержания газов в атмосфере, температуры и другим эффектам. Рассчитано, что сжигание органического топлива приводит к ежегодному выбросу в атмосферу 27 млрд т CO<sub>2</sub>. По оценке Всемирной метеорологической службы при существующем уровне выбросов парниковых газов прирост средней температуры на планете составит 1 °C за 40 лет. С учётом возрастания выбросов повышение средней температуры на планете составит к середине века 2–3,5 °C, а затем и выше. Результаты такого процесса точно не прогнозируются.

В литературе с середины XIX века встречаются версии об естественном глобальном процессе перехода от эпохи похолодания, длившейся более 300 лет, к периоду потепления, а также и противоположные версии о близком наступлении эпохи оледенения, которая компенсирует тепличный эффект. Однако доказательность этих гипотез недостаточна, а скорости космических эффектов явно несопоставимы с антропогенными. Поэтому следует исходить из фактов, подтверждённых измерениями:

- средняя температура земной поверхности с 1866 по 1997 гг. возросла на 0,9 °C;
- уровень Мирового океана за 100 лет повысился на 15 см;
- за последние 100 лет в Альпах и на Кавказе ледники уменьшились в объёме наполовину, а на горе Килиманджаро – на 73 %;
- с 1990 по 2004 гг. было 9 лет, рекордно тёплых за всю историю метеорологических наблюдений (с 1860 г.);
- число случаев естественных катастроф в мире (засухи, наводнения, тайфуны, неурожаи, землетрясения) возросло от 17 в год в 80-х годах до 30 в 90-х годах прошлого века;
- на территории Российской Федерации по данным наблюдений за 1891–1993 гг. тренд повышения средней годовой температуры составил 0,57 °C за 100 лет.

Таким образом, тенденции глобальных термодинамических изменений в биосфере очевидны. Ситуация усугубляется снижением площади фотосинтеза из-за уничтожения лесов, особенно тропических, (например в долине р. Амазонка) и сокращением фитопланктона в Мировом океане, а также из-за изменения реакции биосферы. Устойчивость биосферы может быть обеспечена только в случае, если скорость поглощения CO<sub>2</sub> биотой равна его приросту в окружающей

среде. С начала прошлого столетия биота суши перестала поглощать избыток  $\text{CO}_2$  в атмосфере. Более того, она сама начала его выбрасывать, увеличивая, а не уменьшая изменения в окружающей среде в результате промышленной деятельности, т. е. биота и окружающая среда потеряли устойчивость (Реймерс, 1994). Эти результаты подтверждаются самыми последними наблюдениями Сибирского института физиологии и биохимии растений РАН над сибирскими лесами (тайга). Они показали, что «начиная с 90-х годов XX века тайга задышала, превращая кислород в углекислый газ чересчур активно, даже в светлое время суток. То есть лес, вместо того чтобы спасти природу от пагубного воздействия цивилизации, сам так же активно, как и промышленность, поставляет углекислый газ».

2. **Озоновый слой** в атмосфере – это воздух на высотах 7–18 км с повышенной концентрацией озона  $\text{O}_3$ , поглощающего губительное для живого ультрафиолетовое излучение Солнца. Основной причиной снижения концентрации озона считаются выбросы в атмосферу хлор- и фторсодержащих соединений (см. с. 103). При истощении озонового слоя возрастает поток ультрафиолетового излучения, достигающего поверхности Земли, что может иметь своим следствием поражение глаз (рост катаракт), подавление иммунной системы людей, снижение продуктивности и урожайности растений. Однако существуют и другие гипотезы. Например, более вероятная – об определяющей роли изменения магнитного поля Земли, усиливающегося распространением радиосвязи, телекоммуникационных и навигационных систем, электропередач. В подтверждение данной гипотезы формирования «озоновых дыр» свидетельствуют отмеченные колебания геомагнитного поля Земли с семидневным периодом (изменение нагрузки в электрических сетях) и расположение «озоновых дыр» над полюсами планеты, где сходятся геомагнитные линии планеты.

3. В последнее время начались изменения биосферной деятельности – заметно активизировались **планетарные геологические силы** (*экзогенные процессы*). Увеличение числа и разрушительности природных явлений статистически очевидно, оно не должно восприниматься как случайность, т. к. хорошо коррелируется с нарастанием антропогенной деятельности и потому должно рассматриваться как вынужденная реакция биосферы на такое вмешательство. За первую половину века было отмечено 12 землетрясений мощностью свыше 7 баллов и погибло 740 тыс. человек, а во второй половине – 24 землетрясения и погибло более миллиона человек (Китай, 1976 г. – 500 000 жертв; Армения, 1988 г. – погибло более 25 000 человек; Иран, 1990 г. – 40 000 жертв; Индия, 2001 г. –

больше 100 000 погибших) (Марфенин, 2001). Среднее число жертв на Земле от циклонов, тайфунов, землетрясений и наводнений составляло за последние 50 лет XX века 46 000 человек в год (Новейший справочник..., 2000). По данным мировых страховых компаний объём материального ущерба, наносимого климатическими катастрофами в среднем за год, возрос за период с 1965 по 1995 гг. более чем в 3 раза и превысил 90 млрд долл. в год.

4. Интенсификация человеческой деятельности ведёт *к изменению ландшафтов (эндогенных процессов)* на всей территории планеты. Нарушение экосистем биосферы характеризуется тем, что на планете осталось только около 28 % площади (не считая материковых льдов), не затронутой хозяйственной деятельностью. Из 150 млн км<sup>2</sup> площади суши под прямым контролем человека находится около 50 млн км<sup>2</sup> (агропромышленные комплексы, города, полигоны, коммуникации, добыча ископаемых и т. д.). На протяжении последних 5 тыс. лет человек уничтожил 60 % мировых лесов. Только за минувшие 40 лет Африка потеряла 23 % своих лесов, а Латинская Америка – 38 %. Всего за период с 1970 по 2004 гг. территория лесных массивов на планете уменьшилась на 12 % (Новейший справочник..., 2000). На планете идут многие другие процессы изменения биосферы:

- опустынивание (средняя скорость – 2600 га/ч);

- обезвоживание рек и морей (регулирование плотинами тысяч рек в XX веке привело к образованию 30 000 водоёмов с общей площадью зеркала 500 000 км<sup>2</sup>, что увеличило потери воды на испарение примерно в 3 раза);

- ухудшение плодородия почвы, обусловленное «кислотными дождями» (дождевые осадки, в которых в результате взаимодействия влаги воздуха с оксидами серы, азота и другими компонентами выбросов, показатель кислотности pH составляет менее 6,5, что наносит ущерб живым организмам, способствует закислению почвы), выбросами тяжёлых элементов и других вредных веществ (например, один автомобиль выбрасывает в атмосферу в год 3 кг свинца, 93 кг углеводородов), а также свалками, терриконами;

- эрозия почв (смыв или сдувание верхнего слоя), потеря ими гумуса (плодородный верхний слой почвы), засоление; ежегодно 20 млн га земли теряют продуктивность в результате эрозии и наступления песков.

Происходят и менее заметные изменения. Процесс эволюции биосферы захватывает и область минералов, изменяется состав почвы, воды и воздуха. Эволюция видов закономерным образом проявила новую геологическую силу – человека, способного глобально влиять на

биосферу, даже помимо собственного желания, влиять на геологический процесс. «Эволюция видов переходит в эволюцию биосферы» (Вернадский, 1988).

5. Эффект глобального масштаба – **загрязнение акватории Мирового океана**. Мировой океан – важнейший регулятор процессов в биосфере и источник биоресурсов. Наибольшее подавляющее действие на биосистемы океана оказывают нефтепродукты, покрывающие более 20 % его поверхности. Их плёнка нарушает фотосинтез фитопланктона и приводит к гибели икры, отравлению рыб и животных. В Мировой океан ежегодно попадает за счёт утечек с судов, их аварий, выноса реками 12–15 млн т нефти, что приводит к суммарному загрязнению 150 млн км<sup>2</sup> из общей площади океана 361 млн км<sup>2</sup>. Известный путешественник Тур Хейердал писал: «В 1947 г., когда плот «Кон-Тики» прошел 8000 км в Тихом океане, экипаж на всем пути не видел никаких следов человеческой деятельности, если не считать разбитого парусника на рифе. Океан был чист и прозрачен. И для нас было настоящим ударом, когда мы в 1969 г., дрейфуя на папирусной лодке «Ра», увидели, до какой степени загрязнен Атлантический океан. Мы обгоняли пластиковые сосуды, изделия из нейлона, бутылки, консервные банки. Но особенно бросался в глаза мазут. Посреди океана в районе Вест-Индийских островов до самого горизонта поверхность моря оскверняли черные комки мазута размерами от булавочной головки до картофелины. Годом позже на том же маршруте на «Ра-2» из 57 дней дрейфа 43 дня мы вылавливали сетью комки мазута». С 1969 года прошло более 30 лет, мировая добыча и перевозка нефти увеличилась в 3,5 раза. Какое сейчас загрязнение Мирового океана?

6. Происходит ускоряющееся **исчезновение видов животных и растений**. За 2000 лет нашей эры исчезло 270 видов млекопитающих и птиц и одна третья часть из них – за прошлый век (среди них пиренейский горный козёл, берберский лев, японский волк, сумчатый волк). С 1970 по 2004 гг. биоразнообразие (число видов живых организмов) Мирового океана уменьшилось на 1/3, а в пресных водоёмах на 55 %. поголовье тигров на планете за 100 лет упало на 95 %. Считается, что в настоящее время под угрозой уничтожения находится более трёх четвертых всех видов птиц и одна четверть млекопитающих. Но каждый вид живого связан с другими видами. За исчезновением вида в экосистеме всегда тянется цепочка перестроек во всей системе, что зафиксировано, в частности, в законах экологической корреляции и эволюционно-экологической необратимости, а также в пятом «железном» законе охраны природы П.Р. Эрлиха: «В экосистеме все входящие в нее виды живого и абиотические экологические компоненты функционально

соответствуют друг другу. Выпадение одного элемента из системы ведет к исключению всех тесно связанных с этим элементом других частей системы и функциональному изменению целого». «Экосистема, потерявшая часть своих элементов не может вернуться к первоначальному своему состоянию». «Разнообразие и эстетичность живых форм являются следствием совершенства организации биосферы, и поэтому насильственное уничтожение видов ведет к разрушению основ существования человечества» (Реймерс, 1994).

Таким образом, в настоящее время в биосфере реально выявлены и измерены существенные изменения её стационарного состояния, свидетельствующие о нарушении экосистемных связей. Изменения в биосфере обычно составляют от десятков до ста процентов, и идёт ускоренное развитие процессов разрушения.

#### **4.2. Научно-технические факторы глобального экологического кризиса**

Основная причина вероятности деградации биосферы – чрезмерное изъятие живых и минеральных ресурсов планеты и её отравление техногенными отходами человеческой деятельности. А почему происходит чрезмерное изъятие продуктов и отравление окружающей среды? В известной литературе не проводится детальный анализ проблемы и фактически в качестве причины рассматривается рост населения Земли и научно-технический прогресс. Это порождает иллюзию, что всемирное правительство, разумное управление хозяйством, образование и религия смогут предотвратить развитие кризиса. Причин экологического кризиса больше. Их можно разделить на три группы: *научно-технические, биолого-психологические и социально-политические*. Рассмотрим подробнее эти причины и раскроем возможные пути преодоления природного кризиса.

***Научно-техническая революция***, начавшаяся в конце XIX века мощным ростом промышленности и науки, многократно увеличила производительность труда, что привело к расширению потребления товаров и росту благосостояния значительной части населения Земли, но одновременно стало причиной непропорционального роста отходов и заметного истощения ресурсов. Так научно-технический прогресс сам стал причиной глобального экологического кризиса. Выделим следующие виды общего кризиса: *ресурсный, энергетический, перепроизводство отходов*.

***Ресурсный кризис***. Жизненно необходимые человечеству ресурсы – это вода и продовольствие. О недостатке продовольствия в XX веке

говорят факты гибели от голода в России 5 млн чел. в 1921–1922 гг. и 3,5–7 млн чел. в 1930–1933 гг., 30 млн чел. в Китае (1984–1985 гг.), примерно 3,6 млн детей в год в странах Африки. Развитие агротехники в 60-х годах прошлого века позволило в основном обеспечить продуктами питания голодавшее ранее население Китая, Индии, Вьетнама и других стран. С 1980 по 1999 гг. производство зерна на душу населения в мире составляло 300–340 кг/год, но с тенденцией к снижению. О невозможности уже в настоящее время обеспечить рациональным питанием всё население Земли свидетельствуют расчёты: если бы все сельскохозяйственные угодья планеты (4,8 млрд га) находились в таких благодатных климатических условиях, как в США (0,38 млрд га), и возделывались по технологиям США, то для потребления продукции по нормам США её хватило бы для 4,8 млрд чел., т. е. только для 70 % населения Земли.

Наращение проблем с питьевой водой в мире подтверждается фактами истощения подземных водоносных горизонтов (Центральный и Северо-Западный регионы России, Казахстан, Европа, Средний Запад США), «водными конфликтами» между странами (90 % водных запасов Иордании использует Израиль; возникают споры пограничных стран об использовании вод Тигра и Ефрата, Ганга, Меконга, Нила). Растут энергетические затраты на опреснение морской воды и транспортировку воды на большие расстояния (каналы: Иртыш – Караганда, Каховка – Крым; транспортировка айсбергов с Антарктиды на Средний Восток и т.д.), а также на очистку для питьевых целей загрязнённых промышленными стоками речных вод. По опубликованным в 2002 г. данным ООН на планете 2,5 млрд человек страдает от нехватки питьевой воды. Несмотря на нарастающие сложности и рост затрат на производство, ресурсами пищи и воды можно обеспечивать возрастающее население земного шара.

Россия отстала, чтобы вписаться в «цивилизацию потребления», но у неё есть много предпосылок и исторических корней духовного развития. Практически являясь географическим континентом раздела цивилизаций и обладая большими экологическими ресурсами, Россия может выработать свой собственный путь в бушующем море кризиса. Поэтому для России призыв Н.Ф. Реймерса «не навреди» должен означать:

- 1) максимальное развитие человеческого потенциала (воспитание нравственности с колыбели и глубокое научное образование всех, на это способных, – первоочередная задача государства);
- 2) всемерное и максимальное сохранение могучего и разнообразного ресурсного потенциала (не гордиться прокладкой нефте-

и газопроводов через все границы России! Все наши ресурсы – это хлеб наших детей);

3) невмешательство в военные конфликты, защита своего, российского подвида цивилизации Homo sapiens, границ своей экологической ниши и дружба-сосуществование со всеми народами-соседями.

Таким образом, наука экология заостряет внимание человечества на необходимости своего самосохранения. Наш разум может и должен предотвратить гибель.



### **Контрольные вопросы**

1. Раскройте признаки глобального экологического кризиса.
2. Укажите экспериментальные факты доказательства парникового эффекта на планете?
3. Как связана интенсивность человеческой деятельности с проявлением эндогенных и экзогенных процессов на Земле?
4. Какой экологический ущерб от загрязнения вод Мирового океана углеводородными продуктами?
5. Докажите, что сохранение биоразнообразия на планете – важнейший принцип устойчивости биосферы?
7. Что означает для России призыв Н.Ф. Реймерса «Не навреди»?

### **Список литературы**

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология: учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 455 с.
2. Воробьев А.И., Пучков Л.А. Человек и биосфера: глобальное изменение климата: учебник. Ч. I. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 442 с.
3. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. – М.: Наука, 1988. – 520 с.
4. Гумилёв Л.Н. Этногенез и биосфера Земли. – М.: Гидрометеиздат, 1990. – 298 с.
5. Давиденко И.В., Кеслер Я.А. Ресурсы цивилизации. – М.: ЗАО «Всеобщие исследования»; Изд-во Эксмо, 2005. – 544 с.
6. Марфенин Н.Н. Биосфера и человечество за 100 лет. //Сб. Россия в окружающем мире: 2001. Анал. ежегодник /Под. ред. В.И. Данилова-Данильяна и С.А. Степанова. – М.: МНЭПУ, 2001. – С. 29–80.
7. Моисеев Н.Н. Современный рационализм. – М.: МГВК КОКС, 1995. – 376 с.
8. Моисеев Н.Н. Универсум. Информация. Общество. – М.: Устойчивый мир, 2001. – 200 с.
9. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. – 2-е изд. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 288 с.
10. Новейший справочник необходимых знаний. – М.: РИПОЛ КЛАССИК,

2000. – 768 с.

11. Стадницкий Г.В., Родионов А.И. Экология: учебн. пособие для вузов. – 6-е изд., исправл. – СПб: Химия, 2003. – 240 с.

12. Реймерс Н.Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. М.: Россия молодая, 1994. – 366 с.

13. Поляков В.И. Законы и правила экологии: учебное пособие. – Ульяновск, 1998. – 336 с.

14. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России: учебное и справочное пособие. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 672 с.

15. Тейяр де Шарден П. Феномен человека: пер. с фр. Н.А. Садовского. М.: Устойчивый мир, 2001. – 232 с.

16. Тойнби А.Д. Цивилизация перед судом истории: пер. с англ. М: Рольф, 2002. – 592 с.

## ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ

**БИОГЕОЦЕНОЗ** – эволюционно сложившаяся, относительно пространственно ограниченная, внутренне однородная природная система функционально взаимосвязанных живых организмов и окружающей их абиотической среды. Синоним, но не во всех случаях, термина «экосистема» (определение автора термина В. Н. Сукачева).

**БИОМАССА** – количество живого вещества (суммарное или относящееся к отдельным популяциям, жизненным формам организмов и т.п.) на единицу площади или объема экосистемы.

**БИОСФЕРА** – нижняя часть атмосферы, вся гидросфера и верхняя часть литосферы Земли, где встречаются живые организмы (современная биосфера) или только продукты их жизнедеятельности (былые биосферы); оболочка Земли, в которой деятельность живых организмов проявляется или проявлялась как геохимический фактор планетарного масштаба; самая крупная (глобальная) экосистема Земли.

**БИОТОП** – часть (блок) экосистемы, представляющая среду (место) обитания для организмов (биоценоза); может быть представлен абиотическими и биотическими факторами.

**БИОЦЕНОЗ** – часть (блок) экосистемы (биогеоценоза), представленная совокупностью взаимосвязанных организмов; применительно к крупным экосистемам и биосфере в целом вместо термина «биоценоз» обычно используют термин «биота».

**ВЕЩЕСТВО БИОГЕННОЕ** – химическое соединение, возникшее в результате жизнедеятельности организмов.

**ВЕЩЕСТВО ЖИВОЕ** – совокупность тел живых организмов (вне зависимости от систематической принадлежности), выраженная в единицах объема, массы или энергии. Общий вес живого вещества биосферы оценивается в 2,4–3,6 трлн т (сухой вес).



**ВЕЩЕСТВО КОСНОЕ** – вещество, «образуемое процессами, в которых живое вещество не участвует» (В. И. Вернадский).

**ГОМЕОСТАЗ (ИС)** – совокупность механизмов, направленных на устранение или максимальное ограничение действия факторов, нарушающих внутреннее динамическое равновесие системы. Применим к различным системам – от космических до организма и атома.

**«ДЫРА» ОЗОНОВАЯ** – значительное пространство в озоновом слое с заметно пониженным (до 50 %) содержанием озона.

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ** – привнесение в среду не характерных для нее химических, физических или биологических агентов или превышение естественного уровня свойственных для среды агентов.

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЕПЛОВОЕ** – повышение температуры среды под влиянием различных факторов (чаще всего антропогенных), обычно характерное для воздуха и вод, где может вызывать серьезные изменения в функционировании экосистем.

**КОНСУМЕНТ (ГЕТЕРОТРОФ)** – организм, питающийся органическим веществом (эта категория включает все организмы, кроме растений, которые относятся к продуцентам, они же автотрофы).

**КСЕНОБИОТИК** – любое чуждое для организмов или их сообществ вещество.

**МОНИТОРИНГ** – система регулярных длительных наблюдений в пространстве и времени, дающая информацию о состоянии окружающей среды с целью оценки прошлого, настоящего и прогноза изменений параметров окружающей среды.

**НИША ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ** – место биологического вида в природе, включающее не только его положение в пространстве, но весь жизненный статус (вид пищи и способ питания, отношений к факторам среды, места размножения и т. п.); чем большим сходством характеризуются экологические ниши организмов (видов), тем острее между ними конкурентные отношения.

**НООСФЕРА** – «мыслящая оболочка» (В. И. Вернадский), сфера разума – естественная стадия развития биосферы, когда разумная деятельность человека становится важным фактором биосферных процессов. Содержание термина и связанное с ним научное направление недостаточно разработано.

**ОЗОНОВЫЙ ЭКРАН** – слой атмосферы в пределах стратосферы, лежащий на высоте 20–45 км (у полюсов ниже) и отличающийся повышенной концентрацией озона (примерно в 10 раз выше, чем у поверхности Земли), поглощающего губительные для организмов ультрафиолетовые лучи (см. также «дыра» озоновая).

**ОПУСТЫНИВАНИЕ** – уменьшение или уничтожение биологического потенциала Земли (чаще всего под влиянием антропогенных факторов), которое может привести к возникновению условий, аналогичных условиям пустыни (определение Конференции ООН по опустыниванию, 1977 г.).

**ПЕСТИЦИД** – химическое соединение, используемое с целью защиты культурных растений естественных экосистем.

**ПОПУЛЯЦИЯ** – совокупность особей одного вида, населяющих пространство в течение длительного времени. Особи разных популяций обычно имеют различия по внешнему виду, поведению и другим признакам.

**ПРОДУКТИВНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКАЯ** – способность органического вещества, образующего в экосистеме или ее частях на единицу площади (объема) за единицу времени. Различают продуктивность первичную (растений) и вторичную (животных).

**РЕАКЦИЯ ЦЕПНАЯ ПРИРОДНАЯ** – цепь природных явлений, каждое из которых влечет за собой изменение других, связанных с ним процессов. В зависимости от силы действия факторов, вызвавших реакцию, последняя может заканчиваться либо сохранением экосистем в границах основных свойств и параметров, либо переходом систем на новый (более низкий) уровень, либо полным распадом систем (опустынивание). Понимание цепных реакций и умение прогнозировать – важнейшее условие экологически грамотного поведения людей и прогнозирования последствий вмешательства человека в природные процессы.

**РЕДУЦЕНТЫ** – организмы, главным образом бактерии и грибы, в результате жизнедеятельности превращающие органические остатки в неорганические вещества и замыкающие таким образом кругооборот в экосистемах.

**САМООЧИЩЕНИЕ ЭКОСИСТЕМ** – способность разлагать природные и антропогенные вещества, устранять их вредное воздействие. Основным фактором самоочищения выступают живые организмы. Экосистемы, бедные жизнью, характеризуются низкой самоочищающей способностью.

**СМОГ ВЛАЖНЫЙ** (лондонского типа) – смесь газообразных загрязняющих веществ (в основном сернистого газа), пылевых частиц и капель тумана.

**СМОГ СУХОЙ ФОТОХИМИЧЕСКИЙ** (лос-анджелесского типа) – вторичное загрязнение воздуха в результате фотохимических реакций с образованием новых веществ – фотооксидантов, преимущественно озона и пероксиацетилнитратов. Условием образования является наличие

загрязняющих веществ (окислы азота, сернистый ангидрид, угарный газ, углеводороды) и значительного количества солнечных лучей, особенно ультрафиолетовых.

**СУКЦЕССИЯ** – последовательная смена экосистем (биоценозов) в результате саморазвития на безжизненном субстрате или на месте разрушения существовавших экосистем (в этом случае сукцессии называют вторичными). Конечным результатом являются относительно стабильные климаксовые или узловые экосистемы.

**УСТОЙЧИВОСТЬ ЭКОСИСТЕМЫ** – способность оставаться относительно неизменной в течение определенного периода времени вопреки внешним воздействиям.

**ФИТОЦЕНОЗ** – сообщество взаимосвязанных растительных организмов (растительное сообщество); неотделим от экосистемы (биогеоценоза).

**ФРЕОНЫ (ХЛАДОНЫ)** – группа галогеносодержащих веществ, кипящих при комнатной температуре, используемых в холодильной промышленности и как распылители в аэрозольных упаковках. Широко использовалось их свойство химической инертности. Позже выяснилось, что, поднимаясь в стратосферу, подвергаются фотохимическому разложению с выделением хлора, способствующего разрушению молекул озона (как катализатор).

**ЦВЕТЕНИЕ ВОДЫ** – массовое развитие мелких водорослей (фитопланктона), вызывающее изменение окраски воды. Причиной цветения является поступление в водоемы минеральных и органических веществ (см. эвтрофикация).

**ЦЕПЬ ПИТАНИЯ** (цепь трофическая) – ряд видов или групп организмов в экосистеме, каждое предыдущее звено в котором служит пищей для следующего. Цепь питания состоит из нескольких (от 2-х до 5–6-ти) пищевых (трофических) уровней, под которыми понимают группы организмов со сходным типом питания (растения, травоядные животные, хищники, мертвояды).

**ЭВТРОФИКАЦИЯ ВОД** – повышение биологической продуктивности водных экосистем в результате обогащения их питательными веществами.

**ЭКОЛОГИЯ** – первоначально раздел биологии (биоэкология), занимающейся изучением взаимоотношений организмов между собой и со средой их обитания. Современная экология ориентирована также на изучение окружающей среды и взаимоотношений с ней человека, определение масштабов и допустимых пределов воздействий человеческого сообщества на среду, поиск путей уменьшения или нейтрализации этих воздействий. В стратегическом плане – наука о

выживании человечества, недопущении экологического кризиса и выходе из него. В основе всех направлений современной экологии лежат фундаментальные положения биологической экологии.

**ЭКОЛОГИЯ ОБЩАЯ** – наука о наиболее общих закономерностях взаимоотношений организмов и их сообществ со средой. Обычно рассматривается как синоним экологии биологической или экологии классической. Включает экологию особей (аутэкология), экологию популяций (демэкология), экологию сообществ и учение об экосистемах (синэкология), учение о биосфере (глобальная экология).

**ЭКОЛОГИЯ ПРИКЛАДНАЯ** – раздел экологии, занимающейся определением допустимых нагрузок на среду и экосистемы, разработкой норм использования природных ресурсов, методов управления экосистемами, способов «экологизации» различных отраслей хозяйства, а также моделированием экосистем или экосистемных процессов и т. п.

**ЭКОЛОГИЯ СОЦИАЛЬНАЯ** – научная дисциплина, рассматривающая взаимоотношения в системе «общество – природа», специфическую роль человека в экосистемах различного ранга, отличие этой роли от других живых существ, пути оптимизации взаимоотношений человека со средой, основы рационального природопользования.

**ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА** – раздел социальной экологии, задачей которого является изучение адаптации человека к изменяющейся среде (в ряде случаев социальной), влияния среды на здоровье людей.

**ЭКОСИСТЕМА** – любое сообщество живых существ и среды их обитания, существующие как единое функциональное целое. Основные признаки экосистемы: круговорот веществ и поток энергии, способность противостоять (в определенных пределах) внешним воздействиям, самовосстанавливаться и развиваться. Различают микроэкосистемы (например ствол гниющего дерева, небольшой пруд и т. п.), мезоэкосистемы (лес, озеро, река и т. п.), макроэкосистемы (океан, континент и др.) и глобальную экосистему в границах всей планеты (биосферу).

**ЭМЕРДЖЕНТНОСТЬ** – наличие у системного целого (экосистемы) особых свойств, не присущих элементам (подсистемам, блокам), его составляющим; несводимость целого к сумме его частей.

Нина Владимировна Крепша

**ЭКОЛОГИЯ**  
**Общая, социальная, прикладная**

Учебное пособие

Научный редактор  
доктор технических наук, профессор В.Ф. Панин

Редактор О.Н. Свинцова

Подписано к печати 3.11.06. Формат 60x84/16.  
Бумага офсетная. Печать RISO.  
Усл. печ. л. 8,78. Уч.- изд. л. 7,95.  
Заказ № . Тираж 350 экз. Цена свободная.  
Издательство ТПУ, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.